

■

ACADEMIA Journal of Nature and Human Sciences

AKADEMIA
Doğa ve İnsan Bilimleri
Dergisi

e-ISSN: 2717-8528



YIL (YEAR) 2024

CİLT (VOLUME) 10

SAYI (ISSUE) 1

Sahibi (President)

Prof. Dr. Recep KÜLCÜ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

Editör Kurulu (Editorial Board)

Sayı Editörü (Issue Editor)

Prof. Dr. Recep KÜLCÜ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

Editör (Editor)

Prof. Dr. Recep KÜLCÜ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

Alan Editörleri (Field Editors)

Prof. Dr. Can ERTEKİN

*Akdeniz Üniversitesi, Yenilenebilir Enerji
Kaynakları*

Prof. Dr. Songül Sallan GÜL

Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyoloji

Prof. Dr. Nilüfer NEGİZ

Süleyman Demirel Üniversitesi, Kentleşme ve Çevre

Prof. Dr. Habil. Sorin-Stefan BIRIS

*Politehnica University of Bucharest, Romania,
Energy and Environment*

Doç. Dr. Osman GÖKDOĞAN

*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Sürdürülebilir Tarım ve Enerji*

Dr. Öğr. Üyesi Meriç PEHLİVAN

*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Felsefe*

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Dericioğulları

ERGUN

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyoloji

Dr.oec. Viktorija ŠIPILOVA

*Daugavpils University, Latvia, Humanities
and Social Sciences*

Dr. Choy Yee KEONG

*Keio University, Tokyo, Japan, Energy and
Environment*

Mizanpaj Editörü (Layout Editor)

Ahmet SÜSLÜ

Dergi Hakkında (About Journal)

Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi 2015 yılı itibariyle yılda bir sayı olacak şekilde yayın hayatına başlamıştır.

(Academia Journal of Nature and Human Sciences is published annually)

Yayın Hakları (Copyright Policies)

Bu derginin yayın hakları Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi'ne aittir. Derginin hiç bir bölümü, yayıncının izni olmaksızın, herhangi bir şekilde çoğaltılamaz.

(All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form without the prior permission of the publisher.)

Tarandığı İndeksler (Indexing)



**ROOT
INDEXING**



**Directory of
Research Journals
Indexing**



**International
Services for
Impact Factor
and Indexing**



CiteFactor
Academic Scientific Journals



**Eurasian
Scientific
Journal Index**



**ASOS
INDEX**



İletişim


Yazışma Adresi (Correspondence Address)

Prof. Dr. Recep KÜLCÜ
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Isparta
recepkulcu@isparta.edu.tr +90 505 274 49 64

| İçindekiler (Contents) | Sayfa (Page) |
|--|---------------------|
| Kırsal Yerleşimlerde Doğal Peyzaj Özelliklerinin Belirlenmesi: İstanbul/Silivri İlçesi Kırsal Mahalleleri Örneği Determination of Natural Landscape Features in Rural Settlements: Example of Rural Neighborhoods of İstanbul/Silivri District Okay Atay, Tuğba Kiper | 1-20 |
| Türkiye'nin Katı Atık Yönetiminin AB İlerleme Raporları Bağlamında İncelenmesi Exploration of Turkey's Solid Waste Management in the Context of EU Progress Reports Simge Dağlıdır, Hasan Yaylı | 21-38 |
| Rhododendron luteum ve Rhododendron ponticum Çiçek Özlerinin Artemia salina Larvaları Üzerindeki Potansiyel Toksisitesinin ve Biyokimyasal Aktivitelerinin Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi Comparative Assessment of Potential Toxicity and Biochemical Properties of Rhododendron luteum and Rhododendron ponticum Flower Extracts on Artemia salina Yeşim Dağlıoğlu | 39-50 |
| Kurutma Modelleri için ATATEK-Drying Yazılımının Geliştirilmesi Development of ATATEK-Drying Software for Drying Models Ahmet Süslü, Recep Külcü | 51-61 |
| Global Güneş Işınımı Tahmin Modelleri için ATATEK-Solar Yazılımının Geliştirilmesi Development of ATATEK-Solar Software for Global Solar Radiation Prediction Models Ahmet Süslü, Recep Külcü | 62-73 |
| Süt Sığırcılığında Gübre Yönetimi ve Enterik Fermantasyondan Kaynaklı Karbon Ayak izi: Burdur, Türkiye Örneği Carbon Footprint of Manure Management and Enteric Fermentation in Dairy Cattle Farming The Case of Burdur, Türkiye Kazım Kumaş, Ali Özhan Akyüz | 74-86 |
| Üniversite Öğrencilerinin Çevre Okuryazarlık Düzeylerini Etkileyen Faktörler ve Organik Ürün Satın Alma Durumu ile İlişkisi Factors Affecting the Environmental Literacy Levels of University Students and Their Relationship With Organic Product Buying Status Kübra Gül Oğuz, Yüksel Keleş | 87-101 |



Kırsal Yerleşimlerde Doğal Peyzaj Özelliklerinin Belirlenmesi: İstanbul/Silivri İlçesi Kırsal Mahalleleri Örneği

Okay Atay¹ , Tuğba Kiper^{2,*} 

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı A.B.D. Tekirdağ, Türkiye.

² Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Güzel San., Tas. ve Mim. Fakültesi, Peyzaj Mim., Tekirdağ, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): T. Kiper, e-mail (e-posta): tkiper@nku.edu.tr

ÖZET

Çalışma konusunu; “Doğal peyzaj özellikleri, kırsal yerleşimler için ana kaynak değeri olup, yerleşim birimi bazında veri alt yapısının oluşturulması önemli ve gereklidir” hipotezi oluşturmuştur. Bu bağlamda, çalışmada, İstanbul İli Silivri İlçesi'nin Akören, Bekirli, Danamandıra, Kurfalı ve Sayalar kırsal yerleşimlerinin doğal peyzaj özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, doğal peyzaj değerlerine yönelik CBS ortamında veri tabanı oluşturulması hedeflenmiştir. Yöntem ana kurgusu; literatür verileri, arazi çalışmaları ve büro çalışmaları ile desteklenerek CBS temelli haritalara dayalı olarak geliştirilen alan analizlerine dayandırılmıştır. ArcGIS ve Adobe Photoshop programları aracılığıyla, çalışma alanlarının her birine ilişkin topoğrafik yapı (yükseklik, eğim, bakı), toprak özellikleri (büyük toprak grupları, arazi kullanım kabiliyet sınıfları), jeolojik formasyonlar, su varlığı ile meşcere tiplerine ilişkin haritalar üretilmiştir. Alansal dağılımlar % değerler şeklinde karşılaştırılmalı olarak çizelgelerle sunulmuştur. Buna göre; kırsal yerleşimlerin doğal peyzaj özelliklerinde; düşük rakım, düz ve hafif eğim aralığı, güney, güneydoğu ile doğu yönleri, tarımsal kullanıma uygun toprak tipi ve kullanım sınıfları ile meşe, fıstık çamı ve badem gibi orman ağaçlarının baskınlığı saptanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar; planlama ve turizm gelişimi ile kırsal göstergelere ilişkin envanter oluşturulması, kaynakların etkin şekilde kullanımı aşamalarında etkili olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kırsal yerleşimler, Doğal peyzaj özellikleri, Coğrafi bilgi sistemleri, Silivri

Determination of Natural Landscape Features in Rural Settlements: Example of Rural Neighborhoods of Istanbul/Silivri District

ABSTRACT

The hypothesis "Natural landscape features are the main resource value for rural settlements and it is important and necessary to create a data infrastructure on settlement unit basis" was the subject of the study. In this context, the study aimed to determine the natural landscape characteristics of Akören, Bekirli, Danamandıra, Kurfalı and Sayalar rural settlements of Silivri District of Istanbul Province. For this purpose, it was aimed to create a database in GIS environment for natural landscape values. It is aimed to determine the natural and socio-cultural landscape values of Kocayazı and Kula villages in Kırklareli Province and to determine the unique characteristics of the place. The main method was based on field analyses developed based on GIS-based maps supported by literature data, field studies and office studies. Maps of topographic structure (elevation, slope, aspect), soil characteristics (great soil groups, land use capability classes), geological formations, water availability and forest stand types for each of the study areas were produced by ArcGIS and Adobe Photoshop programmes. Spatial distributions were presented in comparative tables in the form of % values. Accordingly; low altitude, flat and gentle slope range, south, southeast and east directions, soil type and use classes suitable for agricultural use and the dominance of forest trees such as oak, pine and almond were determined in the natural landscape characteristics of rural settlements. It is thought that the results obtained from the study will be effective in the stages of planning and tourism development, creating an inventory of rural indicators and effective use of resources.

Keywords: *Rural settlements, Natural landscape features, Geographic information systems, Silivri*

Makale Bilgisi / Article Info

Alınış tarihi
Received date : 21.06.2024

Düzeltilme tarihi
Revised date : 10.07.2024

Kabul tarihi
Accepted date : 23.07.2024

Atıf için
How to Cite

Atay, O. ve Kiper, T. (2024). "Kırsal Yerleşimlerde Doğal Peyzaj Özelliklerinin Belirlenmesi: İstanbul/Silivri İlçesi Kırsal Mahalleleri Örneği", *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 10(1), 2024: 1-20.

1. GİRİŞ

Kırsal alanlar; coğrafik özellikleri, doğal değerleri, kültürel dokuları, sosyo-ekonomik yapıları ve kentsel yerleşmelerle olan ilişki ve erişilebilirlikleri ile farklılıklar göstermişlerdir (Öksüz vd., 2014). Öyle ki Yao vd. (2023) çalışmasında, kırsal yerleşimlerin; peyzaj desenleri, mekansal formları, mimari tarzları, üretim ve yaşam biçimleri, tarihi ve kültürel yönleri olmak üzere doğal çevreye ve yerel kültüre özgü değer taşıdıklarını belirtmiştir. Kırsal alanlar bu farklılıklara bağlı olarak; mekânsal, çevresel, sosyolojik ve demografik ölçütler çerçevesinde çeşitli biçimlerde tanımlanmışlardır. Villodre vd. (2023) çalışmasında kırsal alanları; doğa ve kültür arasındaki bağlantıyı temsil eden sosyo-ekolojik sistemler olarak tanımlamıştır. Yangang ve Jisheng (2012) ise kırsal alanları; karasal ekosistemin ana parçası olarak, kırsal yapı, yerleşim, tarım arazileri ve doğal değerlerin oluşturduğu, coğrafya, ekoloji ve sosyal bilimlerin kesiştiği bir alan olarak tanımlamıştır. Bununla birlikte birçok çalışmada da; kırsal yerleşmelerin, geleneksel tarım toplumlarının temel birimlerini oluşturan, sakinlerin üretim ve yaşam ihtiyaçlarına göre oluşturdukları temel sosyal alanlar olduğu vurgulanmıştır (Robinson, 2003; Jones, 2010; Palmisano, vd., 2016).

Yukarıdaki tanımları da destekleyecek şekilde birçok çalışmada kırsal alanların doğal peyzaj özelliklerine vurgu yapılmıştır. Öyle ki, Elagöz Timur ve Asiliskender (2024); kırsal alanların; doğal çevre ile organik ilişki içinde olduklarını ve miras değerlerinin oluşumunda doğal unsurlarının etkin rolünün önemini vurgulamışlardır. Bununla birlikte; kırsal yerleşim düzenine ilişkin tipoloji ve morfoloji ile, mimari dokunun yapım sistemi, malzeme ve form oluşumunda doğal peyzaj değerlerinin etkili olduğu belirtilmiştir. Öksüz vd. (2014)'ün çalışmalarında da; kırsal tipoloji çalışmalarında kullanılan göstergeler ve değişkenlere bağlı olarak, kırsal yerleşim birimi bazında veri alt yapısının oluşturulması gerekliliğine dikkat çekilmiştir. Erdoğan vd. (2017) ile Zakariya vd. (2019)'nin çalışmalarında; nitelikli ve yeterli bir veri altyapısı oluşturulma sürecinin; kırsal alanlara yönelik politikaların geliştirilmesi veya plan kararlarının ortaya konulmasında temel bir dayanak olduğu belirtilmiştir. Köse ve Şahin (2017)'nin çalışmasında da bu durum desteklenmiş ve doğal peyzaj özellikleri ile kimlik ilişkilendirilmiştir. Çalışmalarında, kırsal yerleşimlerin peyzaj özelliklerinin, mekânların kimliklerini oluşturdukları ve bunların bilinmesi ve korunması gerekliliği vurgulanmış olup, topografik yapı, jeolojik durum, su yüzeyleri, bitki dokusu, iklim gibi özellikler doğal kimlik bileşenleri olarak tanımlanmıştır. Koç ve Koç (2024) da; kırsal yerleşim alanlarında, tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin etkin bir şekilde sürdürülebilmesine yönelik olarak, yerleşim yeri seçiminde ekolojik özelliklerin etkili olduğunu belirtmişlerdir. Kabataş ve Kiper (2021)'in çalışmasında da, kırsal alanların; doğal ve sosyo-kültürel değerleri ile özgünlük taşıdığı ve bu değerlerin tespiti planlama ve tasarım çalışmalarında etkili olduğu belirtilmiştir. Fornal-Pieniak ve Źarska (2022) de; peyzajın doğal kaynaklarının değerlendirilmesinin, çevresel modelleme, peyzaj planlaması ve turizm gelişimi için yararlı olan temel bir çevresel araştırma yöntemi olduğunu vurgulamışlardır. Birçok çalışmada da; kırsal yerleşimlerin doğal varlıklarının turistik destinasyonların seçimindeki önemine dikkat çekilerek, turistleri çeken ana faktörlerden biri olduğu vurgulanmıştır (Priskin, 2001; Kowalczyk, 2001; Dupeyras ve MacCallum, 2013; Obinwanne ve Okpoko, 2015; Rahayuningsiha vd., 2016; Mazur vd., 2021). An vd. (2019) ile Asmelash ve Kumar (2019)'in çalışmalarında da; kırsal yerleşimlerin turistik çekiciliğinin doğal ve kültürel değerlerin kalitesiyle ilişkili olduğu belirtilmiştir. De Aranzabal, Schmitz ve Pineda, (2009)'un çalışmaları da; kırsal yerleşimlerin, turizm planlamasında ana kaynak değeri taşıdığına dikkat çekmiştir.

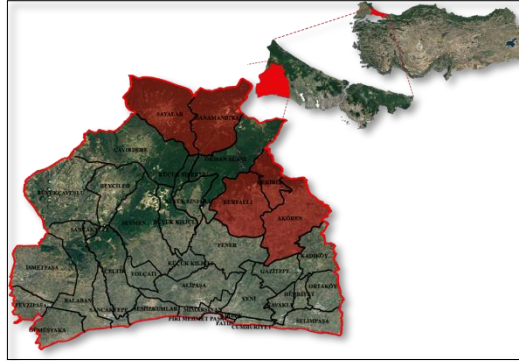
Ulusal kırsal kalkınma planları ile strateji belgelerinde de; “yere özgü kırsal alan envanterlerinin hazırlanması ile köy envanter bilgi sistemi oluşturulması ve doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi” gibi öngörüler geliştirilmiştir (Anonim, 2006; Anonim, 2013a; Anonim, 2014, Anonim, 2019).

Buradan yola çıkılarak, çalışma “Doğal peyzaj özellikleri, kırsal yerleşimler için ana kaynak değeri olup, yerleşim birimi bazında veri alt yapısının oluşturulması önemli ve gereklidir” hipotezi çerçevesinde kurgulanmıştır. Bu çerçevede İstanbul İli Silivri İlçesi’ne bağlı Akören, Bekirli, Danamandıra, Kurfalı ve Sayalar kırsal yerleşimlerinin doğal peyzaj özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, doğal peyzaj değerlerine yönelik CBS ortamında veri tabanı oluşturulması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Ana materyali oluşturan çalışma alanı; İstanbul İli Silivri İlçesi kuzey-kuzeydoğu bölümünde yer alan Akören, Bekirli, Danamandıra, Kurfalı ve Sayalar yerleşimlerinden oluşmaktadır. Örnek olarak seçilen alanların seçiminde; 1/100.000 ölçekli İstanbul İl Çevre Düzeni Planı kapsamında ilgili alanların, “kırsal yerleşim alanı”, “tarımsal niteliği korunacak alanlar”, “çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik alanlar”, “doğal ve kırsal karakteri korunacak alanlar”, “ekolojik turizm ve tarım alanları” (Anonim, 2009) olarak öngörülmesi etkili olmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanı

Tüm sayısal verilerin işlenmesi ile tematik haritaların oluşturulması sırasında ilgili kurum ve kuruluşların hazırlamış olduğu rapor ve haritalar ile Adobe Photoshop, Google Earth, ArcGIS, Microsoft Office Excel programlarından yararlanılmıştır.

2.2. Yöntem

Çalışma kapsamında Silivri İlçesi özelinde seçilen örnek yerleşimlerin doğal peyzaj özelliklerine ilişkin CBS veri tabanı temelinde envanterleri oluşturulmuştur. Doğal peyzaj özelliklerine dayalı envanter oluşturma sürecini içeren yöntem ana kurgusunu; literatür verileri, arazi çalışmaları ve büro çalışmaları ile desteklenerek CBS temelli haritalara dayalı olarak geliştirilen alan analizleri oluşturmaktadır.

Literatür taraması çalışmanın ilk aşamasını oluşturmuştur. İlgili aşamada; ulusal ve uluslararası ölçekli çalışma alanı ve konusuna ilişkin tez, makale, rapor ile kurumlardan temin edilen harita ve

planlara ilişkin genel değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen veriler çalışma amacı ve hipotezinin oluşturulmasında etkili olmuştur.

Arazi çalışmaları ise; gözlem ve görüşme esasına dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Literatür taramaları ve arazi gözlemleri alan analizlerine dayanak oluşturmuştur.

Alan analizi aşamasında; ArcGIS ve Adobe Photoshop programları aracılığıyla, çalışma alanlarının her birine ilişkin topoğrafik yapı (yükseklik, eğim, bakı), toprak özellikleri (büyük toprak grupları, arazi kullanım kabiliyet sınıfları), jeolojik formasyonlar, su varlığı ile meşcere tiplerine ilişkin tematik haritalar oluşturulmuş ve kapladıkları alansal dağılımlar karşılaştırılmalı olarak çizelgelerle sunulmuştur. Detaylar aşağıda maddeler şeklinde verilmiştir.

- Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Kurumu (USGS) tarafından hazırlanan sayısal yükseklik modeli (DEM) haritası (Anonim, 2023a) altlığından; yükseklik, eğim, bakı ve su varlığı haritaları oluşturulmuştur.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan “İstanbul Büyükşehir Alanı ve Çevresinde Tarım Sektörü Araştırması” (Anonim, 2008a) başlıklı etüt raporundan yararlanılarak; büyük toprak grupları, arazi kullanım kabiliyet sınıfları, su varlığı ile meşcere tipleri haritaları oluşturulmuştur.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Şube Müdürlüğü’nün “İstanbul Kent Jeolojisi Projesi İstanbul İl Alanının Jeolojisi Yönetici Özeti” (Anonim, 2011) isimli raporundan, jeoloji formasyonları haritası oluşturulmuştur.

Çalışma sonucunda, veri temelli tüm haritalardan elde edilen bulgulara dayanarak genel değerlendirmeler yapılmıştır.

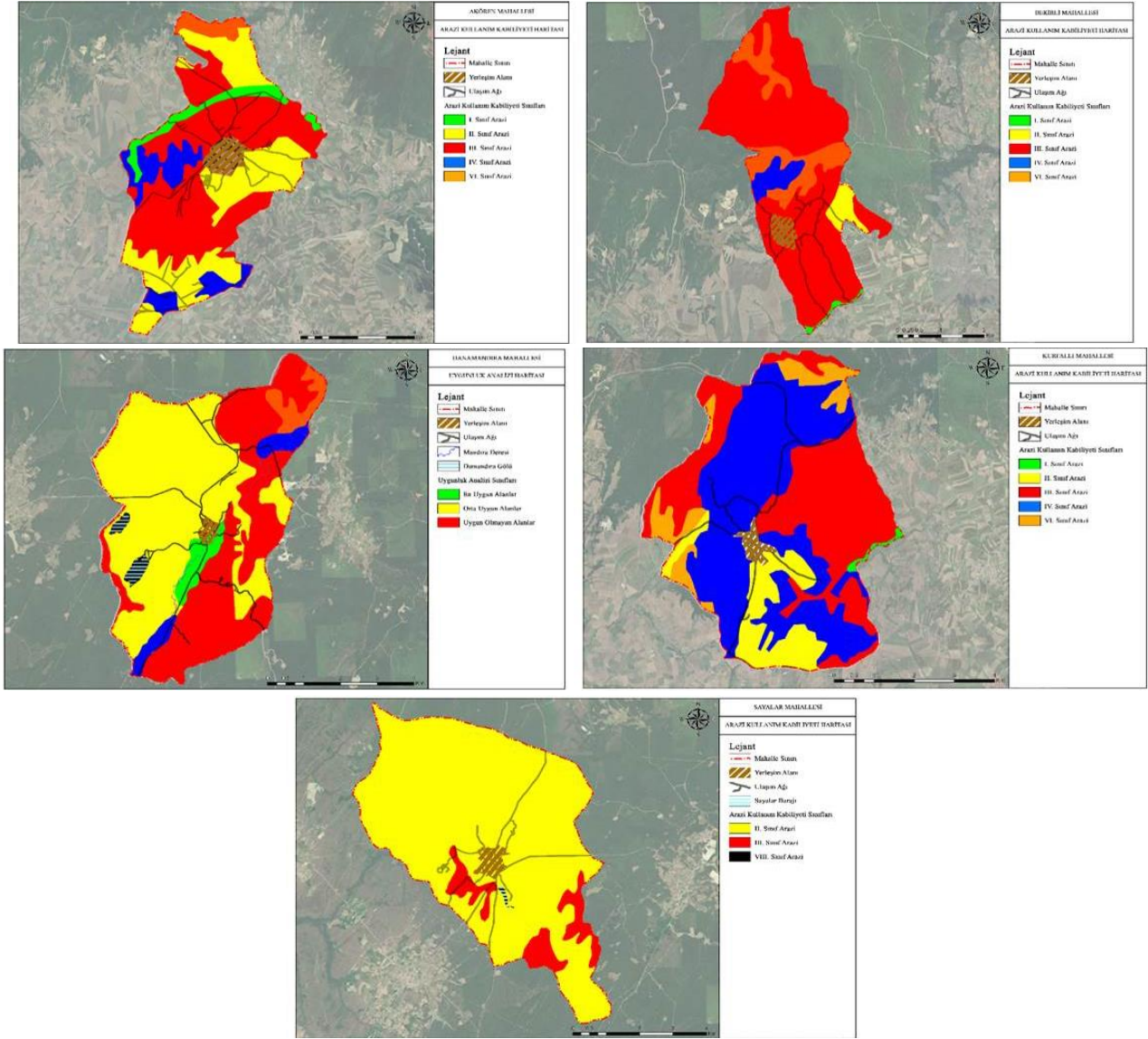
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Topoğrafik Yapı

Örnek alanların topoğrafik yapısı belirlenirken ArcGIS 10.1 programı aracılığıyla yükseklik, eğim ve bakı haritaları oluşturulmuştur.

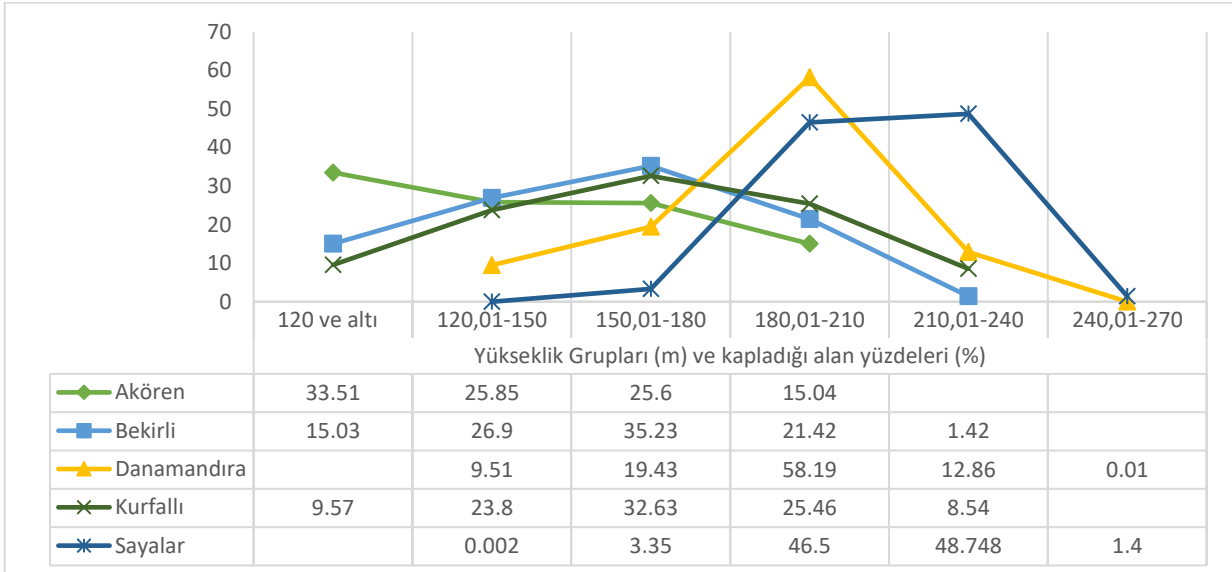
Yükseklik: Temel bir parametredir ve dünya yüzeyinde ve atmosferik süreçte, eğim, bakı ve spesifik havza ve planın yanı sıra çevresel özelliklerin türetilmesinde de önemli bir rol oynar (Gallant ve Wilson, 2000). Silivri İlçesi’nin kuzey ve kuzeydoğusunda yer alan Akören, Bekirli, Danamandıra, Kurfalı ve Sayalar’ın ortalama yüksekliği 120-240 metre aralığında yer almaktadır. Alanlar içerisinde en yüksek noktanın kilometre kareye oranla en fazla olduğu mahalle Akören, en alçak noktanın kilometre kareye oranla en fazla olduğu mahalle Bekirli’dir. Bununla birlikte; yoğun olarak 180 m altı rakımlı alanlara sahip olan yerleşim Akören iken, 180 m üzeri rakımlı alanların yoğun bulunduğu yerleşim ise Sayalar olmuştur (Şekil 2, Tablo 1).

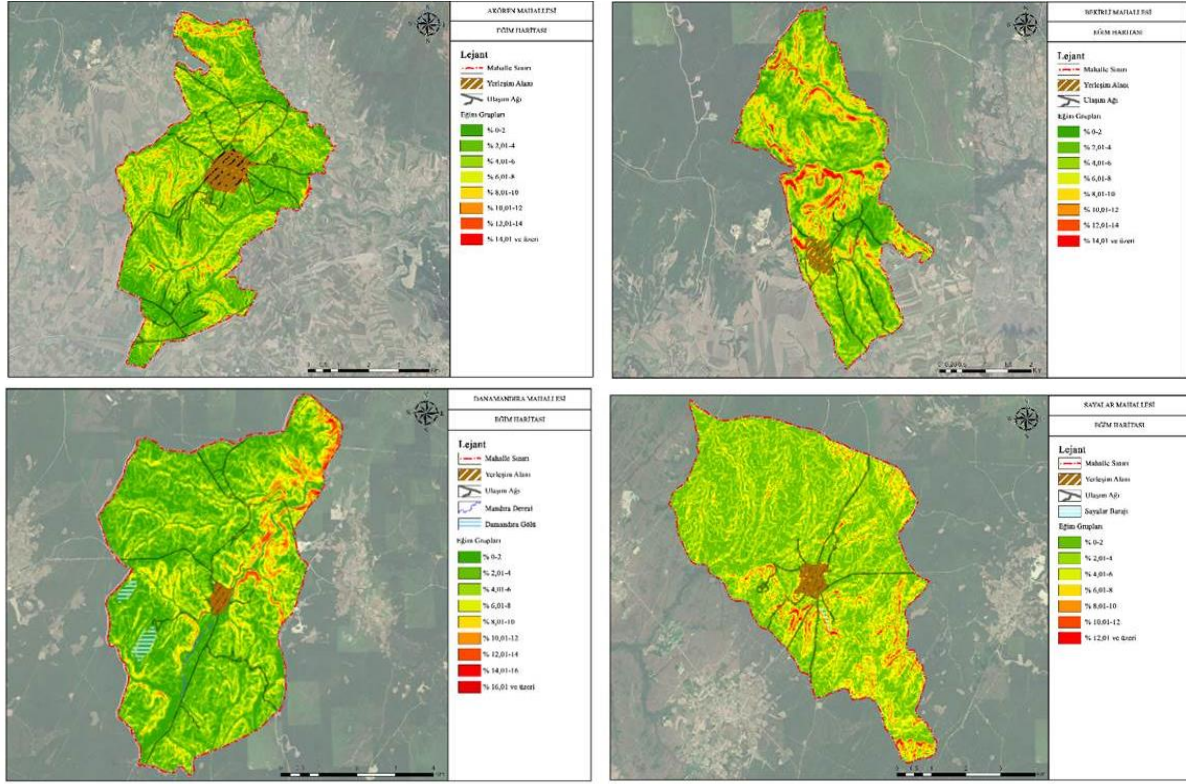
Eğim: Temel bir parametre olarak eğim, çevresel özelliklerin türetilmesi içindir ve erozyon potansiyeli, yüzeysel akış oranları ile kara ve yer altı akış hızı gibi birçok önemli peyzaj sürecini etkilemektedir (Jeong vd., 2013). Eğim olarak incelendiğinde; genel olarak düşük eğimli alanların çoğunlukla olduğu ve çalışma alanlarının tamamının ortalama % 80’lik bir alanının % 0-8’lik bir eğim aralığında yer aldığı saptanmıştır. Yerleşim özelinde incelendiğinde; Akören ve Danamandıra yoğun olarak % 0-6 aralığında yer alırken, Bekirli ve Kurfalı daha engebeli bir arazi üzerinde konumlanmıştır. Sayalar’n kuzeydoğu ve kuzeybatı yönleri de çoğunlukla düze yakın iken güneybatı, güney ve güneydoğu yönünde ise eğim miktarı giderek artarak %10,00’luk eğimin üzerine doğru çıktığı görülmektedir (Şekil 3, Tablo 2).



Şekil 2. Çalışma alanı kırsal yerleşimlerine ilişkin yükseklik haritaları

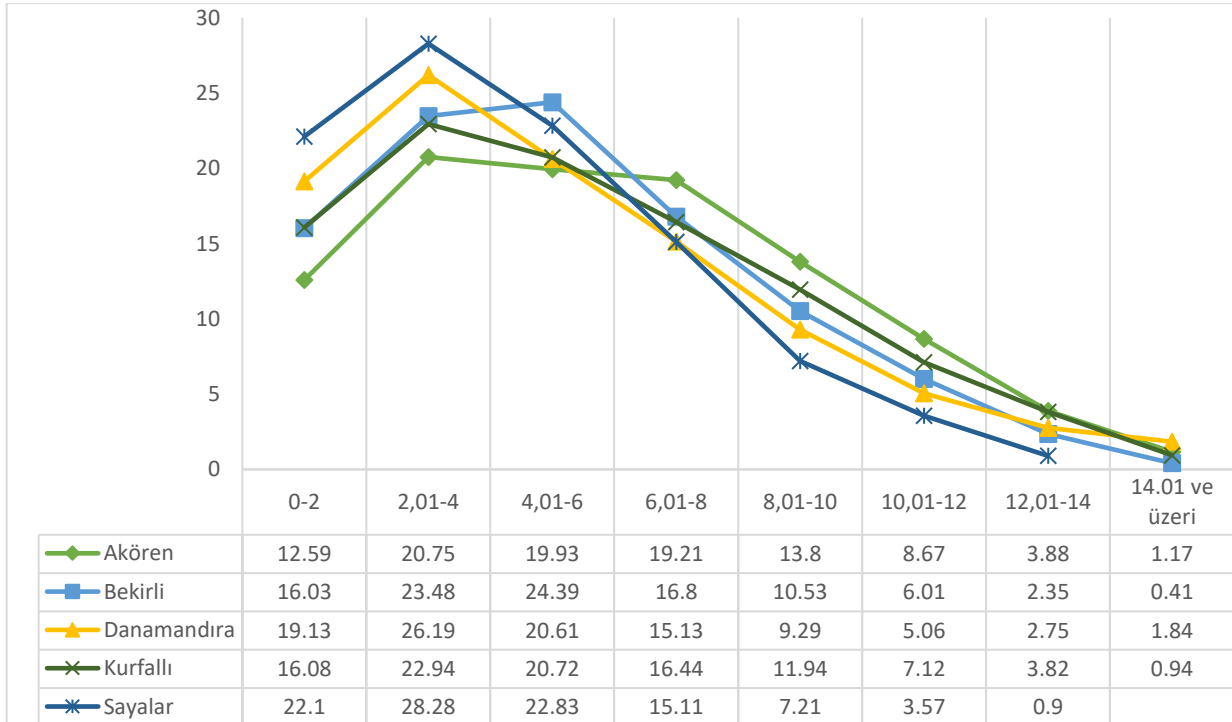
Tablo 1. Çalışma alanı kırsal yerleşimleri yükseklik gruplarının alansal dağılım yüzdeleri



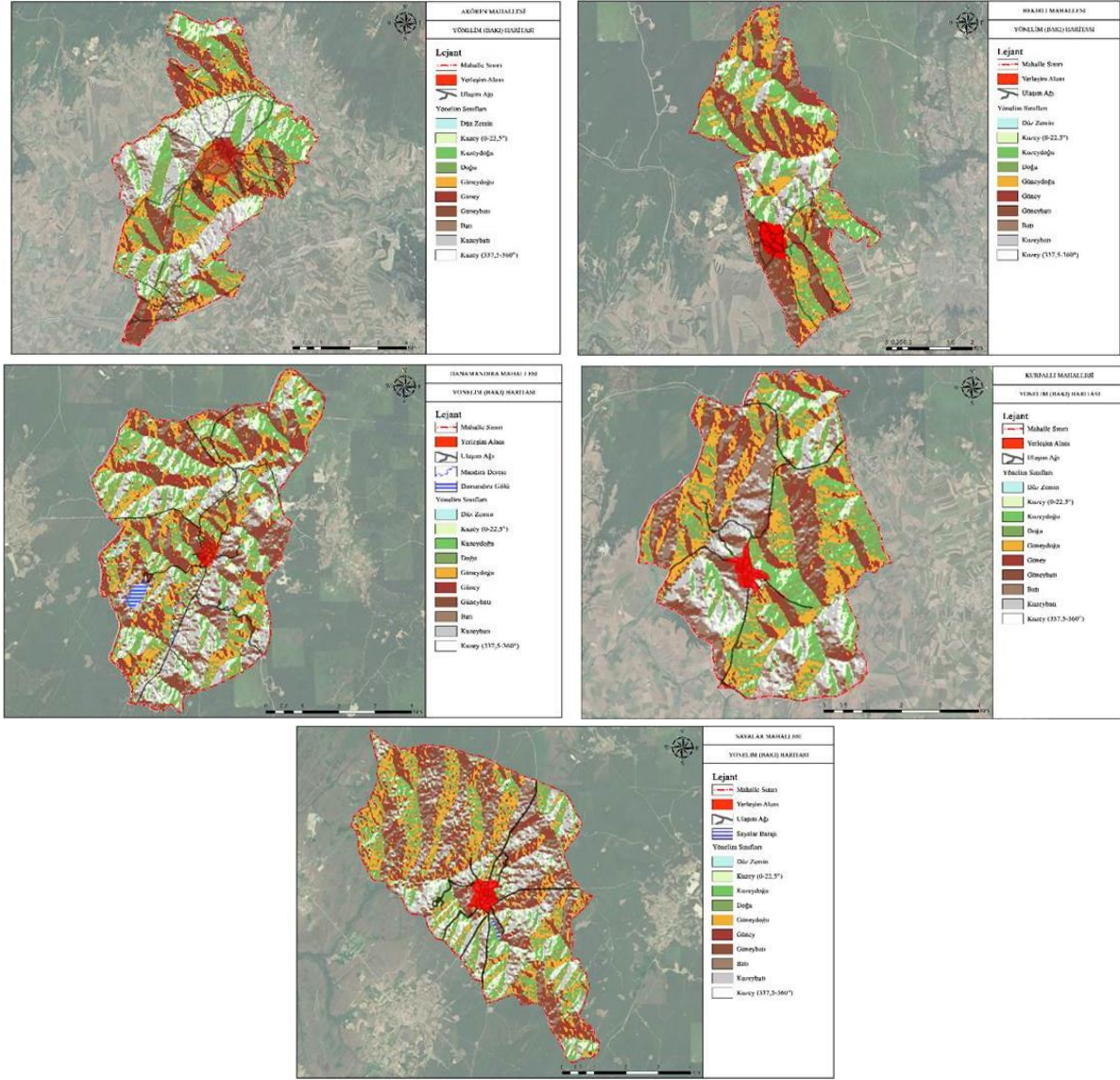


Şekil 3. Çalışma alanı kırsal yerleşimlerine ilişkin eğim haritaları

Tablo 2. Çalışma alanı kırsal yerleşimleri eğim gruplarının alansal dağılım yüzdeleri



Bakı: Bakı değerleri açısından durum değerlendirildiğinde güney, güneydoğu ile doğu yönlerinin baskın olduğu saptanmıştır (Şekil 4, Tablo 3).



