



ANADOLU ORMAN ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

ANATOLIAN JOURNAL OF
FOREST RESEARCH

ISSN 1309-856X

EISSN 2564-7660



Cilt 10 No:2 Aralık 2024

Vol: 10 Issue: 2 December 2024

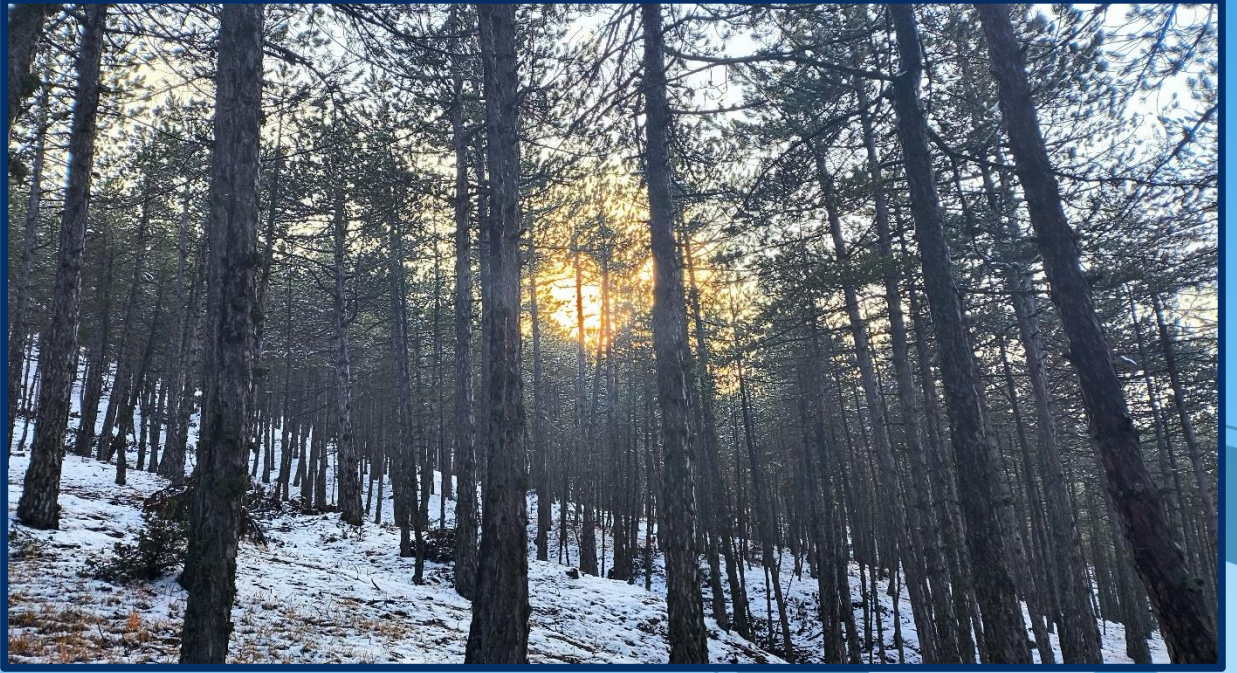


Foto: Meriç Çakır

*Çankırı Karatekin Üniversitesi
Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı,
Eldivan: Pinus nigra Arnold.*



Danışma Kurulu / Advisory Board

Prof. Dr. Ahmet YEŞİL	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Doç. Dr. Akif KETEN	Düzce Üniversitesi
Prof. Dr. Ali TEMİZ	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Atakan ÖZTÜRK	Artvin Çoruh Üniversitesi
Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU	Artvin Çoruh Üniversitesi
Prof. Dr. Birsen DURKAYA	Bartın Üniversitesi
Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Fahrettin TİLKİ	Artvin Çoruh Üniversitesi
Prof. Dr. Hakkı YAVUZ	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU	Düzce Üniversitesi
Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL	Bartın Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan SERİN	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Prof. Dr. İbrahim ÖZDEMİR	Süleyman Demirel Üniversitesi
Prof. Dr. İzzet AÇAR	Karabük Üniversitesi
Prof. Dr. Murat DEMİR	İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Murat ERTAŞ	Bursa Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa Fehmi TÜRKER	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ömer KARA	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK	Kastamonu Üniversitesi
Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK	Süleyman Demirel Üniversitesi
Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN	Burdur Üniversitesi
Prof. Dr. Sabri ÜNAL	Kastamonu Üniversitesi
Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Serdar CARUS	Süleyman Demirel Üniversitesi
Doç. Dr. Seyran PALABAŞ UZUN	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Prof. Dr. Sezgin AYAN	Kastamonu Üniversitesi
Prof. Dr. Süleyman AKBULUT	İzmir Katip Çelebi Üniversitesi
Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ	Kastamonu Üniversitesi
Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK	İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Turgay AKBULUT	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Prof. Dr. Yılmaz ÇATAL	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. Yusuf SERENGİL	İstanbul Üniversitesi

**Anadolu Orman
Araştırmaları
Dergisi**



**Anatolian
Journal of Forest
Research**

**ISSN: 1309-856X
E-ISSN: 2564-7660**

Cilt: 10 No: 2 Aralık 2024 Vol: 10 Issue: 2 December 2024

Editör Kurulu

Doç. Dr. Meriç ÇAKIR
Editör

Dr. Semih EDİŞ
Editör Yardımcısı

Dr. Öğr. Üyesi Funda OSKAY
Dil Editörü

Prof. Dr. Steve WOODWARD	Orman Patolojisi
Prof. Dr. Timothy O. RANDHİR	Çevre Bilimleri ve Mühendisliği
Prof. Dr. Rasoul YOUSEFPOUR	Orman Ekonomisi
Dr. Carlos A. GONZALEZ-BENECKE	Silvikültür
Dr. Vitalie GULCA	Yaban Hayatı
Dr. Erjon MUHARREMAJ	Ormancılık Hukuku
Prof. Dr. Melih BOYDAK	Silvikültür
Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY	Orman Ürünleri Transportu
Prof. Dr. Ünal AKKEMİK	Orman Botaniği
Prof. Dr. İlker ERCANLI	Orman Hasılatı
Prof. Dr. Ceyhun GÖL	Havza Yönetimi
Prof. Dr. Ender MAKİNECİ	Orman Ekolojisi
Prof. Dr. Sezgin ÖZDEN	Ormancılık Politikası
Doç. Dr. Yalçın KONDUR	Orman Koruma
Doç. Dr. Serhat URSAVAŞ	Orman Botaniği
Prof. Dr. M. Nuri ÖNER	Silvikültür
Prof. Dr. Sedat KELEŞ	Orman Amenajmanı
Prof. Dr. Nazan KELEŞ	Peyzaj Tasarımı
Doç. Dr. Ender BUĞDAY	Orman Ürünleri Transportu
Doç. Dr. Üstüner BİRBEN	Ormancılık Hukuku

Dizgi Sorumlusu & Kapak Tasarımı
Dr. Meriç ÇAKIR

Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Dekanlığı 18200 Çankırı / TÜRKİYE
Tel: +90 376 212 2757 Fax: +90 376 213 6983

Bu dergi yılda iki defa yayınlanır

Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, Çankırı Karatekin Üniversitesi'nin 24.03.2010 tarih ve 11/3 sayılı kararı Yönetim Kurulu kararı uyarınca HAKEMLİ DERGİ olarak yayımlanmaktadır.

Aşağıdaki kaynaklar tarafından indekslenmektedir:

TR Dizin, Index Copernicus, Scientific Indexing Services, SOBIAD, DRJI, Google Scholar

**Anadolu Orman
Araştırmaları
Dergisi**



**Anatolian
Journal of Forest
Research**

**ISSN: 1309-856X
E-ISSN: 2564-7660**

Cilt: 10 No: 2 Aralık 2024 Vol: 10 Issue: 2 December 2024

Board of Editors

Assoc. Prof. Dr. Meriç ÇAKIR
Editor

Dr. Semih EDİŞ
Associate Editor

Asst. Prof. Funda OSKAY
Language Editor

Prof. Dr. Steve WOODWARD	Forest Pathology
Prof. Dr. Timothy O. RANDHİR	Environmental Sciences and Engineering
Prof. Dr. Rasoul YOUSEFPOUR	Forest Economy
Dr. Carlos A. GONZALEZ-BENECKE	Silviculture
Dr. Vitalie GULCA	Wildlife
Dr. Erjon MUHARREMAJ	Forestry Law
Prof. Dr. Melih BOYDAK	Silviculture
Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY	Forest Products Transport
Prof. Dr. Ünal AKKEMİK	Forest Botany
Prof. Dr. İlker ERCANLI	Forest Yield
Prof. Dr. Ceyhun GÖL	Basin Management
Prof. Dr. Ender MAKİNECİ	Forest Ecology
Prof. Dr. Sezgin ÖZDEN	Forestry Policy
Assoc. Prof. Dr. Yalçın KONDUR	Forest Conservation
Assoc. Prof. Dr. Serhat URSAVAŞ	Forest Botany
Prof. Dr. M. Nuri ÖNER	Silviculture
Prof. Dr. Sedat KELEŞ	Forest Management
Prof. Dr. Nazan KELEŞ	Landscape Design
Assoc. Prof. Dr. Ender BUĞDAY	Forest Products Transport
Assoc. Prof. Dr. Üstüner BİR BEN	Forestry Law

**Compositor & Cover Design
Dr. Meriç ÇAKIR**

Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Dekanlığı 18200 Çankırı / TURKEY
Telephone: +90 376 212 2757 Fax: +90 376 213 6983

This journal is published twice a year

Anatolian Journal of Forest Research has been published as REFEREED JOURNAL according to 03/24/2010 dated and 11/3 numbered decision of the Administrative Board of Çankırı Karatekin University

Abstracted and indexed in:

TR Dizin, Index Copernicus, Scientific Indexing Services, SOBIAD, DRJI, Google Scholar



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

• Suçlu mu Değil mi? Birleşik Krallık'ın Kingsnorth kararı ışığında çevre hakkına ilişkin Türk mevzuatının incelenmesi	1
• <i>Guilty or Not? Analyzing and applying Turkish legislation on the right to the environment to the UK's Kingsnorth rulling</i> Yavuz Özhan Türker	
• Yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği üzerine doğa eğitimi: İlköğretim öğrencileri örneği	8
• <i>Nature training on renewable energy sources, sustainability, and climate change: The case of primary school students</i> Tarık Gedik, Benzegül Durak, Necmi Aksoy, Haldun Müderrisoğlu, Engin Eroğlu, Osman Uzun, Akif Ketten, M. Kıvanç Ak, Neval Güneş Özkan, Nihan Koçer 6, Berfin Şenik, Melek Yılmaz Kaya, Tuba Gül Doğan, Nermin Başaran	
• Orman ağaçlarında depolanan karbon ve üretilen oksijen miktarının zamansal değişiminin analizi	16
• <i>Analysis of temporal changes in the amount of carbon stored and oxygen produced in forest trees</i> Nisa Naz Keleş, Bülent Tepebaş, Sedat Keleş	
• Alternatif orman yolu güzergâhlarının performans açısından CRITIC temelli MOORA yöntemiyle değerlendirilmesi	22
• <i>Evaluation of alternative forest road routes in terms of performance using the CRITIC-based MOORA method</i> Murat Özmen, Mustafa Akgül, Necmettin Şentürk	
• Pathogenicity of the <i>Sydowia polyspora</i> originating from different hosts on <i>Pinus brutia</i> in Türkiye	36
• <i>Türkiye'de farklı konukçulardan elde edilen Sydowia polyspora izolatlarının Pinus brutia üzerindeki patojenitesi</i> Refika Ceyda Beram	
• Depolanmış Anadolu Karaçamı tohumlarına kitosan, deniz yosunu ve hümik asit ile priming uygulamanın çimlenme üzerine etkileri	41
• <i>The effects of priming applications with chitosan, seaweed and humic acid on germination in stored Anatolian Black Pine seeds</i> Şeyma Selin Akın, Sezgin Ayan, Esra Nurten Yer Çelik, Hasan Alp Şahin	
• İstanbul Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların biyokütle ve karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi	49
• <i>Determining the biomass and carbon storage capacity of trees in Istanbul Freedom Park</i> Tuğsem Sönmez, Bilal Çetin	