Şekil 4. Çalışma alanı kırsal yerleşimlerine ilişkin bakı haritaları

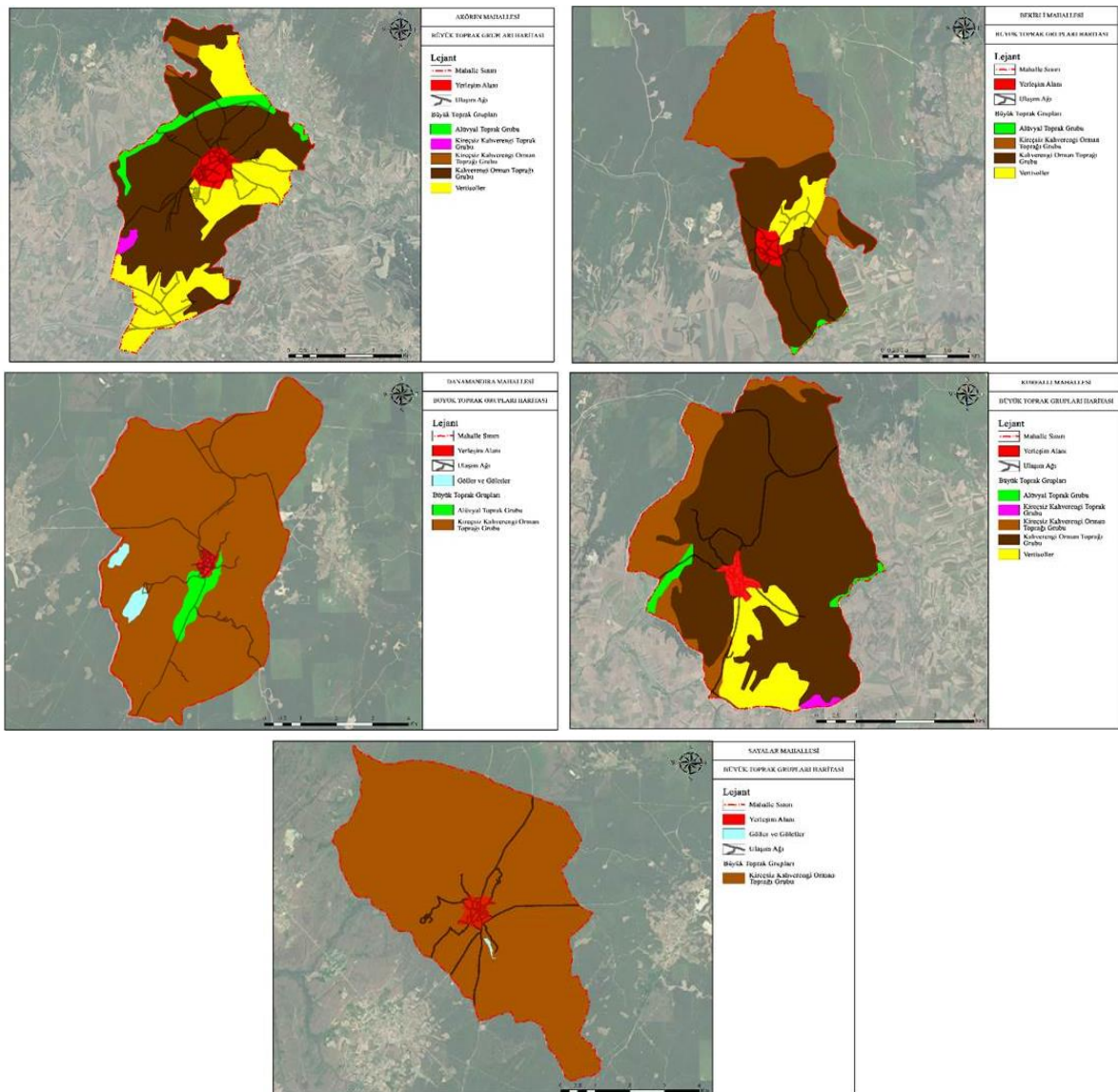
Tablo 3. Çalışma alanı kırsal yerleşimleri bakı gruplarının alansal dağılım yüzdeleri

| | Kuzey | Kuzeydoğu | Doğu | Güneydoğu | Güney | Güneybatı | Batı | Kuzeybatı |
|-----------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|
| —*— Sayalar | 10.62 | 8.02 | 12.54 | 17 | 12.93 | 11.89 | 13.06 | 13.93 |
| —x— Kurfalı | 9.04 | 10.55 | 15.87 | 17.79 | 10.87 | 11.05 | 13.47 | 11.85 |
| —▲— Danamandıra | 13.75 | 11.41 | 12.85 | 15.16 | 13.88 | 10.46 | 9.19 | 13.3 |
| —■— Bekirli | 8.72 | 13.22 | 16.74 | 17.67 | 16.33 | 13.87 | 6.86 | 6.59 |
| —◆— Akören | 15.88 | 13.47 | 15.36 | 14.53 | 12.61 | 8.69 | 6.29 | 13.18 |

3.2. Toprak Yapısı

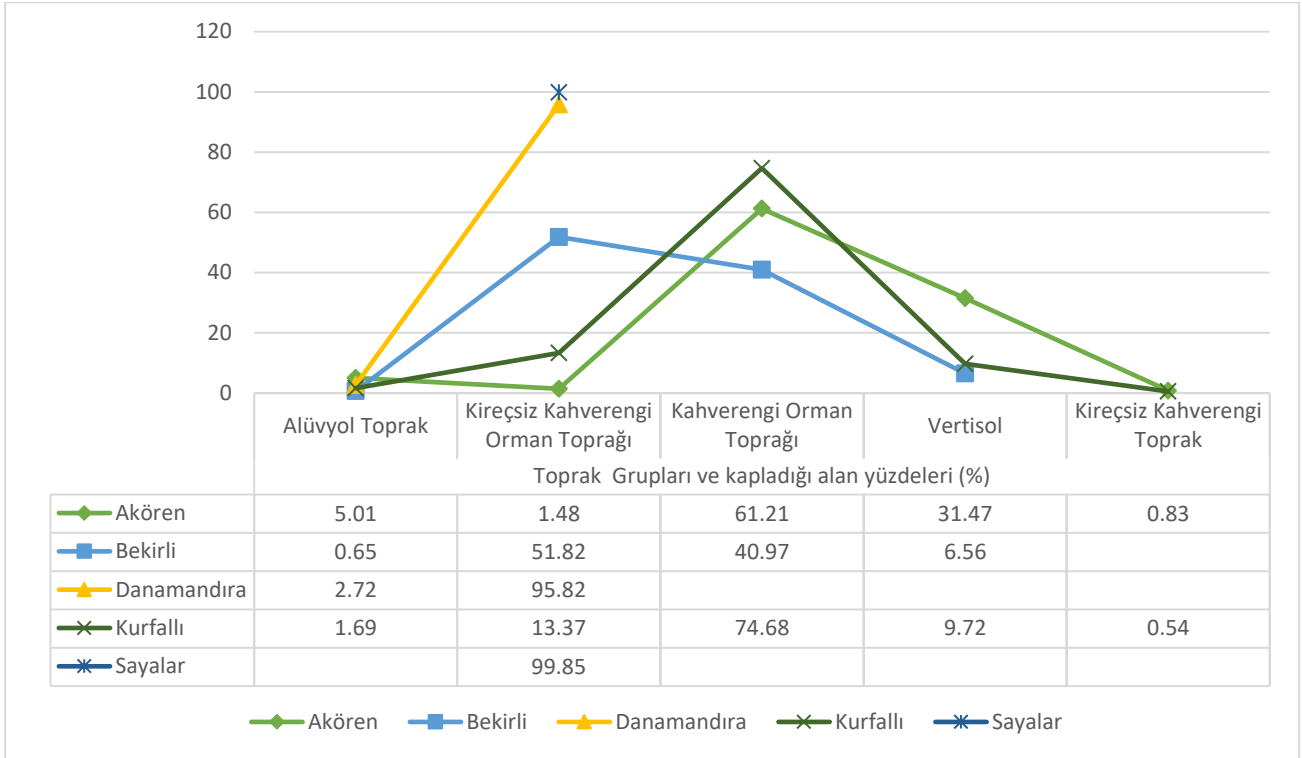
Örnek alanların toprak özelliklerine ilişkin olarak; büyük toprak grupları ile arazi kullanım kabiliyet sınıflarına ilişkin tematik haritalar üretilmiştir.

Büyük toprak grupları; açısından incelendiğinde, kireçsiz kahverengi orman toprağının her bir yerleşim özelinde bulunduğu saptanmıştır. Bu toprak tipi, kireçsiz olup, genellikle yaprağını döken orman örtüsü altında oluşarak, asit, nötr veya kalemli reaksiyon özelliğine sahiptir (Palalı, 1997; Anonim, 2008b). Akören, Danamandıra, Kurfalı'da yüzdesel olarak en fazla oranı kaplayan toprak grubu kahverengi orman toprağı iken, Sayalar ve Bekirli'de en fazla oranı kaplayan toprak grubu kireçsiz kahverengi orman toprağı olmuştur. İşlemeye uygun olması ile tarıma elverişli toprak grubunu oluşturan alüvyal topraklar (Anonim, 2008b) ise diğer yerleşimlere göre %5'lik bir oranla en çok Akören'de görülmüştür (Şekil 5, Tablo 4).



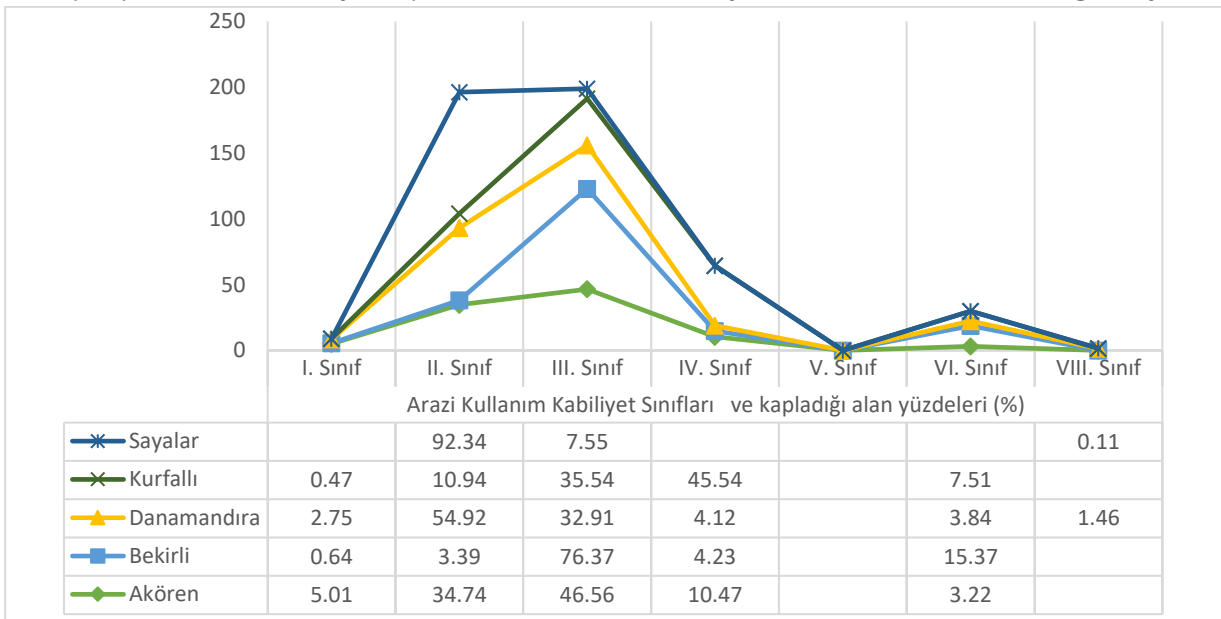
Şekil 5. Çalışma alanı kırsal yerleşimlerine ilişkin büyük toprak grupları haritaları

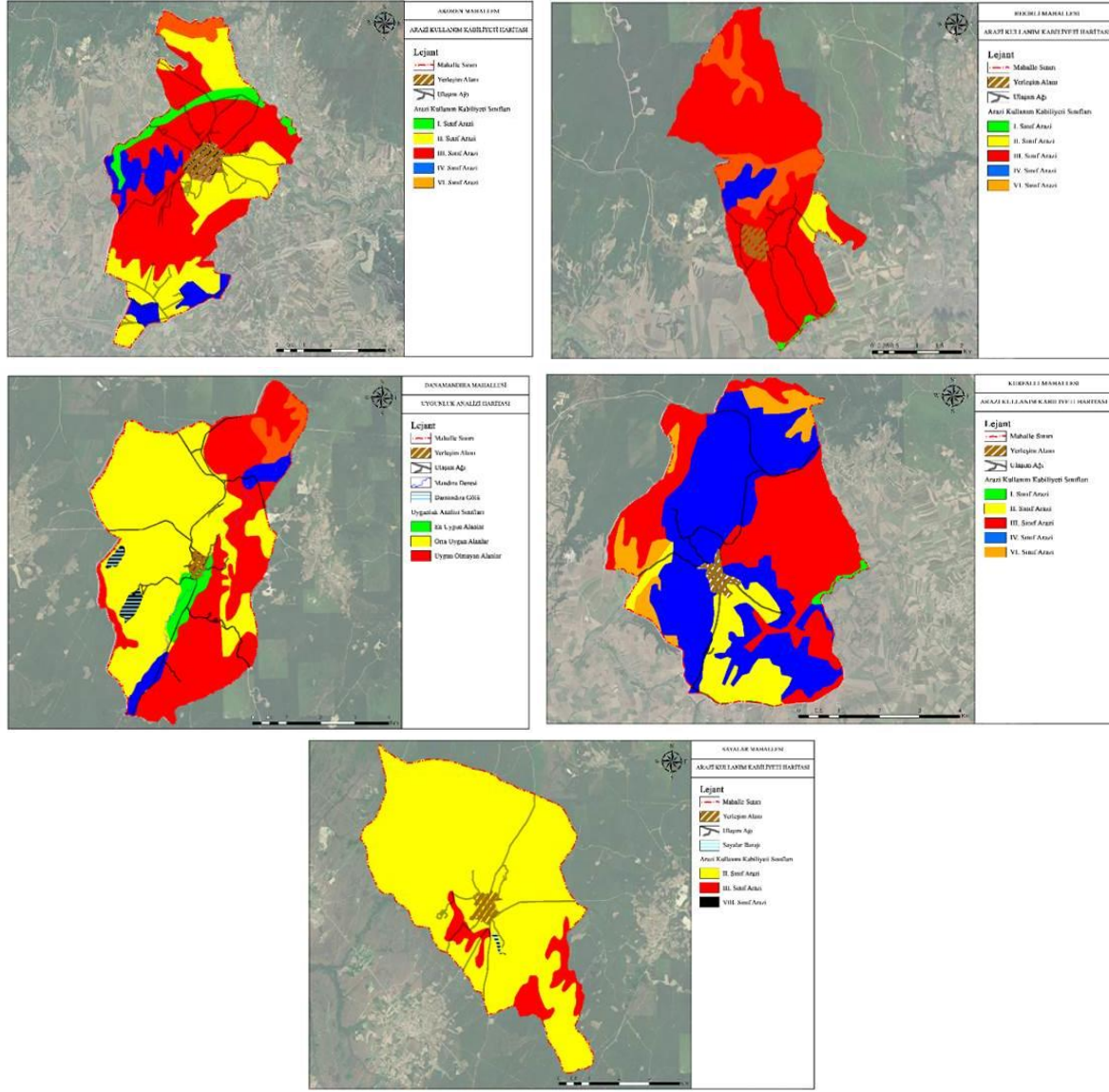
Tablo 4. Çalışma alanı kırsal yerleşimleri büyük toprak gruplarının alansal dağılım yüzdeleri



Arazi kullanım kabiliyet sınıfları; çalışma alanları arazi kullanım sınıfları; I., II., III., IV., VI. ve VIII. sınıf arazilerden oluşmaktadır. Arazi kabiliyet sınıflarının dağılımında, II. ve III. Sınıf toprak tiplerinin yoğunluklu olduğu görülmektedir. Özellikle de Sayalar ve Danamandıra II. sınıf toprak tipinin en yoğun olduğu yerleşimler olarak yer almıştır. Tarım açısından en verimli topraklar olan I. sınıf arazi en fazla Akören'de, en az Sayalar'da yer almaktadır. II. sınıf arazi ise en fazla Sayalar'da, en az ise Bekirli'de yer almaktadır. Çalışma alanı içerisinde V. sınıf ve VII. sınıf arazi hiç bulunmaz iken VIII. sınıf arazi az da olsa Danamandıra'da yer almaktadır (Tablo 5, Şekil 6).

Tablo 5. Çalışma alanı kırsal yerleşimleri arazi kull. kabiliyet sınıflarının alansal dağılım yüzdeleri

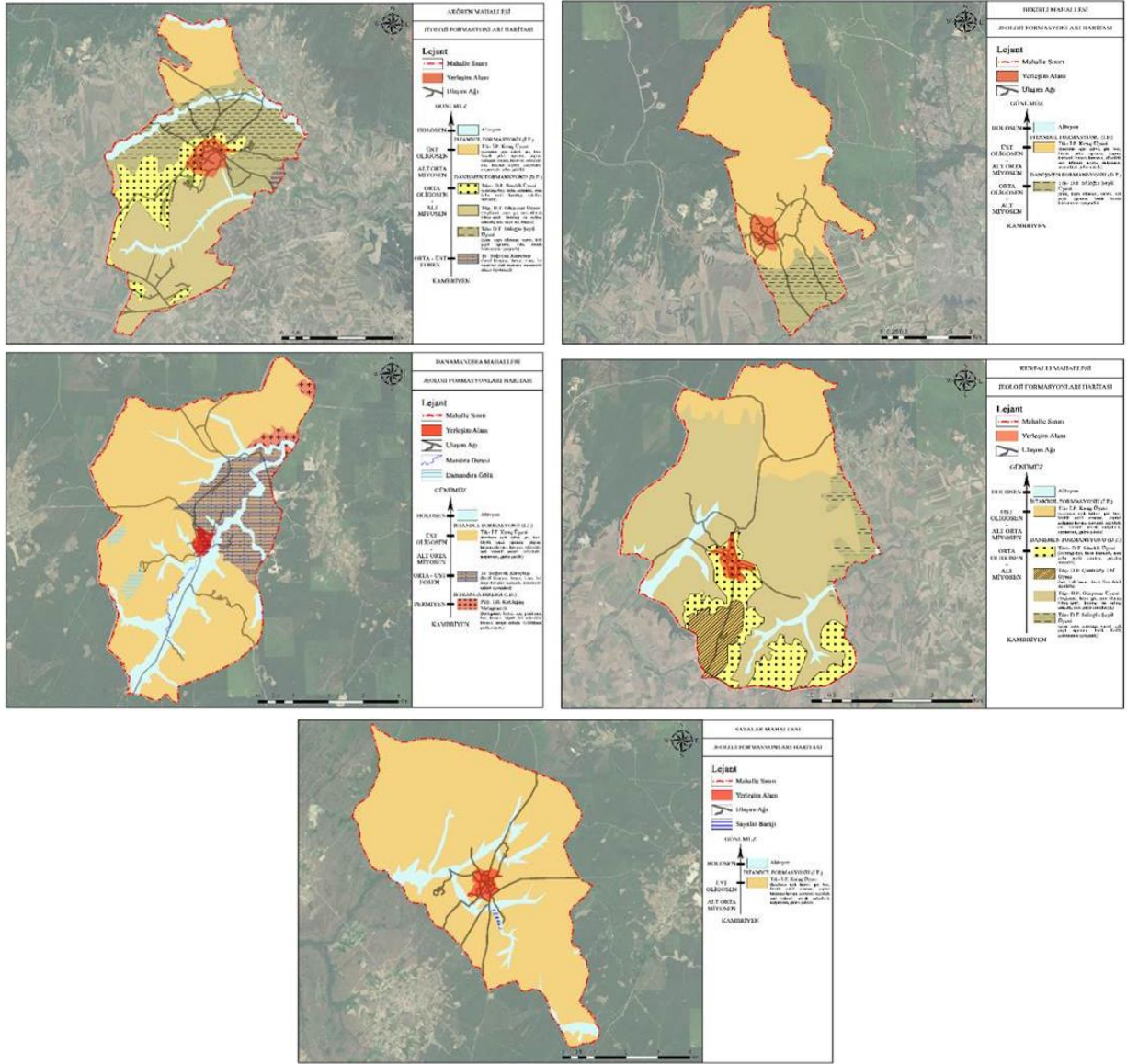




Şekil 6. Çalışma alanı kırsal yerleşimlerine ilişkin arazi kullanım kabiliyet sınıfları haritaları

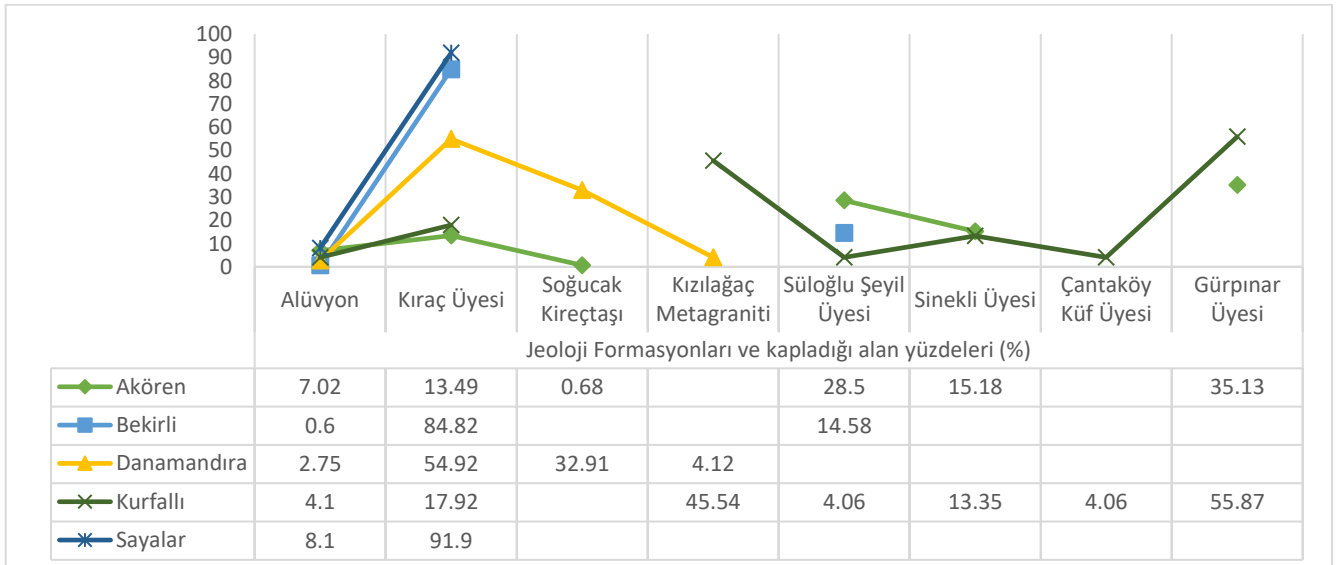
3.3. Jeolojik Yapı

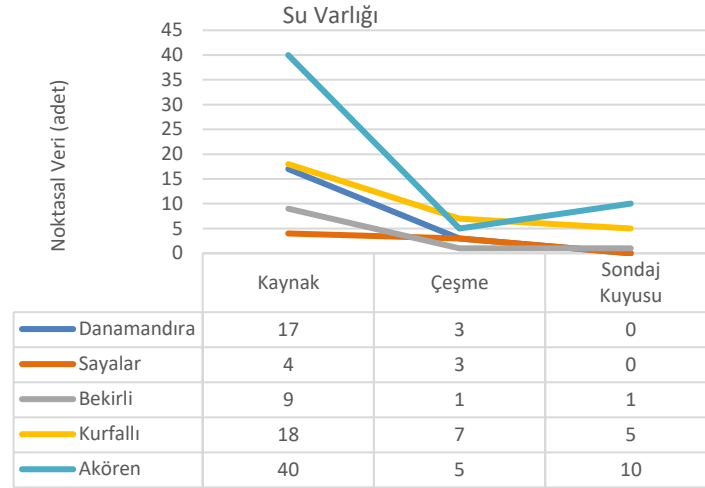
Çalışma alanları jeoloji haritaları; formasyonlar özelinde değerlendirilerek oluşturulmuştur. Alüvyon, İstanbul Formasyonu (Kıraç Üyesi, Soğucak Kireçtaşı), Istranca Birliği (Kızılağaç Metagraniti) ve Danışmen Formasyonu (Sinekli Üyesi, Çantaköy Tüf Üyesi, Gürpınar Üyesi, Süloğlu Şeyil Üyesi, Soğucak Kireçtaşı)'ndan oluşmaktadır. Dağılım incelendiğinde; Akören; Alüvyon, Kıraç üyesi, Sinekli üyesi, Gürpınar üyesi, Süloğlu şeyil üyesi ve Soğucak kireçtaşından, Bekirli; Alüvyon, Kıraç üyesi ve Süloğlu şeyil üyesinden, Danamandıra; Alüvyon, Kıraç üyesi, Soğucak kireçtaşı ve kıızılağaç metagranitinden, Kurfalı; Alüvyon, Kıraç üyesi, Sinekli üyesi, Çantaköy küf üyesi, Gürpınar üyesi ve Süloğlu şeyil üyesinden, Sayalar; Alüvyon ve Kıraç üyesinden oluştuğu saptanmıştır. Alüvyon formasyonu en fazla Danamandıra, en az Bekirli'de bulunurken, Kızılağaç metagraniti de sadece Danamandıra'da, Çantaköy Küf üyesi de sadece Kurfalı'da bulunmaktadır (Şekil 7, Tablo 6).



Şekil 7. Çalışma alanı kırsal yerleşimlerine ilişkin jeolojik yapı haritaları

Tablo 6. Çalışma alanı kırsal yerleşimleri jeolojik yapısının alansal dağılım yüzdeleri





Tablo 7. Çalışma alanı kırsal yerleşimleri su varlığı verilerine ilişkin karşılaştırmalı sonuçlar

Çalışma alanı içerisinde Akören, Beyciler ve Danamandıra’da biyolojik arıtma tesisleri bulunmaktadır. Bunlardan Akören ve Danamandıra biyolojik arıtma tesislerinin kapasitesi günlük 500 m³ iken, Beyciler biyolojik arıtma tesisinin günlük kapasitesi ise 1.000 m³ tür (Anonim, 2023 b).

4. SONUÇ

Çalışmada; “Doğal peyzaj özellikleri, kırsal yerleşimler için ana kaynak değeri olup, yerleşim birimi bazında veri alt yapısının oluşturulması önemli ve gereklidir” hipotezi çerçevesinde, İstanbul İli Silivri İlçesi’ne bağlı Akören, Bekirli, Danamandıra, Kurfalı ve Sayalar kırsal yerleşimlerinin doğal peyzaj özelliklerine ilişkin mevcut durum ortaya konulmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ile ilgili sonuçların oluşturabileceği katkılar aşağıda maddeler şeklinde sunulmuştur.

- Kırsal yerleşimler ile doğal peyzaj özellikleri arasındaki ilişki ve önem durumu, ulusal ve uluslararası ölçekli literatür çalışmaları ile desteklenerek ortaya konulmuştur. Bu durum, ilgili konuda farkındalık oluşturmak açısından yarar sağlayacaktır.
- Akören, Bekirli, Danamandıra, Kurfalı ve Sayalar kırsal yerleşimlerine ilişkin ilgili kurumlardan temin edilen veriler Arcgis 10.1 yazılımı ile sayısallaştırılarak doğal peyzaj özelliklerine ilişkin tematik haritalar oluşturulmuştur. Bu durum, ilgili paydaşlara veri desteği sağlayarak plan kararlarında ve turizm gelişiminde önemli bir destek oluşturacaktır. Birçok çalışma da bu durumu destekler niteliktedir (De Aranzabal, Schmitz ve Pineda, 2009; Erdoğan vd., 2017; Zakariya vd., 2019; Kabataş ve Kiper, 2021; Fornal-Pieniak ve Żarska, 2022).
- Akören, Bekirli, Danamandıra, Kurfalı ve Sayalar kırsal yerleşimlerinin doğal peyzaj özelliklerini içeren alansal miktarlar % değerler şeklinde karşılaştırılmalı olarak çizelgelerle belirtilmiştir. Bu veriler, kırsal göstergelere ilişkin envanter oluşturulması, kaynakların etkin şekilde kullanımı ile stratejilerin geliştirilmesi aşamalarında etkili olacaktır. İlgili sonuç; Öksüz vd. (2014), Erdoğan vd. (2017) ile Zakariya vd. (2019)’nin çalışmalarını destekler niteliktedir.

Sonuç olarak, doğal özellikler, kırsal alanların gelişiminde, planlanmasında etkin bir rolü sahiptir ve Zakariya vd. (2019)’nin de belirttiği gibi; herhangi bir gelişmenin planlanması öncesinde peyzaj değerlerinin belirlenmesi ve haritalanması önemlidir.

Not: Bu çalışma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı anabilim dalında yürütülen yüksek lisans tezinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- An, L.T., Markowski, J., Bartos, M., Rzenca, A., Namiecinski, P. (2019). An evaluation of destination attractiveness for nature-based tourism: recommendations for the management of national parks in Vietnam. *Nature Conservation*, 32, 51-80. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.32.30753>. 2019.
- Anonim, 2006. *Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisi-1*. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, [https://kkp.tarim.gov.tr/Ulusal_kirsal_kalkinma_stratejisi%20\(2007-2013\).pdf](https://kkp.tarim.gov.tr/Ulusal_kirsal_kalkinma_stratejisi%20(2007-2013).pdf).
- Anonim (2008b). *Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı*. https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/ToprakAraziSiniflamasiStandartlariTeknikTalimativeIlgiliMevzuat_yeni.pdf.
- Anonim, (2008a). *İstanbul büyükşehir alanı ve çevresinde; tarım sektörünün gelişim sürecinin mekânsal boyutu ile birlikte incelenmesi ve araştırılması, bu sektörün geleceğe dönük gelişme eğilim ve potansiyellerinin belirlenmesi, planlamaya dönük gelişme stratejileri ve modellerinin tanımlanması konularına yönelik analitik etüd işi*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Planlama ve İmar Dairesi Başkanlığı, Şehir Planlama Müdürlüğü, <https://sehirplanlama.ibb.istanbul/arsiv/>.
- Anonim, (2009). *1/100.000 ölçekli İstanbul İl Çevre Düzeni Planı*. <https://sehirplanlama.ibb.istanbul/ust-olcekli-planlar/>.
- Anonim, (2011). *İstanbul Kent Jeolojisi Projesi İstanbul İl Alanının Jeolojisi Yönetici Özeti. İstanbul Kent Jeolojisi Projesi*, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, <https://deprezmemin.ibb.gov.tr/uploads/2015/11/iSTANBUL-iL-ALANI-JEOLOJiSi-YoNETiCi-oZETi 2013.pdf>.
- Anonim, (2013). *Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisi-2*. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, [https://kkp.tarim.gov.tr/UKKS%20\(2014-2020\).pdf](https://kkp.tarim.gov.tr/UKKS%20(2014-2020).pdf).
- Anonim, (2014). *Kırsal Kalkınma Eylem Planı*. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, <https://kkp.tarim.gov.tr/KKEP2015-2018.pdf>.
- Anonim, (2019). *On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023)*. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/On-Birinci-Kalkinma-Plani>.
- Anonim (2023a). *Usgs Maps*. <https://www.usgs.gov/>.
- Anonim (2023b). *İstanbul İli 2022 Yılı Çevre Durum Raporu*. İstanbul Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/istanbul_cdr2022-20230914131022.pdf.
- Asmelash, A.S. ve Kumar, S. (2019). Assessing progress of tourism sustainability: developing and validating sustainability indicators. *Tourism Management*, 71, 67-83, <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.09.020>.
- de Aranzabal, I., Schmitz, M., Pineda, F. (2009). Integrating landscape analysis and planning: a multi-scale approach for oriented management of tourist recreation. *Environmental Management*, 44, 938-951. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9371-z>.

- Dupeyras, A. ve MacCallum, N. (2013). *Indicators for measuring competitiveness in tourism: a guidance document*. OECD Tourism Papers, 2013/02, OECD Publishing, <http://dx.doi.org/10.1787/5k47t9q2t923-en>.
- Elagöz Timur, B. ve Asiliskender, B. Kırsal Peyzaj Mirası Çalışmalarında Habitusun Değerlendirilmesi. *Millî Folklor*, 141, 167-178. <http://doi.org/10.58242/millifolklor.1129209>.
- Erdoğan, A., Dedeoğlu Özkan, S., Sulak, B., Barut, M. (2017). Koruma odaklı kırsal alan planlamasına yönelik veri altyapısının oluşturulması. *Planlama*, 27(3), 254-273, <https://doi.org/10.1016/doi.10.14744/planlama.2017.39200>.
- Fornal-Pieniak B.E. ve Źarska B. (2022). Evaluation of Landscape Natural Values in Tourism, with Special Regard to Vegetation– Case Study: Otwock Commune, Central Poland. *Pol. J. Environ. Stud.*, 31 (1), 665-680. <https://doi.org/10.15244/pjoes/140289>.
- Gallant, J.C. ve Wilson J.P. (2000). Primary topographic attributes. J.P. Wilson, J.C. Gallant (Eds.), *Terrain Analysis Principles and Applications* (p.51-81), John Wiley & Sons, Inc.
- Jeong, S., García-Moruno, I., Hernández-Blanco, J. (2013). A site planning approach for rural buildings into a landscape using a spatial multi-criteria decision analysis methodology. *Land Use Policy*, 32, 108-118. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.09.018>.
- Jones, E.E. (2010). An analysis of factors influencing sixteenth and seventeenth century Haudenosaunee (Iroquois) Settlement locations, *Journal of Anthropological Archaeology*, 29, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2009.09.002>.
- Kabataş E ve Kiper, T. (2021). Kırsal yerleşimlerin doğal ve sosyo-kültürel peyzaj değerlerinin belirlenmesi: Kırklareli Kocayazı ve Kula Köyü örneği. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 2328-2341. <https://doi.org/10.21597/jist.887921>.
- Koç, C. Koç, A. (2024). Afet sonrası taşınan yerleşmelerin değerlendirilmesi: Sekli Köyü (Beypazarı) örneği. *Journal of Environmental and Natural Studies*, 6 (1), 1-22. <https://doi.org/10.53472/jenas.1412321>.
- Kowalczyk, A. (2001). *Geografia turystyki (Geography of tourism)*, PWN.
- Köse, Y. ve Şahin, Ş. (2017). Bir kırsal yerleşim olarak Evciler Mahallesi peyzaj özellikleri. *Ankara Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 257-272. <https://doi.org/10.5505/jas.2017.62634>.
- Mazur, M., Bednarek-Szczepańska, M., Bański, J., Mazure, D. (2021). Measuring environmental and landscape-related potential for tourism development in rural areas and assessment of its co-occurrence with tourist movement: the case of Poland. *Moravian Geographical Reports*, 29(2), 101–112. <https://doi.org/10.2478/mgr-2021-0009>.
- Obinwanne, C.O. ve Okpoko, P.U. (2015). Comparative assessment of coastal tourism potentials of selected areas in Rivers State, Nigeria. *Int. J. Sci. Technol. Res.* 4, 262–269. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/88957713/>
- Öksüz, A.M., Beyazlı, D., Aydemir, S., Sulak, B. (2014). Kırsal alan sınıflaması: ülkesel boyut. *Ulusal Bölge Bilimi ve Planlama Kongresi (18-19 Aralık 2014)*, Bölge Bilimi Türk Milli Komitesi & İTÜ Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İstanbul.

- Palalı, E.G. (1997). *İstanbul genelinde kullanılabilir yerli ve ithal bitki türlerinin saptanması* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü-İstanbul.
- Palmisano, G.O., Govindan, K., Loisi, R.V., Sasso, P.D., Roma, R. (2016). Greenways for rural sustainable development: an integration between Geographic Information Systems and Group Analytic Hierarchy Process. *Land Use Policy*, 50, 429-440. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.10.016>.
- Priskin, J. (2001). Assessment of natural resources for nature-based tourism: the case of the central coast region of western Australia. *Tourism Management*, 22(6), 637-648. [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(01\)00039J](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(01)00039J).
- Rahayuningsiha, T., Muntasib, E.K.S.H., Prasetyo, L.B. (2016). Nature based tourism resources assessment using Geographic Information System (GIS): case study in Bogor. *Procedia Environmental Sciences*, 33: 365-375. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.087>.
- Robinson, P.S. (2003). Implications of rural settlement patterns for development: a historical case study in Qaukeni, Eastern Cape, South Africa. *Dev. South. Afr.* 20, 405-421. <https://doi.org/10.1080/0376835032000108202>.
- Villodre, M., Arnaiz-Schmitz, C., Schmitz, M.F. (2023). Landscape conservation in the natural-rural interface. a social-ecological approach in natural parks of Andalusia (Spain). *Landsc Ecol*, 38,3517-3535. <https://doi.org/10.1007/s10980-023-01699-7>.
- Yangang, F. ve Jisheng, I. (2012). Rural landscape changes and its optimization strategies: from the perspective of ideal type Narratives. *Acta Geographica Sinica*, 67(10), 1399-1410. <https://doi.org/10.11821/xb201210010>.
- Yao, Q., An, N., Gu, G., Yang, E., Yang, H., Li, C., Yan, K. (2023). Research progress on features and characteristics of rural settlements: literature distribution, key issues, and development trends. *Buildings*, 13, 2457. <https://doi.org/10.3390/buildings13102457>.
- Zakariya, K., Ibrahim, P.H., Wahab, N.A.A. (2019). Conceptual framework of rural landscape character assessment to guide tourism development in rural areas. *Journal of Construction in Developing Countries*, 24(1), 85-99. <https://doi.org/10.21315/jcdc2019.24.1.5>.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

This study was designed within the framework of the hypothesis "Natural landscape features are the main resource value for rural settlements and it is important and necessary to create a data infrastructure on settlement unit basis". In this framework, it was aimed to determine the natural landscape features of Akören, Bekirli, Danamandıra, Kurfalı and Sayalar rural settlements of Silivri District of Istanbul Province. For this purpose, it is aimed to create a database in GIS environment for natural landscape values.

Methodology

Within the scope of the study, inventories of the natural landscape features of the sample settlements selected in Silivri District were created on the basis of GIS database. The methodology consists of field analyses developed based on GIS based maps supported by literature data, field studies and office studies.

Firstly, general evaluations were made on theses, articles, reports, maps and plans obtained from national and international scale theses, articles, reports and institutions related to the study area and its subject. Field studies were carried out based on observation and interviews with local people.

Maps of topographic structure (elevation, slope, aspect), soil characteristics (great soil groups, land use capability classes), geological formations, water availability and forest stand types for each of the study areas were produced by ArcGIS and Adobe Photoshop programmes. Spatial distributions were presented in comparative tables in the form of % values.

Results and Conclusions

Within the scope of the study, the relationship between rural settlements and natural landscape features and their importance were supported by national and international literature studies. Afterwards, the current situation regarding the natural landscape features of Akören, Bekirli, Danamandıra, Kurfalı and Sayalar rural settlements of Silivri District of Istanbul Province was revealed.

It is thought that the results obtained from the study will be effective in the stages of planning and tourism development, creating an inventory of rural indicators and effective use of resources.

As a result, natural features have an effective role in the development and planning of rural areas and it is important to determine and map the landscape values before planning any development.

Yazarların Biyografisi



Okay ATAY

İstanbul'da doğdu. 2020 yılında Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nde lisans eğitimini, 2023 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda, "Kırsal Kalkınma Odaklı Akıllı Kent Yaklaşımında Tarımsal Turizmin Uygulanabilirliği: Silivri Örneği" başlıklı tezi ile yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır.

İletişim

okay_atay@hotmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-5282-9617>



Tuğba KİPER

1996 yılında Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nde lisansını tamamlamıştır. 2001 yılında Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezini verdikten sonra, 2006 yılında da aynı anabilim dalında Doktora tezini tamamlamıştır. 2007 yılında "Yardımcı Doçent", 2012 Doçent, 2018 yılında da Profesör olmuştur. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nde görev yapmaktadır. Kırsal Alanlarda peyzaj planlama, kentsel peyzaj planlama, turizm, ekoturizm ve kent kimliği konularında çalışmalar yapmakta olup, ulusal ve uluslararası çok sayıda makale, kitap bölümü, bildirisi vb. bulunmaktadır.

İletişim

tkiper@nku.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-3396-5661>



Türkiye'nin Katı Atık Yönetiminin AB İlerleme Raporları Bağlamında İncelenmesi

Simge Dağdır^{1,*} , Hasan Yaylı² 

¹ Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi ABD., Mersin, Türkiye.

² Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, Kırıkkale, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): S. Dağdır, e-mail (e-posta): simgekayadagidir@gmail.com

ÖZET

Bu makale, Avrupa Birliği entegrasyon sürecinde Türkiye'de benimsenen katı atık yönetimi uygulamalarını AB İlerleme Raporlarına dayanarak analiz etmektedir. Türkiye'nin katı atık yönetimi uygulamaları üzerindeki etki, 1998 yılından bu yana AB İlerleme Raporlarında sunulan katı atık verilerinde açıkça görülmektedir. Özellikle 1998 yılından sonra başlatılan katı atık yönetimi uygulamaları, takip eden her ilerleme raporunda tutarlı bir gelişme göstermiştir. Bu çalışma, sürdürülebilir katı atık uygulamalarının gelişmiş ülkeler tarafından küresel olarak benimsenmesini ve Türkiye'de yeni ve dönüştürücü değişikliklere duyulan ihtiyacı incelemektedir. Çalışmada, Avrupa Birliği tarafından Türkiye için yayınlanan ilerleme raporları analiz edilmiş ve nitel araştırma yöntemlerinden biri olan içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sonuçları, Türkiye'nin katı atık yönetimi politikalarının ve uygulama araçlarının, değişen ihtiyaç ve koşullara uyum sağlamak amacıyla AB ilerleme raporlarından doğrudan etkilendiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Katı atık yönetimi, Türkiye'de katı atık yönetimi, AB İlerleme Raporları

Exploration of Turkey's Solid Waste Management in the Context of EU Progress Reports

ABSTRACT

This article analyses the solid waste management practices adopted in Turkey during the European Union integration process, based on the EU Progress Reports. The impact on Turkey's solid waste management practices is evident in the solid waste data presented in the EU Progress Reports since 1998. In particular, solid waste management practices initiated after 1998 have shown a consistent development in each subsequent progress report. This study examines the global adoption of sustainable solid waste practices by developed countries and the need for new and transformative changes in Turkey. The study analysed the progress reports published by the European Union for Turkey and used the method of content analysis, one of the qualitative research methods. The research results showed that Turkey's solid waste management policies and implementation tools are directly influenced by the EU progress reports in order to adapt to changing needs and conditions.

Keywords: *Management of solid waste; Management of solid waste in Turkey; EU Progress Reports*

Makale Bilgisi / Article Info

Alınış tarihi
Received date : 07.08.2024

Düzeltilme tarihi
Revised date : 13.09.2024

Kabul tarihi
Accepted date : 01.10.2024

Atıf için
How to Cite Dağdır, S. ve Yaylı, H. (2024). "Türkiye'nin Katı Atık Yönetiminin AB İlerleme Raporları Bağlamında İncelenmesi", *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 10(1), 2024: 21-38.

1. INTRODUCTION

In the last century, with the rise of globalisation, affluence and urbanisation, the consumption culture of societies has changed, leading to new consumption habits. The movement of rural populations, formerly producers, into urban environments has increased the incentive for factory-produced goods. Increasing amounts of waste have put additional pressure on environmental resources. Issues such as population growth, unplanned urbanisation, industrialisation, consumption frenzy and natural disasters have led to escalating environmental problems such as air, water, soil, noise and visual pollution (Zeytin and Kırlioğlu, 2014:239). Efforts to overcome these problems have included both local and international solutions. In Turkey, which is considered a developing country, industrialisation and rising living standards have led to an increase in waste. Waste, defined as materials produced and deemed unusable by their producers, is a major source of environmental pollution. Among the different types of waste, solid waste is the largest. Solid waste refers to solid materials and sludge from treatment processes that must be disposed of regularly for public peace and environmental protection (Zengin and Uluş, 2016: 27). The term solid waste generally includes materials that are not as fluid as water or other liquids and are not gaseous. Solid waste generally refers to household food waste, plastic packaging, glass, metal, etc., that are disposed of in dustbins.

Solid waste management is a critical issue because it threatens environmental resources such as soil, air and water. It involves a series of processes, from waste generation to final disposal, including collection, reduction, temporary storage, transfer, transportation, reuse and recycling, which are assessed from economic, engineering, public health and aesthetic perspectives and include administrative, financial, legal, engineering and planning functions (Bilgili, 2020: 92).

In the environmental policies of the European Union, it aims to reduce pollution in order to eliminate pollution, to take measures, not to harm the ecological balance of natural resources while ensuring sustainable development, to prevent environmental damage at the source, and to ensure harmonisation with sectoral policies in terms of environmental protection (Erdem and Yenilmez, 2017:92). On the other hand, environmental policies in Turkey, which is considered a developing country, are based on the negotiated agreements reached in the EU harmonisation process. The European Union's environmental policies are complex and thorough, playing an increasingly significant role in negotiations as their scope expands annually. The Union's emphasis on environmental policies is clear in the negotiation chapters, with a growing range of directives for candidate countries. This situation has some consequences for Turkey (Yaylı and Kaya, 2020: 674). To comply with EU environmental policy, more legislation and implementation is needed.

As a result, aligned legal frameworks and principles in environmental matters, especially in solid waste management, have emerged. Solid waste management gained momentum after the 1980s due to the emphasis on environmental issues in EU accession policy. Solid waste is one of the key environmental chapters for EU membership. Although solid waste practices and achievements vary between EU Member States, the aim is to achieve a regional standard. This study examines how Management of solid waste in Turkey has evolved in accordance with of the EU Progress Reports, analysing each report to determine the status and progress of solid waste practices.

2. MATERIAL AND METHODS

This article is an extended version of the conference paper titled "Analysing Solid Waste Management in Turkey within the Framework of EU Progress Reports" published by the authors in 2020. Progress Reports are evaluation reports prepared by the EU Commission for countries applying for membership. Turkey's first Progress Report was published in 1998 and has been published every year since then. This study analyzes the progress made in the field management of solid waste in Turkey in the context of the EU Progress Reports published annually since 1998. The analysis includes whether recommendations in previous reports have been taken into account, what progress has been made and where deficiencies. The aim is to reveal the development of solid waste management and the current status of solid waste practices in Turkey in the context of EU Progress Reports. In addition, within the framework of EU harmonization studies, legal regulations regarding solid waste are listed chronologically.

Qualitative research; It includes various methods such as observation, interview, historical analysis, document analysis and text analysis. In this study, qualitative research design was adopted and content analysis method was used. Content analysis is a technique within the qualitative research method that aims to analyse many different materials such as documents, texts and documents within certain rules in order to reach objective, measurable and verifiable information (Metin ve Ünal, 2022: 273). Content analysis synthesises research that plays an important role in disseminating research knowledge and shaping further research, policy, practice and public perception (Suri & Clarke, 2009: 396). In this study, in addition to progress reports, literature and relevant legal regulations were also utilised.

3. THEORETICAL FRAMEWORK: SOLID WASTE MANAGEMENT

Conventional landfilling, incineration, composting and solid waste treatment are among the commonly used methods of waste disposal (Abdel-Shafy and Mansour, 2018: 1280). Landfilling involves the systematic disposal of both biodegradable and non-biodegradable waste in a designated landfill or landfill site, away from the suburban areas of a municipality. This method has traditionally been a common and profitable waste management strategy in many countries (Nanda and Berruti, 2021: 1440).

Composting is defined as "a biological process that decomposes and stabilises organic material under conditions that promote the development of thermophilic temperatures due to biologically generated heat, resulting in a final product that is sufficiently stable for storage and land application without causing adverse environmental effects" (Wigneswaran et al., 2016: 408).

Solid waste treatment and incineration are other common methods. In both cases, waste must be separated at source or immediately prior to treatment. The main problem encountered in the management of almost all solid wastes is that they are complex mixtures and are often subjected to unsuitable storage conditions, where they undergo degradation prior to collection and subsequent treatment (Hamer, 2003: 73).

The organised storage of waste is crucial to prevent landfill gas leakage, which can lead to fire hazards and contribute to long-term global warming due to high methane levels, and leachate drainage, which causes permanent groundwater pollution (Nanda and Berruti, 2021: 1442). Regardless of their characteristics, waste should not be directly disposed of in environments where human and living beings reside without any precautions. This requirement was made a legal obligation in Turkey with the Environmental Law enacted in 1983. Therefore, landfill and source separation methods are very important to integrate solid waste management stages and ensure high efficiency.

The importance Turkey attaches to waste management has progressed in parallel with the European Union accession process. Turkey first joined the European Economic Forum on July 31, 1959, beginning its candidacy process by applying to the community. At the Helsinki Summit in 1999, Turkey was granted candidate status by the EU. Subsequently, it was decided to start negotiations at the Brussels Summit in 2004. After gaining participant status, Turkey was required to align with the EU in the environmental field, as well as in many other areas (Gül and Yaman, 2021: 1271). In consequence of this decision and in accordance with the report and recommendation of the European Commission dated 6 October 2004, Turkey, which has the status of 'Participant Country', was required to set out short, medium and long-term goals in the environmental strategy document to be prepared for alignment with the Accession Partnership and to implement the environmental *acquis* accordingly. This was in line with the decision of the European Commission dated 6 October 2004. Since 3 October 2005, the EU has been providing guidance to Turkish environmental policy through the publication of several official documents (Environmental Law, 1983).

The European Union and Turkey began accession negotiations, comprising 35 chapters, in 2005. They opened the environment chapter for negotiations in 2009, incorporating harmonization efforts in this field into the negotiation agenda. The European Commission annually organizes an examination of candidate countries compliance with the *acquis*. The progress reports published highlight the advancement of candidate countries in each chapter of the accession negotiations and are important documents due to their evaluations. Although Turkey's accession negotiations began in 2005, the progress reports started being published in 1998, with the environmental chapter included since the beginning. Therefore, the environment chapter had been included in progress reports before its opening for negotiations in 2009, and annual developments in the environment chapter, like other chapters, were also evaluated in these reports (Yaylı and Kaya 2020: 665). Waste management is a focal point within the environmental chapter. The reports are structured into two sections: diagnoses and expectations (Dağdır, 2020: 65). Within this framework, the primary aim of this study is to assess Turkey's advancements in these domains by analyzing the assessments and projections concerning solid waste management in the EU progress reports.

4. MANAGEMENT OF SOLID WASTE IN TURKEY ACCORDING TO THE EU PROGRESS REPORTS

4.1. Legal Framework Concerning Solid Waste

The origins of legal regulations regarding waste management in Turkey date back to ancient times. The Municipality Law No. 1580 and the General Hygiene Law No. 1593, which came into effect in 1930, include regulations on issues such as collecting and storing waste and taking necessary measures to protect public health (Turkish Court of Accounts, 2007:12). Since then, other legislation has included provisions directly or indirectly related to waste management in the context of protecting the environment and human health. Regulation of solid waste increased after the establishment of the Ministry of the Environment in 1991 and the issuance of solid waste regulations. The establishment of the Ministry of Environment in 1991 led to the inclusion of cleaning services and solid waste management within the ministry's purview. The legal arrangements prior to the first Regular Report on solid waste management are as follows (Dağdır, 2020:36):

- Municipality Law No. 1580 (14 April 1930)
- General Public Health Law No. 1593 (24 April 1930)

- Environmental Law No. 2872 (9 August 1983)
- Law on the Administration of Metropolitan Municipalities No. 3030 (27 June 1984)
- Regulation on Control of Solid Wastes (14 March 1991, Official Gazette No. 20814)
- Regulation on Control of Medical Wastes (20 May 1993, Official Gazette No. 21586)
- Regulation on Control of Hazardous Wastes (27 August 1995, Official Gazette No. 22387)

Municipality Law No. 1930, which was given to municipalities as the service area of solid waste, is the first law that mentions solid waste and their collection. General Public Health Law, which came into force in 1930, also contains various provisions regarding solid waste. According to this law, it is mandatory for the streets of every settlement with a municipality to be kept clean by washing and sweeping. Collected waste is spread around (General Republic Health Law, 1930). The Environmental Law enacted in 1983 is the first comprehensive legislation regarding solid waste. However, since there were many deficiencies in the law regarding solid waste, the Solid Waste Control Regulation was issued in 1991. This regulation aims to eliminate legal and technical deficiencies regarding solid waste. The first five laws mentioned above did not elaborate on waste management, but included general definitions of responsible institutions.

The Law on the Management of Metropolitan Municipalities No. 3030, dated 1984, held the metropolitan municipalities responsible within the region they are responsible for determining the collection places of waste and establishing the necessary facilities for their disposal (Law on the Administration of Metropolitan Municipalities, 1984). In addition to these laws, regulations on medical waste were issued in 1993 and on hazardous waste in 1995. The legislation adopted following the progress reports is as follows:

- Regulation on Control of Waste Oils (Official Gazette No: 25353, dated 21.02.2004)
- Regulation on Control of Construction and Demolition Wastes (Official Gazette No: 25406, dated 18.03.2004)
- Law No. 5216 on Metropolitan Municipalities (10.07.2004)
- Regulation on Control of Packaging and Packaging Wastes (Official Gazette No: 25538, dated 30.07.2004)
- Regulation on Control of Waste Batteries and Accumulators (Official Gazette No: 25744, dated 31.08.2004)
- Regulation Amending the Regulation on Control of Waste Batteries and Accumulators (Official Gazette No: 25744, dated 03.03.2005)
- Municipality Law No. 5393 (dated 03.07.2005)
- Regulation on General Principles of Waste Management (Official Gazette No: 26927, dated 05.07.2008)
- Regulation on Landfilling of Wastes (Official Gazette No: 27533, dated 26.03.2010)
- Regulation on Waste Management (Official Gazette No: 29314, dated 02.04.2015)
- Zero Waste Regulation (Official Gazette No: 30829, dated 12.07.2019)

All regulations concerning the control of waste oils, construction and demolition waste, the control of waste batteries and accumulators and packaging waste were adopted in 2004. At this point, 2005 is

important as the year when environmental negotiations with the EU started. The negotiations aimed to bring Turkey into line with EU environmental legislation. The General Principles of Waste Management were adopted in 2008 and the Ordinance on Waste Management in 2010. Regulations on The Storage and Management of Waste were adopted in 2015, and finally the Zero Waste Regulation came into force in 2019 (Dağıdır, 2020: 16).

When all legislation enacted before and after the progress reports are compared, about seven legal acts dealing with solid waste were enacted over a period of 70 years. Prior to the EU harmonisation process, environmental issues were dealt with in a very limited manner and generally in development plans, but it is seen that these plans did not elaborate on environmental issues and only expressed superficially (Biyani and Gök, 2014: 298). Turkey's solid waste management process has been influenced by the EU harmonisation process, especially since the 2000s, and legal frameworks have been harmonised with EU directives. As a result, many EU environmental legislations have been implemented in Turkey.

The Zero Waste project, launched by the Ministry of Environment and Urbanisation in 2017, is important in terms of solid waste management (Alakaş et al., 2018: 191). Zero waste is a whole systems approach that aims to eliminate rather than 'managing' waste (Curran and Williams, 2012: 3). A zero waste management system is a management system that considers both the benefits and costs of waste management. It is a system that is designed to prevent waste generation, reduce waste, collect it separately at the source, temporarily store it, separate it for collection, transport it and process it (The Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, 2022). Furthermore, the regulations enacted during the harmonisation process with the European Union also endorse the zero waste approach. It is anticipated that Turkey will adopt more environmentally friendly approaches in the future, including sustainable waste management, zero waste and integrated waste management, and will be supported by legal regulations.

More detailed regulations on solid waste have emerged under the influence of EU Progress Reports. The sections on solid waste within the framework of the progress reports are detailed below:

4.2. Solid waste management according to the European Union's Turkey progress reports from 1998 to 2023

The first progress report on Turkey's harmonisation process was published in 1998. While these reports were called "Progress Reports" between 1998 and 2016, they were published as "Country Reports/Turkey Reports" after 2016. In 2017, no progress report was published for 2017 due to the pause in Turkey's EU accession process. From 1998 to 2023, a total of 24 reports were published by the EU. According to the progress reports, solid waste issue is listed and detailed chronologically below:

1998 Progress Report: This report does not contain any information on solid and urban waste, but only mentions the lack of *acquis* on waste (European Commission, 1998).

1999 Progress Report: The report states that the Ordinance on the Control of Medical Waste has been partially amended in accordance with the EU Directive. This is the first mention of a waste-related development. However, it also points out that no progress has been made on waste incineration, which is one of the most commonly used waste disposal techniques (European Commission, 1999).

2000 Progress Report: It is emphasised that there has been no progress on the waste acquis. It is also noted that in the field of the environment, municipalities have been given responsibility for collecting municipal waste, in addition to the Ministry of the Environment (European Commission, 2000).

2001 Progress Report: The report notes that there has been no progress on the waste acquis. Waste management is identified as one of the most problematic areas, with 93% of household waste falling into the category of illegally dumped and uncontrolled waste. Despite the fact that the Ministry of Environment has 800 staff and the municipalities 500 staff, it is pointed out that waste collection and disposal is left to the municipalities, which are understaffed, underfunded and underequipped. It is suggested that environmental inspection committees be set up to impose penalties for negligence and that municipal staff be trained in environmental policy (European Commission, 2001).

2002 Progress Report: It is mentioned that there is a lack of waste disposal and that no progress has been made in waste management compared to the previous year. According to the Environmental Inspection Regulation, every company must provide data on its waste and prepare an inspection report. The establishment of the Environmental Inspection Directorate at central level and the need to increase efforts in waste management are emphasised. Although the legislation on waste management has been aligned, there are shortcomings in its implementation and it is stated that a sufficient amount of financial resources should be made available to the sector (European Commission, 2002).

2003 Progress Report: The provision of technical and financial assistance for the adoption of EU standards in environmental areas such as waste management is emphasised. Although waste management legislation is aligned, it is noted that further efforts are needed to harmonise with national legislation and that financial resources should be made available to the sector. Limited progress in waste management is highlighted (European Commission, 2003).

2004 Progress Report: The report criticises the failure to transpose the Packaging Waste Directive into national law, but notes the following developments in waste management. A law on the transboundary shipment of hazardous waste in the Mediterranean has been adopted. Legislation has also been adopted on the control of packaging waste, excavated soil, construction and demolition waste, waste oils, port and harbour waste collection facilities and batteries and accumulators. Although legislation on waste management has developed to some extent, it is stressed that a national strategy and a waste management plan need to be prepared and that waste management is one of the most critical issues (European Commission, 2004).

2005 Progress Report: There has been minimal advancement in the field of waste management, with some developments in the transposition of waste management legislation. These developments include the directive concerning medical waste management, an enforcement regulation for solid waste and an implementing regulation on hazardous waste. It is emphasised that waste management legislation is advanced in terms of transposition of directives into national law and that legislation on electrical and electronic waste is in preparation. Further efforts are needed to fully transpose the

directives on landfilling and incineration. In general, further implementation efforts are needed and the national waste management plan needs to be adopted (European Commission, 2005).

2006 Progress Report: The implementation of the *acquis* is progressing well, with a significant degree of compliance with the Waste Framework Directive and implementation of the Hazardous Waste Directive. Further alignment is required in aspects such as routine waste storage and incineration, as well as the development of a national waste management strategy, as emphasized in the preceding report (European Commission, 2006).

2007 Progress Report: Alignment with the EU is necessary for energy recovery from waste, and a directive on the regulation of used tires and waste imports has been implemented. However, the report also highlights the absence of advancements in the adequate storage and incineration of waste, as well as the lack of a national waste management strategy (European Commission, 2007).

2008 Progress Report: The report criticises the continued absence of a national strategy for waste management. It notes minimal progress on end-of-life vehicles and electrical and electronic waste, no progress on landfilling and limited progress overall (European Commission, 2008).

2009 Progress Report: Alignment with EU legislation on packaging waste has improved, but it is stressed that no progress has been made on the proper storage of waste. Directives on waste incineration have been harmonized, but are criticized on the grounds that the scope of application is insufficient (European Commission, 2009).

2010 Progress Report: The law on waste incineration has been adopted and good progress has been made in the area management of waste. Turkey has adopted the National Waste Management Plan 2009-2013 and legal legislation regarding hazardous waste management, the handling of waste from ships and the regulation of waste have been revised to align with the *acquis*. Regulations concerning the enduring storage of waste have also been enacted. It is underlined that all this progress is positive for integration efforts (European Commission, 2010).

2011 Progress Report: The reception of waste from ships is identified as requiring closer monitoring and legislation has been adopted on the incineration of solid waste, waste materials, packaging waste and end-of-life vehicles. Efforts are being made to bring the storage of certain wastes, such as waste oils and hazardous medical waste, up to EU standards and to collect different categories of waste separately. However, it is emphasised that Turkey must formulate national, regional, and local strategies for waste management that align with the EU Waste Framework Directive (European Commission, 2011).

2012 Progress Report: The report notes that legislation on the control of electronic waste has been adopted. It notes that regular storage facilities have been brought up to EU standards, that efforts to improve the hazardous waste legislation are continuing, and that sorting and recycling capacity has been increased. However, it criticises the fact that the requirements of the EU framework directive have not yet been met (European Commission, 2012).

2013 Progress Report: The report notes that efforts to bring permanent storage facilities up to EU standards continue, but that no significant progress has been made in efforts to increase sorting and recycling capacity. The report criticises the fact that the requirements of the EU Framework Directive are still not being met (European Commission, 2013).

2014 Progress Report: Continued efforts are underway to align landfill facilities with EU standards, and capacity for sorting, recycling, and managing medical waste has been enhanced. It is emphasised that more needs to be done on separate collection and reducing biodegradability and that the requirements of the EU Framework Directive are still not met (European Commission, 2014).

2015 Progress Report: More waste statistics on agricultural and construction waste are needed. While environmental legislation has been aligned, implementation in the waste management sector needs to be strengthened. It is highlighted that efforts to upgrade waste treatment facilities to EU standards have been partially completed and are ongoing, and that capacity for sorting, recycling, treatment of medical waste and recycling of hazardous waste has been increased. However, it is noted that shortcomings remain in the separate collection and reduction of biodegradable waste and that regional implementation of the EU Framework Directive remains insufficient (European Commission, 2015).

2016 Turkey Report: It is noted that data on agricultural and construction waste are still incomplete. Waste management and industrial pollution prevention practices are criticised as still weak. It is stressed that waste management legislation needs to be properly implemented and that economic instruments to encourage and prevent waste generation are limited and need to be improved. In addition, regional and local waste management plans need to be completed (European Commission, 2016).

In 2017, the progress report was not published due to decisions taken by the European Commission and the deadline of April 2018 for the revitalisation of the accession process.

2018 Turkey Report: It highlights the need for more waste data on agricultural and construction waste and that waste management practices are still inadequate. The Commission reiterates its 2016 recommendations, stressing the need for strategic planning, significant investment and improved administrative capacity. The preparation of local waste management plans in line with the EU's Waste Framework Directive is also positively highlighted (European Commission, 2018).

2019 Turkey Report: Waste statistics have improved, but the lack of data on agricultural and construction waste is emphasised. Progress has been noted in waste management, such as the implementation of a zero waste strategy, sustainable use of natural resources, reduction of landfilling, and promotion of recycling and reuse. A law prohibiting the distribution of lightweight plastic bags for free came into effect in January 2019, drawing public attention. Efforts to upgrade waste treatment facilities to meet EU standards have continued. Despite increased efforts to separate, recycle and treat medical waste, it was criticised that local and regional waste management plans are still not

implemented. The economic instruments incentivising waste recycling have improved but are still insufficient (European Commission, 2019).

2020 Turkey Report: Data on construction waste is still lacking and needs to be addressed. Some progress is noted, such as partial alignment of waste management legislation with the EU acquis, the adoption of a zero-waste approach in waste management, efficient use of natural resources, reducing regular storage, promoting recycling, and reusing strategies. Additional progress includes the charge for plastic bags, the zero-waste policy adopted for municipalities, buildings, and residential areas from July 2019 expected to be completed by 2023, and the deposit application for plastic bottles by 2021. Efforts to bring waste treatment facilities to EU standards continue. Efforts to segregate, recycle, and treat medical waste have increased. It is emphasized that local and regional waste management plans need to be adopted and that economic incentives to promote recycling and prevent waste generation have shown improvement but are still limited (European Commission, 2020).

2021 Turkey Report: It was highlighted that significant strides had been achieved in enhancing capacity and adherence in waste management and wastewater treatment, but that there were still shortcomings in the implementation and enforcement of legislation. It was noted that only a small proportion of last year's recommendations had been implemented and that these recommendations therefore remained relevant (European Commission, 2021).

2022 Turkey Report: Although there have been positive developments in terms of increased capacity and compliance with legislation on waste management and waste water treatment, it was emphasised that there are still shortcomings in the implementation of legislation. It was noted that a more sustainable and coordinated environmental policy should be implemented, which would require strategic planning, major investments and strengthened administrative capacity (European Commission, 2022).

2023 Turkey Report: It is noted that the legislation on waste management is partially compatible with the EU acquis and that the zero waste legislation adopted in 2019 continues to be implemented. In this context, the recycling rate in Turkey has been increased to 27% by 2023. It was emphasised that developments in the deposit management system for the recycling of one-way drinks packaging and in the treatment of medical waste were continuing. However, it is noted that local and regional practices, which are considered as one of the important actors in waste management, are insufficient and should be strengthened. It is noted that Turkey does not accept the recycling legislation related to the EU Ship Recycling Regulation and these facilities are criticised in terms of safety, effective waste management and environmental hazards. As a result of the earthquakes that occurred in Turkey in February 2023, the waste management systems, existing infrastructure and equipment of municipalities in the earthquake region were seriously damaged. In addition, it is emphasised that various problems remain, such as the management of debris removal, the release of asbestos and damage to the ecosystem into which debris is thrown (European Commission, 2023).

The findings under the 'waste management' heading, which covers solid waste in the progress reports, are presented in Table 1. In this context, the term 'no progress' is used for situations where

there is no progress in the progress report, 'limited progress' is used for situations where there is limited progress, and 'good progress' is used for situations where progress is reported at a high level.

Table 1. Waste Management Indicators According to Progress Reports 1998-2023

| Year | No Progress | Limited Progress | Good Progress |
|-------------|--------------------|-------------------------|----------------------|
| 1998 | | ✓ | |
| 1999 | ✓ | | |
| 2000 | ✓ | | |
| 2001 | ✓ | | |
| 2002 | ✓ | | |
| 2003 | | ✓ | |
| 2004 | | ✓ | |
| 2005 | | | ✓ |
| 2006 | | | ✓ |
| 2007 | | ✓ | |
| 2008 | | ✓ | |
| 2009 | | ✓ | |
| 2010 | | | ✓ |
| 2011 | | | ✓ |
| 2012 | | ✓ | |
| 2013 | | ✓ | |
| 2014 | | ✓ | |
| 2015 | | | ✓ |
| 2016 | | | ✓ |
| 2018 | | ✓ | |
| 2019 | | | ✓ |
| 2020 | | ✓ | |
| 2021 | | ✓ | |
| 2022 | | ✓ | |
| 2023 | | ✓ | |

A total of 25 progress reports were published in the period covering the years 1998-2023. The progress reported under the title of 'waste management' in these reports is presented in Table 1. Accordingly, it is seen that 'no progress' was reported 7 times, 'limited progress' 11 times and 'good progress' 7 times.

The annual progress reports published by the European Commission on the level of harmonisation of candidate countries with the EU acquis play an important role in the negotiation process. In the reports, the EU assesses the harmonisation and readiness of the candidate country for each of the 35 chapters negotiated (Yaylı and Kaya, 2020: 664). Among the negotiation chapters opened between the EU and Turkey, the 'Environment' chapter ranks 27th (Republic of Turkey Ministry for EU Affairs). In Chapter 27, Environment is assessed in the context of horizontal legislation, air quality, water quality, waste management, nature protection, industrial pollution control and risk management, chemicals,

noise, climate change, administrative capacity and civil protection. EU Progress Reports, which are taken into account in Turkey's EU integration process, have been published every year since 1998 (except 2007).

It is observed that there was no progress or limited progress between 1998-2002 due to the first years of integration and the existence of political and economic instability in the country. In 2003 and 2004, it is seen that limited progress was made as a result of the work carried out by the new government as a result of the EU integration policies, and in 2005-2006, good progress was made with the regulations made due to the reforms made as a result of the promise of full membership to the EU. In 2007, there was a partial progress in legislation and the lack of regulations on landfill, incineration and electrical-electronic waste was emphasised. In 2008, some of the shortcomings in the previous year's report were addressed, but the lack of a national waste management plan and regulations for various special waste types were emphasised. In the 2009 report, some legislative arrangements were made and the deficiencies regarding landfill and mining waste were mentioned. For the years 2010-2011, it is seen that good progress has been achieved in the waste management chapter with activities such as increasing the number of storage facilities, increasing sorting and recycling capacity and establishing waste plans.

In the 2012, 2013 and 2014 progress reports, limited progress and insufficient alignment with the EU Waste Framework Directive were emphasised. In 2015 and 2016, it was emphasised that good progress was made with regulations in various areas such as mining waste, biodegradable waste, hazardous waste and landfill in line with the EU Waste Framework Directive. According to the 2018 Progress Report, it is stated that limited progress has been made as well as shortcomings in various areas such as separate collection of different types of waste, recycling and hazardous waste. In 2019, it was emphasised that good progress was made as strategies were adopted to promote landfilling, reduction, recycling and reuse. Limited progress was made in 2020, 2021 and 2022, emphasising the lack of regulations for recycling and special waste, as well as the need to develop waste management plans of local and regional nature. The progress report published in 2023 highlighted partial progress with the EU acquis, the lack of local and regional waste management plans, shortcomings in legislation on ship recycling, as well as shortcomings with regard to textile waste and shipyard waste. On the other hand, the waste problem that emerged after the February 6 earthquake in Turkey in February 2023, which affected 11 provinces, was mentioned.

As indicated in the table, it is noteworthy that no progress was made for Turkey in the years when the earliest progress reports were published and limited and good progress was made in the following period. Considering the issues raised in the EU accession process and the findings in the progress reports published before, it can be said that studies on waste management have been carried out in Turkey and waste management policies and implementation tools have been adopted.

5. CONCLUSION

The issue of solid waste constitutes an environmental problem for all countries. However, countries vary in their waste management processes. In addition to individual countries, international organizations also set numerous targets regarding environmental regulations. In other words, environmental regulations have found their place among the regulations of many international bodies, notably the EU.

The European Union plays a decisive role in the countries with which it negotiates on environmental policy. The importance given by the Union to environmental policies is reflected in the negotiation chapters and directives for candidate countries are gradually increasing. Like other candidate countries, Turkey also has to harmonise with EU environmental policies. Regulations on solid waste in Turkey have gained momentum after 1990 and especially after 2000 with the EU membership process. Turkey's attitude towards environmental policies has progressed by prioritising economic motives. This is also seen in the progress reports. When the issue of waste management is considered, the level of progress in a comparison made before and after the negotiations is behind the expected level. The fact that the phrase 'partial progress' is mostly used in the progress reports confirms this.

This study concludes that Turkey's solid waste management practices have benefited significantly from the EU harmonisation process. Harmonisation with EU directives has not only improved the infrastructure and legal framework, but also increased public awareness and participation in sustainable waste management practices.

The main concerns highlighted in the reports can be summarised as follows: alignment with the acquis, problems in transposition of directives into national legislation, problem of providing statistical data, standards to be achieved gradually such as landfilling, incineration, preparation and implementation of waste management plans at national, regional and local level, need to adopt special provisions for special waste, lack of human resources, resources and equipment, insufficient progress in the implementation of recovery, recycling and sorting processes, the need to adopt special rules for waste of certain nature, insufficient human, financial and equipment resources, insufficient progress in recovery, recycling and sorting activities, absence of measures to prevent and minimise waste generation. These issues constitute shortcomings in waste management, which are common to all progress reports. Turkey has endeavoured to address these shortcomings over time. It can thus be concluded that the regulations pertaining to environmental protection and solid waste management in Turkey are significantly influenced by the EU Progress Reports.

REFERENCES

- Abdel-Shafy, H. I. and Mansour, M. S. (2018). "Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization." *Egyptian journal of petroleum*, 27(4), 1275-1290.
- Alakaş, H. M., Kızıldaş, Ş., Eren, T. ve Özcan, E. (2018). "Sıfır atık projesi kapsamında atıkların toplanması: Kırıkkale ilinde homojen çoklu araç yönlendirme uygulaması." *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3), 190-196.
- Bilgili, M. Y. (2020). "Katı atık yönetiminde bazı kavramlar ve açıklamalar." *Avrasya Terim Dergisi*, 8(2), 88-97.
- Bıyan, Ö. ve Gök, M. (2014). "Çevre politikaları kapsamında Avrupa Birliği ve Türkiye'de çevre vergilerinin uygulanması: Karşılaştırmalı bir analiz." *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 281-310.
- Curran, T., & Williams, I. D. (2012). "A zero waste vision for industrial networks in Europe." *Journal Of Hazardous Materials*, 207, 3-7.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). *Sıfır atık*.
- Dağıdır, S. (2020). "Türkiye'de katı atık yönetimi ve AB ile karşılaştırılması" [Yüksek lisans tezi, Kırıkkale Üniversitesi].

- Erdem, M. S. ve Yenilmez, F. (2017). "Türkiye'nin Avrupa Birliği çevre politikalarına uyum sürecinin değerlendirilmesi." *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(2), 91-119.
- European Commission. (1998). Progress report on the European Union, Cardiff, Wales.
- European Commission. (1999). Progress report on the European Union, Helsinki, Finland.
- European Commission. (2000). Progress report on the European Union, Helsinki, Finland.
- European Commission. (2001). Progress report on the European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2002). Progress report on the European Union, Ankara, Turkey.
- European Commission. (2003). Progress report on the European Union, Ankara, Turkey.
- European Commission. (2004). Progress report on the European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2005). Progress report on the European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2006). Progress report on the European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2007). Progress report on the European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2008). Progress report on the European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2009). Progress report on the European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2010). Progress report on the European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2011). Progress report on the European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2012). Progress report on the European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2013). Progress report on the European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2014). Progress report on the European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2015). Turkey Report, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2016). Turkey Report, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2018). Turkey Report, Strasbourg, France.
- European Commission. (2019). Turkey Report, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2020). Turkey Report, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2021). Turkey Report, Strasbourg, France.
- European Commission. (2022). Turkey Report, Brussels, Belgium.
- European Commission. (2023). Turkey Report, Brussels, Belgium.
- Gül, M. ve Yaman, K. (2021). "Türkiye'de atık yönetimi ve sıfır atık projesinin değerlendirilmesi: Ankara örneği." *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(4), 1267-1296.
- Hamer, G. (2003). "Solid waste treatment and disposal: effects on public health and environmental safety." *Biotechnology advances*, 22(1-2), 71-79.
- Metin, O., & Ünal, Ş. (2022). İçerik analizi tekniği: İletişim bilimlerinde ve sosyolojide doktora tezlerinde kullanımı. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(Özel Sayı 2), 273-294.
- Nanda, S., & Berruti, F. (2021). "Municipal solid waste management and landfilling technologies: a review." *Environmental chemistry letters*, 19(2), 1433-1456.

- Sayıştay. (2007). "Performans denetim raporu: Türkiye'de atık yönetiminin değerlendirilmesi: Ulusal düzenlemeler ve uygulama sonuçları." *Sayıştay Dergisi*, 64, 131-143.
- Suri, H., & Clarke, D. (2009). Advancements in research synthesis methods: From a methodologically inclusive perspective. *Review of Educational Research*, 79(1), 395-430.
- T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı. (2024). *Katılım sürecindeki müzakereler* [PDF dosyası]. Erişim adresi: https://www.ab.gov.tr/files/rehber/07_rehber.pdf.
- Türkiye Cumhuriyeti. (1930). *Genel Hıfzısıhha Kanunu*. Resmî Gazete, Kanun No. 1593.
- Türkiye Cumhuriyeti. (1984). *Büyükşehir Belediye Başkanlığı Kanunu (Kanun No. 3030)*. Resmî Gazete, Kanun No. 3030.
- Türkiye Cumhuriyeti. (1983). *Çevre Kanunu*. Türkiye Cumhuriyeti Resmî Gazete, Kanun No. 2872.
- Vigneswaran, S., Kandasamy, J. and Johir, M. A. H. (2016). "Sustainable operation of composting in solid waste management." *Procedia Environmental Sciences*, 35, 408-415.
- Yaylı, H. ve Kaya, H. (2020). "Türkiye'nin AB çevre politikalarına uyumu: İlerleme raporları çerçevesinde." *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(3), 664-684.
- Yıldırım, U. ve Budak, S. (2014). "AB tam üyelik sürecinde Türkiye'nin çevre politikasındaki değişimler." *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(13), 173-191.
- Zengin, E. ve Ulutaş, K. (2016). "Büyükşehir ilçe belediyelerinde yerel katı atık ücret tarifelerinin belirlenmesi ve uygulanması." *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(11), 26-42.
- Zeytin, M. ve Kırlioğlu, H. (2014). "Çevre yönetim sistemi ve yerel yönetimler." *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(5).

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Solid waste management includes various stages from waste generation to disposal. These stages consist of waste prevention, reduction, reuse, recycling, recycling, reuse and final disposal processes. This study aims to address solid waste management in Turkey within the framework of the progress reports published by the EU by emphasising the importance of 'recycling, recovery and reuse, which are more environmentally friendly activities in solid waste management'. In this framework, based on the hypothesis that Turkey is influenced by the EU progress reports, the questions 'What are the deficiencies in solid waste management in Turkey?' and 'Which of the deficiencies have been improved over time?' are sought to be answered.

Methodology

Content analysis method, one of the qualitative research methods, was used in the study. In this framework, in order to reveal Turkey's solid waste management practices, legal regulations as well as the progress reports organised by the EU for Turkey were examined. Progress reports have been published every year since 1998. Each progress report focuses on whether the directives requested in the previous year have been fulfilled and what the new deficiencies are. Accordingly, the progress made according to the progress reports is presented in a general table.

Results and Conclusions

It has been determined that the legal regulations on solid waste management in Turkey have been shaped in line with the EU recommendations within the framework of harmonisation with the EU acquis. On the other hand, harmonisation with EU directives has not only improved the infrastructure and legal framework, but has also increased public awareness and participation in sustainable waste management practices.

Yazarların Biyografisi



Simge DAĞIDIR

2017 yılında Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü'nde lisans eğitimini, 2021 yılında Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 2024 yılı itibariyle Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi ABD' de doktora eğitimine devam etmektedir.

İletişim

simgekayadagidir@gmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-3035-0987>



Hasan YAYLI

1994 yılında Gazi Üniversitesi, Kamu Yönetimi Bölümü'nde lisans, 1998 yılında Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde Yüksek Lisans ve 1997 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde (Kentleşme ve Çevre Sorunları ABD.) doktora eğitimini tamamlamıştır. 2009 yılında Yrd. Doç., 2013 yılında Doçent ve 2019 yılında profesör unvanını almaya hak kazanmıştır. Halen Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü öğretim üyesi kadrosunda çalışmaktadır.

İletişim

hyayli@kku.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-9567-6382>



***Rhododendron luteum* ve *Rhododendron ponticum* Çiçek Özlerinin *Artemia salina* Larvaları Üzerindeki Potansiyel Toksisitesinin ve Biyokimyasal Aktivitelerinin Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi**

Yeşim Özkan Dağlıoğlu^{1,*} 

¹ Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakülte, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Ordu, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): Y. Özkan Dağlıoğlu, e-mail (e-posta): yozkan52@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmanın odak noktası, *Artemia salina* (tuzlu su karidesi) instar IV larvaları üzerindeki farklı *Rhododendron* türlerinin (*Rhododendron luteum* ve *Rhododendron ponticum*) farklı konsantrasyonlarda toksisitelerini karşılaştırmalı araştırmaktır. Çünkü, *Rhododendron* türleri biyoaktif bileşiklerce zengin bir familyaya aittir ki bu da onları oldukça zehirli hale getirmektedir. İki farklı *Rhododendron* türlerinin instar IV larvaların ölümü oranı üzerinde etkisini, oksidatif stres oluşturma potansiyelini ve larvaların savunma kapasitesini araştırdık. Larvalar hücre kültür plaklarında 48-96 saat boyunca yapay deniz suyunda *Rhododendron* özütlerine farklı konsantrasyonlarda maruz bırakıldı. Stereomikroskop altında her bir konsantrasyonda ölüm oranı ve morfolojik değişiklikler değerlendirildi. Çalışmamızda, *Rhododendron* türlerinin *A. salina* instar IV larvaları üzerinde oldukça toksik olduğu ve yine *R. ponticum* türünün *R. luteum*'a göre daha toksik etkili olduğu görülmüştür. Özellikle, 200 µg/mL ve üstü konsantrasyonda her iki *Rhododendron* türünde hücre hasarını göstren MDA seviyesi anlamlı bir şekilde artmıştır ($P<0.05$). Buna karşın oksidatif stresin etkisini azaltmak için savunma stratejisi olan SOD seviyesi *Rhododendron* türlerinde artan konsantrasyonla azalmakla birlikte sadece 800-3200 µg/mL konsantrasyon aralığında anlamlıdır ($P<0,05$).