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

• <i>Abies cilicica</i> (Antoine et Kotschy) Carrière subsp. <i>cilicica</i> 'nın aktüel meşcere kuruluşlarının bazı karakteristikleri	
• <i>Some characteristics of current stands of Abies cilicica</i> (Antoine Et Kotschy) Carrière subsp. <i>cilicica</i>	57
Orhan Gülseven, Sezgin Ayan	
• Türkiye orman fidanlıklarında yetiştirilen Karaçam ve Sahilçamı türlerine yönelik gerçekteşirilen bitki besleme faaliyetlerinin incelenmesi	
• <i>Investigation of feeding activities for Pinus pinaster and Pinus nigra species grown in Turkish forest nurseries</i>	69
Hakan Leventoğlu	
• Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak saf kavak meşcerelerinde meşcere hacmi ve göğüs yüzeyinin tahmin edilmesi	
• <i>Estimating stand volume and basal area using Sentinel-2 satellite image in pure poplar stands</i>	78
Sultan Demir, Alkan Günlü	
• Uluabat Gölü (Bursa) alansal değişim analizi (1987-2023)	
• <i>Uluabat Lake (Bursa) Spatial Change Analysis (1987-2023)</i>	87
İmren Kuşcu	
• Orman işletme depolarında mevcut durum ve ürünlerde meydana gelen kayıpların değerlendirilmesi: Marmara Bölgesi örneği	
• <i>Evaluation of current situation and product losses in forest enterprise depots: A case study from the Marmara Region</i>	94
Tülay Yılmaz, Coşkun Köse, Taner Okan, Mehmet Arslan, Murat Köse, Muvaffak Osman Engür	
• Antalya-Yeşilvadi yöresinde yayılış yapan kızılçam meşcereleri için yeni bir ağaç hacim modelinin geliştirilmesi	
• <i>Developing a new tree volume equation for Pinus brutia distributed in the Yeşilvadi region of Antalya</i>	108
Ferhat Bolat	
• Orman yangınları ve orman yakma suçunda toplumsal algının değerlendirilmesi (Balıkesir İli Örneği)	
• <i>Evaluation of social perception on forest fires and the crime of forest burning (The case of Balıkesir province)</i>	114
Gökçe Gençay, Kadir Karadere	



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

- Bazı endemik ve tıbbi öneme sahip bitki türlerinin uçucu bileşenlerinin yükseltiye bağlı değişimi
- *Elevation dependent variation of volatile compositions of some endemic and medicinally important plant species* 123
Ayşegül Tekeş, Sermin Göksu Karagöz, Musa Denizhan Ulsan
- Türkiye’de Orman Bölge Müdürlüklerinin orman yol yapımı ve bakımı maliyetlerinin k-medoid kümeleme yöntemi ile kümelmesi
- *Clustering of forest road construction and maintenance costs of Regional Forest Directorates in Türkiye using k-medoid clustering method* 139
Anıl Orhan Akay
- Evaluating the performance of the EUMETSAT H SAF H35 fractional snow-covered area product over the Tibetan Plateau
- *EUMETSAT H SAF H35 fraksiyonel karla kaplı alan ürününün Tibet Platosu üzerinde performansının değerlendirilmesi* 148
Semih Kuter, Çağrı Hasan Karaman, Mustafa Berkay Akpınar, Zuhâl Akyürek
- Fen, Sağlık ve Sosyal Bilimler üniversite öğrencilerinin iklim değişikliği hakkında bilgi ve farkındalık düzeylerinin belirlenmesi: Çankırı Karatekin Üniversitesi örneği
- *Determining the knowledge and awareness levels of Science, Health and Social Sciences university students about climate change: Case study of Çankırı Karatekin University* 157
Ceyhun Göl, Çiğdem Tanrıvermiş
- Türkiye’de orman alanlarında toprak kirliliği ile mücadelede hukuki çerçevenin değerlendirilmesi 163
- **Nilay Tulukcu Yıldızbaş**

Derleme / Review

- Repikajlı büyük fidan ve ağaçlarda nakil tekniği
- *Replanting and transplanting technique for large saplings with root balls and trees* 175
Salih Parlak, Kamil Erken



Suçlu mu Değil mi? Birleşik Krallık'ın Kingsnorth kararı ışıkında evre hakkına ilişkin Türk mevzuatının incelenmesi

Yavuz zhan Trker^{ID}*1

¹İstanbul şişli Meslek Yüksekokulu Adalet Programı, İstanbul

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 28/02/2024

Kabul Tarihi : 23/09/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1444443>

*Sorumlu Yazar:

yavuzozhan.turker@sisli.edu.tr

Z

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Günümüzde ormanların ve verimli toprakların hızla tükenmesi ve içme suyu kaynaklarının kirlenmesi hem evre hareketlerinin başlamasına hem de etkilerinin giderek artmasına neden olmuştur. Bu arada İngiltere mahkemelerindeki Kingsnorth kararı, önemli bir bakış açısını da beraberinde getirmiştir. Çalışmada bu mahkeme kararının çevresel eylemlere etkisi incelenmiştir.

Yöntemler çalışmada literature taramasının yanında yargı kararı analizi yapılmıştır. *Bulgular* Mahkeme, Kingsnorth elektrik santralinin bacasına tırmanarak ve üzerine yazı yazarak mülke suç teşkil eden zarar vermekle suçlanan aktivistleri, sanıkların protestolarının hukuken haklı nedenleri olduğu gerekçesiyle beraat ettirmiştir.

Sonuçlar alışma sonunda çevresel protestoların evre hakkı kapsamında hukuka uygun kabul edilebilecekleri sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kingsnorth, evre hakkı, mevzuat, yasalara uygunluk, kanunla atışma

Guilty or Not? Analyzing and applying Turkish legislation on the right to the environment to the UK's Kingsnorth rulling

ABSTRACT

Background and Aims Today, the rapid depletion of forests and fertile lands and the pollution of drinking water sources have led to both the emergence of environmental movements and their increasing impact. In the meantime, the Kingsnorth decision in the UK courts has brought along an important perspective. This study examines the impact of this court decision on environmental actions.

Methods In addition to a literature review, the study analyzed the judicial decision. Results The court acquitted activists accused of criminal damage to property by climbing and writing on the chimney of the Kingsnorth power station on the grounds that the defendants' protest was legally justified.

Conclusions The study concludes that environmental protests can be considered lawful under the environmental right.

Key Words: Kingsnorth, right to the environment, legislation, compliance with laws, conflict with law

Bu makaleye atf:

Türker, Y.., 2024. Sulu mu Değil mi? Birleşik Krallık'ın Kingsnorth kararı ışıkında evre hakkına ilişkin Türk mevzuatının incelenmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 1-7.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Çevre hareketleri, aşırı nüfus artışı, hava ve su kirliliği, orman ve toprağın bozulması, bitki ve hayvan türlerinin tükenmesi, doğal kaynakların orantısız kullanımı gibi çevre sorunlarına tepki olarak ortaya çıkmıştır. (Ceritli, 2001; Balkaya, 2014; Anonymous, 2019). Çevresel protestolar; büyük ölçekli yatırımları etkileyen politikalara karşı, bu yatırımların neden olduğu veya bu yatırımlardan kaynaklanması muhtemel çevresel risklere dikkat çekilerek yapılan protestolar, olarak tanımlanabilir. (Özen, 2011).

Özellikle Batı toplumlarında 1960'lı yıllarda muhalif öğrenci hareketleriyle etkili bir şekilde başlayan çevre protestoları, bu toplumlarda çevre bilincinin oluşmasına önemli katkılar sağlamıştır. Türkiye'de ise 1990'lı yıllarda çevredeki doğal dengenin bozulacağı endişesi nedeniyle vatandaşlar tarafından kamuoyunun dikkatini bu duruma çekmek amacıyla düzenlenen etkinliklerle özellikle Bergama, Aliğa ve Gökova'da benzer hareketler ortaya çıkmıştır (Kılıç, 2002). Bu protestolara katılanlar, belirli bir çevre sorununun veya adaletsizliğin varlığının, soruna ilişkin nedenlerin, sonuçların veya kabahatlerin, etkileme ve manipülasyon amaçlı önyargıların varlığının, olasılık ve olaylardaki değişikliklerin, ortak eylemlerin etkisi ve bu eylemlerin sonuçları ve ayrıca belirli sorunlara karşı isyan etme ve direnç göstermenin gerekliliğine inanıyordu (Kılıç, 2002).

Bu inançlar bazen yıkıcı, zarar verici ve hukuka aykırı protestolara dönüşebilmektedir. Bu eylemler çoğu zaman karşılıklı zararlar sonuçlanabilir. Örneğin 2017 yılında 207 çevre aktivistinin ölümü rapor edilmiştir. (Anonymous, 2019). Çalışmanın temelini oluşturan bu protestoların, Anayasa çerçevesinde tanınan bir hakkı savunup savunmadığı ve özellikle İngiliz mahkemelerinin Kingsnorth davası kararı ışığında ceza hukuku açısından haklı bir sebep olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceği tartışılacaktır.

İklim değişikliğiyle ilgili en önemli vaka, İngiltere'deki çevre aktivistlerinin 2007'de, Kent şehrindeki kömürlü termik santral bacasına dönemin İngiltere başbakanının adının "Gordon" olarak yazılmasıyla başlattığı protestoların ardından yaşanmıştır.¹ Göstericiler, her gün 20.000 ton CO2 üretimiyle İngiltere'nin en büyük 5'inci kirleticisi olan kömür yakıtlı elektrik santralini kapatılmasını amaçlamışlardır. Ayrıca seslerini İngiltere Başbakanı'na duyurarak yeni santral kurulmasını da engellemeye çalışmışlardır. Başlangıçta aktivistlere bacaya verilen zarar için 30.000 pound ödeme emri verilmişti. Ancak 2008 yılında, 1971 tarihli Cezai Zararlar Yasası (Criminal Damage Act)'nin 5. maddesi uyarınca beraat ettiler. Aktivistler, beraatlerine yol açan savunmalarında bacaya zarar verdiklerini itiraf etmiş ancak bunun nedeninin tüm Dünya için acil bir tehdit oluşturan iklim değişikliğinin tehlikelerine karşı korumak olduğunu da savunmalarına eklemişlerdir. Bunun üzerine mahkeme, davada haklı nedenin bulunup bulunmadığını inceleyerek aktivistlerin beraatine karar vermiştir. Söz konusu davada savcı, protestonun yasal çerçevede gerçekleştirilen bir eylem olmadığını, sivil itaatsizlik eylemi olduğunu ifade etmiştir. Mahkeme ise yargılama sürecinde, çeşitli iklim

değişikliği uzmanlarının ifadelerini alarak, söz konusu santralden kaynaklanan karbondioksit emisyonları nedeniyle yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olan 400'e yakın türü tespit etmiştir. Ayrıca savunma ise iklim değişikliği nedeniyle su seviyelerinin yükselmesi nedeniyle dünyanın çeşitli bölgelerinde kıyı şeritlerinde ciddi hasarlar oluşacağını ileri sürmüştür.

Hakim, davadaki asıl meselenin protestocuların yasayı ihlal edip etmediğini belirlemek değil, haklı bir nedenin bulunup bulunmadığını tespit etmek olduğunu belirtmiştir. Jüri kararına göre başkalarının mallarının korunması açısından protestonun acil ve kaçınılmaz olduğu da eklenmiştir. Kingsnorth kararında Mahkeme, protestocuların gerçekten de meşru müdafaa eylemi gerçekleştirdiklerini kabul etmiştir.

Çevrede yaşanan olumsuzlukların günümüzün en önemli sorunu haline geldiği açıktır. Bu anlamda Kingsnorth Mahkemesi'nin kararı çok önemlidir. Çünkü ilk kez bir mahkeme konuyu çevre hakları kapsamında değerlendirmiş ve çevreye zarar veren eylemlere karşı direnişin hukuka uygun olarak kabul edileceği yönünde karar vermiştir. Bu karar, başta Türkiye olmak üzere önemli çevre sorunları yaşayan birçok ülkeye örnek olacaktır.

Sonuç olarak bu çalışmada hukuka aykırı çevresel eylemlerin çevre hakkı kapsamında ele alınıp alınmayacağı incelenmiştir.

2. Çevresel Protestolar Haklı Bir Neden Olarak Değerlendirilebilir mi?

Çevre protestoları çevre hakkı temel alınarak yapılan protestolardır. Mahkemenin Kingsnorth davasındaki kararına da konu olan çevresel eylemlerin niteliğini tartışmak önem arz etmektedir. Bu kategoride sınıflandırılacak protestolar dünya genelinde her geçen gün artmaktadır. Bu protestoları gerçekleştirenlerin çoğunlukla genç kuşaktan olduğu gözlemlenmektedir. Örneğin İngiltere'de çoğunluğu genç aktivistlerden oluşan ve "Yok Olma İsyanı (Extinction Rebellion)" olarak bilinen grup, "Biz son nesil miyiz?" sloganıyla protesto düzenlemiştir. (Anonymous; 2019a). Almanya, Belçika ve İsviçre'de de binlerce öğrenci "Gelecek için Cumalar (Fridays for Future)" sloganıyla yürüyüş yapmışlardır. Bu yürüyüşlerin amacı, kötüleşen iklim değişikliği düzensizliklerine ve karbondioksit emisyonlarına dikkat çekmektir. (Anonymous, 2019b). Bu spesifik örnekler esas olarak genç neslin gelecekleriyle ilgili kaygılarını göstermektedir.

Çevresel protestoların haklı sebep oluşturup oluşturmadığını ele almak ve değerlendirmek için öncelikle bu protestoların çevre hakkı kapsamında değerlendirilip değerlendirilemeyeceğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla çevre hakkını tartışmadan önce öncelikle "hak" kelimesinin hukuk açısından anlamını incelemek bir ön koşuldur.

Hak, kanunla korunan ve sahibine bu korumadan yararlanma yetkisi veren menfaattir (Helvacı ve Ergüle, 2011; Gözler, 2012; Oğuzman ve Barlas, 2012). Serozan (2011) ise hakkı, avantajlı

¹Protestocular durdurulmadan önce bacanın üzerine "Gordon Bin it" yazıyordu. "<https://www.theguardian.com/environment/2007/oct/08/climatechange.energy>

veya imtiyazlı bir hukuki konum, menfaat, irade gücü, irade özgürlüğü, genel olarak bir kişinin mülkiyeti ile ilgili olarak hukuk düzeni tarafından tanınan bir özgürlük olarak tanımlanmaktadır.

Hak, hukukun temel kavramlarından biri olduğundan bazı yabancı hukuk sistemlerinde hak ve hukuk aynı kelimeyle ifade edilmektedir. Fransızca'da "droit", Almandaca "recht", İtalyancada "diritto" hem hak hem de hukuk anlamına gelmektedir (Oğuzman ve Barlas, 2012).

Her hak hukuki bir prensibe dayanmaktadır. Bu hukuk ilkesinin kanun, Cumhurbaşkanlığı kararnamesi, kanun hükmünde kararname, tüzük veya yönetmelik gibi yazılı bir kaynağa veya örf ve adet hukuku gibi yazılı olmayan bir kaynağa dayanmasının hiçbir önemi yoktur (Akıntürk, 2008). Kanunla korunmayan bir yetki ve menfaat, hak olarak değerlendirilemez; aksine, yalnızca geri alınabilecek ve her zaman kaldırılabilir bir iyilik, lütuf, rica, jest, umut veya beklentidir. Öte yandan hukuk düzeninin koruduğu her menfaat veya irade, fiili subjektif bir hak olarak da değerlendirilemez. Örneğin, trafiğin düzenlenmesini, kamu sağlığını, çevreyi ve doğal yaşam alanlarını koruyan kanunlar dolaylı bir fayda sağlasa da, kişiye bu hukuki korumayı kendisinin sağlamasına fırsat tanınarak pekiştirilen bir temel hakkın varlığından da söz edilemez. Kişi bu hakkıyla ilgili kendisi herhangi bir talepte bulunamaz (örneğin tazminat isteyemez). Serozan (2011), dolaylı korumanın, yararlanıcının iradesinden bağımsız olarak doğrudan devlet organları tarafından sağlandığı durumlarda, bunun bir hakkın varlığı olarak değil, objektif hukukun sonuçsal bir yan etkisi olarak ileri sürülebileceğini ileri sürmektedir. Serozan ayrıca, günümüzde çevrenin ve doğal yaşam alanlarının korunmasının hukukun bir sonucu olmaktan ziyade bireysel bir hak haline dönüştüğünün altını çizmektedir. (Serozan, 2011). 'Hak' ifadesinin tanımlanmasında çeşitli görüşler dile getirilmiştir. Bunlardan en öne çıkanları "irade teorisi" ve "çıkar teorisi"dir.²

İrade teorisi, hakkı, hukuk düzeninin bireylere verdiği irade hakimiyeti veya irade gücü olarak tanımlar. Bu tanıma göre bir kişi, ancak başkalarını kendi iradesine uygun hareket etmeye zorlama hakkına sahip olduğu takdirde belirli bir konuya ilişkin hakka sahip olur. Bu tanıma getirilen en büyük eleştiri, hakkın dış görünüşünü tanımlaması ve içeriğinin belirtilmemesidir (Serozan, 2011; Oğuzman ve Barlas, 2012). Menfaat teorisi ise hakkı kanunla korunan menfaat olarak tanımlar. Bu görüşe yöneltilen en büyük eleştiri ise sadece menfaati dikkate alması ve iradeye önem vermemesidir (Serozan, 2011; Oğuzman and Barlas, 2012).

Günümüzde daha yaygın olarak benimsenen bakış açısı ise karma nitelikte olup, hakkı, kanunla korunan ve sahibine bu korumadan yararlanma yetkisini veren menfaat olarak tanımlanmaktadır (Schwarz, 1942; Saymen, 1960; Tekinay, 1992). Oğuzman ve Barlas (2012) da eğer hukuk düzeni bir menfaati koruyorsa, bu korumadan yararlanma yetkisinin zaten hak sahibine sağlanmış olduğunu öne sürerek irade teorisiyle aynı sonuca ulaşımlardır. Yazarlar örnek olarak kusurlu yükümlülükler sunmaktadır. Burada korunan menfaat, kanunun

bir hak tanınmasına rağmen sınırlıdır. Alacaklı, borçluyu borcunu ödeme yükümlülüğünü yerine getirmeye zorlayamaz; ancak borçlu borcunu ödediği takdirde bu işlem geçerli sayılır ve borçlu ödediği tutarı sonradan geri talep edemez.

Bir hakkın kullanılabilmesi için dört şartı olduğu kabul edilmektedir. Buna göre: Hukuk düzeni tarafından tanınmalı (Devlet bu hakkı tanımalı); bir kişiye tahsis edilmeli; kişiye irade gücü sağlamalı ve kişisel çıkarlarını tatmin etmelidir (Lehmann ve Hübner, 1966; Medicus, 2010; Brox ve Walker, 2010; Serozan, 2011).³

"Hak" statik bir kavram olmayıp, sürekli değişen ve genişleyen bir kavramdır. Örneğin, bilgi edinme hakkı ve sağlıklı çevre hakkı son yıllarda ortaya çıkan haklar arasındadır (Serozan, 2011; Gemalmaz, 2012).

Bu bağlamda, insanın sağlıklı bir çevrede yaşama hakkına sahip olduğu gerçeğine ilk kez 1966 yılında imzalanan "Uluslararası Ekonomik, Sosyal ve Kültürel Haklar Sözleşmesi"nde atıfta bulunulmuştur (Güneş ve Aydın-Coşkun, 2004). Bilindiği üzere bu sözleşme, Uluslararası Medeni ve Siyasi Haklar Sözleşmesi'nin tamamlayıcısı olarak ifade edilmekte ve bununla birlikte İnsan Hakları Evrensel Beyanamesi'nin ekini oluşturmaktadır. Çevre hakkı, 1972 yılında 1. Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansında Stockholm Deklarasyonu'nda şu şekilde tanımlanmıştır: "İnsan, kaliteli bir çevrede özgürlük, eşitlik ve yeterli yaşam koşullarına sahip olma temel hakkına sahiptir. Onurlu ve refah dolu bir yaşama izin verir ve şimdiki ve gelecek nesiller için çevreyi koruma ve iyileştirme konusunda ciddi bir sorumluluk taşır..." (Güneş ve Aydın-Coşkun, 2004; Ertaş, 2012; Anon, 2014).

Konuya Türkiye özelinde bakılırsa, 1982 tarihli Türkiye Anayasası'nın 56. maddesinde "Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirliliğini önlemek vatandaşların yanı sıra devletin de görevidir" demıştır. Anayasa, sağlıklı bir çevrede yaşamayı bir hak saymanın yanı sıra, koruma görevini de yüklemektedir. Bu görev hem vatandaşlara hem de Devlete düşmektedir. Yılmaz-Turgut (2009), Anayasa'nın yukarıdaki hükmü düzenleme şeklinin vatandaşlara sadece çevreyi kirletmeme konusunda pasif bir yükümlülük getirmediğini, aynı zamanda çevreyi kirleten herkese (hükümet veya özel sektör) karşı çıkma yükümlülüğü getirdiğini de iddia etmiştir. Çevreye zarar verebilecek tedbirlerin alınmasını ve olumsuz sonuçların önlenmesine yönelik kararların vermesini sağlamak vatandaşların görevleri arasındadır. Kaboğlu (1992) ise tam tersine, çevre hakkının sağlanması ve bu hakka aykırı eylemlerin önlenmesi ve cezalandırılması yükümlülüğünün devlete ait olduğunu belirtmiştir.

Çevre hakkı doktrinde yaşam hakkının bir uzantısı olarak değerlendirilmekte ve bu nedenle sağlıklı bir çevre olmadan yaşam hakkının korunmasının mümkün olmadığı savunulmaktadır (Gemalmaz, 1987; Şen, 1994). Çevre hakkı, hakkın sahibi, hakkın konusu, yükümlülükler ve bu yükümlülüklerle tabi olanlar açıkça düzenlendiğinden bunun normatif nitelikte bir insan hakkı olduğu kabul edilmelidir (Özdek, 1993; Üçışık ve Üçışık, 2013). Çevre hakkını diğer

² Koziol ve Welser, 1995; Schwarz, 1942; Saymen, 1960; Köprülü, 1984; Tekinay, 1992'dan özetlenmiştir. Ayrıntılı bilgi için bu yayınlara bakılabilir. Aynı şekilde karşıt görüşler Akıntürk (2008) ve Serozan (2011)'dan özetlenmiştir.

³ Benzer şekilde Gözler (2012) de bir hakkın gereklerini kişi unsuru, menfaat unsuru ve hukuk düzeni tarafından tanınma ve korunma unsuru olmak üzere üç unsur belirtmiştir.

haklardan ayıran temel unsur, kişisel olarak mağdur olmayanların da hak sahibi sayılmasıdır (Yılmaz-Turgut, 2009).