Anahtar Kelimeler: MDA, oksidatif stres, *Rhododendron* sp., SOD, toksisite

Comparative Assessment of Potential Toxicity and Biochemical Properties of *Rhododendron luteum* and *Rhododendron ponticum* Flower Extracts on *Artemia salina*

ABSTRACT

The focus of this study was to comparatively investigate the toxicity of different *Rhododendron* species (*Rhododendron luteum* and *Rhododendron ponticum*) at different concentrations on instar IV larvae of *Artemia salina* (Brine shrimp). Because *Rhododendron* species belong to a Ericaceae family rich in bioactive compounds, which makes them highly poisonous. We investigated the effect of two different *Rhododendron* species on the mortality rate of instar IV larvae, the potential to induce oxidative stress, and the defense capacity of the larvae. Larvae were exposed to different concentrations of *Rhododendron* extracts in artificial seawater for 48–96 h in cell culture plates. Mortality rate and morphological changes were evaluated at each concentration under a stereomicroscope. In our study, *Rhododendron* species were found to be highly toxic to *A. salina* instar IV larvae and *R. ponticum* was more toxic than *R. luteum*. Particularly, the level of MDA, which indicates cell damage, increased significantly in both *Rhododendron* species at a concentration of 200 µg/mL and above ($P<0.05$). On the other hand, the level of SOD, which is a defense strategy to reduce the effect of oxidative stress, decreased with increasing concentration in *Rhododendron* species, but was significant only in the concentration range of 800-3200 µg/mL ($P<0.05$).

Keywords: MDA, oxidative stress, *Rhododendron* sp. SOD, toxicity

Makale Bilgisi / Article Info

Alınış tarihi
Received date : 10.10.2024

Düzeltilme tarihi
Revised date : 21.10.2024

Kabul tarihi
Accepted date : 22.10.2024

Atıf için
How to Cite : Özkan Dağlıoğlu, Y. (2024). "Comparative Assessment of Potential Toxicity and Biochemical Properties of *Rhododendron luteum* and *Rhododendron ponticum* Flower Extracts on *Artemia salina*", *Academia Journal of Nature and Human Sciences*, 10(1), 2024: 39-50.

1. GİRİŞ

Rhododendron species are the biggest genus of the Ericaceae family and are perennial plants with a wide distribution (Clinton & Vose, 1996; Neary et al., 1980; Çolak, 1997). *Rhododendron* species have a wide distribution on the northern coasts of Turkey. The two most common species in Turkey are *Rhododendron luteum* and *Rhododendron ponticum*. *R. luteum* contains the poisonous substance grayanotoxin in its leaves and flowers. It is also used in traditional medicine as a pain reliever for rheumatic pain, a diuretic, and fungal foot infections, and it also has strong antioxidant and anticancer effects (Popescu & Kopp, 2013). *R. ponticum* is a species with allelopathic effects and contains ericolin and grayanotoxin glycosides in its flowers. It significantly affects the elements of the soil in the region where it is located and reduces the pH value of the soil. In addition, it has two types of invasion strategies: slow invasion by vegetative means and rapid invasion by generative means (Kulaç, 2004). In general, the main components of *Rhododendron* species are hydrocarbons, esters, alcohols and ketones (Tasdemir et al., 2023). Studies to date have shown the antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, analgesic, antidiabetic, hepatoprotective, immunomodulatory and antineoplastic effects of *Rhododendron* species (Demir & Aliyazicioglu 2016; Popescu and Kopp, 2013). For example, one study evaluated the cytotoxic effects of *R. ponticum* L. extract on prostate carcinoma and adenocarcinoma cell lines (Bilir et al., 2018a). Also, the cytotoxic and anti-proliferative effects of *R. ponticum* L. extract on rat glioma cell line were investigated (Bilir et al., 2018b).

In the present study, the toxic effect of *Rhododendron* species was evaluated on the aquatic zooplankton *Artemia salina*. *A. salina* is the indispensable test organism for aquatic ecotoxicity tests. It has been used in aquatic ecotoxicity studies so far and will continue to be used in the future (Nunes et al., 2006; Dağlıoğlu & Çelebi, 2015; Dağlıoğlu et al., 2016a,b; Dağlıoğlu et al., 2023). The *A.salina* lethality analysis was chosen in this study because it is a very suitable test system for monitoring the biological activities of various plant species. This method is very useful for the preliminary assessment of toxicity of plant extracts. Some of its most important advantages are that it is a fast and simple method and that laboratory requirements are relatively low. However, there are some important points to consider, namely that optimized experimental conditions such as pH of the environment, temperature, ventilation, salinity and light must be at optimum levels.

The aim of this study was to assign the toxic effects of *R. luteum* and *R. ponticum* extracts gathered from Ordu province on the aquatic indicator organism *A.salina* in a comparative manner.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Preparation of the Plant Extract

Rhododendron luteum (yellow rhododendron) and *Rhododendron ponticum* (purple rhododendron) flowers were collected from Turnalık plateau in Ordu province and dried in an oven at 25 °C for one week and then turned into powder. Next, it was mixed with 6 g of plant powder and 60 mL of ethanol and then vortexed. It was incubated at 50 °C and 150 rpm on a shaker for 36 h. After incubation, these samples were centrifuged at 4000 rpm for 10 minutes and the supernatant was drained with Whatman filter paper (Whatman, No. 3, Sigma-Aldrich) and the ethanol was removed in the evaporator. The obtained plant extracts were dissolved by adding 6 mL dH₂O. The acquired product was stored at -20°C for use in experiments.

2.2. Acute Toxicity Test

For the experiments, *A. salina* cysts, which are primary consumer zooplankton species living in artificial seawater environment, were supplied by a commercial company. Larvae were hatched by adding 4 g of *A. salina* cysts to 1 L of filtered and sterilized artificial natural seawater and incubating at 28°C, pH 7.6, under continuous aeration for 24 h. The toxicity of *Rhododendron* extracts on *A. salina* larvae was determined in the concentration range of 0, 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600 ve 3200 µg/mL. Experiments were performed in 24-well cell culture dishes with 10 individuals per well in 3 replicates. Continuous ventilation was provided during the experiment. The number of dead and living organisms was enumerated under a binocular microscope at 48 and 96 hour time periods, and the arithmetic average of the values was taken. As a result of the 48 and 96 hour experiment, the number of individuals dying and the percentage of deaths for each concentration were determined.

2.3. Biochemical Analyses

For each biochemical analysis, approximately 1800 *A. salina* larvae were exposed to *R. luteum* and *R. ponticum* extracts at the specified concentrations.

2.4. Super Oxide Dismutase (SOD) Activity

SOD activity was performed with reference to the protocol represented by Ateş et al., (2013). The collected larvae were homogenized in 1 mL of 0.5 M potassium phosphate buffer (pH 7.5) using a glass homogenizer (ILDAM, Turkey). Homogenized specimens were centrifuged at 15,000 rpm for 15 minutes and the supernatant was gathered. Then, 50 mM (1.3 mL) Na₂CO₃ buffer (pH 10), 100 µL Triton X-100, 20 mM (100 µL) hydroxylamine hydrochloride and 96 mM (500 µL) NBT were joined to 70 µL of the supernatant to initiate the reaction. These solution was incubated for 20 min at 37 °C in the presence of light. After incubation, it was measured at 540 nm in UV-VIS spectroscopy. The decrease in absorbance at 540 nm is a measure of the reduction of nitro blue tetrazolium chloride (NBT) by the SOD enzyme (Sugantharaj David et al., 2017).

2.5. Malondialdehyde (MDA) Activity

MDA activity, which is one of the lipid peroxidation products, is based on the reaction of thiobarbituric acid (TBA) and MDA to form a red colored compound. The obtained red-pinkish pigment was measured in a spectrophotometer at 532-535 nm. Tetramethoxypropane was used as standard. MDA activity was performed according to the protocol described by Ates et al., (2013a). The collected larvae were homogenized in 2 mL of 0.5 M potassium phosphate buffer (pH 7.2) with a glass homogenizer (ILDAM, Turkey). Homogenized samples were centrifuged at 6000 rpm for 10 minutes and the supernatant was collected. Then, 10 µL of BHT, 0.25 mL of phosphoric acid reagent and 0.25 mL of TBA reagent were added to 0.25 mL of the supernatant in a sterile bottle. The obtained reaction mixture was incubated at 90°C for 1 hour and centrifuged after cooling at 13,000 rpm for 10 minutes to sediment the suspended tissue. These mixture was measured at 532 nm in UV-VIS spectroscopy.

2.6. Statistical Analyzes

The obtained data were recorded as standard deviation ± mean. SPSS version 26 was applied to comparatively evaluate the effects of *Rhododendron sp.* flower extracts on the toxicity of *A. salina*. Data were examined according to normal distribution, and data that did not conform to normal distribution were normalized using the Kolmogorov-Smirnov test. One-way ANOVA was performed using Tukey's

multiple range test to compare significant mean differences between the control and treatment groups. Significant differences in mortality rate, MDA and SOD tests were accepted at $P < 0.05$.

3. RESULTS

3.1. Biochemical Results

In this study, test organism *Artemia salina* instar IV (4th stage) larvae were used to reveal the toxic effects of *Rhododendron luteum* (Rl) and *Rhododendron ponticum* (Rp) flower extract (Fe). Fig. 1 indicates concentration-dependent increases in mortality of instar IV larvae following exposure to RlFe and RpFe solutions. No deaths were observed in the control groups throughout the experiment. Mortality rates following exposure to RlFe and RpFe solutions varied greatly depending on exposure duration and exposure concentration. Overall, *R. ponticum* exhibited more toxic effects at both 48 and 96 h exposure compared to *R. luteum*. When looked at individually, high mortality was observed even at low concentrations of RpFe. At 96 h of exposure, 100% mortality occurred at the highest RpFe concentration (3200 $\mu\text{g}/\text{mL}$) and 30% mortality occurred at the lowest concentration (25 $\mu\text{g}/\text{mL}$) (Fig. 1). No mortality was observed at 25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ over 48 hours of exposure. The mortality rate of larvae exposed to different RpFe concentrations for 48 and 96 h increased significantly with increasing concentration ($P < 0.05$). In *R. luteum*, no death was observed in the concentration range of 0-200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ after 48 h of exposure. The death rate was 70% at 3200 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Increasing the RlFe concentration from 400 to 3200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ increased the mortality rate of larvae, but this rate was not significant at higher concentrations ($P > 0.05$). There was a significant difference in mortality among concentrations at 96 hours of exposure ($P < 0.05$). This difference was present among all concentration groups.

When we evaluate all these data, it is seen that the extracts of *Rhododendron* species prepared at the same concentration have quite different toxic effects from each other, but *R. ponticum* species is more toxic than *R. luteum*.

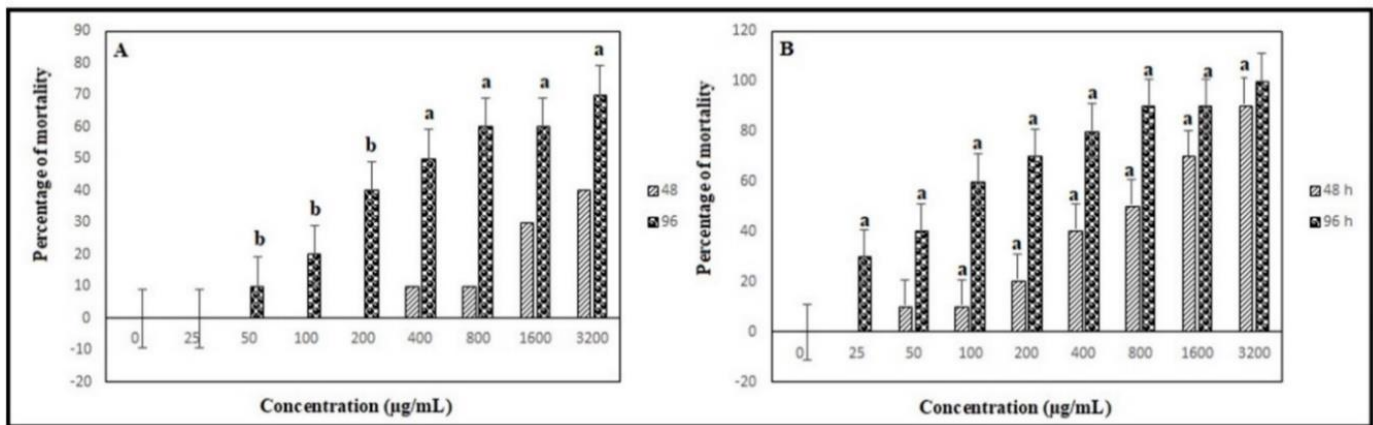


Figure 1. Mortality rates of *R. luteum* and *R. ponticum* flower extract depending on exposure times A) *R. luteum* and B) *R. ponticum*. The values are expressed as mean \pm standard deviation (SD). Values significantly different from the control group are shown in lower case letters. (ANOVA, $P < 0.05$).

Changes in the morphology of instar IV larvae exposed to *R. luteum* and *R. ponticum* flower extract were observed. In Fig. 2A, we see that the control group *A. salina* larvae have a very healthy morphology. However, the morphology of larvae exposed to RlFe and RpFe solutions changed. In Fig. 2B, the extremities of larvae exposed to RlFe for 48 h were damaged. As the red arrow indicates, the intestine is

full, indicating that it is feeding on RlFe. Also, the green arrow shows the damaged antenna of the larva. In Fig. 2C, the morphology of larvae exposed to RpFe for 48 h is quite distorted. Even though the intestine is fragmented, it is seen to be full.

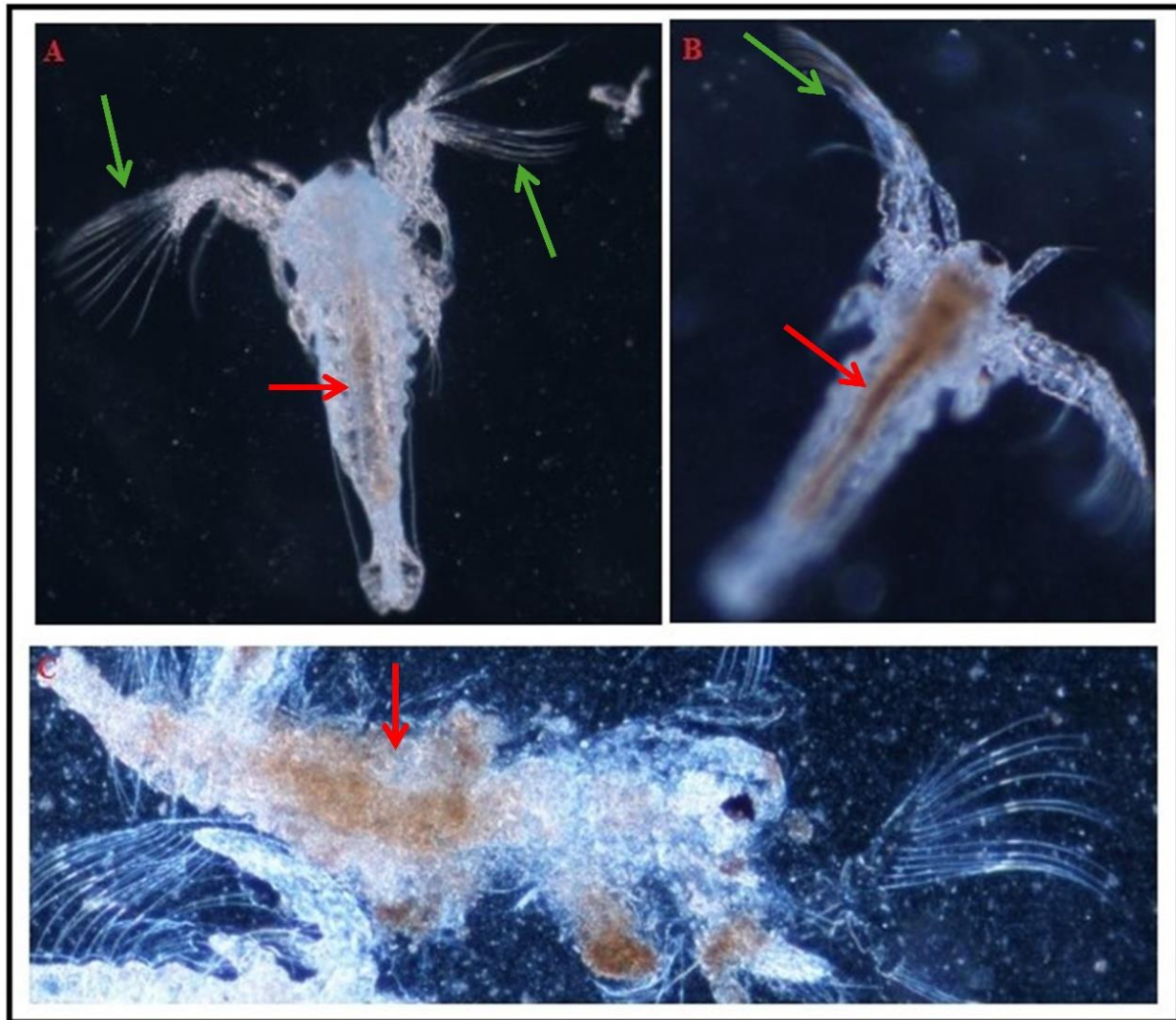


Figure 2. Phase-contrast microscopy image of larvae exposed to A) control B) *Rhododendron luteum* and C) *Rhododendron ponticum* flower extract. Red arrow indicates the intestine, green arrow indicates the antennae.

Phase-contrast microscopy image of larvae exposed to control *Rhododendron luteum* and *Rhododendron ponticum* flower extract. In this study, MDA, which we investigated as a biomarker, is a metabolite produced from lipid peroxidation and was used as a marker of oxidative damage in the cell membrane. The SOD antioxidant enzyme is an antioxidant that catalyzes the decomposition of reactive oxygen species (ROS) and protects organisms from the negative effects of oxidative stress (Cazenave et al., 2006). In our study, in general, when *A. salina* instar IV was treated with RlFe and RpFe, MDA activity increased and SOD activity decreased with increasing extract concentrations. When examined separately, after 48 h of exposure to RlFe, MDA production in the concentration range of 0-200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ was not produced at a significant grade compared to the control group ($P>0.05$). MDA content increased significantly at concentrations of 400 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and above, and a significant difference was sighted between

the concentration groups ($P < 0.05$). At 96 h of exposure, MDA production at 0-100 $\mu\text{g/mL}$ concentration was not at a significant difference compared to the control group ($P > 0.05$). Above 200 $\mu\text{g/mL}$, MDA content increased significantly and a significant difference was observed between the concentration groups ($P < 0.05$). SOD activity generally decreased with increasing concentration, and a significant difference was observed compared to the control group at 25, 1600, 3200 $\mu\text{g/mL}$ at 48 h ($P < 0.05$). In 96 h application, a significant difference was observed only at 1600 and 3200 $\mu\text{g/mL}$ ($P < 0.05$). After 48 and 96 h of RIFe exposure, MDA content increased significantly and significant differences were observed among the concentration groups ($P < 0.05$). After 48 and 96 h of RpFe exposure, MDA content increased significantly with increasing RpFe concentration ($P < 0.05$). However, MDA production in the range of 50-100 $\mu\text{g/mL}$ was not significant at both exposure times ($P > 0.05$). SOD activity decreased with increasing concentration, but this decrease was significant only in the concentration range of 800-3200 $\mu\text{g/mL}$ ($P < 0.05$).

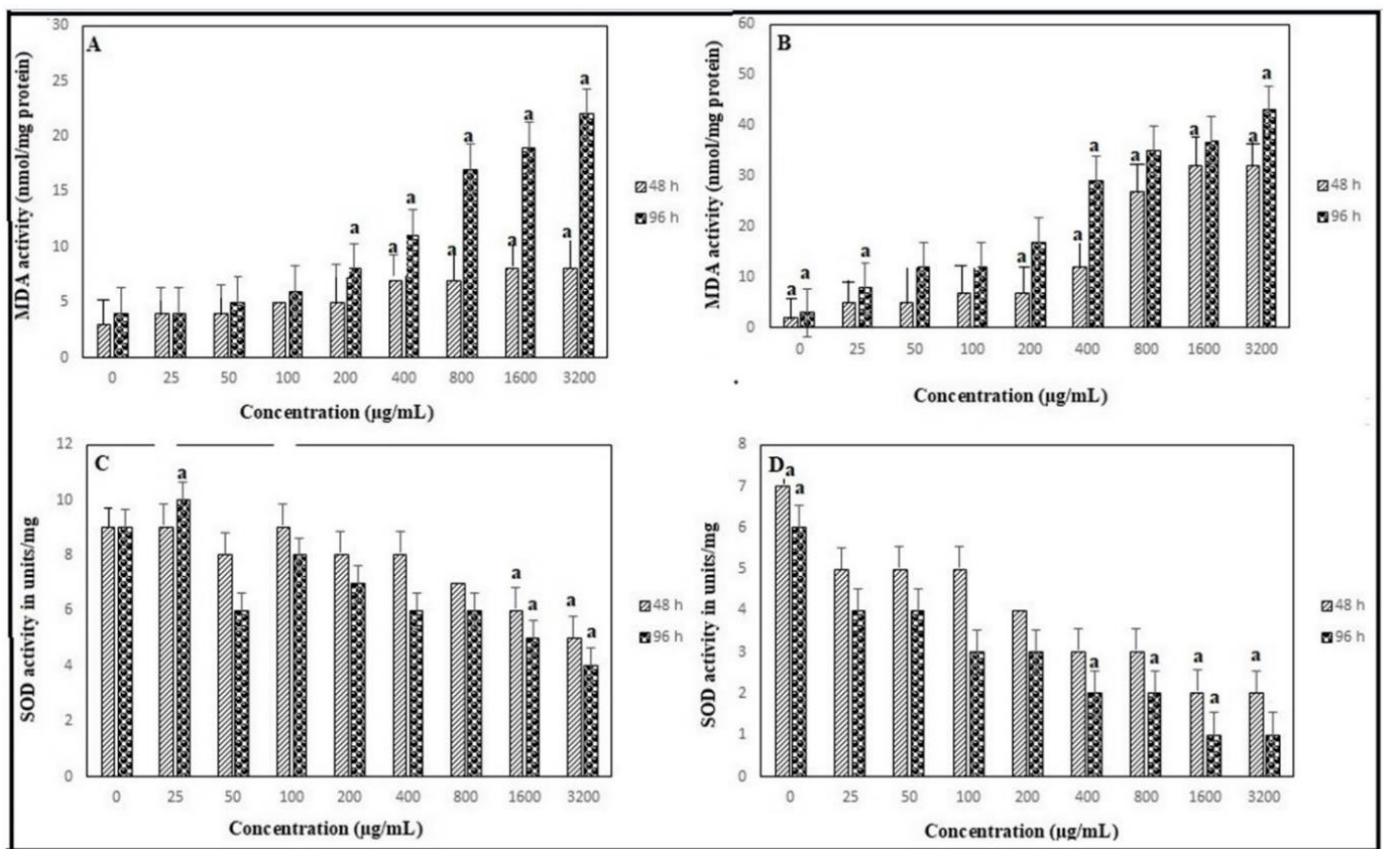


Figure 3. SOD and MDA contents determined in *A. salina* instar IV a exposure to RIFe and RpFe for 48 and 96 h.

A) MDA activity of *R. luteum*, B) SOD activity of *R. luteum* C) MDA activity of *R. ponticum*
 D) SOD activity of *R. ponticum*. The values are expressed as mean \pm standard deviation (SD).
 Values significantly different from the control group are shown in lower case letters.
 (ANOVA, $P < 0.05$).

4. DISCUSSION

The selection of indicator organisms for toxicity tests is a very important factor. In these tests, the morphological changes observed in adults and larvae, their movement abilities and most importantly, mortality rates are the most indispensable evaluation criteria. The use of *A. salina* as an indicator in ecotoxicology, the practicality of laboratory culture and the easy obtainment of cysts make toxicity tests highly successful and reproducible. The aim of the present study was to compare the toxicity of Rhododendron species (*R. luteum* and *R. ponticum*), known to be poisonous, on the aquatic indicator organism *A. salina*. Rhododendron species have been characterized for their toxic components in previous studies (Gunduz et al., 2008; Jansen et al., 2012). So far, 208 compounds, mostly flavonoids and terpenoids, have been isolated from Rhododendron species. Some of these compounds are quercetin, hyperoside, farrerol and polistachoside (Hu & Xiao, 1989). Therefore, Rhododendron species create different toxicities with their rich contents. In this study, the toxicity of two different Rhododendron species growing in the plateaus of Ordu (Türkiye) was investigated and compared with each other.

Mortality rates of *A. salina* instar IV larvae were observed to be considerably higher in *R. ponticum* compared to *R. luteum*. This increase occurred depending on concentration and time. Previous studies have also noted that mortality increases depending on the concentration of the substance exposed and the time. Wang et al. (2017) observed that the increase in mortality rate increased in a concentration-dependent manner when they exposed instar I, II, and III larvae of *A. salina* to α -Fe₂O₃ nanoparticles. In another study, concentrations causing 50% mortality were detected in *A. salina* larvae exposed to mycotoxins such as aflatoxin, diacetoxysirpenol, gliotoxin, ochratoxin, and sterigmatocystin for 16 h (Harwig & Scott, 1971). The toxicity of Iranian medicinal plants (*Plantago major*, *Artemisia maritima*, *Mentha piperata* ve *Borrigo officinalis*) was tested *A. salina* and *A. uramiana* lethality tests. All plant extracts except *B. officinalis* caused 100.0% mortality in both Artemia at 1000 µg/ml (Mirzaei & Mirzaei, 2013).

Plant bioactive compounds such as phenolics and flavonoids, which are abundant in Rhododendron species, can cause toxicity to cells (George & Abrahamse, 2019). Some studies have reported that toxic effects on *A. salina* are due to oxidative stress (Ates et al., 2013a; 2013b). The main indicators of oxidative stress are the changing levels of some metabolites, namely MDA and ROS, and antioxidant enzyme amounts in the cells (Mesarič et al., 2015; Ates et al., 2015; Zhu et al., 2016). MDA is a metabolite derived from lipid peroxidation and has been on a large scale used as an indicator of oxidative damage and oxidative stress in membranes (Ates et al., 2013a; 2013b; 2015). In the present study, both *R. luteum* and *R. ponticum* flower extracts caused cell damage in *A. salina* instar IV larvae. RpFe caused much more cell damage than RlFe when evaluated at the same concentrations. However, this damage increased significantly at 96 h of exposure compared to 48 h. Furthermore, cell damage increased at 48 and 96 h with increasing concentration in both extracts. Results parallel to our study have been recorded in other studies. For example, MDA content in *A. salina* instar III larvae exposed to α -Fe₂O₃-NP suspensions increased significantly depending on the α -Fe₂O₃-NP dose, suggesting that the toxic effects were through by oxidative stress (Wang et al., 2017). MDA biomarkers were used as sign of oxidative stress in *A. salina* exposed to zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) and the amount of MDA increased with increasing zinc concentration (Ateş et al., 2020). The toxicity of polystyrene nanoplastics (PSNPs) in *A. salina* exposed to nanopermethrin (NPER) was demonstrated by the MDA content and at high concentration, a very high MDA level was reported (Kamalakaran et al., 2024). In this study, determination of SOD activity is of great importance for the evaluation of the antioxidant capacity of the

test organism. The decrease in the activity of antioxidant enzymes is the first sign of oxidative stress (Varó et al., 2019). In our study, induction of oxidative stress by RpFe and RlFe was detected by a reduce in the amount of SOD. The amount of SOD decreased significantly with increasing concentration, especially in *R. ponticum* flower extract. At high concentrations, this reduce was significant compared to the control group ($P < 0.05$). It also decreased with increasing concentration in *R. luteum*. However, this reduce is less than that of *R. ponticum* flower extract. Similar results were observed in toxicity studies with *A. salina*. For example, in *A. salina* exposed to PSNPs, SOD activity decreased with increasing concentration (Kamalakaran et al., 2024). For *A. salina* Instar I and II larvae exposed to Fe_3O_4 nanoparticles, a gradual increase in SOD activity was noted followed by a decrease. Researchers reported that SOD activity can be inhibited by high ROS levels (Zhu et al., 2017).

5. CONCLUSION

In this study, brine shrimp toxicity results showed that *Rhododendron* species showed quite different toxic effects on *A. salina* at the same concentration and 48 and 96 h treatment. However, *Rhododendron ponticum* species has a much higher toxic effect than *Rhododendron luteum*. This situation was clearly seen in both mortality rates and biochemical analyses. SOD activity decreased in cells that could not cope with the increase in MDA, which caused oxidative stress. This toxic effect may be caused by plant bioactive compounds such as phenolics and flavonoids, which are abundant in *Rhododendron* species. Additionally, *A. salina* is a very suitable test organism for evaluating the toxicity of plant extracts.

ACKNOWLEDGEMENT

Thanks to my father Murat Özkan for his efforts. May God give peace to the soul.

FUNDİNG

This study was supported by Ordu University Scientific Research Projects Coordination Unit (ODÜ, BAP, Project Number: B-2318).

KAYNAKLAR

- Ates, M., Danabas, D., Ertit Tastan, B., Unal, I., Cicek Cimen, I. C., Aksu, O., ... & Arslan, Z. (2020). Assessment of oxidative stress on *Artemia salina* and *Daphnia magna* after exposure to Zn and ZnO nanoparticles. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 104, 206-214.
- Ates, M., Daniels, J., Arslan, Z., & Farah, I. O. (2013a). Effects of aqueous suspensions of titanium dioxide nanoparticles on *Artemia salina*: assessment of nanoparticle aggregation, accumulation, and toxicity. *Environmental monitoring and assessment*, 185, 3339-3348.
- Ates, M., Daniels, J., Arslan, Z., Farah, I. O., & Rivera, H. F. (2013b). Comparative evaluation of impact of Zn and ZnO nanoparticles on brine shrimp (*Artemia salina*) larvae: effects of particle size and solubility on toxicity. *Environmental science: Processes & impacts*, 15(1), 225-233.
- Ates, M., Demir, V., Arslan, Z., Daniels, J., Farah, I. O., & Bogatu, C. (2015). Evaluation of alpha and gamma aluminum oxide nanoparticle accumulation, toxicity, and depuration in *Artemia salina* larvae. *Environmental toxicology*, 30(1), 109-118.
- Bilir, E. K., Tutun, H., Sevin, S., Kismali, G., & Yarsan, E. (2018)a. Cytotoxic effects of *Rhododendron ponticum* L. extract on prostate carcinoma and adenocarcinoma cell line (DU145, PC3). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(3).

- Bilir, E., Sevin, S. E. D. A. T., Tutun, H., Alcigir, M., & Yarsan, E. N. D. E. R. (2018)b. Cytotoxic and anti-proliferative effects of *Rhododendron ponticum* L. extract on rat glioma cell line (F98). *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9(5).
- Cazenave, J., de los Angeles Bistoni, M., Pesce, S. F., & Wunderlin, D. A. (2006). Differential detoxification and antioxidant response in diverse organs of *Corydoras paleatus* experimentally exposed to microcystin-RR. *Aquatic toxicology*, 76(1), 1-12.
- Clinton, B. D., & Vose, J. M. (1996). Effects of *Rhododendron maximum* L. on *Acer rubrum* L. seedling establishment. *Castanea*, 38-45.
- Çolak, A.H. (1997). *Rhododendron ponticum* L. (Mor Çiçekli Ormangülü)'un silvikültürel özellikleri üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği, İstanbul.
- Dağlıoğlu, Y., & Çelebi, M. S. (2015). The evaluation of the acute toxic effects of Polyvinylferrocenium supported platinum nanoparticles on *Artemia salina* Brine shrimp. *Biological Diversity and Conservation*, 8(3), 304-312.
- Dağlıoğlu, Y., Çelebi, M. S., & Önalın, Ş. (2016a). Determination of acute toxic effects of poly (vinylferrocenium) supported palladium nanoparticle (Pd/PVF+) on *Artemia salina*.
- Dağlıoğlu, Y., Altınok, İ., İHAN, H., & Sokmen, M. (2016b). Determination of the acute toxic effect of ZnO-TiO₂ nanoparticles in brine shrimp (*Artemia salina*). *Acta Biologica Turcica*, 29(1), 6-13.
- Dağlıoğlu, Y., Öztürk, B. Y., & Khatami, M. (2023). Apoptotic, cytotoxic, antioxidant, and antibacterial activities of biosynthesized silver nanoparticles from nettle leaf. *Microscopy Research and Technique*, 86(6), 669-685.
- Demir, S., Turan I & Aliyazicioglu, Y. (2016). Selective cytotoxic effect of *Rhododendron luteum* extract on human colon and liver cancer cells, *Journal of Balkan Union of Oncology*, 21(4), 883-888.
- Gambardella, C., Mesarič, T., Milivojević, T., Sepčić, K., Gallus, L., Carbone, S., ... & Faimali, M. (2014). Effects of selected metal oxide nanoparticles on *Artemia salina* larvae: evaluation of mortality and behavioural and biochemical responses. *Environmental monitoring and assessment*, 186, 4249-4259.
- George, B. P., & Abrahamse, H. (2019). Increased oxidative stress induced by rubus bioactive compounds induce apoptotic cell death in human breast cancer cells. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2019(1), 6797921.
- Harwig, J., & Scott, P. (1971). Brine shrimp (*Artemia salina* L.) larvae as a screening system for fungal toxins. *Applied microbiology*, 21(6), 1011-1016.
- Kamalakaran, M., Rajendran, D., Thomas, J., & Chandrasekaran, N. (2024). Synergistic impact of nanoplastics and nanopesticides on *Artemia salina* and toxicity analysis. *Nanoscale Advances*.
- Kulaç, Ş. (2004). Karadeniz bölgesi kayın ekosisteminde uygulanan farklı diri örtü (*Rhododendron* Spp.) mücadele yöntemlerinin beşinci yılında toprak altı ve toprak üstü yetiştirme ortamı faktörleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bolu.
- Mesarič, T., Gambardella, C., Milivojević, T., Faimali, M., Drobne, D., Falugi, C., ... & Sepčić, K. (2015). High surface adsorption properties of carbon-based nanomaterials are responsible for mortality,

- swimming inhibition, and biochemical responses in *Artemia salina* larvae. *Aquatic Toxicology*, 163, 121-129.
- Mirzaei, M., & Mirzaei, A. (2013). Comparison of the *Artemia salina* and *Artemia uramiana* bioassays for toxicity of 4 Iranian medicinal plants. *Int Res J Biol Sci*, 2(3), 49-54.
- Neary, D. G., Douglass, J. E., Ruehle, J. L., & Fox, W. (1984). Converting rhododendron-laurel thickets to white pine with picloram and mycorrhizae-inoculated seedlings. *Southern Journal of Applied Forestry*, 8(3), 163-168.
- Nunes, B. S., Carvalho, F. D., Guilhermino, L. M., & Van Stappen, G. (2006). Use of the genus *Artemia* in ecotoxicity testing. *Environmental pollution*, 144(2), 453-462.
- Popescu, R & Kopp, B. (2013). The genus *Rhododendron*: An ethnopharmacological and toxicological review. *Journal of Ethnopharmacology*, 147(1), 42-62.
- Tasdemir, D., Demirci, B., Demirci, F., Dönmez, A. A., Baser, K. H. C., & Rüedia, P. (2003). Analysis of the volatile components of five Turkish *Rhododendron* species by headspace solid-phase microextraction and GC-MS (HS-SPME-GC-MS). *Zeitschrift Für Naturforschung C*, 58(11-12), 797-803.
- Varó, I., Perini, A., Torreblanca, A., Garcia, Y., Bergami, E., Vannuccini, M. L., & Corsi, I. (2019). Time-dependent effects of polystyrene nanoparticles in brine shrimp *Artemia franciscana* at physiological, biochemical and molecular levels. *Science of the Total Environment*, 675, 570-580.
- Wang, C., Jia, H., Zhu, L., Zhang, H., & Wang, Y. (2017). Toxicity of α -Fe₂O₃ nanoparticles to *Artemia salina* cysts and three stages of larvae. *Science of the Total Environment*, 598, 847-855.
- Zhu, S., Xue, M. Y., Luo, F., Chen, W. C., Zhu, B., & Wang, G. X. (2017). Developmental toxicity of Fe₃O₄ nanoparticles on cysts and three larval stages of *Artemia salina*. *Environmental pollution*, 230, 683-691.
- Zhu, S., Zhu, B., Huang, A., Hu, Y., Wang, G., & Ling, F. (2016). Toxicological effects of multi-walled carbon nanotubes on *Saccharomyces cerevisiae*: The uptake kinetics and mechanisms and the toxic responses. *Journal of hazardous materials*, 318, 650-662.

Yazarın Biyografisi



Yeşim ÖZKAN DAĞLIOĞLU

1981 Ordu, Derinçay köyünde doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimi Ordu'da tamamladım. 2004 Atatürk Üniversitesi Biyoloji Bölümünden mezun oldum. 2008 yılında aynı üniveristede yüksek lisansımı tamamladım. 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesinde Doktora tamamladım. 2020 Yılında Doçent oldum. Araştırma alanım, toksikoloji, akuatik toksikoloji, biyokimyasal aktiviteler, nanopartikül karakterizasyonudur. Derin Sare ve Doruk sarp adında iki çocuğum var.

İletişim

Yozkan52@gmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0001-8740-1162>



Kurutma Modelleri için ATATEK-Drying Yazılımının Geliştirilmesi

Ahmet Süslü^{1,*} , Recep Külcü² 

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, PhD., Isparta, Türkiye.

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): A. Süslü, e-mail (e-posta): mail@ahmetsuslu.com

ÖZET

Kurutma, ürünler içerisindeki suyun üründen uzaklaştırılması hedefiyle gerçekleştirilen bir kütle ve enerji transferi işlemidir. Tarımsal ürünlerin kurutulmasının hedefleri, raf ömrünün uzatılması, besin değerlerinin korunması ve ekonomik değeri yüksek yeni ürünler ve hammaddelerin üretilmesi olarak sıralanabilir. Kurutma işleminde kullanılan teknik ve ürünün özelliklerine bağlı olarak zamanla değişen seviyelerde su alımı işlemi gerçekleşmektedir. Bu doğrultuda, ürünlerin nem seviyesinde zamana bağlı bir değişim ortaya çıkmaktadır.

Araştırmacılar, kurutma sürecinde nem değişimini tahmin etmek için kurutma parametrelerini kullanarak modeller geliştirmekte ve bu modellerin farklı kurutma koşulları ve ürünler için iterasyon yoluyla model sabitlerini hesaplamaktadırlar. Sabitleri hesaplanan kurutma tahmin modelleri, üreticilerin aynı koşullarda kurutma yapmaları durumunda ürünün nem içeriği hakkında ölçüm yapmadan bilgi sahibi olmalarını sağlamaktadır. Araştırmacılar, kurutma verilerinin modellemesinde çeşitli yazılımlar (MATLAB, Excel Solver, SigmaPlot, vb.) kullanmaktadır. Ancak, bu yazılımların kurutma prosesine özel tasarlanmamış olması birçok soruna neden olmaktadır. Bu bağlamda, ATATEK (Akıllı Tarım Teknolojileri) çalışma grubu tarafından ATATEK-Drying yazılımı geliştirilmiştir. Yazılım içerisine kurutma verileri aktarıldığında, kütüphanesinde yer alan 14 modeli farklı iterasyon teknikleriyle çözerek model sabitlerini hesaplamaktadır. Daha sonra gerçek verilerle istatistiksel karşılaştırmalar yaparak en başarılı modeli raporlamaktadır.