Çevre hakkının kullanılması açısından en önemli hususlar, Aarhus Sözleşmesi'nde de belirtildiği gibi bilgi edinme hakkının, toplantılara katılma hakkının ve dava açma hakkının sağlanmasıdır. (Yılmaz-Turgut, 2009). Çevre hakkından tam anlamıyla yararlanabilmek için katılım hakkının tanınması gerekir. Ayrıca çevreye yönelik alınacak kararlara daha geniş katılımın sağlanması da önemlidir. Bu nedenle çevreye ilişkin belgelere erişimin kolaylaştırılması, toplumun karar alma süreçlerine katılımının sağlanması, hukuki yollara ve davalara erişimin kolaylaştırılması gerekmektedir. Bu şekilde çevresel konulara geniş katılım sağlanabilir ve sonuçta Aarhus Sözleşmesinin temel amacı olan çevre korumada etkinliğin artırılması da garanti edilebilir (Abdulahakimoğulları/Sezer/Akpınar, 2011). Buna göre kamu otoriteleri, Sözleşme kapsamında talep edilen çevresel bilgileri üçüncü kişilere herhangi bir menfaat gözetmeksizin sağlamakla yükümlüdür. Sözleşmenin çevresel bilgiyi geniş bir bağlamda ele aldığı görülmüştür. Aarhus Sözleşmesi'nin şüphesiz bir diğer önemli yönü yargısal başvurudur. Uygun yargı merciine başvurma hakkı, çevresel bilgiye erişim ve toplumun çevresel kararlara katılımını garanti altına almanın yanı sıra, ulusal çevre kanunları kapsamında meydana gelebilecek herhangi bir ihlalin önlenmesi açısından da bir güvence olarak kabul edilmektedir. (Güneş, 2010; Kılıç, 2012). Aarhus Sözleşmesi'nde düzenlendiği gibi, bu üç ilke ancak her üç önermeye de uygun şekilde uyulduğu zaman anlamlı hale gelir. Çevreye olumsuz etkisi olabilecek bir projede toplumun bilgiye erişimi sağlanmalı; halkın katılımını sağlayacak toplantılar yapılmalı ve bunların yetersiz kaldığı durumlarda halkın uygun yargı organına erişim yetkisi kolaylaştırılmalıdır.

Bu bağlamda Türk Anayasası'nda bilgi edinme hakkına da yer verilmiş olup⁴, bu konuda bir kanun da çıkarılmıştır. Hem Anayasa'nın hem de kanunun ilgili maddeleri sadece çevreyle ilgili değil, her türlü konuyu ilgilendiren düzenlemeler içermektedir.⁵

Bilgi Edinme Hakkı Kanunu uyarınca, bilgi talep edilen kurum ve kuruluşlar, bilgi talebine cevap verilmesine yönelik tedbirleri derhal almakla yükümlüdür. Keyfi olarak yanıt vermekten kaçınmazlar.⁶ Elbette kamu kurum ve kuruluşlarının talep edilen her türlü bilgiye olumlu yanıt verme zorunluluğu yoktur. Kanun buna da sınırlar koymuştur. İstenilen bilginin bir kurum tarafından özel bir araştırma veya analiz yapılması gerekiyorsa, ilgili kurumun sadece bu amaçla bu tür bir araştırma yapması beklenemez; dolayısıyla böyle bir durumda kurumun bilgi talebine olumsuz yanıt vermesi mümkündür.⁷

Ayrıca bu mevzuat uyarınca verilmesi istenen bilgilerin ticari sır, fikri mülkiyet hakkı vb. içermesi durumunda hem kamu kurumları hem de özel kuruluşlar olumsuz yanıt verebilmektedir. Ayrıca ilgili belgelerin gizli bilgiler içermesi halinde ilgili kurum veya kuruluşlar bu bilgileri gizli bilgiler

hariç tutarak temin edebilir. Ayrıca Aarhus Sözleşmesi'nin bir diğer ayağını oluşturan toplantılara halkın katılımının çeşitli çevre düzenlemelerinde yer aldığı da gözlemlenmiştir. Mesela Çevre Kanunu'nun İlkeler bölümü katılımı içermektedir.⁸ Ancak Türkiye'de doğrudan yargıya erişime yönelik bir düzenleme bulunmamaktadır.

3. Çevre Hakkının Sınırlandırılması Sorunu

Bir insan hakkı olarak kabul edilen çevre hakkına sınırlamalar getirilmesi elbette mümkündür. Devletin ve toplumun varlığını ve devamlılığını sağlamak için özgürlüklerin sınırlandırılması ihtiyacı kaçınılmazdır (Kapanı, 1981; Gözler, 2012). Ancak bu sınırlamaların getirilmesi keyfi olarak kullanılmamalı ve hakkın özünü tamamen ortadan kaldırmamalıdır. Fransız İnsan ve Yurttaş Hakları Bildirgesi,⁹ "Her insanın doğal haklarını kullanmasının, toplumun diğer üyelerinin de aynı haklardan yararlanmasını güvence altına alan sınırlar dışında hiçbir sınırı yoktur" diyerek özgürlüğün sınırlarını belirlemektedir. Aynı metinde bu sınırların ancak belirli kanunlarla belirlenebileceği belirtilmiştir.

Sınırlamalarda, ilgili hakkın kullanımında bireyin menfaatinden ziyade kamu menfaati, yani toplum menfaati ön planda tutulmalıdır. Türkiye Cumhuriyeti Anayasa Mahkemesi 1979 tarihli bir kararında,¹⁰ temel hak ve özgürlüklerin kanunla sınırlandırılmasıyla sağlanacak kamu yararının, bu sınırlamaların kişilere vereceği zarardan daha büyük olması durumunda, kamunun yararının varlığına hükmedilmesi gerektiğini belirtmiştir (Akad ve Vural-Dinçkol, 2011). Mahkeme, Türkiye Cumhuriyeti Anayasa Mahkemesi'nin aynı konudaki bir başka kararında da temel hak ve özgürlüklerin özüne zarar veren ve bunları hiçbir şekilde uygulanamaz hale getiren sınırlamaların demokratik toplum düzenine aykırı olduğunu tespit etmiştir.¹¹ Doktrinde Gözler (2012) sınırlamaları belirli gerekliliklere bağlamış, bunları olağan ve olağanüstü dönemler için ayırmıştır. Buna göre olağan dönemlerde getirilen sınırlamaların yasama organı tarafından konulması, belirli gerekçelere dayanması, orantılılık ilkesine uygun olması ve Anayasa'nın lafzına aykırı bir sınırlama getirmemesi gerekmektedir. Gözler (2012) ayrıca bazı ek gereklilikler de öngörmüştür. Bu ek gereklilikler "hakkın özüne zarar verme yasağı" (Akad ve Vural-Dinçkol, 2011) ve "demokratik toplum düzeninin gereklerine uyma zorunluluğu" olarak sınıflandırılabilir. Gözler (2012) orantılılık ilkesine uyulması, uluslararası hukuktan kaynaklanan yükümlülüklerin ihlalden kaçınılması ve olağanüstü hallerde dahi çekirdek alanlara müdahale edilmemesinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Olağanüstü halin uygulanmadığı bölgelerde temel hak ve özgürlüklerin korunmasını sağlamak için, grev hakkı ve toplanma özgürlüğü gibi pozitif olarak sınıflandırılmayan haklara müdahaleden kaçınılması gerektiğini de belirtmektedir. Son olarak olağanüstü halin geçerli olduğu sürenin dışında temel

⁴ 1982 Anayasası md. 74/4

⁵ 09.10.2003 tarihinde çıkarılan 4982 sayılı Bilgi Edinme Hakkı Kanunu

⁶ Bilgi Edinme Hakkı Kanunu md. 5

⁷ Bilgi Edinme Hakkı Kanunu md. 7/2

⁸ Çevre Kanunu md. 2

⁹ Madde 4

¹⁰ Anayasa Mahkemesinin 08.02.1979 tarihli ve E. 78/54, K. 79/9 sayılı kararı

¹¹ Anayasa Mahkemesinin 26.11.1986 tarihli ve E. 85/8, K.86/27 sayılı kararı

hak ve özgürlüklere müdahalenin önlenmesi gerektiğini belirtmiştir.

Sınırlamaların kanunla yapılacak olmasının üç önemli faydası bulunmaktadır. Bunlardan ilki, yürütme yetkisinin kullanılması yoluyla temel hak ve özgürlüklere müdahalenin önlenmesidir. Kanunlar yasama organı tarafından açık toplantılar ve müzakereler yoluyla hazırlandığı için toplumun denetiminin de sağlanması mümkündür. Bir kanunun doğası gereği genel kurallar getirmesi nedeniyle sınırlamaların objektifliğinin sağlanması gerekecektir (Kapani, 1981; Gözler, 2012). “Belirli sebepler” ifadesi, temel hak ve özgürlüklerin sınırlandırılmasında kamu yararını korumayı amaçlayan sebeplerin bulunduğunu, kamu düzeninin, kamu sağlığının ve kamu huzurunun sağlanması gerektiği anlamına gelmektedir (Gözler, 2012).

Sınırlamanın ölçülülük ilkesine uyması gerekiyorsa, kullanılan aracın sınırlamanın gerçekleştirilmesine uygun olması, kullanılan aracın sınırlamanın amacına uygun olması ve son olarak araç ve amacın orantılı olması gerekir (Sağlam, 1982; Gözler, 2012). Bir başka gereklilik de, sınırlama getirilirken hiçbir eylem veya yorumun Anayasanın lafzına aykırı olmamasıdır. Anayasa bir hak vermişse, bu hakkı ortadan kaldıran, kullanılmasını engelleyen, hatta sınırlayan her türlü yasa, doğası gereği Anayasa'nın lafzına aykırıdır.

Özellikle Anayasa Mahkemesi kararlarından ortaya çıkan sonuçlar şunlardır: Çevre hakkının sınırlandırılması mümkündür. Ancak bu sınırlama yalnızca kanunla yapılabilir. Çevre hakkı, aksi yönde getirilen sınırlamalar nedeniyle kullanılamaz hale gelmemelidir.

4. Haklı Neden, Yasal Olarak Nasıl Tanımlanır?

Çevresel protestoların haklı bir neden oluşturup oluşturmadığını belirlerken “haklı nedenin” anlamı dikkate alınmalıdır.

Kanunla çatışma, hukuk düzeninin bir eylemin gerçekleştirilmesine izin vermemesi ve böyle bir eylemin hukuk düzeninin tümüne aykırı olması anlamına gelir (Dönmezer ve Erman, 1981; İçel/Sokullu-Akıncı/Özgenç/Sözür/Mahmutoğlu/Ünver, 2002; Ersoy, 2002; Demirbaş, 2009; Özgenç, 2012; Koca ve Üzülmez, 2013). Bir eylemin hukuka aykırı sayılması ancak haklı bir nedenin bulunmadığının belirtilmesi durumunda mümkündür. Tıpe uygunluk belirlenirken işlenen fiil ancak ceza hukuku açısından değerlendirilebilir.¹² Öte yandan kanuna aykırılık unsurunun var olabilmesi için, fiilin işlenmesinin hukuka uygun olup olmadığının tespiti için fiilin hukuk düzeninin bütünü kapsamında değerlendirilmesi gerekmektedir (Koca ve Üzülmez, 2013).

Bu açıdan bakıldığında ceza hukukunda suç olarak tanımlanan bir eylem, anayasal bir hak olan çevre hakkı açısından haklı ve hukuka uygun hale gelebilir. Yukarıdakilere dayanarak İngiliz Mahkemesinin Kingsnorth kararında verdiği karar dikkat çekicidir. Greenpeace üyesi bir grup aktivist, İngiltere Başbakanı'nın adını bir enerji santralinin bacasına

çizerek, elektrik üretimini durdurmaya çalışmıştır. Bunun üzerine davada haklı nedenin var olup olmadığı sorusunu inceleyen Mahkeme, aktivistlerin beraatine karar vermiştir.¹³ Söz konusu davada savcı, protestonun yasal çerçevede gerçekleştirilen bir eylem olmadığını, sivil itaatsizlik eylemi olduğunu ifade etmiştir. Mahkeme ise yargılama sürecinde çeşitli iklim değişikliği uzmanlarının ifadelerini almış ve söz konusu santralden kaynaklanan karbondioksit emisyonları nedeniyle yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olan yaklaşık 400 türü tespit etmiştir. Ayrıca savunma makamı, iklim değişikliği nedeniyle su seviyelerinin yükselmesi sonucunda dünyanın çeşitli bölgelerindeki kıyı şeritlerinde ciddi hasarlar oluşacağını ileri sürmüştür. Yargıç, davadaki asıl meselenin protestocuların yasayı ihlal edip etmediğini belirlemek değil, haklı bir nedenin mevcut olup olmadığını tespit etmek olduğunu belirtmiştir. Jüri kararına göre, başkalarının mallarının korunması açısından protestonun acil ve kaçınılmaz olduğunu eklenmiştir.¹⁴ Kingsnorth kararında Mahkeme, protestocuların gerçekten de meşru müdafaa eylemi gerçekleştirdiklerini kabul etmiştir. Meşru müdafaa, bir kişinin kendisini veya bir başkasını hedef alan bir saldırıya karşı savunma amacıyla güç kullanması anlamına gelir ve bu güç kullanımının ilgili saldırıyı püskürtecek yeterlilikte olması gerekir (Koca ve Üzülmez, 2013).

Bir diğer haklı sebep ise hakkın kullanılmasıdır. Hukuk düzeni bireylere bir konuda belirli bir hak vermişse ve bu hakkın sınırları içinde bir fiil işlenmişse, hakkın kullanılmasını oluşturan fiiller hakkında hukuka aykırılık iddiası ileri sürülemez (Dönmezer ve Erman, 1981; Oktar, 1998; Centel/Zafer/Çakmut, 2011; Koca ve Üzülmez, 2013). Koca ve Üzülmez (2013) bu hakkın kaynağının kamu hukuku, özel hukuk, hatta örf ve adet hukuku olabileceğini belirtmiştir.

Bir hakkın kullanılmasının haklı sebep sayılabilmesi için, kişinin doğrudan kullanabileceği subjektif bir hakkın bulunması gerekir. Bireyin ilgili haklarını sınırlar dahilinde kullanması gerektiği; hakkın kullanılması ile fiilin işlenmesi arasında türüne uygun bir nedensellik ilişkisinin bulunması gerekmektedir (Özgenç, 2012; Koca ve Üzülmez, 2013).

Bir bağlamda Mahkemenin Kingsnorth davasındaki kararı incelendiğinde gerçekleştirilen protestonun sivil itaatsizlik eylemi olduğu değerlendirilebilir. Rawls'a göre sivil itaatsizlik, "yasalarda veya hükümet politikalarında değişiklik yapmak amacıyla gerçekleştirilen, kamuya açık, şiddet içermeyen ve vicdani bir yasa ihlalidir". Zinn ise bunu "hayati bir sosyal amaç için hukukun kasıtlı olarak ihlali" olarak tanımlıyor.¹⁵

5. Sonuç ve Değerlendirme

Kingsnorth'taki mahkemenin kararını Türk hukuku açısından değerlendirmek büyük önem taşımaktadır. Çünkü çevre sorunları ilk bakışta sadece bölgesel olarak görünse de aslında tüm dünyayı etkilemektedir. Dolayısıyla dünyanın herhangi bir yerinde meydana gelen olumlu bir çevresel gelişme, tüm dünya için bir emsal teşkil edebilir.

¹² Bir protestonun o suça ilişkin belirlenen kriterlere uygunluğu türe uygunluk olarak tanımlanabilir.

¹³ <http://acikradyo.com.tr/arsiv-icerigi/bir-hukuka-uygunluk-sebebi-olarak-iklim-degisikligi>

¹⁴ <http://acikradyo.com.tr/arsiv-icerigi/bir-hukuka-uygunluk-sebebi-olarak-iklim-degisikligi>

¹⁵ http://www.canaktan.org/felsefe-sosyo/sivil-taat/sivil_itaatsiz.htm

Kingsnorth protestosunda aktivistler, Kingsnorth'taki kömür santrali hakkında bazı sözler yazarak santralde elektrik üretimini durdurmaya çalışmıştır. Bu davada işlenen fiil, Türk Ceza Kanunu'na göre mala zarar verme suçunun¹⁶ nitelikli halini¹⁷ oluşturmaktadır. Burada tartışılması gereken asıl nokta, işlenmiş olan suçun, objektif ve sübjektif unsurların cezalandırılabilir olup olmadığıdır.

Yukarıda açıklandığı gibi çevre hakkı, 1982 tarihli Türkiye Anayasası'nın vatandaşlara tanıdığı ve temeli uluslararası sözleşmelere dayanan bir haktır. Anayasa, sağlıklı ve temiz bir çevrede yaşamının her insanın vazgeçilmez bir hakkı olduğunu beyan etmektedir. Bireylerin bu hakkı kullanabilmeleri için Aarhus Sözleşmesi sonucunda ortaya çıkan bilgi edinme, halkın katılımı ve yargıya erişim haklarının tanınması yeterli görülmektedir. Ancak yargıya erişim hakkı hariç tutulduğunda diğer ikisinin pasif yetki haline gelerek karar alma süreçlerine katkı açısından yetersiz hale geldiği görülebilir.

İngiliz mahkemesi kararını meşru müdafaa gerekçesine dayandırmıştır. Bunu yaparken birçok türün yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğu ve iklim değişikliği nedeniyle bu türlerle birlikte insanların da zarar göreceği gerçeğinden hareket etmiştir. Bu nedenle mahkeme, aktivistlerin kendilerini olumsuz etkileyen bir projeye karşı sivil itaatsizlik olarak da değerlendirilebilecek bir eylemle meşru müdafaa haklarını kullandıklarına karar vermiştir.

İngiliz mahkemesi kararını haklı sebeplerin dayanaklarından biri olan meşru müdafaa esasına dayandırsa da Türk hukuku kapsamında aynı sonuca ulaşmak zordur. Türk hukukunda meşru müdafaa, kişinin kendisine veya bir başkasının hakkına yönelik fiili bir saldırıyı, belirli bir olayın o andaki koşulları dikkate alınarak orantılı bir güç kullanarak püskürtmesi gerekliliği olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak tehdidi ortadan kaldıracak başka bir yol bulunmadığında meşru müdafaa savunmasının geçerli olduğu ifade edilebilir. Çevresel protestolar açısından Aarhus Sözleşmesi başka bir çözüm sunmaktadır; bu da yargı yoludur. Başka bir deyişle, hükümetler çevresel konularda yargıya erişimi kolaylaştıracak önlemler almalıdır.

Türk hukukuna göre bu tür bir eylem, hukuka uygunluk nedenlerinden "hakkın kullanılmasıyla" haklı gösterilebilir. Ceza hukukunun mantığı, haklarını kullanan kişinin cezalandırılmayacağını yansıtmaktadır. Bu durumda bireylerin sahip olduğu hak, çevre hakkıdır. Çevre hakkı yaşam hakkının ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilmektedir. Her insanın sağlıklı bir çevrede yaşama hakkı vardır ve bu hakkın korunmasına yönelik tedbirler alabilir. Türkiye Cumhuriyeti Anayasa Mahkemesi, kararlarında tüm hakların sınırlandırılabilmesini ancak hakkın özüne zarar verilmeyeceğini belirtmiştir. Bu nedenle aktivistlerin barışçıl bir şekilde protesto yapmaları ve bu sayede toplumda bir farkındalık yaratmaya yönelik çaba göstermeleri, hakkın kullanılması çerçevesinde haklı bir sebep olarak görülmelidir.

Kaynakça

- Abdulahkimoğulları, E., Sezer, Ö. ve Akpınar, M. Küresel Ulusal ve Yerel Düzeyde Bir İnsan Hakkı Olarak Çevre Hakkının Gelişimi, *SDÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Yıl: 2011/2, S.14, ss.61-88, 2011.
- Akad, M. Vural-Dinçkol, B. ve Bulut N. (2023). *Genel Kamu Hukuku*, Yetkin Yayınları, İstanbul.
- Akıntürk, T. ve Ateş, D. (2008). *Medeni Hukuk*, Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Anonim, (2014). *Uluslararası Çevre Sözleşmeleri*, Türkiye Barolar Birliği Yayınları, Ankara.
- Anonymous, (2019). Why we need to stand up for Earth defenders this World Environment Day, <https://www.amnesty.org/en/latest/campaigns/2019/06/why-we-need-to-stand-up-for-earth-defenders-this-world-environment-day/> (Ziyaret Tarihi: 20.07.2023).
- Anonymous, (2019a). Londra'da çevre eylemleri devam ediyor: Bizler son nesil miyiz? https://www.ntv.com.tr/galeri/dunya/londrada-cevre-eylemleri-devam-ediyor-bizler-son-nesil-miyiz,Wu2vTp1O_0a0tMTJLo9C1Q/Q1PIBkDMpE6p6d-Fxx2nFg (Ziyaret Tarihi: 20.07.2023).
- Anonymous, 2019b, Avrupa'da Öğrencilerden Çevre Eylemleri, <https://gazete.alinteri1.org/avrupada-ogrencilerden-cevre-eylemleri> (Ziyaret Tarihi: 20.07.2023).
- Balkaya, F. (2014). Yeni Toplumsal Hareket Çeşidi Olarak Çevreci Hareketler, *Küresel İktisat ve İşletme Çalışmaları Dergisi*, Cilt:3 (5), ss. 32-42.
- Brox, H. ve Walker W. D. (2007). *Allgemeines schuldrecht*, München, Beck.
- Centel, N., Zafer, H. ve Çakmut, Ö. (2023). *Türk Ceza Hukukuna Giriş*, Beta Basım Dağıtım, İstanbul.
- Ceritli, İ. (2001). Çevreci Hareketin Siyasallaşma Süreci, *Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25(2), 213-226.
- Demirbaş, T. (2023). *Ceza Hukuku Genel Hükümler*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Dönmezer, S. ve Erman, S. (2021). *Nazari ve Tatbiki Ceza Hukuku* Cilt: II, DER Yayınları, İstanbul.
- Ersoy, Y. (2002). *Ceza Hukuku Genel Hükümler*, Legal Kitabevi, Ankara.
- Ertaş, Ş. (2012). *Çevre Hukuku ve Hayvan Hakları Hukuku*, Birleşik Matbaacılık Ltd. Şti., İzmir.
- Gemalmaz, M. S. (1987). Çevre Koruma Sorunu, Çevre Hakkı, Çevre Yasası ve Düşündükleri, *İstanbul Barosu Dergisi*, 61(1-2-3), 59-95.
- Gemalmaz, M. S. (2012). *Devlet, Birey ve Özgürlük*, Legal Yayıncılık, İstanbul.
- Gözler, K. (2023). *Anayasa Hukukunun Genel Esasları*, Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa.
- Güneş, A. M. (2010). Aarhus Sözleşmesi Üzerine Bir İnceleme, *Gazi Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, C.XIV, 299-333.

¹⁶ Türk Ceza Kanunu md.151/1 – Başkasının taşınır veya taşınmaz malını kısmen veya tamamen yıkan, tahrip eden, yoke den, bozan, kullanılamaz hale getiren veya kirleten kişi, mağdurun şikayeti üzerine, dört aydan üç yıla kadar hapis veya adli para cezası ile cezalandırılır.

¹⁷ Türk Ceza Kanunu md.152/1 (a): Mala zarar verme suçunun; kamu kurum ve kuruluşlarına ait, kamu hizmetine tahsis edilmiş veya kamunun yararlanmasına ayrılmış, yer, bina, tesis veya digger eşya hakkında, işlenmesi halinde, fail hakkında bir yıldan dört yıla kadar hapis cezasına hükmolunur.