Bu çalışmada, makale yazarları tarafından geliştirilen ATATEK-Drying yazılımının çalışma ilkeleri, arayüzü ve modelleme başarısı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ATATEK-Drying, kurutma modelleri, model çözücü

Development of ATATEK-Drying Software for Drying Models

ABSTRACT

Drying is a mass and energy transfer process aimed at removing moisture from products. The primary objectives of drying agricultural products are to extend shelf life, preserve nutritional value, and produce new high-value products and raw materials. Depending on the technique used and the properties of the product, water absorption rates change over time, leading to a time-dependent variation in the moisture levels of products.

Researchers develop models using drying parameters to predict moisture changes during drying processes and calculate model constants through iterative methods for different drying conditions and products. These calibrated drying prediction models enable producers to gain insights into the moisture content of products without measurements under identical drying conditions. Various software tools, including MATLAB, Excel Solver, and SigmaPlot, are employed for modeling drying data; however, these general-purpose software programs are not specifically designed for drying processes, leading to multiple challenges. In this context, the ATATEK (Smart Agricultural Technologies) working group has developed the ATATEK-Drying software. When drying data is input, the software calculates model constants by solving a library of 14 models using different iteration techniques. It then performs statistical comparisons with real data to identify and report the most successful model.

This study evaluates the operational principles, interface, and modeling accuracy of the ATATEK-Drying software developed by the authors.

Keywords: ATATEK-Drying, drying models, model solver

Makale Bilgisi / Article Info

Alınış tarihi
Received date : 07.11.2024

Düzeltilme tarihi
Revised date : 20.11.2024

Kabul tarihi
Accepted date : 23.11.2024

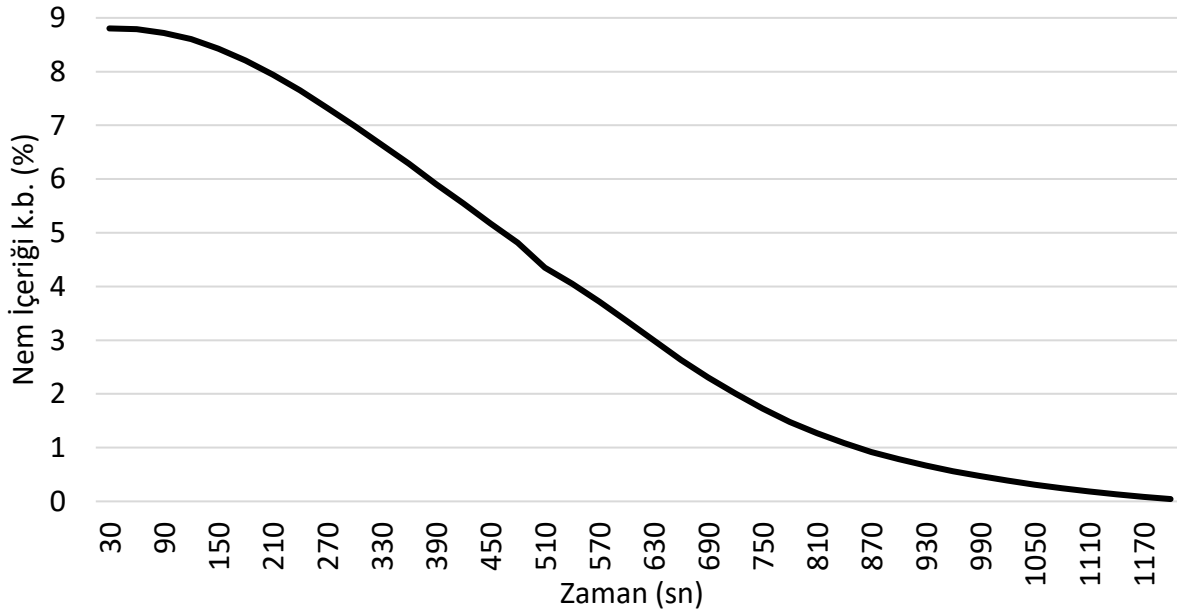
Atıf için
How to Cite Süslü, A. ve Külcü, R. (2024). "Kurutma Modelleri için ATATEK-Drying Yazılımının Geliştirilmesi", *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 10(1), 2024: 51-61.

1. GİRİŞ

Kurutma bir ürün içerisindeki suyun bir dizi ısı ve kütle transferi işlemi sonucunda uzaklaştırılması işlemi ifade etmektedir. Tarım ve endüstriyel işlemlerde çok farklı ürünler kurutma işlemine tabi tutulmaktadır. Bu bağlamda; ahşap kurutmada tarımsal ürünlerin kurutulmasına kadar çok geniş bir kullanım alanı olduğu söylenebilir. Tarımsal ürünlerin kurutulması; ürünlerin raf ömürlerinin arttırılması, ekonomik değeri yüksek yeni ürünlerin elde edilmesi ve tarıma dayalı bazı endüstrilerin hammadde ihtiyaçlarının karşılanması gibi amaçlarla gerçekleştirilebilmektedir.

Kurutma, kullanılacak ürünün karakteristik özellikleri, teknik ve ekonomik koşullara bağlı olarak farklı tekniklerle gerçekleştirilebilmektedir. Temel ilkesi; ürün ve ortamın buhar basınçları arasında fark yaratılmasına bağlı olarak ürünün içerisindeki suyun dışarıya alınmasıdır. Bu bağlamda basınç ve sıcaklık değişkenleri üzerinde yapılan ayarlamalarla işlem gerçekleştirilebilir. Örneğin dondurarak vakum ortamında kurutma yapılabildiği gibi, mikrodalga yoluyla ürün içerisindeki suyun ısıtılması veya sıcak hava uygulayarak ürün içerisindeki suyun havaya aktarılması gibi ilkeler kullanılabilir. Tarımsal ürünlerin kurutulmasında geleneksel yöntemler güneş altında sererek veya asarak kurutma yaparken, modern kurutma sistemlerinde mikrodalga, süblimasyon kurutma ve tambur sistemlerinde kurutma gibi teknolojik cihazlar kullanılabilir.

Kurutma sistemlerinde kullanılan teknik ve ürün özelliklerine bağlı olarak üründe zamana bağlı su kaybı gerçekleşmektedir. Kullanılan teknik ve ürünün karakteristik özellikleri zamana bağlı su kaybının değişim hızını etkilemektedir. Ancak bütün kurutma işlemlerinde karakteristik olarak benzer bir kuruma eğrisinin ortaya çıktığı söylenebilir. Şekil 1’de kopya biberin mikrodalga ile kurutulmasında 5.4 W.g^{-1} mikrodalga gücü yoğunluğunda ürünün kuru baz nem değerindeki azalmanın zamana bağlı değişimi gösterilmektedir.



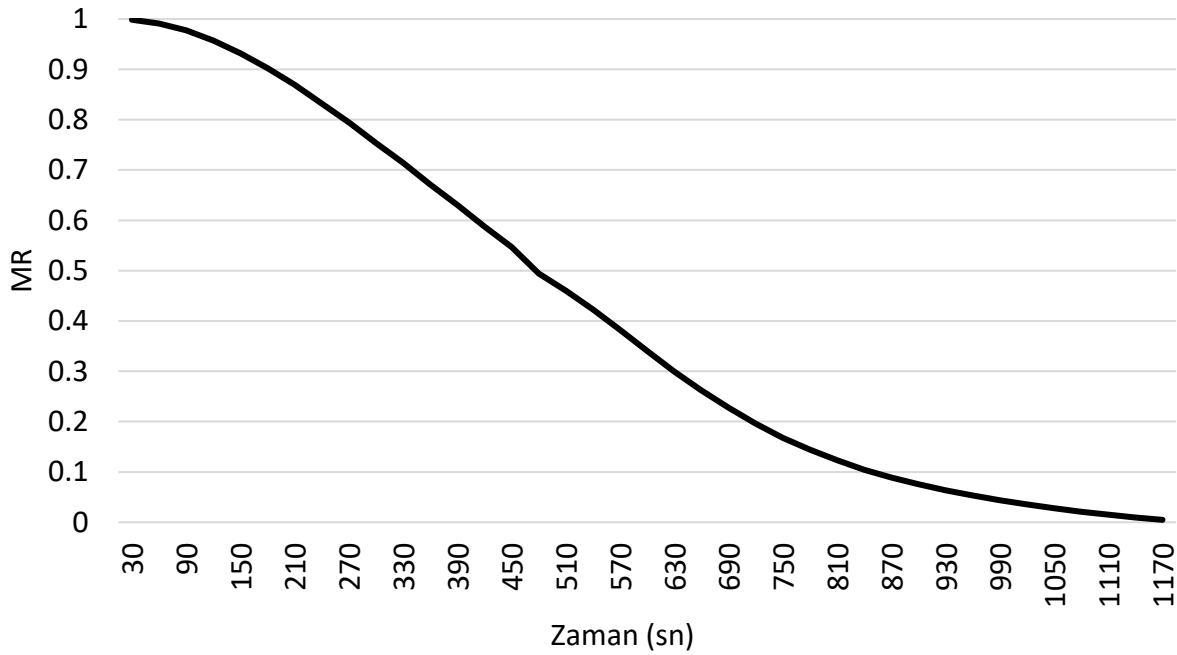
Şekil 1. Ürünün kuru baz nem oranındaki değişim

Kurutma çalışmalarında sürecin herhangi bir anında üründen ayrılabilir nem oranını tahmin edebilmek için MR (ayrılabilir nem oranı) parametresi hesaplanmaktadır. Uygulanan modellerde MR parametresinin zamansal değişimi tahminlenmektedir. MR aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır. Birinci eşitlikteki M_e denge anındaki nem içeriğidir ve çok küçük olduğundan ihmal edilerek, 2 numaralı eşitlik kullanılır. Bu eşitlikler MR ayrılabilir nem oranı, M_t t anındaki nem oranını ve M_0 başlangıç nem oranını ifade eder (Ünal vd., 2024).

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

$$MR = \frac{M_t}{M_0} \quad (2)$$

Şekil 2’de kırmızı biberin kurutulması örneği için hesaplanan MR değerlerinin zaman göre değişimi gösterilmiştir. Kurutma modelleri Şekil 2’de eğriyi oluşturan her ölçüm noktasını tahminleyerek, deneme yapılmadan aynı koşullarda yapılan kurutma işlemleri için değer tahmini yapılmasını sağlamaktadır.



Şekil 2. Ayrılabilir nem içerisindeki değişim

Ancak, kurutma işleminin ve ürünün karakteristiklerine bağlı olarak MR değerinin zamana bağlı değişimi farklı profiller izlemektedir. Bu nedenle farklı matematiksel modeller kullanarak tahminleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda kurutma işlemlerinde kullanılan tahmin modelleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kurutma işleminde MR değerinin tahminlenmesinde kullanılan modeller

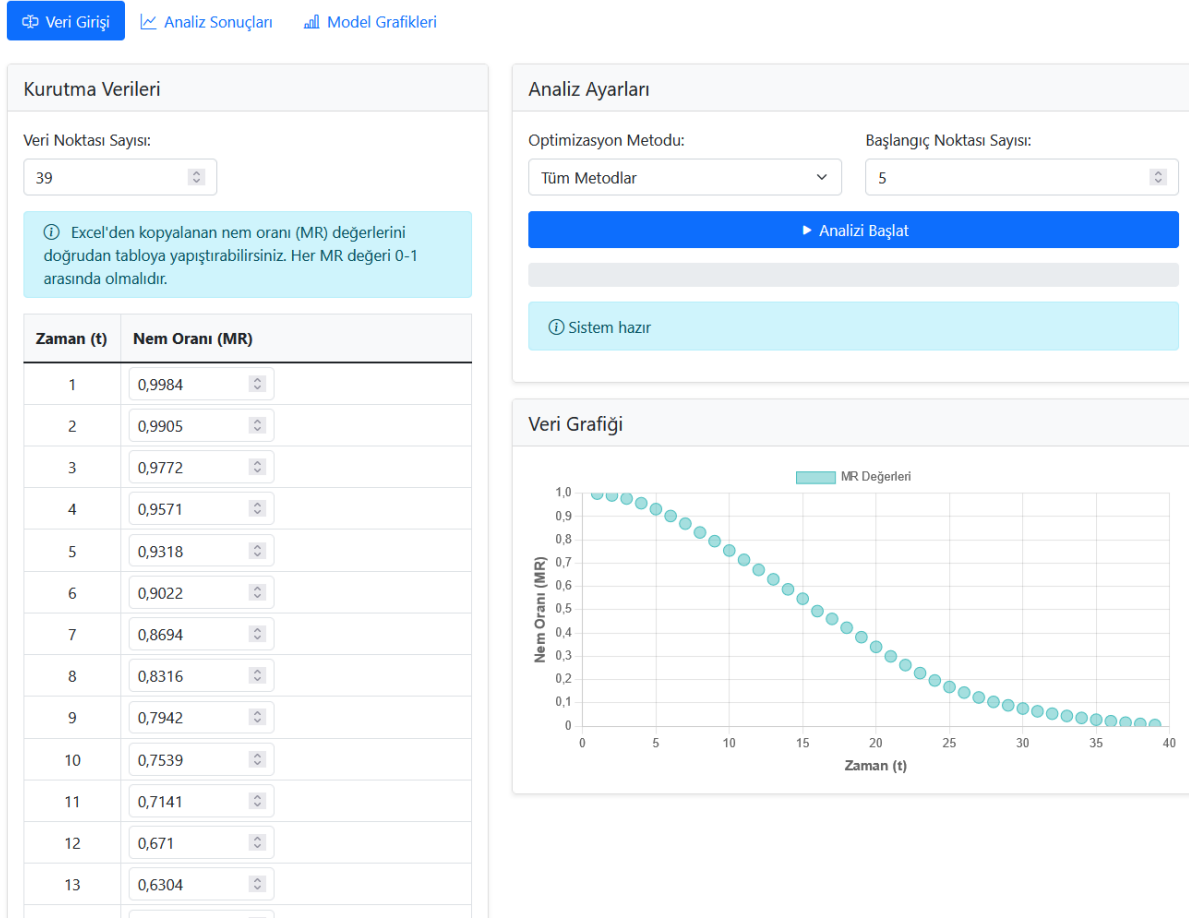
| Model No | Model Adı | Matematiksel Formül | Kaynak |
|----------|-----------------|---|---|
| 1 | Newton | $MR = \exp(-c_1 t)$ | Lewis (1921) |
| 2 | Page | $MR = \exp(-c_1 t^{c_2})$ | Page (1949) |
| 3 | Logarithmic | $MR = c_1 \exp(-c_2 t) + c_3$ | Yaldız ve Ertekin (2001) |
| 4 | Two Term | $MR = \exp(-c_1 t) + \exp(-c_2 t)$ | Henderson (1974) |
| 5 | Verma | $MR = c_1 \exp(-c_2 t) + (1 - c_1) \exp(-c_3 t)$ | Verma vd. (1985) |
| 6 | Midilli | $MR = c_1 \exp(-c_2 t^{c_3}) + c_4 t$ | Midilli vd. (2002) |
| 7 | Henderson-Pabis | $MR = c_1 \exp(-c_2 t)$ | Henderson ve Pabis (1961) |
| 8 | Otsura | $MR = 1 - \exp(-(c_1 t)^{c_2})$ | Otsura vd. (1975) |
| 9 | Diffusion | $MR = c_1 \exp(-c_2 t) + (1 - c_1) \exp(-c_2 c_3 t)$ | Kassem (1998) |
| 10 | Jena-Das | $MR = c_1 \exp(-c_2 t + c_3 \sqrt{t}) + c_4$ | Jena ve Das (2007) |
| 11 | Demir | $MR = c_1 \exp(-c_2 t)^{c_3} + c_4$ | Demir vd. (2007) |
| 12 | Alibaş | $MR = c_1 \exp(-c_2 t^{c_3} + c_4 t) + c_5$ | Alibaş (2012) |
| 13 | Kulcu | $MR = \frac{c_1^{c_2} \exp(-c_3 t^{c_4})}{c_5^t} + c_6$ | Külcü vd. (2024) |
| 14 | AMD | $MR = c_1 \exp(-c_2 t^{c_3}) (1 + c_4 \sin(c_5 t)) + c_6 (1 - \exp(-c_7 \sqrt{t}))$ | Bu çalışma kapsamında geliştirilmiştir. |

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. ATATEK-Drying Programının Yazılımsal Arkaplanı

ATATEK-Drying programı, PHP dili kullanılarak web tabanlı olarak geliştirilmiş olup şu an için yerel Apache sunucusunda (localhost) çalışmaktadır. Program ilerleyen süreçte internet üzerinden erişime açılacak şekilde planlanmıştır. Program iterasyon yoluyla model katsayılarını hesaplamakta ve modellerin RMSE ve R² parametrelerini kullanarak model başarısını belirlemektedir.

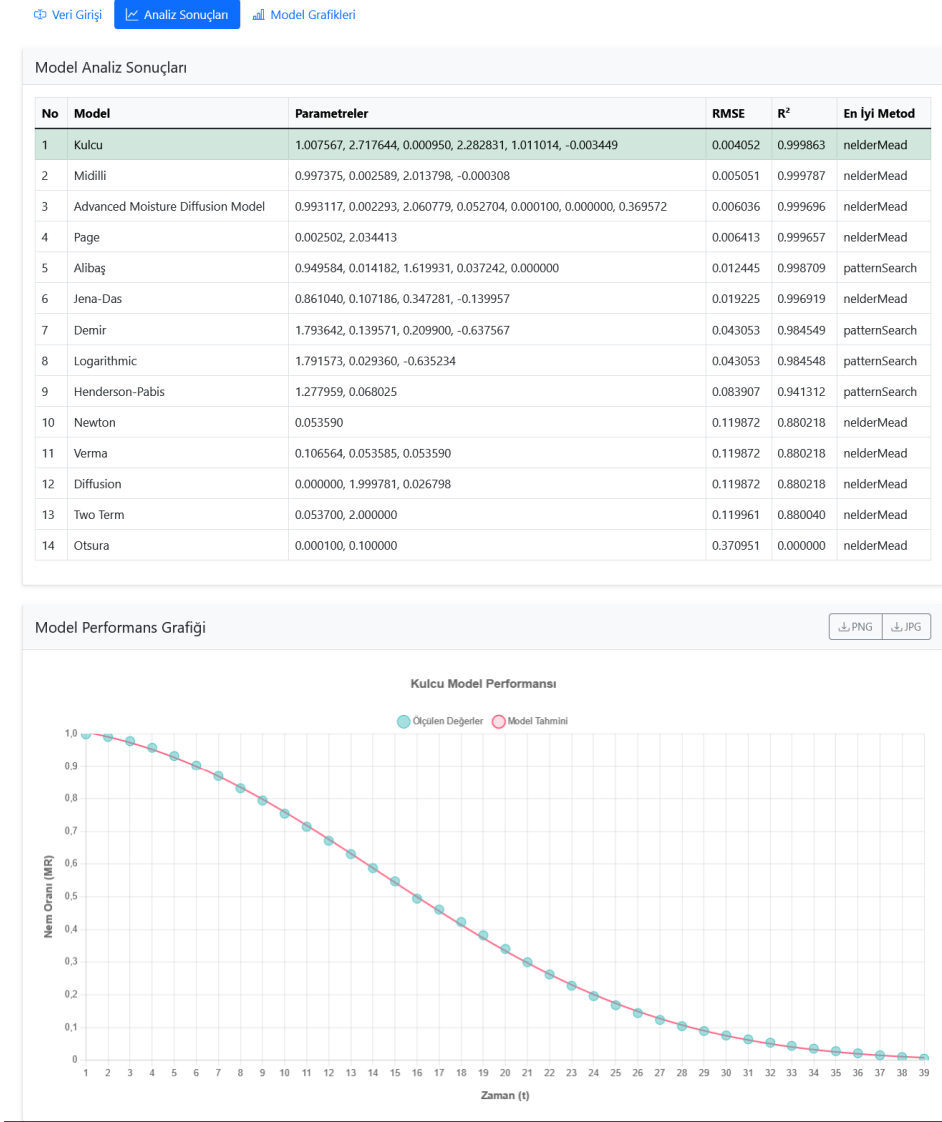
Şekil 3'de ATATEK-Drying programının kurutma verisi giriş sayfası görülmektedir. Sayfanın sol kısmındaki sütunda öncelikle girilecek veri noktası sayısı seçilmelidir. Kırmızı biber kurutulması 39 adet veri içerdiğinden burada 39 veri noktası seçilmiştir. Bu seçim sonrasında alt kısımda veri hücreleri 39'a kadar açılmaktadır. Ardından veri işleme programı (örn Microsoft Excel) den kopyalanan veriler bu hücrelere yapıştırılabilmektedir. Veriler sisteme aktarıldıktan sonra sağ tarafta otomatik olarak grafik oluşturulmaktadır. Grafiğin üst kısmında optimizasyonda kullanılan metotlar seçilebilmektedir. Yazılımın birinci versiyonunda 14 model ve 3 adet çözüm yöntemi kullanılabilir. 14 numaralı "Advanced Moisture Diffusion" modeli program geliştirme çalışması kapsamında geliştirilmiştir. Mavi vurgulu analizi başlat tuşuna basıldığında sistem modellerin optimizasyonunu gerçekleştirmektedir.



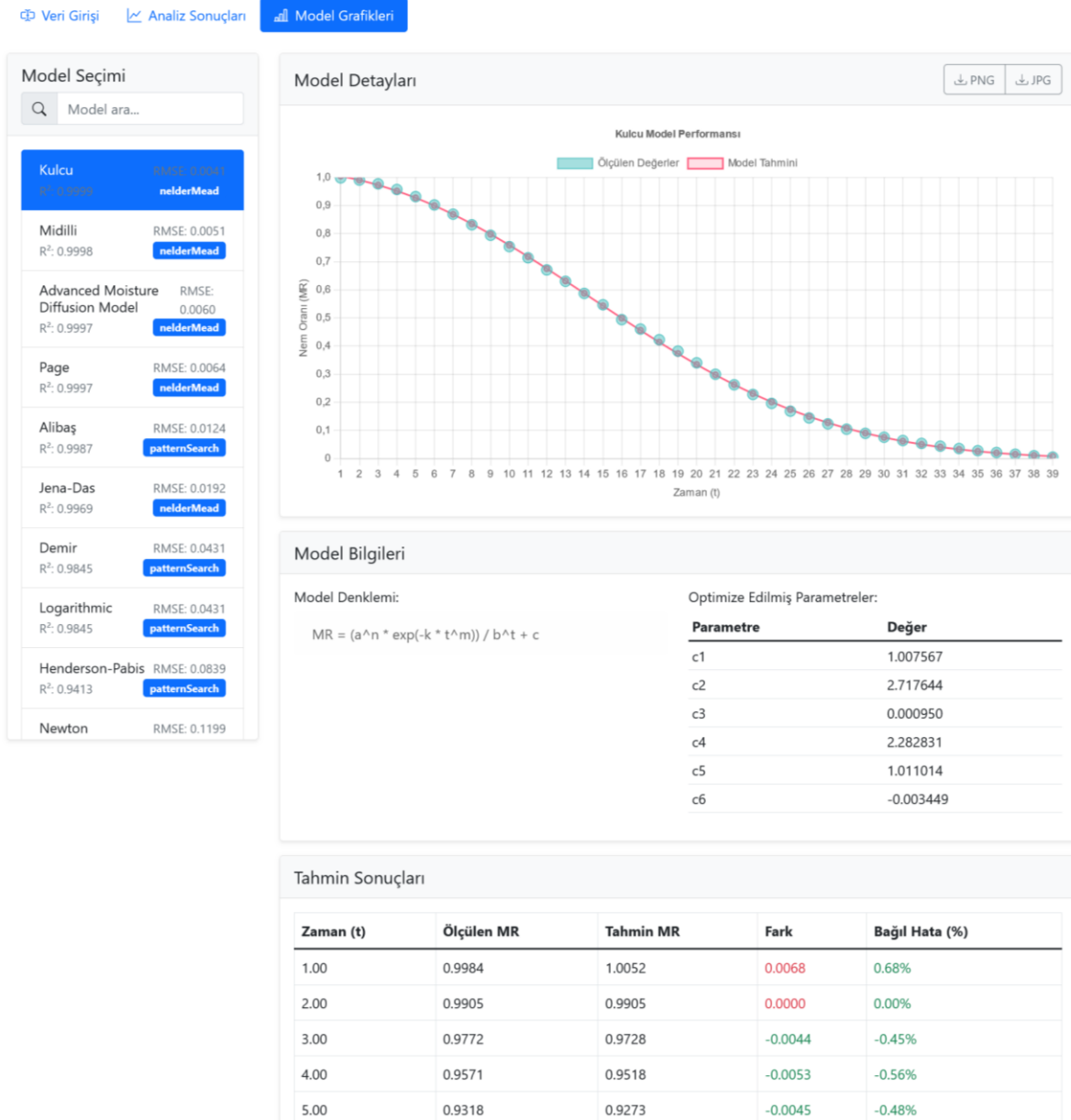
Şekil 3. ATATEK-Drying programının kurutma verisi ekleme sayfası

Model optimizasyonları gerçekleştirildikten sonra analiz sonuçları sekmesine geçilmektedir. Şekil 4'de gösterilen bu sekmede modelleme işlemi sonucunda elde edilen parametreler ve istatistiksel değerlendirmeler sunulmaktadır. Parametreler kısmında virgülle ayrılarak verilen sayılar modelde kullanılan sabitlerin değerlerini göstermektedir. RMSE ve R^2 değerleri modellerin hata ve korelasyon parametreleridir ve RMSE değerinin düşük R^2 değerinin yüksek olması modelin tahmin başarısının da yüksek olduğu ifade etmektedir. Tablonun sonunda ise modellerin her biri için uygulanan üç farklı çözüm yönteminden hangisinin daha başarılı sonuç ürettiği belirtilmiştir.

Programaya yüklenen kırmızı biber kurutma verileri modellendiğinde, bu veriler için en doğru tahminleri Kulcu modeli tarafından gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Modelin RMSE değeri 0.004052 ve R^2 değeri 0.999863 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5'de programın model grafikleri sayfası gösterilmektedir. Bu sayfanın sol kısmında optimizasyonu yapılan model seçildiğinde sağ tarafta bu modele ait tahmin verileri ve ölçülen verilere ait grafik oluşturulmaktadır. Bu grafikleri PNG (transparan zemin) ve JPG olarak kaydedilebilecek butonlar bulunmaktadır. Örnekte tahmin ve ölçülen değerlerin büyük oranda birbirine örtüştüğü görülmektedir. Ayrıca grafiğin alt kısmında modelin matematiksel ifadesi ve iterasyon işlemi sonucunda hesaplanan model katsayılarının değerleri gösterilmektedir. Tahmin sonuçları kısmında ise tüm veri noktaları için, ölçülen ve tahmin edilen değerler ile bu değerlerin farkı ile bağlı hata değerleri sunulmaktadır.



Şekil 5. Programın model grafikleri sayfası

3. SONUÇ

Bu çalışmada kurutma işleminde, kuruma sürecinin herhangi bir anında ürünün MR (Ayrılabilir Nem Oranı) parametresinin tahminlenmesinde kullanılan matematiksel modellerin iterasyon yoluyla çözümlenmesi için geliştirilmiş ATATEK-Drying programının yapısı ve işleyişi anlatılmıştır. Program kurutma modellemesine özel tasarlanmış ve çalışma içerisinde yapılan örnekte kırmızı biber kurutma verileri için modelleme işlemini başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmiştir. Bu bağlamda birden fazla programla yapılan işlemleri tek bir yazılım altına toplamayı başarmıştır. Ayrıca yazılımın yerli imkanlarla hazırlanmış olmasının, alternatif programlar için yurt dışına kaynak transferini azaltıcı bir etkisinin olması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Alibaş, İ. (2012). Microwave drying of grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaves and determination of some quality parameters. *Journal of Agricultural Sciences*, 18, 43–53.
- Demir, V., Günhan, T., & Yağcıoğlu, A. K. (2007). Mathematical modelling of convection drying of green table olives. *Biosystems Engineering*, 98(1), 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.06.011>
- Henderson, S. M., & Pabis, S. (1961). Grain drying theory. II. Temperature effects on drying coefficients. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6, 169–174.
- Henderson, S. M. (1974). Progress in developing the thin layer drying equation. *Transactions of the ASAE*, 17, 1167–1172.
- Jena, S., & Das, H. (2007). Modelling for vacuum drying characteristics of coconut presscake. *Journal of Food Engineering*, 79(1), 92–99. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.043>
- Kassem, A. S. (1998). Comparative studies on thin layer drying models for wheat. *13th International Congress on Agricultural Engineering*, vol. 6, Morocco, 2–6 February.
- Külcü, R., Karaaslan, S., & Varol, H. T. (2024). Microwave-assisted foam mat drying of pumpkin pulp and development of a new drying model. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 11(3), 81–94.
- Lewis, W. K. (1921). The rate of drying of solid materials. *Industrial Engineering Chemistry*, 13, 427–432.
- Midilli, A., Küçük, H., & Yapar, Z. (2002). A new model for single layer drying. *Drying Technology*, 20(7), 1503–1513. <https://doi.org/10.1081/DRT-120005864>
- Otsura, K., Murata, S., & Chuma, Y. (1975). An empirical equation for thin layer drying of rough rice with heated air. *Journal of Japanese Agricultural Machinery*, 37, 331–338.
- Page, G. (1949). Factors influencing the maximum rates of air-drying shelled corn in thin layer. (Master's thesis, Department of Mechanical Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN, USA).
- Ünal, N., Süslü, A., Külcü, R., Dinçer, C., Yavuzlar, E. E., & Ertekin, C. (2024). Convective drying of chokeberry cv. "Viking" and modeling of drying kinetics. *Gıda*, 49(5), 847–862.
- Verma, L. R., Bucklin, R. A., Endan, J. B., & Wratten, F. T. (1985). Effects of drying air parameters on rice drying models. *Transactions of the ASAE*, 28, 296–301.
- Yaldız, O., & Ertekin, C. (2001). Thin layer solar drying of some vegetables. *Drying Technology*, 19, 583–597. <https://doi.org/10.1081/DRT-100103936>

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Drying is a fundamental process in agricultural and industrial applications that involves removing moisture from products through heat and mass transfer operations. While various software tools like MATLAB, Excel Solver, and SigmaPlot are currently used for modeling drying data, these general-purpose programs present challenges as they are not specifically designed for drying processes. This research addresses this gap by introducing ATATEK-Drying, a specialized software developed by the ATATEK (Smart Agricultural Technologies) working group. The primary purpose of this study is to evaluate and present the operational principles, interface design, and modeling capabilities of the ATATEK-Drying software, which has been specifically developed to analyze and model agricultural drying processes.

Methodology

The ATATEK-Drying software was developed using PHP language as a web-based application, currently operating on a local Apache server (localhost) with plans for future internet accessibility. The software implements an iterative approach to calculate model coefficients and determines model success using RMSE and R^2 parameters. The program features a data input interface allowing users to specify the number of data points and input drying data. It includes implementation of 14 different drying models, including traditional models and a newly developed "Advanced Moisture Diffusion" model, along with three different solution methods for optimization. The software provides automatic graphical representation of input data, statistical analysis capabilities for model evaluation, and export functionality for graphs and results. The software's effectiveness was demonstrated through a case study involving red pepper drying data, which was used to test and validate the modeling capabilities of the program.

Results and Conclusions

The study demonstrated that ATATEK-Drying successfully accomplishes its intended purpose of providing a specialized tool for drying process modeling. The software effectively consolidated multiple modeling operations that previously required several different programs into a single, specialized platform. Testing with red pepper drying data showed that the Kulcu model provided the most accurate predictions, achieving an RMSE value of 0.004052 and an R^2 value of 0.999863. The program successfully generates comprehensive analysis outputs, including model parameters and constants, statistical evaluations through RMSE and R^2 values, comparative analysis of different solution methods, visual representations of measured vs. predicted values, and detailed error analysis for each data point. The development of this locally-produced software is expected to reduce dependency on foreign software solutions, potentially decreasing international resource transfer while providing a specialized tool for drying process modeling in agricultural applications. The successful implementation and testing of ATATEK-Drying demonstrates its potential as a valuable tool for researchers and practitioners in the field of agricultural drying processes.

Yazarların Biyografisi



Ahmet SÜSLÜ

Tarımsal teknolojiler ve otomasyon sistemleri alanında uzmanlaşmış 1985 Konya doğumlu araştırmacı ve girişimci, Süleyman Demirel Üniversitesi'nde başladığı akademik eğitimini 2024 yılında Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'nde doktora derecesiyle tamamlamıştır. Sera otomasyonu, biyogaz üretimi ve kompostlaştırma sistemleri alanlarında araştırma projelerinde görev almış, 2012 yılında kazandığı Teknogirişim Sermaye Desteği ile girişimcilik deneyimi edinmiştir. Eğitimlik deneyimi olan ve ulusal ve uluslararası destekli projelerde görev alan uzman, sürdürülebilir tarım uygulamaları, yazılım geliştirme ve yenilenebilir enerji kaynakları alanlarında çalışmalarını sürdürmektedir.

İletişim

mail@ahmetsuslu.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-4016-589X>



Recep KÜLCÜ

Tarım Makinaları alanında Lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerine sahiptir. Tarım alanındaki çalışmalarını; çevre dostu teknolojiler, kompost ve biyogaz sistemleri ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine gerçekleştirmektedir. Recep KÜLCÜ Felsefe alanında da lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerine sahiptir. Felsefe alanında; bilim tarihi, etik, tarım ve çevre etiği konularında akademik çalışmalar yapmaktadır. Halen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

İletişim

recepkulcu@isparta.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-7185-6514>



Global Güneş Işınımı Tahmin Modelleri için ATATEK-Solar Yazılımının Geliştirilmesi

Ahmet Süslü^{1,*}, Recep Külcü²

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, PhD., Isparta, Türkiye.

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): A. Süslü, e-mail (e-posta): mail@ahmetsuslu.com

ÖZET

Güneş enerjisi hesaplamaları, atmosfer dışına kadar çeşitli eşitlikler yardımıyla büyük bir doğrulukla gerçekleştirilebilmektedir. Ancak, yeryüzüne düşen ışınım miktarının hesaplanması oldukça zordur. Bunun nedeni, atmosfer içerisindeki ışınımın; topografik özellikler, bulutluluk ve nem gibi koşullardan etkilenmesidir. Bu etmenlerin zamanla değişmesi, eşitlikler yoluyla hesaplamayı zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda, global güneş radyasyonu hesabında rasat cihazlarıyla ölçüm ve tahmin modelleri kullanılmaktadır. Güneş rasat cihazlarının kurulması ve işletilmesi maliyetli bir süreç olduğundan, bu cihazlar meteoroloji istasyonları, havaalanları ve üniversiteler gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ancak geniş bir coğrafi alana gelen global güneş radyasyonunun tahmin edilmesinde tahmin modelleri daha etkin bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, tahmin modellerinin validasyonlarının meteoroloji istasyonlarından alınan verilerle yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda, tahmin yapılan her bölge için ayrı doğrulama yapılması zorunlu hale gelmektedir.

Global ışınım tahmin modellerinde kullanılan sabitler, meteorolojik ölçüm istasyonlarından elde edilen veriler kullanılarak iterasyon yoluyla belirlenmektedir. Model sabitleri belirlendikten sonra tahminler gerçekleştirilmekte ve hesaplama yapılan il için en doğru tahminleri veren model belirlenmektedir. En başarılı modelin belirlenmesinde istatistiksel hata parametreleri kullanılmaktadır. Araştırmacılar modellerin iterasyonla çözümünde farklı yazılımlar kullanılmaktadır (MATLAB, Excel Solver, SigmaPlot, vb.). Ancak bu yazılımların global güneş radyasyonu hesabına özel tasarlanmamış olması birçok soruna neden olmaktadır. Bu bağlamda, ATATEK (Akıllı Tarım Teknolojileri) çalışma grubu tarafından ATATEK-Solar yazılımı geliştirilmiştir. Yazılım, Türkiye için geniş içeriğe sahip kütüphanesiyle modellerde kullanılan tüm değişkenlerin yıllık değerlerini sağlamakta, ayrıca kullanıcıya veri ekleme imkânı sunmaktadır. Yazılım, optimizasyon aşamasında iterasyonla modelleri 3 farklı yöntemle çözmekte ve her model için en uygun çözüm yoluna göre global güneş radyasyonu değerlerini hesaplamaktadır. Ardından, istatistiksel analiz sonuçlarını raporlamaktadır.

Bu çalışmada, makalenin yazarları tarafından geliştirilen ATATEK-Solar yazılımının çalışma ilkeleri, kullanım arayüzü ve kullanıcıya sunduğu sonuçlar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ATATEK-Solar, global güneş radyasyonu, ışınım tahmini

Development of ATATEK-Solar Software for Global Solar Radiation Prediction Models

ABSTRACT

Solar energy calculations can be performed with high accuracy up to the outer atmosphere using various equations. However, calculating the amount of radiation reaching the earth's surface is quite challenging due to factors like topographical features, cloud cover, and humidity affecting radiation within the atmosphere. The variability of these factors over time complicates equation-based calculations. Thus, global solar radiation calculations often rely on measurements from observation instruments and prediction models. Since the installation and operation of solar observation instruments are costly processes, they are typically used in locations such as meteorological stations, airports, and universities. Prediction models, however, play a more effective role in estimating global solar radiation over extensive geographical areas. Nonetheless, validation of prediction models requires data from meteorological stations, making it essential to perform separate validations for each region.

In global radiation prediction models, constants are determined iteratively using data from meteorological measurement stations. After determining these model constants, predictions are made, and the model providing the most accurate estimates for a specific location is identified. Statistical error parameters are employed to select the most successful model. Researchers use various software, such as MATLAB, Excel Solver, and SigmaPlot, to solve models iteratively. However, since these tools are not specifically designed for global solar radiation calculations, they often present challenges. In this context, the ATATEK (Smart Agricultural Technologies) working group developed the ATATEK-Solar software. With a comprehensive library tailored to Turkey, the software provides annual values for all variables used in the models and allows users to add data. During the optimization phase, the software solves models using three different iterative methods and calculates global solar radiation values based on the optimal solution for each model. It then reports the statistical analysis results.

This study examines the operational principles, user interface, and outcomes offered by the ATATEK-Solar software developed by the authors.

Keywords: ATATEK-Solar, global solar radiation, radiation prediction

Makale Bilgisi / Article Info

Alınış tarihi
Received date : 07.11.2024

Düzeltilme tarihi
Revised date : 19.11.2024

Kabul tarihi
Accepted date : 19.11.2024

Atıf için
How to Cite Süslü, A. ve Külcü, R. (2024). "Global Güneş Işınımı Tahmin Modelleri için ATATEK-Solar Yazılımının Geliştirilmesi", *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 10(1), 2024: 62-73.

1. GİRİŞ

Güneş enerjisi, elektrik üretiminden ısı enerjisi üretimine kadar çok yaygın bir şekilde kullanılan yenilenebilir ve enerji dönüşümü sonucunda emisyon üretmeyen bir kaynaktır. Bu nedenle son yıllarda kullanımı yaygınlaşmakta ve özellikle büyük ölçekli güneş enerjisi santrallerinin sayısı hızla artmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinden üretilecek enerji miktarı doğrudan global radyasyon değerine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle güneş enerjisi sistemleri veya santralleri kurulmadan önce ayrıntılı fizibilite çalışmalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu fizibilite çalışmalarında yıllık simülasyonlar gerçekleştirilerek, tesisten üretilecek enerji miktarları hesaplanmakta ve ekonomik bir projeksiyon ortaya konulmaktadır.