- Güneş, Y. ve Aydın-Coşkun, A. (2004). Çevre Hukuku, Kazancı Kitap A.Ş., İstanbul.
- Helvacı, S. ve Erlüle, F. (2023). Medeni Hukuk, Legal Kitapevi, İstanbul.
- İçel, K., Sokullu-Akıncı, F., Özgenç, İ., Sözüer, A., Mahmutoğlu, F. ve Ünver, Y. (2002). İçel Suç Teorisi, Beta Yayınları, İstanbul.
- Kaboğlu, İ. ve Özalp-Yancı, N. (1992). Çevre Hakkı, İletişim Yayınları & Yeni Yüzyıl Yayınları, İstanbul.
- Kapanı, M. (1981). Kamu Hürriyetleri, AÜHF Yayınları, Ankara.
- Kılıç, S. (2002). Çevreci Sosyal Hareketlerin Ortaya Çıkışı, Gelişimi ve Sona Ermesi Üzerine Bir İnceleme, *Anakara Üniversitesi SBF Dergisi*, 57(2), 93-108.
- Kılıç, S. (2012). Çevre Hakkının Gelişim Sürecinde İnsan Haklarının Rolü, *İnsan Hakları Yıllığı*, 30, 21-39.
- Koca, M. ve Üzülmüş, İ. (2023). Türk Ceza Hukuku Genel Hükümler, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Köprülü, B. (1984). Medeni Hukuk, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Koziol, H. ve Welsch, R. (1995). Grundriss des bürgerlichen Rechts Bd. I: Allgemeiner Teil und Schuldrecht, 10. Auflage, Wien.
- Lehmann, H. ve Hübner, H. (1966). Allgemeiner teil des bürgerlichen gesetzbuches, walter de gruyter & co, Berlin.
- Medicus, D. (2010). Schuldrecht: allgemeiner teil: ein studienbuch, München, Beck.
- Oğuzman, K. ve Barlas, N. (2023). Medeni Hukuk, Vedat Yayıncılık, İstanbul.
- Oktar, S. (1998). Ceza Kanunu Dışındaki Hukuka Uygunluk Sebepleri, Ceza Hukuku Günleri, İstanbul.
- Özdek, Y. (1993). İnsan Hakkı Olarak Çevre Hakkı, TODAİE, Ankara.
- Özen, H. (2011). Çevreci Protesto Hareketleri, http://www.academia.edu/21785099/Çevreci_Protesto_Hareketleri (Ziyaret Tarihi: 20.07.2023).
- Özgenç, İ. (2012). Türk Ceza Hukuku Genel Hükümler, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Sağlam, F. (1982). Temel Hakların Sınırlanması ve Özü, AÜSBF, Ankara.
- Saymen, F. H., (1960). Türk Medeni Hukuku, c.I: Umumi Prensipler, İsmail Akgün Matbaası, İstanbul.
- Schwarz, A. B., (1942). Medeni Hukuka Giriş (Çeviren: Hıfzı Veldet), İstanbul.
- Şen, E. (1994). Çevre Ceza Hukuku, Kazancı Kitap A.Ş., İstanbul.
- Serozan, R. (2011). Medeni Hukuk, Gerçek Kişiler- Kişiler Hukuku, Vedat Kitapçılık, İstanbul.
- Tekinay, S. S. (1992). Medeni Hukukun Genel Esasları ve Gerçek Kişiler Hukuku, Filiz Kitabevi, İstanbul.
- Üçışık, H. G. ve Üçışık, H. F. (2013). Çevre Hukuku, Ötüken Yayınları, İstanbul.
- Yılmaz- Turgut, N. (2009). Çevre Politikası ve Hukuku, İmaj.



Yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği üzerine doğa eğitimi: İlköğretim öğrencileri örneği

Tarık Gedik ^{1*}, Benzegül Durak ², Necmi Aksoy ³, Haldun Müderrisoğlu ⁴, Engin Eroğlu ⁴, Osman Uzun ⁴, Akif Ketten ⁵, M. Kıvanç Ak ⁴, Neval Güneş Özkan ³, Nihan Koçer ⁶, Berfin Şenik ⁴, Melek Yılmaz Kaya ⁴, Tuba Gül Doğan ⁴, Nermin Başaran ⁴

¹ Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce

² Düzce Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Düzce

³ Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Düzce

⁴ Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Düzce

⁵ Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi Bölümü, Düzce

⁶ Düzce Üniversitesi Ormanlık Meslek Yüksekokulu, Düzce

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 19/03/2024

Kabul Tarihi : 02/10/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1454660>

*Sorumlu Yazar:

tarikgedik@duzce.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Dünyada yenilenebilir enerji, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği konularında ilgi ve farkındalık düzeyini araştıran çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışma ile Düzce ve Zonguldak ilerinde seçilmiş ilköğretim öğrencilerine yönelik doğa ve çevre bilinci/farkındalığını belirlemek için yapılan sunum ve eğitimlerin etkilerinin araştırılması hedeflenmiştir.

Yöntemler Araştırma, Düzce iline bağlı Gölyaka, Kaynaşlı ve Merkez ilçeleriyle Zonguldak iline bağlı Ereğli ilçesinde toplam 574 öğrenciden 416'sına ulaşılarak 6 okulda gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında ilköğretim öğrencilerine yönelik eğitim kitapçıkları ve doğa, çevre ve yenilenebilir enerji eğitim sunumları araştırmacılarca hazırlanmış ve yapılmıştır. Araştırmada, demografik bilgiler haricinde 3 bölüm ve toplam 37 sorudan oluşan anket kullanılmıştır. Anket öğrencilere hem çalışma kapsamında verilen eğitimden önce hem de eğitimden sonra uygulanmıştır. Öğrencilerin çevreye yönelik düşünce ve duyguları "Çocuklar İçin Yeni Ekolojik Paradigma Ölçeği" ile ölçülmüştür. Öğrencilerin çevreye yönelik davranışlarını belirlemek için "Çevresel Sorumluluk Ölçeğinden" yararlanılmıştır. Öğrencilerin yenilenebilir enerji kullanımına dönük tutumlarını belirlemek için de "Yenilenebilir Enerji Kullanımına Yönelik Niyet Ölçeğinden" yararlanılmıştır.

Bulgular Öğrencilerin ağırlıklı olarak 4., 5. ve 6. Sınıftan oldukları görülmüştür. Çalışmada çevreye yönelik duygu ve düşüncelerin eğitim sonrasında pozitif yönde geliştiği tespit edilmiştir. Yenilenebilir enerji kullanımına dönük davranışların belirlenmesine yönelik kullanılan ölçek sonuçlarında eğitim sonrasında öğrencilerin daha yüksek oranda yenilenebilir enerji kullanma niyetinde oldukları belirlenmiştir.

Sonuçlar Araştırma sonucunda yapılan eğitimlerle öğrencilerin çevreye dönük düşünce ve duygularında olumlu yönde gelişmeler gözlemlenmiş, bu da eğitimin doğaya ve çevreye duyarlılığı artırdığını göstermiştir. Ayrıca, doğanın hakları ve insan özgürlüğü gibi kavramların farkındalığında, eğitimin olumlu etkileri görülmüştür, bu da öğrencilerin çevresel bilinçlerinin derinleştiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, iklim değişikliği, sürdürülebilirlik, çevresel farkındalık

Nature training on renewable energy sources, sustainability, and climate change: The case of primary school students

ABSTRACT

Background and aims There are various studies in the world investigating the level of perception and awareness on renewable energy, sustainability and climate change. This study aimed to investigate the effects of presentations and trainings made to determine nature and environmental consciousness/awareness for selected primary school students in Düzce and Zonguldak.

Methods The research was carried out in 6 schools, reaching 416 out of a total of 574 students in Gölyaka, Kaynaşlı and Merkez districts of Düzce province and Ereğli district of Zonguldak province. Within the scope of the research, educational booklets and nature, environment and renewable energy educational presentations for primary school students were prepared and made by the researchers. In the research, a survey consisting of 3

Bu makaleye atf:

Gedik, T., Durak, B., Aksoy, N., Müderrisoğlu, H., Eroğlu, E., Uzun, O., Ketten, A., Ak, M.K., Güneş Özkan, N., Koçer, N., Şenik, B., Yılmaz Kaya, M., Gül Doğan, T., Başaran, N. 2024. Yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği üzerine doğa eğitimi: İlköğretim öğrencileri örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 8-15.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

sections and a total of 37 questions was used, excluding demographic information. The survey was administered to the students both before and after the training given within the scope of the study. Students' thoughts and feelings towards the environment were measured with the "New Ecological Paradigm Scale for Children". The "Environmental Responsibility Scale" was used to determine students' behaviors towards the environment. The "Intention to Use Renewable Energy Scale" was used to determine students' attitudes towards the use of renewable energy.

Results It was observed that the students were predominantly from the 4th, 5th and 6th grades. In the study, it was determined that feelings and thoughts towards the environment developed positively after the training. In the results of the scale used to determine the behaviors towards the use of renewable energy, it was determined that the students intended to use renewable energy at a higher rate after the training.

Conclusions Because of the research, positive developments were observed in students' environmental thoughts and feelings with the trainings, which showed that education increased sensitivity to nature and the environment. In addition, positive effects of education have been observed on awareness of concepts such as the rights of nature and human freedom, indicating that students' environmental awareness has deepened.

Key Words: Renewable energy, climate change, sustainability, environmental awareness

1. Giriş

Nüfusun hızla artmasıyla birlikte enerji ihtiyacı da sürekli artmaktadır (Saraç ve Bedir, 2014). Günümüzde ülkeler enerji ihtiyaçlarını ağırlıklı olarak kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Fosil yakıtların kullanımı atmosferdeki sera gazlarının (CO₂, CH₄, NO, N₂O ve NO₂) aşırı artışına sebep olmakta bunun sonucunda da küresel ısınma ve iklim değışikliği gibi çevresel sorunlar ortaya çıkmaktadır (Keser, Özmen ve Akdeniz, 2003). Fosil yakıtların çevreye verdiği zararın yanı sıra kaynak olarak sınırlı olması da ülkeleri alternatif enerji kaynağı arayışına yönlendirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlara alternatif olarak gösterilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynağı temel olarak "doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağını" ifade etmektedir (Seydioğulları, 2013). Güneş enerjisi başta olmak üzere, rüzgâr, hidroelektrik, hidrojen, jeotermal, biyokütle, dalga, gelgit ve akıntı enerjisi gibi enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları, doğada çoğunlukla herhangi bir üretim ve değışim aşamasından geçmeden veya işlem görmeden temin edilebilen, fosil kaynaklı olmayan, elektrik enerjisi elde edilirken CO₂ emisyonu düşük olan, çevreye zararı diğer enerji kaynaklarından daha az olan, sürekli yenilenen ve kullanılmaya hazır olarak doğada var olan enerji kaynaklarıdır (Seydioğulları, 2013). Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına verilen önemin her geçen gün artmasında, bu enerji kaynaklarının çevreye daha az zarar vermesi ve tükenme riskinin olmaması gibi nedenler önem kazanmaktadır (Cebesoy ve Karışan, 2017). Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması için bu kaynaklar konusunda farkındalık oluşturulması gerekmektedir. Eğitim, bireylerin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda farkındalıklarının ve tutumlarının olumlu yönde geliştirilmesi için bir araçtır (Liarakou, Gavrilakis, & Flouri, 2009). Ayrıca Zyadin ve ark., (2012) bireylerin bilgi düzeylerinin artması ve olumlu tutum geliştirmeleri için yenilenebilir enerji eğitiminin erken yaşlarda başlamasını önermektedir. Ülkemiz eğitim müfredatında yenilenebilir enerji konusu fen bilimleri derslerinde tanım düzeyinde altıncı sınıfta, teknoloji ve tasarım dersinde ise uygulamalı şekilde yedinci sınıfta ele alınmaktadır (Çorakbaş ve Çeken, 2021). İlköğretim düzeyinde kısıtlı olarak verilen yenilenebilir enerji eğitimi çeşitli projeler ile desteklenmektedir (Kahyaoglu, 2016). Bu bağlamda düzenlenen eğitimlerden biri de bu araştırmanın dâhil olduğu Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu Türkiye Bölümü (GÜNDER) ile Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi ve Süs ve Tıbbi Bitkiler Üretim Uygulama ve Eğitim Merkezi (DÜSTİBAM) Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Sürdürülebilirlik,

İklim Değışikliği Üzerine Doğa Eğitimi ve Araştırma Projesi'dir. Bu proje, GÜNDER'in paydaşı olduğu Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) iş birliği ile Orman Genel Müdürlüğüne yürütülen Türkiye'deki Orman Köylerinde Solar Fotovoltaik Sistemler için Sürdürülebilir Enerji Finansman Mekanizmaları (Orköy PV) projesinin farklı eğitim kademelerindeki etkilerini ölçmek amacıyla tasarlanan bir eğitim ve araştırma projesidir. Yapılan bu çalışmanın temel amacı küresel iklim değışikliğine bağlı olarak ortaya çıkan çevresel sorunlara ilköğretim düzeyindeki öğrencilerin bakış açılarını ortaya çıkarmaktır. Bu amaç doğrultusunda çalışmada ilköğretim düzeyindeki öğrencilerin doğa, çevre ve yenilenebilir enerji farkındalıkları ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik tutumları ölçülmeye çalışılmıştır. Bu ölçüm hem doğa, çevre ve yenilenebilir enerji farkındalıkları eğitimi öncesi hem de doğa, çevre ve yenilenebilir enerji farkındalıkları eğitimi sonrası yapılmış ve elde edilen sonuçlara bağlı olarak ilköğretim öğrencilerinde eğitim ile doğa, çevre ve yenilenebilir enerji farkındalıklarının değışip değışmediği araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, Düzce iline bağlı Gölyaka, Kaynaşlı ve Merkez ilçeleri ile Zonguldak iline bağlı Ereğli ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında ilköğretim öğrencilerine yönelik eğitim kitapçıkları ve doğa, çevre ve yenilenebilir enerji eğitim sunumları hazırlanmıştır. Kitapçıklar ve sunumlar ilköğretim 1.- 4. ve 5.- 8. Sınıf düzeyleri için ayrı ayrı hazırlanmıştır. İlkokul için hazırlanan kitapçık yaş grubunun bilişsel düzeyine uygun olacak şekilde çevre ile ilgili görsellerin ağırlıklı olduğu hikayeleştirilmiş bir metin içermektedir. Metinde vurgulanan noktalar doğanın bizlere sunduğu güzellikler, doğayı ve çevreyi koruma, iklim değışikliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının iklim değışikliğine karşı olası katkıları. Sunumlarda ise yine yaş grubuna hitap edebilmek için didaktik bir anlatım yerine bir kadın bir erkek öğretim üyesi/ elemanı tarafından yer yer hikayeleştirilerek kitapçıklardan daha fazla bilgi aktaracak şekilde yapılmıştır. Sunumlarda yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş panellerinden bahsedilmiştir. Ortaokul için (5.- 8. Sınıf) ise hazırlanan kitapçıklarda ilkökulda bahsedilen konulara ek olarak biyolojik çeşitlilik kavramı da eklenmiştir. Biyolojik çeşitlilik doğayı koruma bilinci geliştirmede önemli bir kavramdır ve müfredatta da ortaokul kademesinde yer almaktadır. Bu kademe gerçekleştirilen sunumlar yine bir kadın bir erkek öğretim üyesi/ elemanı tarafından kitapçıklardan daha fazla bilgi aktaracak şekilde yapılmıştır. Öğretim üyesi- elemanlarının cinsiyet dağılımına öğrencinin özdeşim sağlaması

ve dinleme motivasyonlarının artması için özen gösterilmiştir. Kitapçıklar ve sunumların ilköğretim öğrencilerinin bilişsel düzeylerine uygunluğu konusunda eğitim uzmanından görüş ve danışmanlık alınmıştır. Araştırma kapsamında 24.05.2022 - 26.05.2022 tarihleri arasında toplam 574 öğrenciye 6 farklı okulda (Düzce'den Darıyeri Hasanbey İlkokulu, Dipsizgöl İlkokulu ve Dipsizgöl Ortaokulu ile Zonguldak'tan Şehit Mahir Yener İlkokulu, Şehit Madenciler Ortaokulu ve Kasımlı Ortaokulu) sunumlar Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Öğretim Üyeleri/Elemanlarınca yapılmış ve hazırlanan bilgi kitapçıkları öğrencilere dağıtılmıştır (Şekil 1). Sunumlar 30 dakika sunum 30 dakika soru cevap olacak şekilde yaklaşık 1 saat sürmüştür.



Şekil 1. İlköğretim öğrencileri için hazırlanan (A) sunum ve (B) kitapçık örnekleri ve (C) (D) eğitim süreci

Araştırmada veri toplama amacıyla araştırmacılar tarafından geliştirilen anket kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan anket 4 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde öğrencilere ait bazı demografik özellikler/bilgiler yer almaktadır. Anketin ikinci bölümünde öğrencilerin çevreye dönük duygu ve düşünceleri ölçülmüştür. Anketin üçüncü bölümünde öğrencilerin çevreye yönelik davranışlarını ölçmeye yarayan ölçektan yararlanılmıştır. Anketin dördüncü bölümünde ise öğrencilerin yenilenebilir enerji konusundaki tutumları ölçülmüştür. Anket öğrencilere hem çalışma kapsamında verilen eğitimden önce hem de eğitimden sonra uygulanmıştır. Öğrencilerin çevreye yönelik düşünce ve duygularını ölçmek için 10 sorudan oluşan Çocuklar İçin Yeni Ekolojik Paradigma Ölçeği kullanılmıştır. Kullanılan ölçek Manoli, Johnson ve Dunlop (2007) tarafından çevreci dünya görüşünü belirlemeye yönelik geliştirilmiş bir ölçektir ve ölçeğin Türkçe uyarlaması 2015 yılında Şahin, Sarıçam ve Ağız tarafından yapılmıştır. Öğrencilerin çevreye yönelik davranışlarını belirlemek için Çevresel Sorumluluk Ölçeğinden yararlanılmıştır. Bu ölçek literatürde yer alan çalışmalardaki ölçeklerden yararlanılarak geliştirilmiş ve 14 sorudan oluşmaktadır (Leeming, Dwyer, & Bracken, 1995; Worsley ve Skrzypiec 1998; Atasoy 2005;

Tuncer ve ark., 2005; Uzun ve Sağlam, 2006; Gökçe ve ark., 2007). Öğrencilerin yenilenebilir enerji kullanımına dönük tutumlarını belirlemek için ise 13 sorudan oluşan 'Yenilenebilir Enerji Kullanımına Yönelik Niyet Ölçeğinden' yararlanılmıştır (Demirbağ, 2019). Araştırma kapsamında eğitim sonrasında uygulanan anketlerin geri dönüş oranı %60 civarındadır.

Çalışmanın yapıldığı dönemde ulaşılan 6 farklı okulda toplam 574 kayıtlı öğrenci bulunmaktadır. Çalışma kapsamında tüm öğrencilere ulaşılmaması hedeflense de toplam 416 öğrenci ulaşılabilmektedir. Çalışma kapsamında anketlerin geri dönüş oranı %72,5 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Literatürdeki çalışmalar dikkate alındığında, ana kütle üzerinden gerçekleşen geri dönüş oranlarının genellikle %20 ile %45 arasında değiştiği gözükmektedir (Hum ve Leow, 1996). Bu nedenle ulaşılan veri sayısının istatistikî olarak yeterli olduğu kabul edilmiştir.

Elde edilen veriler Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 20 paket programında kodlanarak bir veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri seti üzerinden istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. İstatistiksel değerlendirmelerde elde edilen anket sayılarına göre değerlendirmeler yapılmıştır. İstatistiksel değerlendirmelerde öncelikle verilerde tanımlayıcı istatistikler yapılmıştır. Çalışma amacına uygun olarak veriler normallik sınavından sonra bağımlı t testi (Mann-Whitney U testi) ile test edilerek gerekli istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır.

2.1 Geçerlilik ve güvenilirlik analizi

Çalışma kapsamında elde edilen veriler öncelikle kodlanmış ve SPSS paket programından yararlanılarak geçerlilik ve güvenilirlik analizine tabi tutulmuştur. Bu değerlendirmeler sonucunda kullanılan anketlerin (eğitim öncesi ve eğitim sonrası) geçerlilik ve güvenilirlik sonuçları Çizelge 2 ve Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Geçerlilik analizi, bir ölçme aracının ölçmeyi amaçladığı özellikleri gerçekten ölçüp ölçmediğini analiz etmektedir (Büyüköztürk, 2020). Çalışma kapsamında kullanılan ölçeğin yapı geçerliliği Kaiser Meyer Olkin (KMO) ve Bartlett testi sonuçları irdelenerek test edilmiştir. Literatürde yer alan kaynaklar KMO testinin verilerin faktör analizi için uygun olup olmadığını belirlemekte olduğunu, Bartlett küresellik testinin de değişkenlerin birbiri ile korelasyon gösterip göstermediklerini açıklamada kullanıldığını göstermektedir. KMO değeri 0 ile 1 arasında değişim göstermekte ve 0,5'ten de büyük olması istenmektedir (Büyüköztürk, 2020; Yaşar, 2014).

Güvenilirlik analizi ile ölçme aracında yer alan değişkenler arası iç tutarlılık belirlenmekte ve bu değişkenler arası ilişkiler hakkında bilgiler sunulabilmektedir (Bayram, 2017). Çalışmada ölçeğin güvenilirlik düzeyini belirlemek için Cronbach's Alpha Katsayısına bakılmıştır. Alpha Katsayısı, 0 ile 1 arasında değişim göstermekte ve 0,4'ten yüksek olması istenmektedir (Özdamar, 2010).

Çizelge 1. Çalışma kapsamında sunum yapılan okulların öğrenci sayıları ve ulaşılan anket sayıları

Okul Adı	Öğrenci sayısı	Yapılan anket sayısı	Anket geri dönüş oranı (%)
Darıyeri Hasabey İlkokul (Düzce)	75	57	76,0
Dipsizgöl İlkokulu (Düzce)	55	49	89,1
Şehit Mahir Yener İlkokulu (Zonguldak)	130	63	48,5
Dipsizgöl Ortaokulu (Düzce)	74	51	68,9
Şehit Madenciler Ortaokulu (Zonguldak)	110	98	89,1
Kasımlı Ortaokulu (Zonguldak)	130	98	75,4
Toplam	574	416	72,5

Çizelge 2. Geçerlilik ve güvenilirlik analizi sonuçları (Eğitim öncesi ölçekleri)

Okul türü	Çalışma Türü	Cronbach's Alpha Katsayısı	Geçerlilik Analizi Sonucu	
			KMO Değeri	Barlett Değeri
İlköğretim	Yeni ekolojik paradigma ölçeği	0,512	0,722	451,204
	Çevresel sorumluluk ölçeği	0,859	0,918	1284,670
	Yenilenebilir Enerji kullanımı niyet ölçeği	0,644	0,702	504,147
	Tüm maddelerin değeri	0,724	0,785	2447,007

Kullanılan ölçeklerin geçerliliği için yapılan faktör analizi sonuçlarında uygulama öncesi ölçekler için KMO değerlerinin 0,702 ile 0,918 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışma kapsamında eğitim öncesi verileri için tüm veri seti kullanılarak uygulanan faktör analizinde döndürme tekniği olarak verimax döndürme tekniği kullanılmış olup özdeğeri 1 ve 1'den yüksek 9 sanal küme elde edilmiştir. Sanal kümelerin açıklanan toplam

varyansı %59,13 olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında ortaya çıkan 9 sanal kümedeki özdeğerler 1,03 (açıklama yüzdesi %3,53) ile 4,72 (açıklama yüzdesi %16,29) arasında değişmektedir. Ölçekte yer alan faktörlerin faktör yüklerinin de 0,820 ile 0,510 arasında değiştiği hesaplanmıştır. Uygulama öncesi kullanılan ölçeklerin güvenilirlik analizi sonuçlarının da 0,512 ile 0,859 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 3. Geçerlilik ve güvenilirlik analizi sonuçları (Eğitim sonrası ölçekleri)

Okul türü	Çalışma Türü	Cronbach's Alpha Katsayısı	Geçerlilik Analizi Sonucu	
			KMO Değeri	Barlett Değeri
İlköğretim	Yeni ekolojik paradigma ölçeği	0,537	0,748	512,605
	Çevresel sorumluluk ölçeği	0,897	0,934	1571,974
	Yenilenebilir Enerji kullanımı niyet ölçeği	0,694	0,777	572,985
	Tüm maddelerin değeri	0,751	0,801	2865,161

Kullanılan ölçeklerin geçerliliği için yapılan faktör analizi sonuçlarında uygulama sonrası ölçekler için KMO değerlerinin 0,748 ile 0,934 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışma kapsamında eğitim sonrası verileri için tüm veri seti kullanılarak uygulanan faktör analizinde döndürme tekniği olarak verimax döndürme tekniğinden yararlanılmış ve özdeğeri 1 ve 1'den yüksek 6 sanal küme elde edilmiştir. Sanal kümelerin açıklanan toplam varyansı %52,11 olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında ortaya çıkan 6 sanal kümedeki özdeğerler 1,15 (açıklama yüzdesi %4,11) ile 5,49 (açıklama yüzdesi %19,60)

arasında değişmektedir. Ölçekte yer alan faktörlerin faktör yüklerinin de 0,812 ile 0,525 arasında değiştiği hesaplanmıştır. Uygulama sonrası kullanılan ölçeklerin güvenilirlik analizi sonuçlarının da 0,537 ile 0,897 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Hem sunum/eğitim öncesi hem de sunum/eğitim sonrası için elde edilen geçerlilik ve güvenilirlik sonuçlarının Çizelge 4'te verilen referans değerler dikkate alındığında ölçeklerin hem geçerlilik açısından hem de güvenilirlik açısından sorun oluşturmadığı belirlenmiştir (Kalaycı, 2016; Özdamar, 2010).