Fizibilite çalışmalarında ve bölgesel öngörü faaliyetlerinde başlangıç noktası tesis kurulacak coğrafi koordinatın yıllık global güneş radyasyonu miktarı ve bu miktarın aylara göre değişimidir. Bu işlem için güneş rasat cihazları kullanılabilirdiği gibi radyasyon tahmin modelleri de kullanılabilir. Güneş rasat cihazları bir alana kurulduğunda en az bir yıl boyunca ölçüm yapılması gerekmektedir. Bu işlem hem zaman hem de ekonomik açıdan bir maliyet ortaya çıkartmaktadır. Global güneş radyasyonu tahmin modelleri ise meteorolojik istasyon verilerinden elde edilen uzun süreli ölçüm verileri kullanılarak geliştirilmiş ampirik modellerdir. Bu modellerde öncelikle bölgesel validasyon işlemleri gerçekleştirilmeli ve bu işlem doğrultusunda en uygun model ve model katsayıları belirlenmelidir.

Bu çalışmada global güneş radyasyonunu tahminlemede kullanılan modellerin validasyonu ve sabitlerinin hesaplamasını iterasyon yoluyla hesaplayan ve istatistiksel analiz sonuçlarıyla raporlama yapan ATATEK-Solar yazılımı tanıtılmıştır. Makale yazarları tarafından geliştirilen yazılım, kullanıcıya veri ekleme imkânı sağlaması, güneş radyasyonu modellemesine uygun optimizasyon seçenekleri ve istatistiksel değerlendirme arayüzüyle farklı programlarda yapılarak birleştirilen analizleri tek çatı altında gerçekleştirmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. ATATEK-Solar Programının Yazılımsal Arkaplanı

ATATEK-Solar yazılımı, optimizasyon motorunda literatürde yaygın olarak kullanılan Nelder-Mead Simplex (Nelder ve Mead, 1965), Pattern Search (Hooke ve Jeeves, 1961) ve Simulated Annealing (Kirkpatrick vd., 1983) algoritmalarını barındıran JavaScript tabanlı modüler bir yapı üzerine inşa edilmiştir. Bu algoritmalar şu avantajları sunmaktadır:

- **Nelder-Mead Simplex:** Türevsiz optimizasyon problemlerinde etkili performans göstermesi ve yerel minimumlara hızlı yakınsama özelliği.
- **Pattern Search:** Gürültülü verilerde kararlı sonuçlar üretmesi ve paralel hesaplama uygunluğu.
- **Simulated Annealing:** Global optimum noktayı bulma yeteneği ve yerel minimumlara takılmama özelliği.

Bu algoritmaların kombinasyonu, yazılımın farklı koşullar altında güvenilir sonuçlar üretmesini sağlamaktadır. Yazılımda tanımlanan her bir model için optimizasyon algoritmaları, eşzamanlı çalışan iş parçacıkları (worker thread) üzerinde çalıştırılmakta ve 10^{-8} hassasiyetle iteratif çözümler üretmektedir. Meteorolojik veriler MySQL veritabanında şehir ve aylık ölçüm değerleri olarak saklanmaktadır. AJAX teknolojisi kullanılarak sunucu tarafına aktarılan optimizasyon sonuçları, PHP dili ile gerçekleştirilen kapsamlı istatistiksel analizler yardımıyla değerlendirilmekte ve en düşük hata

oranına sahip algoritma-model kombinasyonu tespit edilmektedir. ATATEK-Solar yazılımı atmosfer dışına gelen ışınım miktarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikleri kullanmaktadır.

Atmosfer dışına bir günde gelen ışınım miktarı 1 ve 2 numaralı eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Duffie ve Beckman, 2006; Mengeç ve ark., 2006).

$$H_0 = \frac{24 \times 3600 \times G_{sc}}{\pi} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] \left[\cos \varphi \cos \delta \sin w_s + \frac{\pi}{180} w_s \sin \varphi \sin \delta \right] \quad (1)$$

1 numaralı eşitlikte kullanılan Deklinasyon açısı (δ) 2 numaralı eşitlikle, gün batımı saat açısı (w_s) 3 numaralı eşitlikle hesaplanmıştır (Ertekin ve Yıldız, 2000; Bakırcı, 2009; Duffie ve Beckman, 2006; Ertekin ve ark., 2008).

$$\delta = 23.45 \sin \left[360 \left(\frac{284+n}{365} \right) \right] \quad (2)$$

$$w_s = \arccos[-\tan(\varphi)\tan(\delta)] \quad (3)$$

Modellerde kullanılacak olan bulutluluk katsayısı S/S_0 değeri için S meteorolojik veriler ölçümlere göre belirlenirken, S_0 değeri 4 numaralı eşitlikle hesaplanmıştır (Duffie ve Beckman, 2006).

$$S_0 = \frac{2}{15} \text{Arc cos}(-\text{tg}\delta \text{ tg}\lambda) \quad (4)$$

ATATEK-Solar yazılımı güneş ışınımı modellemesinde 15 ayrı model kullanmaktadır. Bu modellerden 14 tanesi literatürde yer alan çalışmalardan derlenmiş, bir tanesi ise yazılımın oluşturulma aşamasında yapay zekâ aracı kullanılarak geliştirilmiştir. ATATEK-Solar yazılımı tarafından kullanılan tahmin modelleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Yazılımın kullandığı modeller

| Model No | Model | Kaynak |
|----------|--|----------------------------------|
| 1 | $\frac{H}{H_0} = c_1 + c_2 \left(\frac{S}{S_0} \right)$ | Angstrom (1924); Prescott (1940) |
| 2 | $\frac{H}{H_0} = c_1 + c_2 \left(\frac{S}{S_0} \right)^{c_3}$ | Elagib ve Mansell (2000) |
| 3 | $\frac{H}{H_0} = c_1 \left(\frac{1}{S} \right)$ | El-Metwally (2005) |
| 4 | $\frac{H}{H_0} = \left[\frac{c_1 \left(\frac{S}{S_0} \right)}{c_2 w_s} \right] + c_3 w_s$ | Külcü (2015) |
| 5 | $\frac{H}{H_0} = c_1 + c_2 \left(\frac{S}{S_0} \right) + c_3 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 + c_4 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3$ | Bahel ve ark. (1987) |
| 6 | $\frac{H}{H_0} = c_1 + c_2 \left(\frac{S}{S_0} \right) + c_3 \log \left(\frac{S}{S_0} \right)$ | Ampratwum ve Dorvlo (1999) |
| 7 | $\frac{H}{H_0} = c_1 + c_2 \exp \left(\frac{S}{S_0} \right)$ | Almorox ve Hontoria (2004) |
| 8 | $\frac{H}{H_0} = c_1 + \left[c_2 \left(\frac{S}{S_0} \right) + c_3 \right] \varphi + c_3 \left(\frac{S}{S_0} \right)$ | Dogniaux ve Lemoine (1983) |
| 9 | $\frac{H}{H_0} = c_1 + c_2 \log \left(\frac{S}{w_s} \right) + c_3 \left(\frac{S}{S_0} \right)$ | Külcü (2019) |

Tablo 1. Yazılımın kullandığı modeller (Devamı)

| Model No | Model | Kaynak |
|----------|---|--|
| 10 | $\frac{H}{H_0} = c_1(\Delta T)^{0.5} + c_2$ | Hargreaves ve ark. (1985) |
| 11 | $\frac{H}{H_0} = c_1 \ln(\Delta T) + c_2$ | Coppolino (1994) |
| 12 | $\frac{H}{H_0} = c_1[1 - \exp - c_2(\Delta T)^{c_3}]$ | Bristow ve Campbell (1984) |
| 13 | $\frac{H}{H_0} = c_1 \log \left[\left(c_2 \frac{S}{S_0} \right) + (c_3 \Delta T) \right] + c_4$ | Ersan ve Külcü (2024) |
| 14 | $\frac{H}{H_0} = c_1 \log[(c_2 w_s) + (c_3 \Delta T)] + c_4$ | Ersan ve Külcü (2024) |
| 15 | $\frac{H}{H_0} = c_1 \left(\frac{S}{S_0} w_s \right)^{c_2} + c_3 \log_{10}(1 + \Delta T) + c_4 \sin(\varphi) \cos \left(\frac{2\pi n}{365} \right) + c_5$ | Bu çalışma kapsamında oluşturulmuştur. |

2.2. ATATEK-Solar Programının Kullanıcı Arayüzü

ATATEK-Solar programı, PHP dili kullanılarak web tabanlı olarak geliştirilmiş olup şu an için yerel Apache sunucusunda (localhost) çalışmaktadır. Program ilerleyen süreçte internet üzerinden erişime açılacak şekilde planlanmıştır. Geliştirme aşamasında olan programın kullanıcı arayüzü Şekil 1'de gösterilmiştir.

Güneş Işınımı Modelleme Sistemi

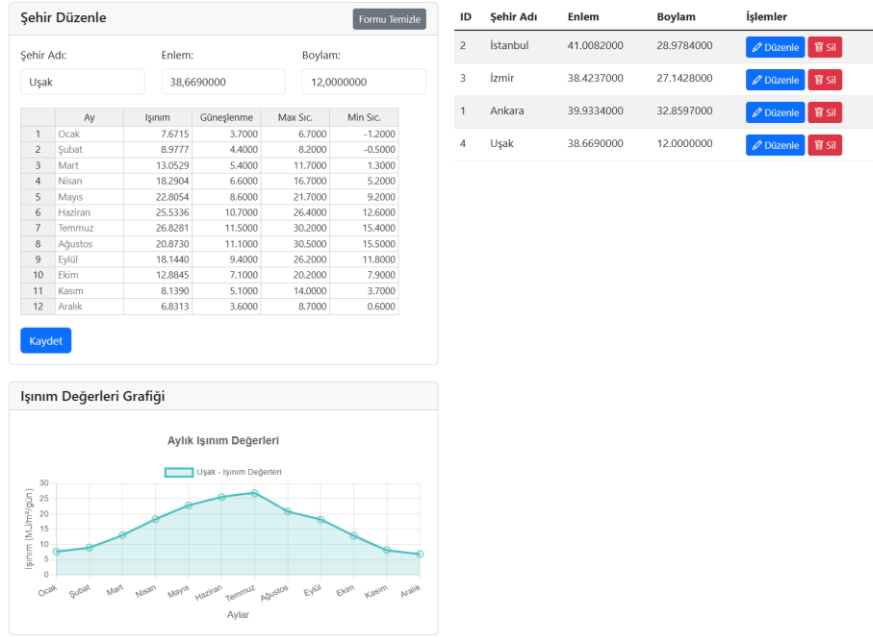


Şekil 1. ATATEK-Solar programının ana ekranı

Programın ana ekranında üç seçenek bulunmaktadır. Bunlar; şehir listesi, modeller ve optimizasyondur. Ayrıca ana ekranda aktif model sayısı, toplam şehir sayısı ve son güncelleme bilgilendirmeleri bulunmaktadır.

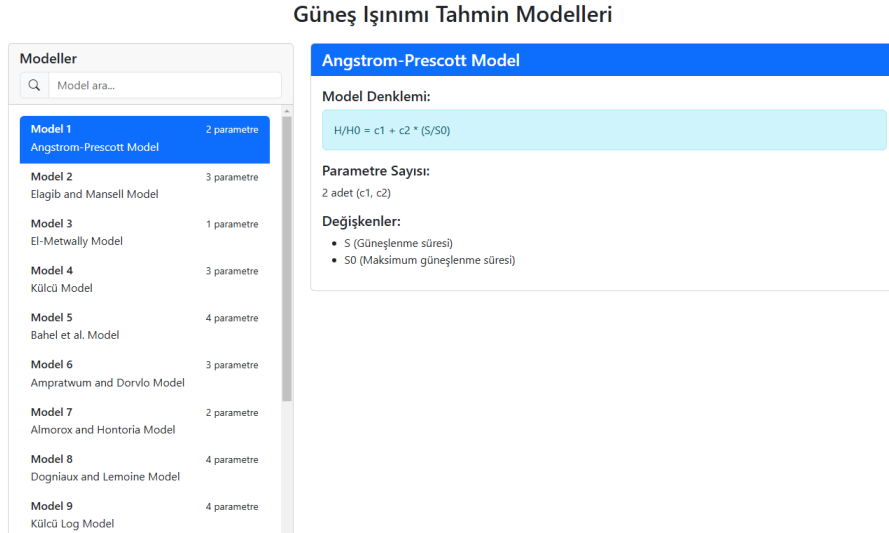
Şekil 2'de şehir listesi sekmesinden ulaşılan arayüz gösterilmiştir. Bu sayfadan yazılım kütüphanesindeki veriler çağrılabilirdiği gibi, kullanıcı tarafından veri eklemesi yapılarak kütüphanede olmayan verilerle de modelleme işlemi gerçekleştirilebilmektedir.

Şehir Listesi



Şekil 2. ATATEK-Solar programının şehir seçimi sayfası.

Şekil 3'de programın güneş ışınımı tahmininde kullandığı modeller gösterilmektedir. Program içerisinde toplam 15 model tanımlanmıştır. Sol menüden model seçildiğinde ekranın sağ tarafındaki pencerede modelin açılımı ve modelde kullanılan parametrelerin açıklamaları gösterilmektedir.



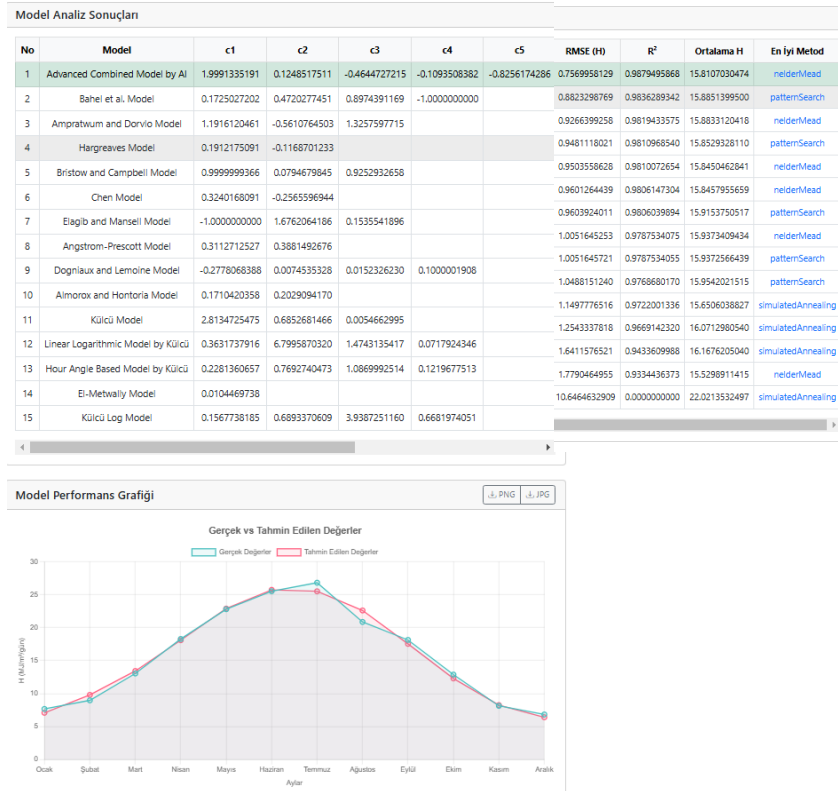
Şekil 3. Programın modeller sayfası

Şekil 4'te programın optimizasyon sayfasının arayüzü gösterilmiştir. Bu sayfa "Ön Hesaplama Sonuçları", "Analiz Sonuçları" ve "Model Grafikleri" olmak üzere üç ana sekmeden oluşmaktadır. Sol panelde şehir seçimi, optimizasyon metodu ve başlangıç noktası gibi analiz ayarları yer almaktadır. Birinci sekmede gösterilen ön hesaplama sonuçları tablosunda güneşlenme süresi, atmosfer dışı ışınım hesabı ve modellerde kullanılan temel parametreler (gün uzunluğu açısı, sıcaklık farkı, deklinasyon açısı, enlem) gösterilmektedir.

| Analiz Ayarları | | Ön Hesaplama Sonuçları | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------|------------------------|----------|-----------|----------------------------|-----------------------------|----------|---------|---------------|-----------|--|
| Şehir: | Uşak | Ay | S (saat) | S0 (saat) | H (MJ/m ² /gün) | H0 (MJ/m ² /gün) | ws (°) | ΔT (°C) | Deklasyon (°) | Enlem (°) | |
| Optimizasyon Metodu: | Tüm Metodlar | Ocak | 3.7000 | 9.6253 | 7.6715 | 16.0293 | 72.1900 | 7.9000 | -20.9170 | 38.6690 | |
| Başlangıç Noktası: | 1 | Şubat | 4.4000 | 10.5856 | 8.9777 | 21.2945 | 79.3921 | 8.7000 | -12.9546 | 38.6690 | |
| Analiz Et | | Mart | 5.4000 | 11.7418 | 13.0529 | 28.0404 | 88.0637 | 10.4000 | -2.4177 | 38.6690 | |
| ① Sistem hazır | | Nisan | 6.6000 | 13.0167 | 18.2904 | 34.9762 | 97.6254 | 11.5000 | 9.4149 | 38.6690 | |
| | | Mayıs | 8.6000 | 14.1069 | 22.8054 | 39.7926 | 105.8015 | 12.5000 | 18.7919 | 38.6690 | |
| | | Haziran | 10.7000 | 14.6593 | 25.5336 | 41.7241 | 109.9444 | 13.8000 | 23.0859 | 38.6690 | |
| | | Temmuz | 11.5000 | 14.4090 | 26.8281 | 40.6925 | 108.0676 | 14.8000 | 21.1837 | 38.6690 | |
| | | Ağustos | 11.1000 | 13.4717 | 20.8730 | 36.7773 | 101.0381 | 15.0000 | 13.4550 | 38.6690 | |
| | | Eylül | 9.4000 | 12.2367 | 18.1440 | 30.5006 | 91.7753 | 14.4000 | 2.2169 | 38.6690 | |
| | | Ekim | 7.1000 | 10.9629 | 12.8845 | 23.2393 | 82.2214 | 12.3000 | -9.5994 | 38.6690 | |
| | | Kasım | 5.1000 | 9.8783 | 8.1390 | 17.2437 | 74.0870 | 10.3000 | -18.9120 | 38.6690 | |
| | | Aralık | 3.6000 | 9.3456 | 6.8313 | 14.5811 | 70.0921 | 8.1000 | -23.0496 | 38.6690 | |

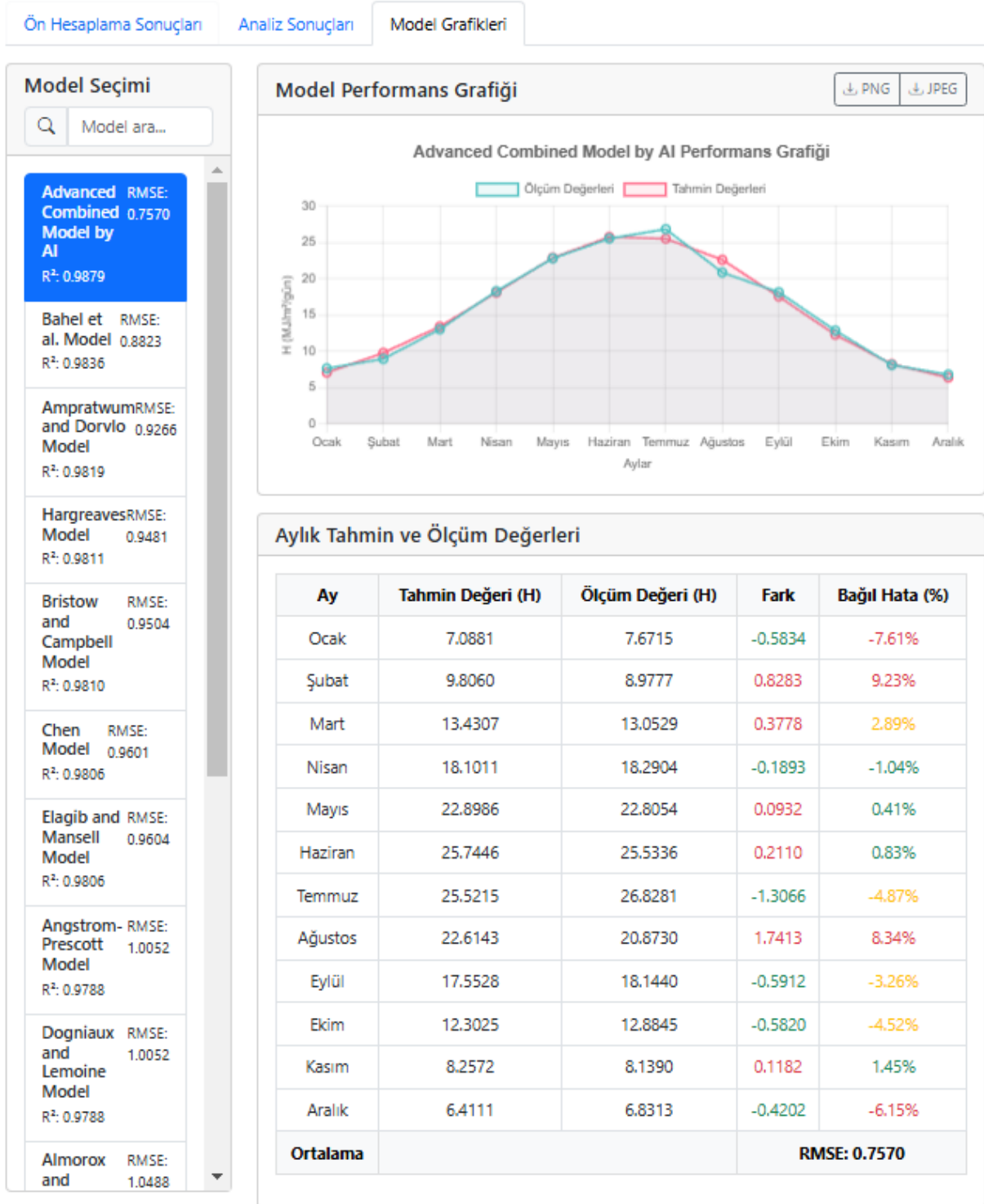
Şekil 4. Programın ön hesaplama sonuçları sekmesi

Şekil 5'de programın analiz sonuçları sekmesi gösterilmiştir. Bu sayfanın sol kısmında modellerin iterasyonu sonucunda hesaplanan model katsayıları ve istatistiksel değerlendirme parametreleri gösterilmiştir. İstatistiksel analiz parametreleri kısmının sonunda her model için en başarılı çözümü sunan analiz yöntemi de gösterilmektedir. Yapılan analizler sonucunda Uşak ili için en başarılı tahminler, program geliştirme çalışmaları kapsamında geliştirilen 15 numaralı model tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu modelin yaptığı tahminler için hesaplanan RMSE (Root Mean Square Error - Kök Ortalama Kare Hata) değeri 0.7569958129 ve R^2 (Belirlilik Katsayısı) değeri ise 0.987949586 olarak hesaplanmıştır. RMSE değerinin 1'in altında olması modelin tahmin hatalarının düşük olduğunu, R^2 değerinin 1'e çok yakın olması ise modelin gerçek değerleri yüksek doğrulukla açıklayabildiğini göstermektedir. Bu değerler, geliştirilen modelin güneş radyasyonu tahminlerinde güvenilir sonuçlar ürettiğini kanıtlamaktadır.



Şekil 5. Programın analiz sonuçları sekmesi

Şekil 6'da programın model grafikleri sekmesi gösterilmiştir. Bu sekmede sol kısımdan seçilen model için hesaplanan değerler, bağıl hata ve RMSE değerleri gösterilirken, üst kısımda seçilen modelin tahmin ettiği değerler ile ölçülen değerlerin olduğu grafik sunulmaktadır. Grafikte model küçük sapmalar oluşturmasına rağmen büyük oranda ölçülen verilerle uyumlu tahminler yaptığı görsel olarak sunulmaktadır.



Şekil 6. Programın model grafikleri sekmesi

3. SONUÇ

ATATEK-Solar programı global güneş ışıını modellemesinde kullanılmak amacıyla geliştirilmiş özel bir yazılımdır. Yazılım seçilen coğrafi koordinatların güneş ışıını miktarlarının tahmininde kullanılan modellerin iterasyon yoluyla analizini gerçekleştirmektedir. Bu kapsamda yayın içerisinde Uşak ili örneğinde yapılan testler ve elde edilen sonuçlar kullanıcı dostu bir tasarım olduğunu ve çözümlene başarısının yüksek olduğunu göstermiştir.

Yazılım, yaygın kullanılan genel amaçlı programlara (MATLAB, Excel Solver, SigmaPlot vb.) kıyasla şu avantajları sunmaktadır:

- Güneş radyasyonu hesaplamalarına özel tasarlanmış olması
- Çoklu optimizasyon algoritmalarının eşzamanlı kullanımı
- Kapsamlı veri tabanı ve kolay veri girişi imkanı
- Gerçek zamanlı analiz ve görselleştirme yetenekleri

Yazılımın gelecek versiyonunda web tabanlı bir platforma dönüştürülerek daha geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşması planlanmaktadır.

SİMGELER

G_{sc} : Güneş sabiti (1367 W/m^2)

H : Yeryüzüne ulaşan günlük global güneş radyasyonu ($\text{MJ/m}^2.\text{gün}$)

H_0 : Atmosfer dışı radyasyon ($\text{MJ/m}^2.\text{gün}$)

w_s : Gün batımı saat açısı

s : Gün uzunluğu (saat)

s_0 : Güneşlenme süresi (saat)

ΔT : Günlük maksimum ve minimum sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)

φ : Enlem açısı

n : Yılın günü (1-365)

c_1, c_2, c_3, c_4, c_5 : Model katsayıları

KAYNAKLAR

- Almorox, J., Hontoria, C. (2004). Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain. *Energy Conversion and Management*, 45: 1529–35.
- Ampratwum, D. B., & Dorvlo, A. S. S. (1999). Estimation of solar radiation from the number of sunshine hours. *Applied Energy*, 63, 161–167.
- Angstrom, A. (1924). Solar and terrestrial radiation. Report to the international commission for solar research on actinometric investigations of solar and atmospheric radiation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 50(210), 121–126.
- Bahel, V., Bakhsh, H., & Srinivasan, R. (1987). A correlation for estimation of global solar radiation. *Energy*, 12, 131–135.
- Bakırcı, K. (2009). Correlations for estimation of daily global solar radiation with hours of bright sunshine in Turkey. *Energy*, 34, 485–501.
- Bristow, K. L., & Campbell, G. (1984). On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*, 31(2), 159–166.
- Coppolino, S. (1994). A new correlation between clearness index and relative sunshine. *Renewable Energy*, 4(4), 417–423.

- Dogniaux, R., & Lemoine, M. (1983). Classification of radiation sites in terms of different indices of atmospheric transparency. *Solar Energy Research and Development in the European Community*, Series F, Vol. 2. Dordrecht, Holland: Reidel.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2006). *Solar engineering of thermal processes* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Elagib, N., & Mansell, M. (2000). New approaches for estimating global solar radiation across Sudan. *Energy Conversion and Management*, 41(5), 419–434.
- El-Metwally, M. (2005). Sunshine and global solar radiation estimation at different sites in Egypt. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 67(14), 1331–1342.
- Ersan, R., & Külcü, R. (2024). Development of new models using empirical modeling of global solar radiation and its application in Uşak city, Turkey. *Unpublished manuscript*.
- Ertekin, C., & Yıldız, O. (2000). Comparison of some existing models for estimating global solar radiation for Antalya (Turkey). *Energy Conversion and Management*, 41, 311–330.
- Ertekin, C., Külcü, R., & Evrendilek, F. (2008). Techno-economic analysis of solar water heating systems in Turkey. *Sensors*, 8, 1252–1277.
- Hargreaves, G., & Riley, J. (1985). Irrigation water requirements for Senegal River basin. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 111(3), 265–275.
- Hooke, R., & Jeeves, T. A. (1961). "Direct Search" solution of numerical and statistical problems. *Journal of the ACM*, 8(2), 212–229. <https://doi.org/10.1145/321062.321069>
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by simulated annealing. *Science*, 220(4598), 671–680. <https://doi.org/10.1126/science.220.4598.671>
- Külcü, R. (2015). Modelling of solar radiation reaching the earth to Isparta province. *Süleyman Demirel University, Journal of the Faculty of Agriculture*, 10(1), 19–26.
- Külcü, R. (2019). Development of a new model using empirical modeling of global solar radiation and its application in Çankırı city. *Süleyman Demirel University, Yekarum e-Dergi*, 4(2), 1–8.
- Mengeç, O., Ertekin, C., & Sonmete, M. H. (2006). Evaluation of global solar radiation models for Konya, Turkey. *Energy Conversion and Management*, 47, 3149–3173.
- Nelder, J. A., & Mead, R. (1965). A simplex method for function minimization. *The Computer Journal*, 7(4), 308–313. <https://doi.org/10.1093/comjnl/7.4.308>
- Prescott, J. (1940). Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. *Transactions of the Royal Society of South Australia*, 64(1), 114–118.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Solar energy calculations can be performed with high accuracy up to the outer atmosphere using various equations. However, calculating the amount of radiation reaching the earth's surface presents significant challenges due to the complex interplay of factors such as topographical features, cloud cover, and humidity affecting radiation within the atmosphere. The variability of these factors over time makes equation-based calculations particularly challenging.

While solar observation instruments can be used for direct measurement, their installation and operation are costly, limiting their use to specific locations such as meteorological stations, airports, and universities. Prediction models have emerged as a more practical solution for estimating global solar radiation over extensive geographical areas. However, these models require validation using data from meteorological stations, necessitating separate validations for each region.

The purpose of this research was to develop specialized software (ATATEK-Solar) that addresses the limitations of existing tools used for global solar radiation calculations. The research aimed to create a comprehensive solution that could handle model validation, constant calculation, and statistical analysis within a single platform, specifically designed for solar radiation prediction models.

Methodology

The ATATEK-Solar software was developed using a JavaScript-based modular architecture to create a comprehensive solution for solar radiation prediction. The software's core functionality is built around three powerful optimization algorithms: Nelder-Mead Simplex, Pattern Search, and Simulated Annealing, which work concurrently to achieve high-precision iterative solutions with 10^{-8} accuracy.

The development framework integrates a robust MySQL database system for managing meteorological data, organizing measurements by city and monthly values. This data management system is seamlessly connected to the optimization engine through AJAX technology, enabling efficient server-side processing and real-time data analysis. The software architecture allows for dynamic data handling while maintaining high performance and reliability.

The system incorporates 15 different solar radiation prediction models, including both established models from the literature and a newly developed model created specifically for this software. Each model utilizes comprehensive equations for calculating extraterrestrial radiation, with the calculations validated through extensive testing. The statistical analysis tools, developed using PHP, provide detailed evaluation metrics for model performance assessment.

The user interface was designed with a focus on accessibility and functionality, featuring a web-based platform that allows for intuitive navigation through the software's key features. Users can easily manage city data, select and configure models, and perform optimization and analysis tasks. The interface provides real-time visualization of results and allows for custom data input, making it a versatile tool for both research and practical applications.

Results and Conclusions

Testing of the ATATEK-Solar software using data from Uşak province demonstrated significant success in solar radiation prediction and analysis capabilities. The software's performance was particularly notable through the newly developed Model 15, which was created during the software

development process. This model achieved remarkable accuracy with an RMSE value of 0.7569958129 and an R^2 value of 0.9879495868, indicating exceptional precision in solar radiation predictions.

The software's comprehensive approach to solar radiation modeling proved highly effective, successfully integrating multiple optimization methods while providing detailed statistical analysis capabilities. The user interface demonstrated excellent functionality in data visualization and analysis, allowing researchers and practitioners to easily interpret and utilize results. The system's ability to accommodate custom data input and expand its existing library provides valuable flexibility for various research and practical applications.

Through extensive testing and validation, ATATEK-Solar has established itself as a specialized solution that offers significant advantages over general-purpose software tools commonly used in solar radiation modeling. The high accuracy of its predictions, combined with its comprehensive analysis capabilities, positions it as a valuable tool for both research institutions and practical applications in the solar energy sector. The software's success in handling complex calculations while maintaining user accessibility suggests its potential for wide adoption in solar energy planning and research applications.

Yazarların Biyografisi



Ahmet SÜSLÜ

Tarımsal teknolojiler ve otomasyon sistemleri alanında uzmanlaşmış 1985 Konya doğumlu araştırmacı ve girişimci, Süleyman Demirel Üniversitesi'nde başladığı akademik eğitimini 2024 yılında Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'nde doktora derecesiyle tamamlamıştır. Sera otomasyonu, biyogaz üretimi ve kompostlaştırma sistemleri alanlarında araştırma projelerinde görev almış, 2012 yılında kazandığı Teknogirişim Sermaye Desteği ile girişimcilik deneyimi edinmiştir. Öğretmenlik deneyimi olan ve ulusal ve uluslararası destekli projelerde görev alan uzman, sürdürülebilir tarım uygulamaları, yazılım geliştirme ve yenilenebilir enerji kaynakları alanlarında çalışmalarını sürdürmektedir.

İletişim

mail@ahmetsuslu.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-4016-589X>



Recep KÜLCÜ

Tarım Makinaları alanında Lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerine sahiptir. Tarım alanındaki çalışmalarını; çevre dostu teknolojiler, kompost ve biyogaz sistemleri ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine gerçekleştirmektedir. Recep KÜLCÜ Felsefe alanında da lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerine sahiptir. Felsefe alanında; bilim tarihi, etik, tarım ve çevre etiği konularında akademik çalışmalar yapmaktadır. Halen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

İletişim

recepkulcu@isparta.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-7185-6514>



Süt Sığırcılığında Gübre Yönetimi ve Enterik Fermantasyondan Kaynaklı Karbon Ayak izi: Burdur, Türkiye Örneği

Kazım Kumaş^{1,*} , Ali Özhan Akyüz² 

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Bucak Emin Gülmez Technical Sciences Vocational School, Department of Electrical and Energy, Burdur, Türkiye.

² Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Bucak Emin Gülmez Technical Sciences Vocational School, Department of Electronics and Automation, Burdur, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): K. Kumaş, e-mail (e-posta): kkumas@mehmetakif.edu.tr

ÖZET

Tarım ve hayvancılık, iklim değişikliğinden etkilenen en büyük sektör ağlarından biridir. Küresel ısınma, sera gazlarının (GHG) atmosferde birikmesiyle oluşan ısının Dünya'nın sıcaklığını artırması nedeniyle meydana gelmektedir. Öte yandan karbon ayak izi, canlıların faaliyetlerinden salınan karbondioksit gibi sera gazlarının neden olduğu çevresel zararı ifade eder. Sığırlar, sindirim süreçleri ve gübre yönetimi yoluyla metan (CH₄), azot dioksit (N₂O) ve karbon dioksit (CO₂) gibi sera gazları yayarak küresel ısınmaya katkıda bulunur. Türkiye süt sığırcılığında çok önemli bir konuma sahiptir. Burdur, kültür sığırı popülasyonu ve günlük bin tonun üzerinde çiğ süt üretimi ile önemli bir tarım ve hayvancılık kentidir. Bu çalışmada, Burdur'da gerçekleştirilen süt sığırcılığının karbon ayak izi TÜİK'ten elde edilen verilere dayanarak hesaplanmıştır. Hesaplama Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC, 2006) rehberinde yer alan Tier 1 yaklaşımı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karbon Ayakizi, Gübre Yönetimi, Enterik Fermantasyon

Carbon Footprint of Manure Management and Enteric Fermentation in Dairy Cattle Farming: The Case of Burdur, Türkiye

ABSTRACT

Agriculture and animal husbandry are one of the largest sector networks affected by climate change. Global warming occurs as a result of the heat generated by the accumulation of greenhouse gases (GHG) in the atmosphere, increasing the temperature of the Earth. On the other hand, carbon footprint refers to the damage caused to the environment by GHGs, such as carbon dioxide released from living beings' activities. Cattle contribute to global warming by emitting GHG such as methane (CH₄), nitrogen dioxide (N₂O) and carbon dioxide (CO₂) through their digestive processes and manure management. Türkiye has a very important position in dairy cattle farming. Burdur is an important agricultural and animal husbandry city with a cultured cattle population and daily raw milk production of over a thousand tons. In this study, the carbon footprint of dairy cattle farming carried out in Burdur was calculated based on data obtained from TÜİK. The Tier 1 approach included in the guide of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) was used in the calculation.

Keywords: *Carbon Footprint, Manure Management, Enteric Fermentation*

Makale Bilgisi / Article Info

Alınış tarihi
Received date : 22.10.2024

Düzeltilme tarihi
Revised date : 19.11.2024

Kabul tarihi
Accepted date : 03.12.2024

Atıf için
How to Cite Kumaş, K. ve Akyüz, A. Ö. (2024). "Süt Sığırcılığında Gübre Yönetimi ve Enterik Fermantasyondan Kaynaklı Karbon Ayak izi: Burdur, Türkiye Örneği", *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 10(1), 2024: 74-86.

1. INTRODUCTION

Across the world, factors such as pandemics, droughts, and unemployment are forcing people to migrate, while the rapidly growing population poses a major threat to food security. With the industrial revolution, the rapid spread of factories, demands for more products, and waste problems caused by mass production have led to the depletion of natural resources (Viana et al., 2022).

The rapid increase in population growth and food demand has made it inevitable to make mandatory policies and investments to solve food problems at the international level. Human interventions in nature have consequently led to one of our time's most serious environmental problems, known as the "global climate crisis" (Koyuncu and Akgün, 2018; Ahmet, 2019).

The rapid depletion of natural resources has created serious international food production and distribution challenges. This has necessitated international cooperation and the development of new strategies to ensure food security and transition to sustainable agriculture. Climate change has profoundly affected agriculture, livestock production, and food supply, causing major global environmental and economic crises. It is known that there is a reciprocal relationship between climate change and the livestock sector (Yaylı ve Kılıç, 2020; Erzurum, 2024).

The agricultural sector in Türkiye is important in various aspects, such as providing food production, having a share in exports, providing capital to the food industry, and creating employment. According to TUIK data, there are 17850543 cattle animals in 2021. The number of dairy cattle enterprises is 1062547. In 2021, milk production from cattle species was 21370116 tons. The provinces with the highest number of milk-giving cows are Konya, Erzurum, and İzmir, and the provinces with the highest milk production are Konya, İzmir, and Erzurum, respectively. The provinces with the highest cow milk yield per animal are Denizli, Tekirdağ, and Burdur (Ulusal Süt Konseyi, 2021).

GHG emissions from milk production mainly consist of CH₄ emissions from the digestion of feed and N₂O emissions from the fertilizer used to grow the feed. It is reported that about 65% of GHG emissions from livestock activities are from cattle. In most developing countries such as Türkiye, 39% of GHG emissions from the livestock sector come from enteric fermentation and 26% from manure management (IPCC, 2006; Herrero et al. 2013). While the livestock sector significantly contributes to climate change with the greenhouse gases it produces, it also directly feels the consequences of climate change. Temperature increases in the atmosphere, sudden weather events, and climate instability can seriously impact livestock activities. The release of greenhouse gases such as CH₄, N₂O, CO₂, and fluorinated gases during farm operations, processing industry, and marketing processes indirectly triggers climate change. However, climate change challenges the sector through greenhouse gases and affects agricultural and animal production. While temperature changes in the atmosphere and sudden weather events directly impact the health, growth, and productivity of animals, they also affect the sector through indirect effects such as reduced water resources, reduced feed quality, and reduced soil fertility. In this case, the livestock sector has become a sector that contributes to climate change and is negatively affected by these changes (Kumaş and Akyüz, 2021).

Climate change adaptation and mitigation efforts in the agricultural sector in Türkiye started in the early 2000s under the leadership of governmental institutions and continue rapidly and effectively today (Arslan et al., 2024). However, it can be said that studies for the livestock sector have not reached a sufficient level (Dellal et al. 2024; Pence et al. 2024).

Carbon footprint is used to monitor the outputs of production and consumption processes. In the context of global warming, the concept of carbon footprint is used to express the environmental impact of activities carried out to meet the needs of living things (Kumaş ve Akyüz, 2021).

Burdur is an important province of our country in dairy cattle breeding, with 98% of its cattle being cultivated breeds and producing over a thousand tons of raw milk daily (Ulusal Süt Konseyi, 2021).

In this study, the carbon footprint of dairy farming in Burdur was calculated based on the data obtained from TUIK. The Tier 1 approach in the guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) was used in the calculation.

2. LITERATURE REVIEW

The studies on the topic in the last five years were presented chronologically.

Frank et al. modeled energy and GHG flows in dairy farming and aimed to develop GHG mitigation strategies. They calculated an average emission of 995 g CO₂ equivalent (CO_{2e}) per liter for organic farms in Germany and 1.048 g CO_{2e} per liter for conventional farms. Organic farms have increased carbon storage in the soil, while conventional farms have higher GHG emissions due to high energy consumption and land use change (Frank et al. 2019).

Wattiaux et al. studied the biophysical drivers of the major GHG emission sources on farms: enteric CH₄, and N₂O from manure, N₂O from cropland, and CO₂ emissions. The impact of selected management practices on emission reductions was investigated. In addition, findings from life cycle assessments of dairy production systems in the US Midwest are summarized (Wattiaux et al. 2019).

Ibidhi and Calsamiglia estimated the GHG emissions and carbon footprint of twelve dairy farms in Spain. CH₄ emissions were the largest contributor to total GHG emissions, with an average carbon footprint of 0.84 kg CO_{2e} per 1 kg of milk. Management changes were more effective in reducing the carbon footprint than dietary changes by up to 27.5% (Ibidhi and Calsamiglia, 2020).

Thakuri et al. first estimated enteric CH₄ emission factors for local and improved cattle breeds in Nepal using IPCC Tier 2 methodology. Local cattle's annual CH₄ emission factor was calculated as 33 kg and 46 kg for improved cattle. Using country-specific emission factors can improve the accuracy of national GHG inventories, reduce uncertainties, and contribute to combating climate change (Thakuri et al. 2020).

Tongwane and Moeletsi investigated the causes of CH₄ and N₂O emissions from cattle in nine national regions of South Africa. In 2019, cattle in South Africa produced 35.37 million tons of CO_{2e} emissions, 64.54% of which were from CH₄. The Eastern Cape has the highest emissions, with commercial beef and traditional livestock farming responsible for the majority of total emissions (Tongwane and Moeletsi, 2021).

According to Sahu and Agarwal, the dairy sector is a major source of anthropogenic greenhouse gas emissions measured by carbon footprint. In studies using various international standards and methodologies, enteric CH₄ stood out as the main source of emissions, followed by manure management and fertilizer production. To reduce emissions, balanced feed rations, the reduction of nitrogen-based fertilizers, and the use of alternative energy sources such as biogas are recommended (Sahu and Agarwal, 2021).

Gross et al. argued that converting milk production to organic farming can reduce the carbon footprint by eliminating synthetic manures and production based on on-farm nutrient cycling. A study

in Germany found that in the first year of the transition to organic milk production, the carbon footprint per energy-adjusted milk decreased by 9% (Gross et al. 2022).

The study in the Mekelle dairy district in Ethiopia investigated the carbon footprint of urban and semi-urban dairy farms in milk production. The average carbon footprint of urban farms was calculated as 3.2 kg CO_{2e}/kg and 2.2 kg CO_{2e}/kg for semi-urban farms. It was emphasized that climate-friendly milk production methods should be adopted to reduce greenhouse gas emissions in milk production (Balcha et al. 2022).

Kumar et al. aimed to estimate the carbon footprint for cattle milk produced in Hisar district, Haryana, India. A carbon footprint of 2.13 kg CO_{2e} per cow's milk was calculated using life cycle assessment based on the latest methodologies of IPCC. Enteric fermentation was identified as the largest source of GHG emissions at 35.5%, followed by manure and land management (Kumar et al. 2023).

Salsabil et al. aimed to determine CH₄ and N₂O gas emissions from ruminant livestock in Jember. According to IPCC 2006 methodology, CH₄ emissions from enteric fermentation were determined as 103.321 tons CO_{2e} per year, while CH₄ emissions from manure management were determined as 4.510 tons CO_{2e} per year. Indirect N₂O emissions from manure management were higher than direct N₂O emissions with 0.0763 tons CO_{2e} (Salsabil et al. 2023).

Wang et al. conducted a study to assess carbon emissions in a large-scale dairy farm in northeast China and examined various mitigation scenarios for a zero-carbon target. According to the results, enteric fermentation contributes 38.2%, and manure management contributes 29.4% of carbon emissions in dairy farms. The integrated insemination system reduced the carbon footprint by 10.6% compared to the non-integrated system, and emission reductions of up to 61% were achieved in various scenarios (Wang et al. 2024).

Dağlıoğlu et al. analyzed Izmir's GHG emissions from livestock production according to IPCC 2019 guidelines. The total carbon footprint was calculated as 2826.5 thousand tons CO_{2e}, of which 53% comes from enteric fermentation, 39% from CH₄ from manure management and 8% from N₂O. It was emphasized that the carbon footprint could be reduced by 30% with sustainable manure management methods such as biogas production from manure (Dağlıoğlu et al. 2024).

3. MATERIALS AND METHOD

Burdur is located in the Western Mediterranean region. With its ecological structure, animal production is carried out economically all year round. Two-thirds of its population is active in agriculture and animal husbandry. With 40% of its economy based on milk production, Burdur has an important share in this field with 99% of its cattle, 99% of which are cultivated cattle, and daily raw milk production of over a thousand tons (www.burdur.tarimorman.gov.tr). Burdur, which is known as the capital of the Teke Region, has started a major transformation in the livestock sector, which started with small family farming, has reached 4860 cattle enterprises and approximately 192 thousand cattle by 2023, and has started a major transformation with its modern and technological farms (www.data.tuik.gov.tr).

Tier methods (Tier 1, Tier 2, Tier 3) determined by IPCC are used for carbon footprint calculations. In this study, the Tier 1 approach is preferred. The Tier 1 approach is a simpler and more predictive model. The emission factors in the IPCC guidelines are organized according to animal species and climate zones (temperature conditions). Equation 1-2 was used to calculate the carbon footprint (IPCC, 2006).

The number of animals in the TUIK Dairy cattle category in Burdur province between 2019-2023 is given in Table 1 (www.data.tuik.gov.tr).

Table 1. Number of animals

| | <i>Altınyayla</i> | <i>Ağlasun</i> | <i>Bucak</i> | <i>Göhlisar</i> | <i>Karamanlı</i> | <i>Kemer</i> | <i>Merkez</i> | <i>Tefenni</i> | <i>Yeşilova</i> | <i>Çavdır</i> | <i>Çeltikçi</i> |
|-------------|-------------------|----------------|--------------|-----------------|------------------|--------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| 2019 | 1674 | 4545 | 20240 | 11607 | 9556 | 5626 | 52387 | 6445 | 13945 | 9020 | 4840 |
| 2020 | 1512 | 3460 | 22369 | 10124 | 8850 | 5551 | 52408 | 7197 | 13536 | 9905 | 4661 |
| 2021 | 1437 | 3324 | 22467 | 9878 | 7301 | 5978 | 46659 | 6466 | 13897 | 8343 | 4843 |
| 2022 | 1244 | 2779 | 20389 | 10226 | 7299 | 5939 | 43735 | 6511 | 16117 | 7602 | 4595 |
| 2023 | 1265 | 2774 | 21710 | 10441 | 8415 | 5632 | 45794 | 6759 | 14349 | 7788 | 4869 |

$$CH_{4_{ent}} = Ef_t \times N_t \times 10^{-6} \quad (1)$$

$$CH_{4_{man}} = \sum_t Ef_t \times N_t \times 10^{-6} \quad (2)$$

$CH_{4_{man}}$: methane emissions from manure (Gg CH₄ year⁻¹)

$CH_{4_{ent}}$: methane emission from enteric fermentation (10³ tons CH₄ year⁻¹)

Ef_t : Emission factor (kg CH₄ head⁻¹ year⁻¹)

N_t : total number of animals

t : refers to the animal species.

The value of Ef_t from manure is based on Table 10.14 of the IPCC 2006 guidelines. Türkiye is considered as a developing country (IPCC, 2006). The average air temperature of Burdur for many years (1932-2023) was assumed to be 13.3°C (www.mgm.gov.tr). The emission factor 2 kg CH₄ head⁻¹ corresponding to 13.3°C for dairy cattle in Table 10.14 of the IPCC 2006 guidelines was used to calculate methane emissions from manure. Table 10.11 of the IPCC 2006 guidelines was used for Ef_t from enteric fermentation. Since Türkiye is located in Eastern Europe, 99 was accepted for dairy cattle (IPCC, 2006). In converting CH₄ emission to CO_{2e}, the multiplication coefficient was taken as 25 (Erzurum, 2024).

4. RESEARCH AND RESULTS

This study determined the methane emissions from dairy cattle and its CO_{2e} for Burdur districts covering 2019-2023. The amount of CH₄ emissions from manure and enteric fermentation are given in Table 2 and Table 3, respectively. In 2019-2023, the highest CH₄ emission from manure was in the central district and the lowest in the Altınyayla district. It was observed that CH₄ emissions decreased in Altınyayla, Ağlasun, Göhlisar, Karamanlı, Merkez, and Çavdır districts and increased in other districts. In the five years used in the study, the highest amount of CH₄ emission in 2020 occurred in the central district with 0.104816 Gg in 2020, while the lowest amount of CH₄ emission in 2022 occurred in Altınyayla district with 0.022488 Gg. When the total amount of emissions by years is analyzed, it is 0.27977 Gg in 2019 and 0.259592 Gg in 2023. The percentage distribution of the total amount of CH₄ emissions from manure between 2019 and 2023 by districts is given in Figure 1. The total amount of emissions between 2019-2023 is given in Figure 2.

Table 2. CH₄ emissions from manure (GgCH₄/year)

| Year | Altınyayla | Ağlasun | Bucak | Göhlisar | Karamanlı | Kemer | Center | Tefenni | Yeşilova | Çavdır | Çeltikçi |
|------|------------|---------|---------|----------|-----------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|
| 2019 | 0.00334 | 0.00909 | 0.04048 | 0.02321 | 0.01911 | 0.01125 | 0.10477 | 0.01289 | 0.02789 | 0.01804 | 0.00968 |
| 2020 | 0.00302 | 0.00692 | 0.04473 | 0.02024 | 0.01770 | 0.01110 | 0.10481 | 0.01439 | 0.02707 | 0.01981 | 0.00932 |
| 2021 | 0.00287 | 0.00664 | 0.04493 | 0.01975 | 0.01460 | 0.01195 | 0.09331 | 0.01293 | 0.02779 | 0.01668 | 0.00968 |
| 2022 | 0.00248 | 0.00555 | 0.04077 | 0.02045 | 0.01459 | 0.01187 | 0.08747 | 0.01302 | 0.03223 | 0.01520 | 0.00919 |
| 2023 | 0.00253 | 0.00554 | 0.04342 | 0.02088 | 0.01683 | 0.01126 | 0.09158 | 0.01351 | 0.02869 | 0.01557 | 0.00973 |

Table 3. CH₄ emissions from enteric fermentation (tons CH₄ year⁻¹)

| Year | Altınyayla | Ağlasun | Bucak | Göhlisar | Karamanlı | Kemer | Center | Tefenni | Yeşilova | Çavdır | Çeltikçi |
|------|------------|---------|----------|----------|-----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| 2019 | 165.726 | 449.955 | 2003.76 | 1149.093 | 946.044 | 556.974 | 5186.313 | 638.055 | 1380.555 | 892.98 | 479.160 |
| 2020 | 149.688 | 342.54 | 2214.531 | 1002.276 | 876.15 | 549.549 | 5188.392 | 712.503 | 1340.064 | 980.595 | 461.439 |
| 2021 | 142.263 | 329.076 | 2224.233 | 977.922 | 722.799 | 591.822 | 4619.241 | 640.134 | 1375.803 | 825.957 | 479.457 |
| 2022 | 123.156 | 275.121 | 2018.511 | 1012.374 | 722.601 | 587.961 | 4329.765 | 644.589 | 1595.583 | 752.598 | 454.905 |
| 2023 | 125.235 | 274.626 | 2149.29 | 1033.659 | 833.085 | 557.568 | 4533.606 | 669.141 | 1420.551 | 771.012 | 482.031 |

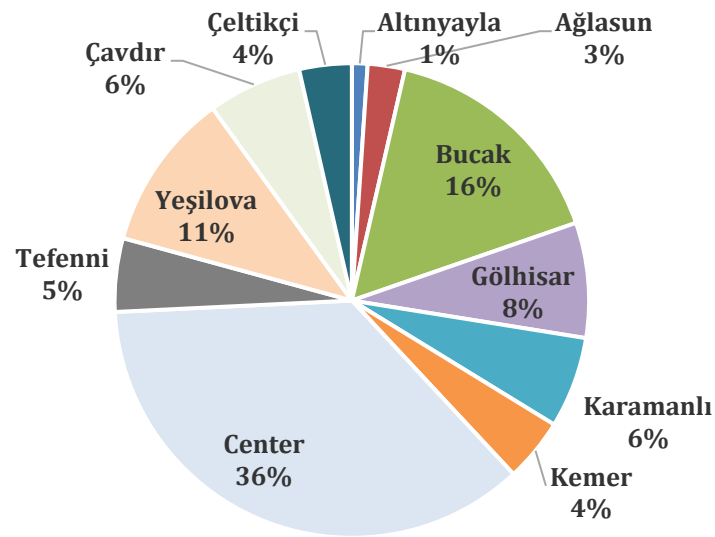


Figure 1. Distribution of total CH₄ emissions from manure by districts for 2019-2023

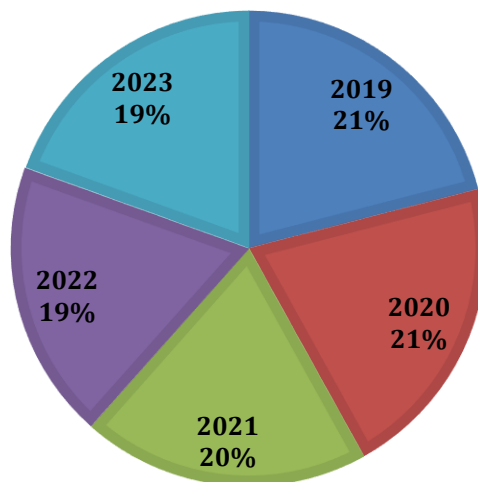


Figure 2. Change in total CH₄ emissions from manure by years 2019-2023

Between 2019 and 2023, the highest CH₄ emissions from enteric fermentation occurred in the central district, while the lowest amount was recorded in Altınyayla district. When the emission amounts of the districts by years are analyzed, Altınyayla, Ağlasun, Karamanlı in 2019; Merkez, Tefenni, Çavdır in 2020; Bucak, Kemer in 2021; Yeşilova in 2022 and Çavdır in 2023 reached the highest emission amount. When the change in the amount of CH₄ emission from enteric fermentation between 2019 and 2023 is examined; it is seen that it decreased in Altınyayla, Ağlasun, Gölhisar, Karamanlı, Merkez and Çavdır districts and increased in other districts. In the relevant years, the highest CH₄ emission occurred in the central district, with 5188.39 tons in 2020, and the lowest in Altınyayla district, with 123.16 tons in 2022. When the total amount of emissions by years is considered, it is 13848.62 tons in 2019 and 12849.80 tons in 2023. The percentage distribution of the total amount of CH₄ emissions from manure between 2019 and 2023 by districts can be seen in Figure 3. The total amount of emissions between 2019-2023 is given in Figure 4. The global warming potential caused by CH₄ emissions from enteric fermentation and manure was 353209 tons of CO_{2e} in 2019, while this value decreased to 327735 tons of CO_{2e} in 2023. When the change in global warming potential by the district in 2019-2023 is analyzed, the highest decrease was in the Ağlasun district, with 38%, and the lowest was in the Kemer district, with 1%.

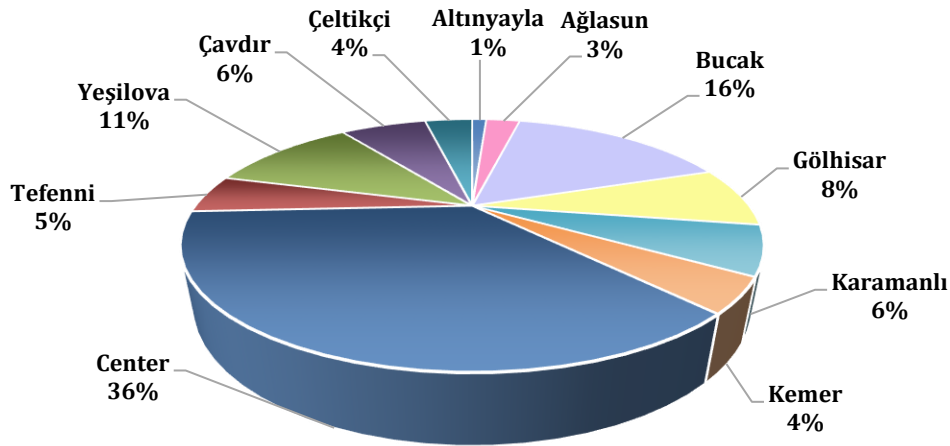


Figure 3. 2019-2023 Distribution of total CH₄ emissions from enteric fermentation by districts

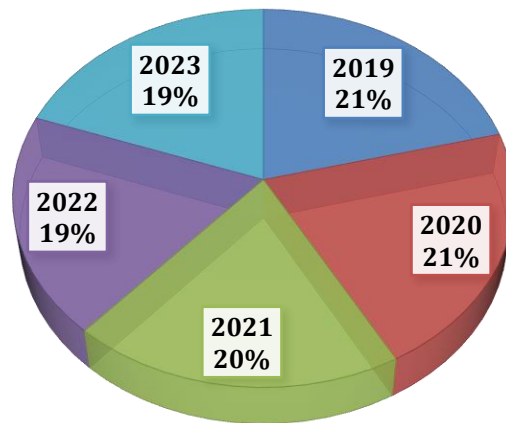


Figure 4. Yearly change in total CH₄ emissions from enteric fermentation

5. CONCLUSION

The negative impacts of global warming on agriculture and livestock further deepen food security concerns. Since animal production plays an important role in greenhouse gas emissions, sustainable policies should be developed to reduce harmful greenhouse gases such as CH₄, N₂O, CO₂ etc. The content of feed rations of dairy cattle is an important factor in enteric CH₄ formation. In addition, emissions into the air from manure management of dairy cattle farms significantly impact global warming. In order to reduce CH₄ emissions from manure, low-emission manure management systems need to be implemented, and scientists need to focus more on this issue. To reduce N₂O and CH₄ emissions from manure, low-emission manure management systems need to be implemented, and more work needs to be done by scientists in this field.

Furthermore, this study allows the comparison of GHG emissions from the dairy cattle sector with other sectors and agricultural systems in different countries. In this way, important information can be provided to analyze emission differences in the agricultural sector and develop more sustainable global practices. A better understanding of emissions from dairy cattle production can guide the development of new strategies to minimize environmental impacts.

KAYNAKLAR

- Ahmet, B. 2019. Bursa bölgesinde faaliyet gösteren bazı hayvancılık işletmelerinin karbon ayak izinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, 47s. <http://acikerisim.uludag.edu.tr/jspui/bitstream/11452/11062/1/617244.pdf>
- Akalın, M. 2014. The Climate Change Impacts on Agriculture: Adaptation and Mitigation Strategies for these Impacts. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(2), 351-378. <https://doi.org/10.17218/husbed.87012>
- Arslan, E., Karaman, Ö., Tok, M., Kuzucu, U., and İnal, Ş. 2024. The Effect of Global Warming on Herd Health and Productivity in Farm Animals. Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences, 14(1), 82-91. <https://doi.org/10.53518/mjavl.1388101>
- Balcha, E., Menghistu, H. T., Zenebe, A., and Hadush, B. 2022. Carbon footprint of cows' milk: a case study of peri-urban and urban dairy farms within Mekelle milk-shed, Ethiopia. Carbon Management, 13(1), 55-68. <https://doi.org/10.1080/17583004.2022.2039301>
- Burdur Provincial Directorate of Agriculture and Forestry 2024 <https://burdur.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/EN/Detay.aspx?SayfaId=16> (accessed 23.08.2024).
- Dağlıoğlu, S. T., Taşkın, R., Özteke, N. İ., Kandemir, Ç., and Taşkın, T. 2024. Reducing Strategies for Carbon Footprint of Livestock in Izmir/Turkiye. Water Air & Soil Pollution, 235,243. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07038-z>
- Dellal, G., Övgü Şen, A., Şenocak, A., and Pehlivan, E. 2024. Central Anatolia Region Livestock Sector from the Perspective of Climate Change in Turkiye. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology,12(5): 803-813.
- Erzurum, O. 2024. Estimating the carbon footprint of dairy cattle in the district of Karapınar, in the province of Konya. Mediterranean Veterinary Journal, 9(2), 306-310. <https://doi.org/10.24880/medivetj.1541547>

- Frank, H., Schmid, H., and Hülsbergen, K.J. 2019. Modelling greenhouse gas emissions from organic and conventional dairy farms. *J. Sustain. Org. Agric. Syst.* 69, 37-46
<https://doi.org/10.3220/lbf1584375588000>
- Gross, A., Bromm, T., Polifka, S., and Schierhorn, F. 2022. The carbon footprint of milk during the conversion from conventional to organic production on a dairy farm in central Germany. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(3), 37. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00775-7>
- Güven, G., and İlker, A. 2016. Food footprint in daily life: opinions about the consumption of convenience food. *Journal of Theory & Practice in Education* 12 (2), 403-426.
- Herrero, M., Havlík, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M. C., Thornton, P. K., Blümmel, M., Weiss, F., Grace, D., and Obersteiner, M. 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(52), 20888–20893. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308149110>
- Ibidhi, R., and Calsamiglia, S. 2020. Carbon Footprint Assessment of Spanish Dairy Cattle Farms: Effectiveness of Dietary and Farm Management Practices as a Mitigation Strategy. *Animals*, 10(11), 2083. <https://doi.org/10.3390/ani10112083>
- IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Emissions From Livestock and Manure Management. https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf. Accessed 19 Sep 2024.
- Koyuncu, M., & Akgün, H. 2018. Interaction between Livestock and Global Climate Change. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 32(1), 151-164.
- Kumar, R., Singh, G., and Rani, E. 2023. Impact of smallholder cattle farms on the environment: a study. *Tropical Animal Health and Production*, 55(4), 236. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03652-x>
- Kumaş, K., and Akyüz, A. Ö. 2021. Methane, Diesel Fuel, Electrical Energy, CO₂ Emissions and Economical Equivalent from Animal Manure of Tokat, Turkey. *International Scientific and Vocational Studies Journal*, 5(2), 144-153.
- Kumaş, K., and Akyüz, A. Ö. 2021. Theoretical Nitrous Oxide, Methane, Carbon Dioxide Emissions Calculations to the Atmosphere in Niğde, Turkey. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 209-220.
- Pence, I., Kumas, K., Cesmeli, M. S., and Akyüz, A. 2024. Animal-based CO₂, CH₄, and N₂O emissions analysis: Machine learning predictions by agricultural regions and climate dynamics in varied scenarios. *Computers and Electronics in Agriculture*, 226, 109423. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109423>
- Sahu, R., and Agarwal, T. 2021. Carbon Footprint of Raw Milk and Other Dairy Products. In *Environmental footprints and eco-design of products and processes* 177–189. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3791-9_10
- Salsabil, N., Dhokhikah, Y., and Rohman, A. 2023. The carbon footprint from ruminant livestock in the breeding-green farm in Jember. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1263,1, 012024

- Thakuri, S., Baskota, P., Khatri, S. B., Dhakal, A., Chaudhary, P., Rijal, K., and Byanju, R. M. 2020. Methane emission factors and carbon fluxes from enteric fermentation in cattle of Nepal Himalaya. *The Science of the Total Environment*, 746, 141184. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141184>
- Tongwane, M. I., and Moeletsi, M. E. 2021. Provincial cattle carbon emissions from enteric fermentation and manure management in South Africa. *Environmental Research*, 195, 110833. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110833>
- TSMS, 2023. Turkish State Meteorological Service <https://www.mgm.gov.tr/tahmin/turkiye.aspx> (accessed 05.09.2024).
- TÜİK (Turkish Statistical Institute). 2024 <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (accessed 10.09.2024).
- Ulusal Süt Konseyi, 2021 Süt Raporu. 2021 Dünya ve Türkiye’de Süt Sektör İstatistikleri. <https://ulusalsutkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/2021-Sut-Raporu.pdf> Accessed 10 Sep 2024.
- Viana, C. M., Freire, D., Abrantes, P., Rocha, J., and Pereira, P. 2021. Agricultural land systems importance for supporting food security and sustainable development goals: A systematic review. *The Science of the Total Environment*, 806, 150718. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150718>
- Wang, Y., Liu, S., Xie, Q., and Ma, Z. (2024). Carbon Footprint of a Typical Crop–Livestock Dairy Farm in Northeast China. *Agriculture*, 14(10), 1696. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101696>
- Wattiaux, M., Uddin, M., Letelier, P., Jackson, R., and Larson, R. 2019. Invited Review: Emission and mitigation of greenhouse gases from dairy farms: The cow, the manure, and the field. *Applied Animal Science*, 35(2), 238–254. <https://doi.org/10.15232/aas.2018-01803>
- Yaylı, B., and Kılıç, İ. 2020. Estimation of Global Warming Potential by Tier-1 Method of Dairy Cattle Farms. *International Journal of Biosystems Engineering*, 1(2), 79-86.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Around the world, pandemics, droughts, and unemployment are causing people to migrate, while rapidly growing populations pose a major threat to food security. The depletion of natural resources has made food production and distribution more difficult, necessitating the development of international strategies for sustainable agriculture. Climate change deeply affects agriculture, livestock, and food supply, creating global crises. In 2021, 17.850.543 cattle and 21.370.116 tons of milk production were recorded in Türkiye. The highest milk production was realized in Konya, Izmir and Erzurum provinces. GHG emissions from milk production come from CH₄ from animal digestion of food and N₂O from manure. In developing countries, 39% of emissions from livestock activities come from enteric fermentation and 26% from manure management. In Türkiye, climate change adaptation efforts in the agriculture sector started in the 2000s, but these efforts are insufficient for the livestock sector. Burdur is an important dairy cattle breeding center, with 98% cultivated cattle and more than a thousand tons of milk produced daily. In this study, the carbon footprint of dairy farming in Burdur was calculated using the Tier 1 method in IPCC 2006 guidelines.

Methodology

Burdur is located in the Western Mediterranean region, and its ecological structure and economic animal husbandry activities are carried out throughout the year. While two-thirds of the population is engaged in agriculture and animal husbandry, 40% of the economy is based on milk production. In Burdur, 99% of the cattle are of cultivated breeds, and over a thousand tons of raw milk is produced daily. Burdur has undergone a major transformation with 4860 livestock enterprises and approximately 192 thousand cattle as of 2023. It has significantly progressed from small family farming to modern and technological farms. Tier 1, Tier 2, and Tier 3 methods determined by IPCC are used in carbon footprint calculations. In this study, the Tier 1 method was preferred. The Tier 1 method is a simpler and more predictive model. The emission factors in the IPCC guidelines are organized according to animal species and climate zones. The carbon footprint calculation used the number of animals in the TUIK Dairy cattle category in Burdur province between 2019-2023. In the Tier 1 approach, the equations presented in IPCC (2006) guidelines were used.

Results and Conclusions

This study determined methane (CH₄) emissions and their CO_{2e} from dairy cattle in Burdur districts for 2019-2023. Between 2019 and 2023, the highest CH₄ emissions from manure occurred in the central district and the lowest in Altınyayla. While the central district had the highest emission in 2020 with 0.104816 Gg, Altınyayla had the lowest in 2022 with 0.022488 Gg. Emissions from enteric fermentation were similarly highest in the central district and lowest in Altınyayla. In 2020, the central district had the highest CH₄ emissions, with 5188.39 tons. Global warming potential decreased from 353209 tons CO_{2e} in 2019 to 327735 tons CO_{2e} in 2023. The highest reduction was realized in Ağlasun, with 38%, and the lowest in Kemer, with 1%. Dairy cattle diets and manure management are important in reducing CH₄ and N₂O emissions. Implementation of low-emission manure management systems and further scientific studies are needed.

Authors' Biography



Kazım KUMAŞ

Kazım Kumaş has bachelor's and master's degrees in Energy Systems Engineering. He works on renewable energy sources. He is currently working as a lecturer at Burdur Mehmet Akif Ersoy University Bucak Emin Gülmez Technical Sciences Vocational School, Alternative Energy Resources Technology Program.

Contact kkumas@mehmetakif.edu.tr

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2348-4664>



Ali Özhan AKYÜZ

He holds bachelor's, master's and doctoral degrees in physics engineering. He works on general physics, applied-industrial physics, biomedical devices and renewable energy sources. He is currently working as a lecturer in Burdur Mehmet Akif Ersoy University Bucak Emin Gülmez Technical Sciences Vocational School.

Contact aakyuz@mehmetakif.edu.tr

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9265-7293>



Üniversite Öğrencilerinin Çevre Okuryazarlık Düzeylerini Etkileyen Faktörler ve Organik Ürün Satın Alma Durumu ile İlişkisi

Kübra Gül Oğuz¹, Yüksel Keleş^{2,*}

¹ Mersin Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilgisi Eğitimi ABD. Mersin, Türkiye.

² Mersin Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi ABD. Mersin, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): Y. Keleş, e-mail (e-posta): ykeles@mersin.edu.tr

ÖZET

Çalışmanın amaçları üniversite öğrencilerinin çevre okuryazarlık düzeylerini etkileyen değişkenlerin belirlenmesi ve çevre okuryazarlık düzeyi ile organik ürün satın alma davranışları arasında bir ilişki olup olmadığının araştırılmasıdır. Çalışma Mersin üniversitesinin eğitim, mühendislik ve fen-edebiyat fakültelerinde öğrenim gören 300 üçüncü sınıf öğrencisinin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcı öğrencilerden eş zamanlı olarak demografik bilgi formunu, yetişkinler için çevre okuryazarlık ölçeğini ve organik ürün satın alma anketini doldurmaları istenmiştir. Öğrencilerin öğrenim gördükleri bölümler, üniversiteye giriş puanları ve puan türleri, genel not ortalamaları, çevre dersi veya kursu alıp almadıkları, aile gelir durumları gibi değişkenler bakımından çevre okuryazarlık düzeyleri ve organik ürün alma durumları değerlendirilmiştir. Çevre okuryazarlık ölçeği puanları kadınlarda 83.4, erkeklerde 80.0 olarak hesaplanmıştır. Üniversiteye giriş puanları ile çevre okuryazarlık puanları arasında pozitif bir korelasyon belirlenmiştir ($r=0.13$). Çevre okuryazarlık puanı 70'den küçük olan öğrencilerin %66.7'si, 90'dan büyük olan öğrencilerin %96'sı organik ürün satın aldıklarını belirtmiştir. Üniversite öğrencilerinin çevre okuryazarlık düzeyleri arttıkça organik ürün satın alma eğilimlerinin de arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çevre eğitimi, Çevre farkındalığı, Organik ürün

Factors Affecting the Environmental Literacy Levels of University Students and Their Relationship With Organic Product Buying Status

ABSTRACT

The study aims to determine the variables affecting the environmental literacy levels of university students and to investigate whether there is a relationship between environmental literacy level and organic product buying behavior. The study was carried out with the participation of 300 third-year students studying at the education, engineering, and science-art faculties of Mersin University. Participating students were asked to simultaneously fill out the demographic information form, the environmental literacy scale for adults, and the organic product buying survey. Students' environmental literacy levels and buying organic products were evaluated regarding variables such as the departments they studied in, university entrance scores and score types, general grade point averages, whether they took environmental courses and, family income status. Environmental literacy scale scores were calculated as 83.4 for women and 80.0 for men. A positive correlation was determined between university entrance scores and environmental literacy scores ($r = 0.13$). 66.7% of the students with an environmental literacy score below 70 and 96% of the students with an environmental literacy score above 90 stated that they bought organic products. It has been concluded that as university students' environmental literacy levels increase, their tendency to buy organic products also increases.

Keywords: *Environmental education, Environmental awareness, Organic product*

Makale Bilgisi / Article Info

Alınış tarihi
Received date : 29.08.2024

Düzeltilme tarihi
Revised date : 04.12.2024

Kabul tarihi
Accepted date : 04.12.2024

Atıf için
How to Cite Oğuz, K.G. ve Keleş, Y. (2024). "Üniversite Öğrencilerinin Çevre Okuryazarlık Düzeylerini Etkileyen Faktörler ve Organik Ürün Satın Alma Durumu ile İlişkisi", *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 10(1), 2024: 87-101.

Dipnot
Footnote Bu makale yüksek lisans tezinden üretilmiştir.
This article is derived from a master's thesis.

1. GİRİŞ

Çevre, canlıların yaşam ortamı olarak tanımlanmakta ve ekolojik anlamda etkileşen canlı ve cansız varlıkların tamamını kapsamaktadır (Berkes ve Kışlaoğlu, 1993). İnsan etkisi dışında kalan ortam doğal çevre, insan etkinlikleri ile dönüştürülmüş ortam yapay çevre olarak adlandırılır. Coğrafi konum, iklim, flora ve fauna, su, toprak, topografya, jeolojik ve jeomorfolojik oluşumlar doğal çevreyi oluştururken, kentler ve diğer yerleşim alanları, ulaşım ağları, endüstri tesisleri ve tarım alanları yapay çevreyi oluşturmaktadır (Turgut vd., 2012). İnsanlar bilim ve eğitim yoluyla bilgi birikimi sağlayarak teknolojiyi geliştirmekte ve doğal çevreyi kaynak olarak kullanmakta, ekonomik etkinliklerle yapay çevreyi doğal çevrenin zararına büyütmektedir (Taş, 2016).

Endüstri devriminden sonra hızla artan üretim ve tüketimle birlikte büyük oranda doğal kaynak ve fosil yakıt kullanımı çevre sorunlarının çoğalmasını sağlamıştır. Ekonomik büyümenin bir sonucu olarak artan çevre sorunlarına yönelik toplumsal farkındalığı geliştirmek amacıyla öğretim programlarına çevre eğitimi konuları ve dersleri konulmuştur (Artan vd., 2015). Tiflis konferansında çevre eğitimi, bireylerin çevreleri hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlayan, gelecek nesiller için çevresel sorunları çözmeye yönelik bilgi, beceri, tutum, değer ve deneyimleri kazanmalarını hedefleyen bir öğrenme süreci olarak tanımlanmıştır (UNESCO, 1980; Vaughan vd., 2003). Çevre eğitiminin hedeflerinden biri de öğrencilerde çevre okuryazarlık düzeyinin yükseltilmesidir. Çevre okuryazarlığı çevre konularını okuma ve yazmaya ek olarak düşünme, konuşma, etkileşim kurma ve değer verme davranışlarının bir bütünü olarak düşünülmelidir (O'Brien, 2007). Bu bakımdan çevre ile ilgili bilgi, beceri, düşünce ve tutum gibi kazanımların günlük hayata aktarımını gerektirir (Altınöz, 2010). Ekolojik okuryazarlığın ön koşulu sağlıklı doğal sistemlerle ilgili geniş bir deneyime sahip olmaktır. İnsanların ve toplumların birbirleriyle ve doğal sistemlerle nasıl ilişki kurabileceklerine ve bunu nasıl sürdürülebilir bir şekilde yapabileceklerine dair geniş bir anlayışın yanı sıra birbiriyle ilişkiliği kavrama yetkinliği yani bağlantıları arayan bir zihin gerektirir (Orr, 1995).

İnsan doğa etkileşiminin sorunlu bir süreç olmaktan çıkarılıp uyumlu bir sürece dönüştürülmesi çabası sürdürülebilirlik kavramını gündeme getirmiştir. İnsanların gereksinim duyduğu ürünleri sürdürülebilir tarım teknikleri ile karşılması çevre zararlarını azaltabilir. Organik tarım çevreye en az zarar ile insan sağlığına en uygun gıda maddelerinin üretimini hedeflemektedir (Demiryürek, 2011). Organik tarımın tanımlarında dört temel unsur dikkate alınmaktadır. 1) İlaç, kimyasal gübre, bitki büyüme düzenleyicileri ve hayvan hormonlarının kullanılmaması. 2) Bitki artıkları, hayvan gübresi ile biyolojik ve mekanik zararlı mücadelesi gibi kontrollü üretim tekniklerine dayalı olması. 3) Tüketici sağlığının korunmasına yönelik olması. 4) Organik tarımın üretim ve pazarlamasının uluslararası kurullarla izlenebilir, kayıtlı ve şeffaf bir süreç ile sertifikasyon kuruluşlarının kontrolünde ilerlemesi gerekmektedir (Demiryürek, 2011). Araştırmalar organik tarım ürünlerinin üretim kalitesi ve pazar payının dünyada ve Türkiye'de giderek arttığını göstermektedir (Öztürk ve İslam, 2014). 2023 yılı verilerine göre 34.558 üretici 1.028 milyon ton bitkisel organik ürün, 441 üretici 890 bin ton hayvansal organik ürün (et, süt, yumurta, bal) üretmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024). Üretilen ürünlerin yaklaşık 60 bin tonu ihraç edilmektedir.

Türkiye'de ilköğretim okullarında çevre ile ilgili konular ayrı çevre dersi olarak verilmemektedir fakat fen bilgisi, hayat bilgisi ya da sosyal bilgiler dersleri içerisinde ele alınmaktadır. Çevre konuları genellikle programın yoğunluğu, imkân eksikliği veya öğretmenin çevre konularındaki yetersizliği gibi sebeplerle yüzeysel olarak işlenmektedir. Öğrencilerin ilköğretim döneminden itibaren çevre

konusunda eksiklerle eğitim hayatını sürdürdükleri gözlenmektedir (Akınoğlu ve Sarı, 2013). Bu durum üniversite öğrencilerinde de çevre konusunda bilgi ve tutum eksikliklerinin gözlenmesi sonucunu doğurmaktadır (Yılmaz vd., 2002). 2007 öğretim programında “Organik Tarım” konusu organik tarımın açıklaması ve organik tarımın insanlık için önemini fark etme olarak geçmektedir (MEB, 2007). Bu konuda öğrencilerin farkındalık düzeylerinin ve bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Günümüzde uygulanmakta olan öğretim programında organik tarım konusu yer almamakta fakat sosyobilimsel konuların içerisinde işlenmektedir (Çeken, 2010).

Çalışmanın amacı üniversite öğrencilerinin çevre okuryazarlık düzeylerinin belirlenmesi ve çevre okuryazarlık düzeylerinin organik tarım ürünlerini satın alma durumları üzerinde etkisi olup olmadığını belirlemektir. Çevre okuryazarlık seviyeleri konusunda belirleyici olması muhtemel bazı bağımsız değişkenlerin araştırılması suretiyle çevre okuryazarlığının öğrencilerde nasıl geliştiği belirlenecek ve verilere dayalı önerilerde bulunulacaktır. Çevre okuryazarlığı kavramı, çevre konularında kazanılan bilgi beceri ve tutuma ek olarak sağlıklı beslenme bilincinin gelişimini de içermektedir. Bu durumda çevre okuryazarlığı ile organik tarım ürünlerine yönelim arasında bir ilişki olmalıdır. Bu çalışma “Çevre okuryazarlık seviyesi ile organik tarım ürünlerine yönelik talep arasında doğrusal bir ilişki vardır.” hipotezinin geçerliliğinin test edilmesi amacıyla planlanmıştır. Çalışmada üniversite öğrencilerinin çevre okuryazarlık düzeyleri hangi değişkenlerden ne ölçüde etkilenmektedir? Üniversite öğrencilerinin organik tarım ürünlerini satın alma durumları hangi değişkenlerden ne ölçüde etkilenmektedir? Üniversite öğrencilerinin çevre okuryazarlık düzeyleri organik ürün satın alma davranışlarında etki sağlar mı? Sorularına yanıt aranmıştır.

2. YÖNTEM

Bu çalışma Mersin Üniversitesinde eğitim, mühendislik ve fen-edebiyat fakültelerinin çeşitli bölümlerinde öğrenim gören 3. sınıf öğrencilerinin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada çevre okuryazarlığı düzeylerini ve organik ürün satın alma durumunu belirlemeye yönelik nicel ve nitel veriler toplanmıştır. Tarama modeli ile gerçekleştirilen çalışmadan elde edilen veriler varyans analizi, t testi ve korelasyon testleri ile değerlendirilmiştir. Betimleyici bir çalışma özelliği taşımakla birlikte, çevre okuryazarlığı ve organik ürün talebini etkileyen değişkenlerin belirlenmesine de odaklandığından açıklayıcı boyutları da bulunmaktadır. Betimleme olayın veya durumun ne olduğuna odaklanırken açıklama olayın veya durumun neden ve nasıl olduğuna odaklanır. Betimlemenin önemi açıklama için ön koşul olmasından kaynaklanır (Punch, 2016). Betimleme ve açıklama çabası dışında bu araştırma değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesini de amaçlamaktadır. Bu çalışmanın evrenini Mersin Üniversitesinin lisans programlarında öğrenim görmekte olan öğrenciler, örneklemini ise Mersin Üniversitesinin Eğitim, Mühendislik ve Fen Edebiyat Fakültelerinde öğrenim görmekte olan 300 üçüncü sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Örneklemin belirlenmesinde kolay ulaşılabilir örneklem yöntemi kullanılmıştır. Örneklemini oluşturan 300 öğrencinin %47,7’ni (n=143) kadınlar, %52,3’ini (n=157) erkekler oluşturmaktadır.

Bu çalışmada veri toplama aracı olarak demografik bilgi formu, Yetişkinler için Çevre Okuryazarlığı Ölçeği (ÇÖÖ) ve Organik Ürün Satın Alma Anketi (OÜA) kullanılmıştır. Demografik bilgi formu araştırma esnasında değişken olarak kullanılacak bireysel bilgilerden oluşmaktadır. Form ile öğrencilerin öğrenim gördükleri bölümler, üniversiteye giriş puanları ve puan türleri, genel not ortalamaları, çevre dersi veya kursu alıp almadıkları, aile gelir durumları ve cinsiyet gibi bilgileri toplanmıştır.

Veri toplama araçlarından ÇOÖ Atabek-Yiğit vd. (2014) tarafından geliştirilmiş olup yetişkinlerin çevre okuryazarlığı düzeylerini incelemeye yöneliktir. Beşli Likert tipindeki Ölçek 20 maddeden ve 3 faktörden oluşmaktadır. Ölçeğin tamamının Cronbach's alpha kat sayısı 0.88 olarak belirlenmiştir. Cronbach's alfa güvenirlik katsayıları birinci faktör olan çevre bilinç düzeyi için 0.81, ikinci faktör çevresel kaygı düzeyi için 0.77 ve üçüncü faktör olan çevresel farkındalık düzeyi için 0.72 olarak hesaplanmıştır. Yetişkinlerin organik ürün satın alma davranışlarını belirlemeye yönelik olan OÜA Güngör (2019) tarafından geliştirilmiştir ve 3 bölümden oluşmaktadır. Organik ürün kavramı herkes tarafından farklı yorumlandığı için öncelikle organik ürün tanımına yer verilmiştir. İlk bölümde 4 soru sorulmuştur. Bunlar katılımcıların organik ürün satın alıp almadıkları, ne kadar süredir satın aldıkları, hangi organik ürünleri aldıkları ve nereden aldıklarıdır. İkinci bölümün ilk sorusunda organik ürün satın alma nedenlerini ölçmeye yönelik 23 ifadeli ölçek ve ikinci soruda ise organik ürüne ilgi düzeyini ölçmek için 9 ifadeli bir ölçek yer almaktadır. Anketin son bölümünde katılımcıların demografik özelliklerini tespit etmeye yönelik sorular sorulmuştur. Bunlar cinsiyet, yaş, meslek, eğitim durumu, medeni durum, çocuk sayısı, çocukların yaşı gibi sorulardır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Çevre Okuryazarlık Düzeyleri

Araştırmaya katılan 300 öğrencinin ÇOÖ toplam puan ortalaması 81.6 olup, çevre okuryazarlık puanı kadınlarda 83.4 iken erkeklerde 80.0 olarak belirlenmiştir (t test $P \leq 0.01$). Eğitim fakültesi öğrencilerinin çevre okuryazarlık ölçeğinden aldıkları toplam puan ortalaması 84.3, Mühendislik fakültesinin 80.8 ve Fen-Edebiyat fakültesinin 81.4 olarak hesaplanmıştır (ANOVA $P \leq 0.01$). Bölüm bazında en yüksek çevre okuryazarlığı puanları Fen Bilgisi öğretmenliği (86.6), Sınıf öğretmenliği (85.6) ve Biyoloji bölümü (85.6) öğrencilerinde; en düşük puanlar ise Bilgisayar mühendisliği (77.2) ve Harita mühendisliği bölümlerinde (79.6) belirlenmiştir. ÇOÖ ile toplanan verilerin değerlendirme sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

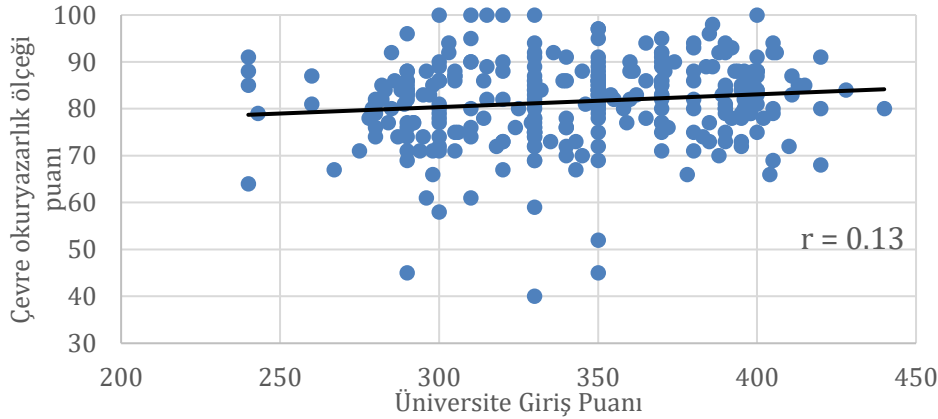
Tablo 1. Fakülte ve bölümlere göre çevre okuryazarlık ölçeği toplam puanları.

| Fakülte-Program (N*) | Çevre okuryazarlık ölçeği toplam puanları (Puan ± SS) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|---|-------------|-------------|--------------|------------|-------------|---|------------|
| | Kadın (143) | | Erkek (157) | | Toplam (300) | | | | |
| Eğitim (110) | 84,3 | ± | 7,3 | 84,3 | ± | 7,9 | 84,3 | ± | 7,4 |
| Fen Bilgisi (14) | 86,5 | ± | 6,3 | 87,3 | ± | 4,6 | 86,6 | ± | 5,7 |
| İlk. Matematik Öğrt. (43) | 84,6 | ± | 7,3 | 83,1 | ± | 9,5 | 84,1 | ± | 8,0 |
| Okul Öncesi Öğrt. (33) | 82,6 | ± | 7,1 | 84,5 | ± | 3,7 | 82,9 | ± | 6,6 |
| Sınıf Öğrt. (20) | 85,6 | ± | 8,1 | 85,6 | ± | 9,5 | 85,6 | ± | 8,3 |
| Mühendislik (154) | 82,8 | ± | 6,7 | 78,7 | ± | 9,5 | 80,8 | ± | 9,1 |
| Bilgisayar Müh.(33) | 83,2 | ± | 2,4 | 76,1 | ± | 10,0 | 77,2 | ± | 9,5 |
| Elektrik-Elektronik Müh.(22) | 83,2 | ± | 3,7 | 81,6 | ± | 7,6 | 82,2 | ± | 6,7 |
| Harita Müh. (11) | 82,0 | ± | 2,9 | 78,3 | ± | 6,0 | 79,6 | ± | 5,2 |
| İnşaat Müh.(65) | 82,4 | ± | 7,7 | 78,6 | ± | 10,9 | 80,5 | ± | 10,1 |
| Makine Müh.(23) | 85,0 | ± | 11,9 | 80,3 | ± | 7,6 | 81,1 | ± | 8,4 |
| Fen-edebiyat (36) | 80,9 | ± | 6,9 | 82,1 | ± | 7,7 | 81,4 | ± | 7,1 |
| Biyoloji (5) | 86,5 | ± | 4,4 | 85,0 | ± | 5,2 | 85,6 | ± | 4,9 |
| Matematik (23) | 79,7 | ± | 7,3 | 81,3 | ± | 8,7 | 80,4 | ± | 7,8 |
| Sanat Tarihi (8) | 81,6 | ± | 6,1 | 81,0 | ± | 1,0 | 81,5 | ± | 5,2 |
| Toplam (300) | 83,4 | ± | 7,1 | 80,0 | ± | 9,3 | 81,6 | ± | 8,5 |

İstatistik: Cinsiyetler arasında t test $P \leq 0,01$, Fakülteler arasında ANOVA $P \leq 0,01$

* Parantez içindeki sayılar katılımcı sayılarını göstermektedir.

ÇÖÖ puanları ile öğrencilerin üniversiteye giriş puanları arasında pozitif bir korelasyon belirlenmiştir ($r=0,13$). Üniversite giriş puanı daha yüksek olan öğrencilerin çevre okuryazarlık ölçeğinden aldıkları puanlar daha yüksektir (Şekil 1).



Şekil 1. Üniversite giriş puanları ile çevre okuryazarlık ölçeği puanları arasındaki korelasyon.

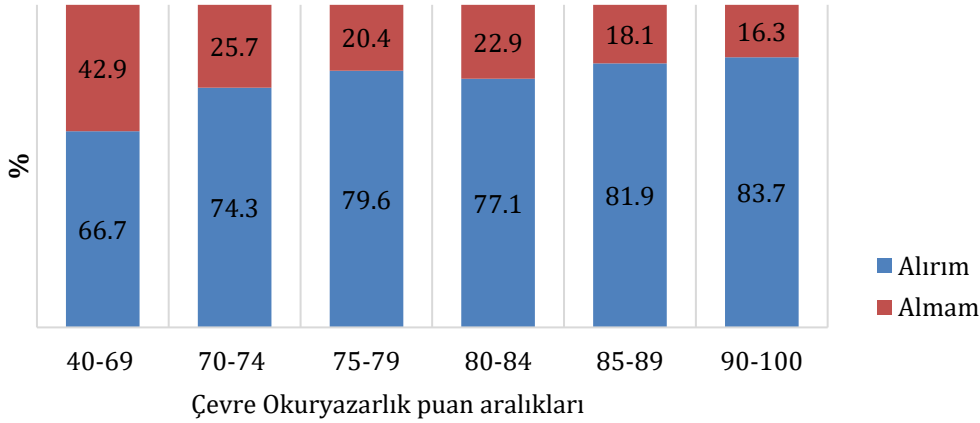
Katılımcı öğrencilerden akademik başarı algılarını zayıf-orta-iyi şeklinde kategorize etmeleri istenmiş ve bu grupların çevre okuryazarlık puanları varyans analizi ile değerlendirilmiştir (Tablo 2). Akademik başarı algısı yüksek olan öğrencilerin çevre okuryazarlık puanları daha yüksek olmak üzere akademik başarı algısı ile çevre okuryazarlık düzeyleri arasında önemli bir farklılık olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Çevre okuryazarlık ölçeği ortalama puanları akademik başarı algısı zayıf öğrencilerde 78,4 iken orta olanlarda 81,7 ve yüksek olanlarda 82,6 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Çevre okuryazarlık düzeylerinin akademik başarı algıları (zayıf, orta, iyi) ile ilişkisi bakımından ANOVA sonucu.

| Varyans Kaynağı | SS | df | MS | F | P-değeri | F ölçütü |
|-------------------------|----------|-----|--------|------|----------|----------|
| Gruplar Arasında | 495,65 | 2 | 247,83 | 3,20 | 0,04 | 3,03 |
| Gruplar İçinde | 23035,08 | 297 | 77,56 | | | |
| Toplam | 23530,73 | 299 | | | | |

3.2. Çevre Okuryazarlık Düzeyleri ile Organik Ürün Satın Alma Arasındaki İlişki

Üniversite öğrencilerinin çevre okuryazarlık ölçeğinden aldıkları puanları ile organik ürün satın alma durumu arasındaki ilişki iki etken ANOVA testi ile belirlenmiştir. Çevre okuryazarlık ölçeği puanları ile organik ürün satın alma durumu arasında önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0.01$). ÇOO puanları yüksek olan öğrencilerde organik ürün alanların oranı daha yüksektir (Şekil 2).



Şekil 2. Çevre okuryazarlık ölçek puanı ile organik ürün satın alma durum arasındaki ilişki.

3.3. Organik Ürün Satın Alma Durumu

Çalışmaya katılan 300 üniversite öğrencisinden organik ürün satın aldıklarını belirtenlerin sayısı 231 olup oranı %77.3 olarak hesaplanmıştır. Bu oran kadınlarda %79.7, erkeklerde ise %75.2 olarak belirlenmiştir. Eğitim fakültesi öğrencilerinin %80.9'u, Fen-edebiyat fakültesi öğrencilerinin %83.3 ü ve Mühendislik fakültesi öğrencilerinin %72.7 si organik ürün satın aldıklarını belirtmiştir (Tablo 3). Çalışmaya katılan 59 öğrenci ise (%22.7) hiç organik ürün almadığını belirtmiştir. Organik ürün satın aldığını belirten 231 öğrenciden 175'i (%75.8) beş yılı aşkın süredir organik ürün satın aldıklarını belirtirken 44 öğrenci (%24.2) beş yıldan az bir süreden beri organik ürün aldıklarını belirtmişlerdir.

Tablo 3. Fakülteler bazında araştırmaya katılan kadın ve erkek öğrencilerden organik ürün alanların sayıları ve oranları.

| Fakülte (N*) | Organik ürün satın alma durumu (Sayı-%) | | | | | | Toplam | |
|--------------------------|---|------|-------|------|-----|---|--------|--|
| | Kadın | | Erkek | | | | | |
| Eğitim (82-28-110) | 67 | 81.7 | 22 | 78.6 | 89 | - | 80.9 | |
| Mühendislik (39-115-154) | 28 | 71.8 | 85 | 73.9 | 112 | - | 72.7 | |
| Fen-edebiyat (22-14-36) | 19 | 86.4 | 11 | 78.6 | 30 | - | 83.3 | |
| Toplam (143-157-300) | 114 | 79.7 | 118 | 75.2 | 231 | - | 77.0 | |

* Parantez içindeki sayılar sırasıyla kadın-erkek-toplam katılımcı sayılarını göstermektedir.

Üniversite öğrencilerinin organik ürün satın alma nedenleri olarak öne çıkan 5 ifade ve 5 dereceli ölçekten hesaplanan ortalama puanları tablo 4'de verilmiştir. Organik ürünlerin sağlıklı olması, güvenilir olması ve hastalık riskini azalttığı düşünülmesi ilk üç sırada yer alırken, Yüksek vitamin ve mineral içeriğine sahip olması ve kimyasal kalıntı, ilaç veya hormon içermediği düşünceleri onları takip etmiştir. Organik ürün satın alma nedenleri içinde en düşük puanlar ise çevremdekiler organik ürün aldığı için (2.37) ve organik ürünleri merak ettiğim için (2.80) ifadelerinde hesaplanmıştır. Eğitim fakültesinde

sağlıklı olması, Mühendislik fakültesinde sağlıklı olması ve hastalık riskini azaltması, Fen edebiyat fakültesinde ise güvenilir olması ilk sırada yer alan nedenler olarak belirtilmiştir.

Tablo 4. Üniversite öğrencilerinin organik ürün satın alma nedenleri olarak öne çıkan ifadeler ve bu ifadelere katılım puanları.

| Organik Ürün Satın Alma Nedenleri | Toplam | Eğitim | Mühendislik | Fen Edebiyat |
|--|---------------|---------------|--------------------|---------------------|
| Sağlıklı olduğu için | 3.96 | 4.30 | 3.81 | 3.80 |
| Güvenilir olduğunu düşündüğüm için | 3.95 | 4.26 | 3.70 | 4.17 |
| Hastalık riskini azalttığı için | 3.93 | 4.19 | 3.81 | 3.83 |
| Yüksek vitamin ve mineral değerine sahip olduğu için. | 3.93 | 4.27 | 3.73 | 3.93 |
| Kimyasal kalıntı, ilaç, hormon içermediği için | 3.88 | 4.20 | 3.71 | 3.77 |

En çok tercih edilen organik ürünler ise taze sebze ve meyve (795), süt ve süt ürünleri (761), tavuk eti ürünleri (716), kırmızı et ürünleri (694) ve bakliyat (698) olarak sıralanmıştır. Organik ürün satın alınan yerler ise organik ürün semt pazarlarından (670), marketlerin organik ürün reyonlarından (602), yöresel ürün satan mağazalardan (597) ve internetten (472) olarak sıralanmıştır. Organik ürün satın alma davranışının gelir düzeyi ile bağlantılı olduğu da gözlenmiştir. Yüksek gelir grubundaki öğrencilerin %85.7 si, orta gelir grubundaki öğrencilerin % 82.5 i ve alt gelir grubundaki öğrencilerin %66.7 si organik ürün satın almaktadır.

4. TARTIŞMA

Üniversite öğrencilerinde çevre okuryazarlık düzeylerinin genel olarak yüksek bir seviyede olduğu görülmektedir. En fazla 100 puan alınabilen yetişkinler için çevre okuryazarlık ölçeği puanları 76.1 ile 87.3 arasında değişmektedir. Çevre okuryazarlık düzeyleri eğitim fakültesi öğrencilerinde mühendislik ve fen edebiyat fakültelerinden daha yüksek bulunması öğretim programları ile bağlantılı olabilir. Özellikle fen bilgisi, biyoloji ve sınıf öğretmenliği öğrencileri çevre okuryazarlık puanları yüksek bilgisayar ve harita mühendisliği bölümlerinde düşük çıkması öğretim programlarında çevre eğitimi konularının ve derslerinin bulunup bulunmaması ile açıklanabilir. Bununla birlikte Şahin vd. (2016) yaptıkları araştırmada eğitim fakültesi öğrencilerinin çevre bilgi puanlarının 1. sınıflarda 6,98-7,33 arasında ve 4. sınıflarda ise 7.30-10.57 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Puanlardaki artışın özellikle fen bilgisi ve sınıf öğretmenliği programlarında olduğu belirlenmiştir. Çalışmada 1. sınıf sosyal bilgiler, Türkçe, fen bilgisi ve sınıf öğretmeni adaylarının çevre okuryazarlık puanlarında öğrenim gördükleri anabilim dalına göre anlamlı fark bulunmamış fakat 4. sınıflarda anabilim dalına göre çevre bilgi, kullanım, tutum ve çevre sorunlarına ilgi puanları arasında anlamlı fark bulunmuştur. Bu durum üniversite öğrencilerinde çevre okuryazarlık düzeylerinin gelişiminde öğretim programlarının etkili olduğunu göstermektedir. Öğretim programlarının etkinliği bakımından diğer bir gösterge de akademik başarı ile çevre okuryazarlık puanları arasındaki pozitif ilişkidir. Bu ilişki hem akademik başarı algısı bakımından hem de üniversite giriş puanları bakımından gözlenmiştir.

Farklı yaş grupları ile yapılan çevre okuryazarlık, çevre farkındalık, çevre tutum ve çevre davranış araştırmalarında çoğunlukla kadınlar lehine farklılık belirlenmektedir (bu çalışmada 3.4 puan daha yüksek) (Doğan ve Keleş, 2020). Üniversite öğrencilerinin katılımı ile gerçekleştirilen bir araştırmada kadınlarda çevre duyarlılığı (44.42 puan) erkeklerden (42.34 puan) önemli ölçüde yüksek bulunmuştur (Çabuk ve Karacaoğlu, 2003). Kadınların çevre okuryazarlık düzeylerinin daha yüksek olduğu Demirtaş vd. (2018) tarafından da tespit edilmiştir. Kadınların çevre konularına daha fazla ilgi duyması risk

algılama seviyelerinin yüksek olması, çevreci etkinliklere ve sivil toplum kuruluşlarına katılma konusunda daha istekli olmaları ile açıklanabilir. Sınıf öğretmenliği birinci ve üçüncü sınıf öğrencilerinde çevre tutum puanları kadınlarda 120.8, erkeklerde 117.6 olarak hesaplanmış ve bu farkın 0.05 düzeyinde önemli olduğu gösterilmiştir (Deniş ve Genç, 2007).

Organik gıda satın alma davranışının organik ürün bilinci ile bağlantılı olması beklenir. İstanbul ve İzmir'deki organik ürün pazarına gelen tüketicilerin %77.5 i üniversite mezunu ve üstü eğitime sahiptir ve %97.7 si organik tarımı doğru biçimde tanımlayabilmiştir (Şahin-Demirel ve Yercan, 2022). Organik ürün alma eğilimi kadınlarda %79.7, erkeklerde %75.2 oranındadır. Bu bulgu kadınların erkeklere nazaran daha fazla organik gıda alma eğiliminde oldukları sonucuna ulaşan İnci vd.'nin (2017) çalışmalarını desteklemektedir. Organik ürün tüketim nedenlerini belirlemeye çalışan Kekeç ve Seçer (2021) önde gelen nedenlerin; üretimde daha az kimyasal girdi kullanılması, daha az hormon içermesi, GDO'lu tohumlar kullanılmaması ve doğal kaynakların korunması açısından önemi olduğunu belirlemişlerdir. Organik ürün tüketim alışkanlıklarını belirlemeyi amaçlayan bir çalışmada katılımcıların 77.9'unun organik gıdayı daha güvenilir buldukları ve %80.2'sinin organik ürün tükettiği belirlenmiştir. Organik ürün almayanların ise %55.9'u organik ürünleri güvenilir bulmadığını, %12.8'i ek bir fayda getireceğine inanmadığını ve %9.8'i fiyatının yüksek olduğunu belirtmiştir (Ayaşan vd., 2022). Düşük orta ve yüksek gelir düzeylerindeki öğrencilerin organik ürün satın alma davranışı arasındaki ilişki beklendiği gibidir. Organik ürünlerin daha yüksek fiyatlardan satılması nedeniyle orta ve yüksek gelir gruplarındaki öğrencilerin organik ürün alma eğilimlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

Öğrencilerin en çok tercih ettiği organik gıda maddeleri meyve, sebze ve tavuk eti olarak listelenmiştir. Organik gıda satın alma nedenlerinin sağlıklı olması, güvenilir olması ve hastalık riskini azaltıcı olması bu ürünlerin neden tercih edildiğini açıklamaktadır. Organik ürün tercihinde kozmetik ürünlerin arka sıralarda kalması bu ürünlerin yüksek fiyatları ile açıklanabilir. İnan vd. (2021) yaptıkları çalışmada en çok satın alınan organik gıdaların meyve, sebze, zeytinyağı ve yumurta olduğu belirlenmiş olup, bu çalışmanın bulguları ile benzerlik taşımaktadır. Üniversite öğrencilerinin organik gıda satın alımı için en çok semt pazarlarını tercih ettiklerini belirtmiş olmaları, aslında organik ürün kavramını yanlış anladıklarını da göstermektedir. Organik ürün çoğunlukla doğal ürün ile karıştırıldığından semt pazarlarında satılan ürünlerin organik olduğunu düşünmektedirler. Oysa sertifikalı ve uygun şekilde etiketlenmiş organik ürünler semt pazarlarında nadiren bulunabilir. İnci vd. (2017) çalışmalarında katılımcıların organik ürün satın almak için süper marketleri tercih ettiklerini rapor etmişlerdir. Bu durum çalışmalarının, muhtemelen organik ürün konusunda daha bilinçli bir katılımcı grubu ile gerçekleştirildiğini göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Üniversite öğrencilerinin çevre okuryazarlık seviyeleri fakülte ve bölüm tercihlerine göre değişiklik göstermektedir. Bu durum çevre okuryazarlığı üzerinde öğrencinin yetiştiği sosyoekonomik ortama ek olarak üniversite giriş sınavlarındaki başarıları, akademik başarı algıları ve bölümlerdeki öğretim programlarında çevre konularının yer alıp almaması gibi değişkenlerin etkili olduğunu göstermektedir. Öğrencilerin organik ürün kavramını içselleştirmeleri konusunda bazı eksiklikleri bulunsa da organik veya doğal ürünlere yönelme eğiliminde oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmanın diğer önemli bir sonucu da organik ürün alma davranışı üzerinde ekonomik durum ve çevre okuryazarlık düzeyi değişkenlerinin önemli bir etkiye sahip olduğunun belirlenmesidir.

Üniversite öğrencilerinin çevre okuryazarlık düzeyi ile organik ürün satın alma durumu arasında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Çevre okuryazarlığı yüksek çıkan öğrencilerin organik ürün satın alma eğilimleri daha fazladır. Üniversite öğrencilerinin çevre okuryazarlıklarını artırmak için fakültelerde daha çok ders ve etkinlik düzenlenmesi sağlanabilir. Bu derslerde organik tarım konulu etkinlikler ve çalışmaların yapılması öğrencilerin organik ürün satın alma davranışını geliştirebilir. Bu araştırmanın bulgularına dayanarak araştırmacılar, eğitimciler ve organik tarım paydaşları için bazı önerilerde bulunulmuştur. Bunlar: 1.Çevre eğitimi derslerine ve konularına öğretim programlarında daha fazla yer verilebilir. Bu sayede çevre eğitimi derslerinde daha etkin, daha kapsamlı ve güncel konulara odaklanarak öğrencilerin çevre konularında daha bilinçli olmalarını sağlanabilir. Organik tarımın unsurları, sertifikaları, prensipleri gibi konulara yer vererek öğrencilerin organik tarım konusunda bilgi sahibi olmaları desteklenebilir. 2.Organik tarım konusunda bilinç geliştirme etkinlikleri düzenlenebilir. Bu kapsamda seminerler, atölye çalışmaları, tarım alanı ziyaretleri gibi etkinliklerle öğrencilerin organik tarım bilgisi geliştirilebilir. Organik ürün yetiştirme ve sürdürülebilir tarımın önemi, çevre ve sağlık üzerindeki etkileri gibi konuların işlenmesi ile öğrencilerin bilinçli tüketim alışkanlıkları geliştirmelerine katkı sağlanabilir. 3.Organik ürün üreticileri ile iş birlikleri ve ortak projeler oluşturulabilir. Öğrencilerin bu kuruluşlarla birlikte çalışarak organik tarım uygulamalarını gözlemlemeleri ve deneyimlemeleri sağlanabilir. 4.Çevre okuryazarlığına yönelik araştırmalar teşvik edilebilir. 5.Organik tarım uygulamaları için üniversite kampüsünde pratik alanları oluşturabilir. Bu alanlarda öğrencilere organik tarım tekniklerini deneyimleme fırsatı verilerek teorik bilgilerini uygulama olanakları sağlanabilir. 6.Organik tarım kursları ve sertifika programları düzenlenebilir. Bu programlar ile öğrencilere organik tarımın temelleri, uygulamaları ve sertifikalandırma süreçleri aktarılabilir. Bu sayede öğrenciler organik tarım konusunda bilgi ve becerilerini artırabilirler. 7. Çevre alanında faaliyet gösteren öğrenci toplulukları organik tarım konulu etkinlikler düzenleyebilir.

KAYNAKLAR

- Akınoğlu, O. ve Sarı, A. (2013). İlköğretim programlarında çevre eğitimi. *MÜ Atatürk Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Dergisi*, 30(30), 5-29.
- Altınöz, N. (2010). Fen bilgisi öğretmen adaylarının çevre okuryazarlık düzeyleri. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Atabek-Yiğit, E., Köklükaya, N., Yavuz, M. and Demirhan, E. (2014). Development and validation of environmental literacy scale for adults (ELSA). *Journal of Baltic Science Education*, 13(3), 425-435.
- Artan, S., Hayaloğlu, P. ve Seyhan, B. (2015). Türkiye’de çevre kirliliği, dışa açıklık ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 13(1), 308-325. <https://doi.org/10.11611/JMER435>
- Ayaşan, T., Gürsoy, E., Çetin, M., Karadaş, K., Çelik, Ş., Ayaşan, Ş. (2022). Organik bitkisel ve hayvansal üretim, ürün, bilgi ve tüketim alışkanlıkları. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(4), 2558-2567. <https://doi.org/10.21597/jist.1117361>
- Berkes, F. ve Kışlalıoğlu, M. (1993). *Ekoloji ve çevre bilimleri*. Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayınları, Ankara
- Çabuk, B ve Karacaoğlu, C. (2003). Üniversite öğrencilerinin çevre duyarlılıklarının incelenmesi. *AÜ Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 36(1), 189-198.

- Çeken, R. (2010). Organik tarımın ilköğretim fen ve teknoloji programındaki yeri. *ÇKÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(2), 33-42.
- Demiryürek, K. (2011). Organik tarım kavramı ve organik tarımın dünya ve Türkiye'deki durumu. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 27-36.
- Demirtaş, N., Akbulut, M.C. ve Özşen, Z.S. (2018). Üniversite öğrencilerinin çevre okuryazarlığı üzerine bir araştırma: Beypazarı Meslek Yüksekokulu örneği. *Anadolu Çevre ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 3(1), 27-33. <https://doi.org/10.35229/jaes.392248>
- Deniş, H. ve Genç, H. (2007). Çevre bilimi dersi alan ve almayan sınıf öğretmenliği öğrencilerinin çevreye ilişkin tutumları ve çevre bilimi dersindeki başarılarının karşılaştırılması. *MAEÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 20-26.
- Doğan, F. ve Keleş, Y. (2020). Ortaokul ve lise öğrencilerinde çevre farkındalığı ve çevre davranışı. *NEÜ Ereğli Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(1), 80-90.
- Güngör, M. (2019). Organik ürünlere yönelik tüketici ilgilenimi ile satın alma nedenleri arasındaki ilişkinin incelenmesi üzerine bir pilot araştırma, (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- İnci, H., Karakaya, E ve Şengül, A. Y. (2017). Organik ürün tüketimini etkileyen faktörler (Diyarbakır ili örneği). *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(2), 137-147.
- İnan, R., Bekar, A. ve Urlu, E. (2021). Tüketicilerin organik gıda satın alma davranışları ve tutumlarına ilişkin bir değerlendirme. [Journal of Tourism and Gastronomy](https://doi.org/10.21325/jotags.2021.786), 9(1), 220-235. <https://doi.org/10.21325/jotags.2021.786>
- Kekeç, U. ve Seçer, A. (2021). Tüketicilerin organik ürünleri tüketim alışkanlıkları ve satın almayı etkileyen unsurlar: Kahramanmaraş ili örneği. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(1), 87-92, <https://doi.org/10.29136/Mediterranean.780176>
- MEB (2007). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi 6. sınıflar öğretmen kılavuz kitabı*. Devlet Kitapları Müdürlüğü, Ankara
- O'Brien, S. R. M. (2007). Indications of environmental literacy: using a new survey instrument to measure awareness, knowledge, and attitudes of university-aged students. (Master Dissertation), Program of Study Committee, Iowa State University, Iowa.
- Orr, D. W. (1995). Educating for the environment higher education's challenge of the next century. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 27 (3), 43-46. <https://doi.org/10.1080/00091383.1995.10544663>
- Öztürk, D. ve İslam, A. (2014). Türkiye'de organik ürünlerin pazarlanması. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 75-94.
- Punch, K.F. (2016). *Sosyal araştırmalara giriş* (Çev. Bayrak, D, Arslan H.B. ve Akyüz, Z.). Siyasal Kitabevi Ankara.
- Şahin-Demirel, A.N. ve Yercan, M. (2022). Organik ürün pazarındaki tüketicilerde organik ürün bilinci: İstanbul ve İzmir illeri örneği. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 489-501. <https://doi.org/10.21597/jist.952417>

- Şahin, S., Ünlü, E. ve Ünlü, S. (2016). Öğretmen adaylarının çevre okuryazarlık farkındalık düzeylerinin incelenmesi. *Education Sciences*, 11(2), 82-95.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2024). <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler>. (Erişim tarihi: 10.09.2024).
- Taş, A. U. (2016). Ortaokul öğrencilerinin doğal ve yapay çevre hakkındaki zihinsel modellerinin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi), Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Turgut, H. Özalp, A. Y. ve Erdoğan, A. (2012). Artvin ilinde doğal çevrenin kent kimliğine etkileri. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 13(2), 172-180.
- United Nations Educational Scientific and Cultural Organization [UNESCO] (1980). *Environmental education in the light of the Tbilisi conference*. Paris, France
- Vaughan, C., Gack, J., Solorazano, H. and Ray, R. (2003). The effect on environmental education on school children, their parents, and community members: a study of intergenerational and intercommunity learning. *The Journal of Environmental Education*, 34(3), 12-21. <https://doi.org/10.1080/00958960309603489>
- Yılmaz, A., Morgil, F.İ., Aktuğ, P. ve Göbekli, İ. (2002). Ortaöğretim ve üniversite öğrencilerinin çevre, çevre kavramları ve sorunları konusundaki bilgileri ve önerileri. *HÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(22), 156-162.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

One of the goals of environmental education is to increase the level of environmental literacy in students. Environmental literacy should be considered as a whole of thinking, speaking, interacting and valuing behaviors in addition to reading and writing about environmental issues (O'Brien, 2007). In this respect, it requires the transfer of gains such as knowledge, skills, thoughts and attitudes about the environment to daily life (Altınöz, 2010). Meeting the products that people need with sustainable agricultural techniques can reduce environmental damage. Organic agriculture aims to produce food products that are most suitable for human health with the least damage to the environment (Demiryürek, 2011).

The purpose of the study is to determine the environmental literacy levels of university students and to determine whether environmental literacy levels have an effect on their buying status of organic agricultural products. By investigating some independent variables that are likely to be determinants of environmental literacy levels, it will be determined how environmental literacy develops in students and suggestions will be made based on the data. The concept of environmental literacy also includes the development of healthy nutrition awareness through the knowledge, skills and attitudes gained on environmental issues. In this case, there should be a relationship between environmental literacy and the tendency towards organic agricultural products. This study was planned to test the validity of the hypothesis "There is a linear relationship between the level of environmental literacy and the demand for organic agricultural products." In the study, the following questions were sought: Which variables affect the environmental literacy levels of university students to what extent? Which variables affect the buying status of university students in organic agricultural products to what extent? Does the environmental literacy levels of university students affect their buying behaviors of organic products?

Methodology

This study was carried out with the participation of 3rd year students studying in various departments of education, engineering and science-literature faculties at Mersin University. In the study, quantitative and qualitative data were collected to determine environmental literacy levels and organic product buying status. The data obtained from the study conducted with the screening model were evaluated with variance analysis, t test and correlation tests. In this study, demographic information form, Environmental Literacy Scale for Adults and Organic Product Buying Survey were used as data collection tools. The demographic information form consists of individual information that will be used as variables during the research. The form collected information such as the departments the students study in, university entrance scores and score types, general grade point averages, whether they took an environmental course or course, family income status and gender. Environmental Literacy Scale, one of the data collection tools, was developed by Atabek-Yiğit et al. (2014) and is aimed at examining the environmental literacy levels of adults. The Organic Product Buying Survey, which aims to determine the organic product buying behavior of adults, was developed by Güngör (2019). The survey consists of 3 sections. The first section asks whether the participants have bought organic products, how long they have been buying, which organic products they have bought and where they have bought them. The first question of the second section includes a 23-item scale to measure the reasons for buying organic products, and the second question includes a 9-item scale to measure the level of interest in organic

products. The last section of the survey asks questions to determine the demographic characteristics of the participants.

Results and Conclusions

The total mean score of the 300 students participating in the study was 81.6 on the Environmental Literacy Scale and the environmental literacy score was determined to be 83.4 for women and 80.0 for men (t test $P \leq 0.01$). The total mean score of the students of the Faculty of Education from the environmental literacy scale was calculated as 84.3, 80.8 for the Faculty of Engineering and 81.4 for the Faculty of Arts and Science (ANOVA $P \leq 0.01$). The highest environmental literacy scores on a departmental basis were determined in the students of the Science Teaching (86.6), Classroom Teaching (85.6) and Biology departments (85.6); the lowest scores were determined in the Computer Engineering (77.2) and Geomatics (Mapping) Engineering departments (79.6). The evaluation results of the data collected with the Environmental Literacy Scale are given in Table 1.

A positive correlation was determined between the Environmental Literacy Scale scores and the students' university entrance scores ($r=0.13$). Students with higher university entrance scores have higher environmental literacy scale scores (Figure 1). It was determined that there was a significant difference between academic success perception and environmental literacy levels, with students with higher academic success perception having higher environmental literacy scores ($P \leq 0.05$). The mean environmental literacy scale scores were calculated as 78.4 in students with low academic success perception, 81.7 in those with medium academic success perception and, 82.6 in those with high academic success perception (Table 2). It was determined that there was a significant relationship between environmental literacy scale scores and organic product buying status ($P \leq 0.01$). The rate of students with high Environmental Literacy Scale scores who bought organic products was higher (Figure 2).

The number of those who stated that they bought organic products was 231 out of 300 university students who participated in the study, and the rate was 77.3%. This rate was determined as 79.7% in women and 75.2% in men. 80.9% of the students of the Faculty of Education, 83.3% of the students of the Faculty of Arts and Sciences, and 72.7% of the students of the Faculty of Engineering stated that they bought organic products (Table 3). The environmental literacy levels of university students vary according to their faculty and department preferences. This situation shows that in addition to the socioeconomic environment in which the student is raised, variables such as their success in university entrance exams, their perception of academic success, and whether environmental issues are included in the curriculum of their departments are effective on environmental literacy. Although the students have some deficiencies in internalizing the concept of organic products, it was concluded that they tend to prefer organic or natural products. Another important result of the research is that the variables of economic status and environmental literacy level have a significant effect on organic product buying behavior.

A linear relationship was determined between the environmental literacy level of university students and their organic product buying status, and students with high environmental literacy have a higher tendency to buy organic products.

Yazarların Biyografisi



Kübra Gül OĞUZ

Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Fen Bilgisi Öğretmenliği programından 2019 yılında mezun oldu. 2013 yılında Mersin Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Fen Bilgisi Eğitimi Programından yüksek lisans derecesini aldı. Oğuz, bir özel eğitim kurumlarında fen bilgisi öğretmeni olarak görev yapmaktadır. Araştırma ilgi alanları ise fen bilimleri öğretimi ve organik tarım eğitimidir.

İletişim kubragulyuksel33@gmail.com

ORCID Adresi <https://orcid.org/0000-0003-1907-6104>



Yüksel KELEŞ

Konya Selçuk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden 1984 yılında mezun oldu. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Programından yüksek lisans ve doktora derecelerini aldı. 2000 yılında Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesine yardımcı doçent olarak atandı. 2005 yılında Biyoloji alanında doçent olan Keleş, 2011 yılında profesör ünvanı aldı. Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalında akademik çalışmalarını yürütmektedir. Araştırma ilgi alanları bitki fizyolojisi, fen bilgisi eğitimi ve çevre eğitimidir.

İletişim ykeles@mersin.edu.tr

ORCID Adresi <https://orcid.org/0000-0001-8651-8385>