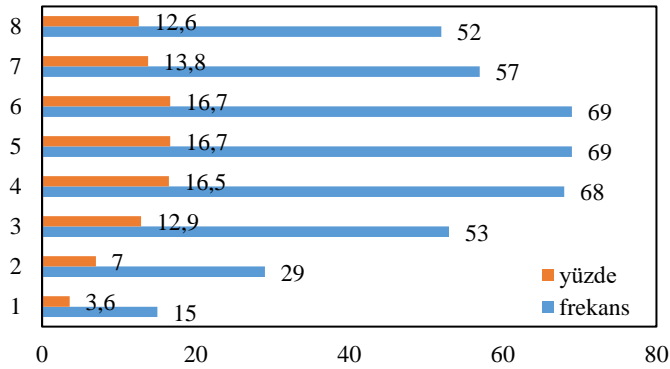
Çizelge 4. Geçerlilik ve güvenilirlik analizi referans değerleri (Kalaycı, 2016; Özdamar, 2010)

	Referans Değeri	Yorum
KMO Değeri	0,90	Mükemmel
	0,80	Çok iyi
	0,70	İyi
	0,60	Orta
	0,50	Zayıf
	0,50'nin altı	Kabul edilemez
	Referans Değeri	Yorum
Alpha Değeri	$0,00 \leq \alpha < 0,40$	Ölçek güvenilir değil
	$0,40 \leq \alpha < 0,60$	Ölçeğin güvenilirliği düşük
	$0,60 \leq \alpha < 0,80$	Ölçek oldukça güvenilir
	$0,80 \leq \alpha < 1,00$	Ölçek yüksek derecede güvenilir

3. Bulgular

3.1 Öğrencilerin bazı demografik özellikleri

Çalışma kapsamında ulaşılan ilköğretim düzeyi öğrencilerinin bazı demografik özellikleri irdelendiğinde %50,1 oranında kız, %49,9 oranında da erkek öğrencilerin anket uygulamasına katıldığı belirlenmiştir. Öğrencilerin her sınıf düzeyinde katılım gösterdiği görülürken ağırlıklı olarak 4., 5. ve 6. sınıf öğrencilerinin daha fazla oranda katıldıkları görülmüştür (Şekil 2).

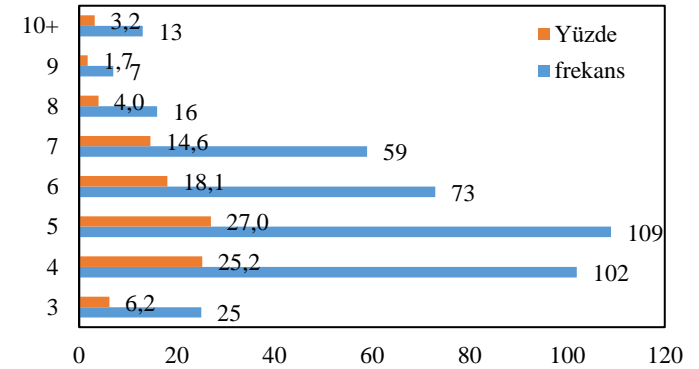


Şekil 2. Katılımcı ilköğretim öğrencilerinin sınıf düzeyleri

Çalışma kapsamında ulaşılan ilköğretim öğrencilerinin kendileri dâhil aynı evde kaç kişi kaldıkları irdelendiğinde en az 3 en fazla 10 ve daha fazla düzeyde hane halkının olduğu görülmektedir (Şekil 3).

3.2 Çocuklar için yeni ekolojik paradigma ölçeği bulguları

İlköğretim öğrencilerin çevreye yönelik düşünce ve duygularını ölçmek için kullanılan Çocuklar İçin Yeni Ekolojik Paradigma Ölçeğinde 10 madde bulunmaktadır. Ölçek 3 alt boyutta değerlendirilmektedir. Ölçek boyutları literatürde “Doğanın hakları”, “Çevre-kriz” ve “İnsan özgürlüğü” şeklinde yer almaktadır. Çalışma kapsamında ölçek 3'lü Likert (“1” Katılmıyorum, “2” Kararsızım ve “3” Katılıyorum) tipinde olup; kendini değerlendirmeye yönelik bir ölçme aracıdır. Ölçekten toplam puan alınabildiği gibi alt boyutlara göre de puan alınabilmektedir; puanlama yapılırken 3, 6, 7 ve 9. maddeler ters kodlanmaktadır. Çalışma kapsamında ilköğretim öğrencilerine yapılan eğitimin etkili olup olmadığına ait istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 5'te gösterilmiştir



Şekil 3. İlköğretim öğrencileri hane halkı birey sayıları

Çizelge 5. İlköğretim öğrencilerinde yeni ekolojik paradigma ölçeği sonuçları

Değişken	N	Ortalama	Std Sapma	t- değeri	Önem düzeyi
Eğitim öncesi: Doğanın Hakkı kavramı	338	1,43	0,47	-3,35	0,001*
Eğitim sonrası: Doğanın Hakkı kavramı	338	1,52	0,48		
Eğitim öncesi: Çevre-Kriz kavramı	337	1,48	0,46	-1,76	0,080
Eğitim sonrası: Çevre-Kriz kavramı	337	1,53	0,49		
Eğitim öncesi: İnsan Özgürlüğü kavramı	335	2,08	0,48	-3,68	0,000*
Eğitim sonrası: İnsan Özgürlüğü kavramı	335	2,19	0,50		
Eğitim öncesi: Ekolojik Paradigma ölçeği	338	1,65	0,31	-4,57	0,000*
Eğitim sonrası: Ekolojik Paradigma ölçeği	338	1,73	0,32		

* %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak bir farklılık çıkmıştır.

Çalışma kapsamında uygulanan anketler üzerinde yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre ilköğretim öğrencilerinin çevreye yönelik düşünce ve duygularını ölçmek için kullanılan Çocuklar İçin Yeni Ekolojik Paradigma Ölçeğinde eğitim öncesi sonuçlara göre eğitim sonrasında pozitif yönlü bir artış olduğu ve bu durumun da istatistiksel olarak anlamlı sonuç verdiği tespit edilmiştir. Yapılan eğitimlerin öğrencilerin çevreye dönük düşünce ve duygularında olumlu yönde gelişmeler olduğunu göstermektedir.

Çalışma kapsamında kullanılan ölçeğin 3 alt boyutundan doğanın hakkı ve insan özgürlüğü kavramlarında verilen eğitimin olumlu etkisinin olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın tespit edildiği belirlenirken, çevre-kriz

kavramında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir.

3.3 Çevresel sorumluluk ölçeği bulguları

Çalışma kapsamında öğrencilerin çevreye yönelik davranışlarını belirlemek için Çevresel Sorumluluk Ölçeğinden yararlanılmış olup yapılan istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 6'da gösterilmiştir. Ölçekte kullanılan likert ölçek 1= Hiçbir zaman gerçekleştirmediğiniz davranışları; 2= Bazen gerçekleştirdiğiniz davranışları; 3= Her zaman gerçekleştirdiğiniz davranışları ifade etmektedir.

Çizelge 6. İlköğretim öğrencilerinde çevreye yönelik davranışların ölçümünde kullanılan çevresel sorumluluk ölçeği sonuçları

Değişken	N	Ortalama	Std Sapma	t- değeri	Önem düzeyi
Eğitim öncesi: Çevreye yönelik davranış	345	2,32	0,42	1,976	0,049*
Eğitim sonrası: Çevreye yönelik davranış	345	2,27	0,50		

*%5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak bir farklılık çıkmıştır.

Çizelge 7. İlköğretim öğrencilerinde yenilenebilir enerji kullanımına dönük davranışların ölçümünde kullanılan niyet ölçeği sonuçları

Değişken	N	Ortalama	Std Sapma	t- değeri	Önem düzeyi
Eğitim öncesi: YE kullanımı niyet ölçeği	326	1,86*	0,34	3,175	0,002**
Eğitim sonrası: YE kullanımı niyet ölçeği	326	1,79*	0,36		

* 1 Kesinlikle Katılıyorum, 2 Katılıyorum, 3 Kararsızım, 4 Katılmıyorum, 5 Kesinlikle Katılmıyorum. ** %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak bir farklılık çıkmıştır

İlköğretim öğrencilerinin çevreye yönelik davranışlarını ölçmek için kullanılan çevresel sorumluluk ölçeği değerlendirme sonuçlarında eğitim sonrası ortalama değerinin eğitim öncesi ortalama değerden düşük çıktığı belirlenmiştir. Bu durum yapılan istatistiksel analiz sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Eğitim sonrasında öğrencilerin çevreye yönelik davranışları daha farklı algıladıkları söylenilebilir. Katılımcı öğrencilerin eğitim öncesi çevreye karşı sorumluluklarında yaptıklarını düşündükleri davranışların, eğitim sonrasında çevreye karşı düşündükleri kadar sorumlu davranış sergilemediklerini düşündükleri söylenilebilir.

3.4 Yenilenebilir enerji kullanımına yönelik niyet ölçeği bulguları

Çalışma kapsamında öğrencilerin yenilenebilir enerji kullanımına dönük davranışlarını belirlemek için Yenilenebilir Enerji Kullanımına Yönelik Niyet Ölçeğinden yararlanılmış olup istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 7’de gösterilmiştir. Ölçekte kullanılan likert ölçek 1= Katılmıyorum; 2= Kararsızım; 3= Katılıyorum’u ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında öğrencilerin yenilenebilir enerji kullanımına dönük davranışlarını belirlemek için kullanılan Yenilenebilir Enerji Kullanımına Yönelik Niyet Ölçeği sonuçlarına göre yapılan eğitim öncesi ile yapılan eğitim sonrası bilgi düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Eğitim sonrasında öğrencilerin daha yüksek oranda yenilenebilir enerji kullanma niyetinde oldukları belirlenmiştir. Bu durum verilen eğitimin etkili olduğu yönünde yorumlanabilir.

4. Tartışma ve Sonuç

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin sonuçlarının giderek artmasıyla son yıllarda dünyada ve ülkemizde sınırlı doğal kaynakların korunması ve dengeli kullanımı amacıyla sürdürülebilirlik ve yenilenebilir enerji konuları eğitim içeriklerine dâhil edilmektedir. Birleşmiş Milletlerin çevrenin korunması, iklim krizine karşı önlem alınması gibi küresel düzeyde kritik öneme sahip hedeflerin de yer aldığı Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri-SKH (*Sustainable Development Goals-SDG*) arasında aynı zamanda “Nitelikli Eğitim” başlığı da yer almaktadır (Sachs ve ark., 2023). Bununla birlikte T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından hazırlanan 12. Kalkınma Planının (2024-2028) “Nitelikli İnsan, Güçlü Aile, Sağlıklı Toplum” hedef ve

politikasının “Eğitim” başlığında, üniversite ve okul iş birliklerinin güçlendirilmesi ve iklim değişikliği ile mücadele başta olmak üzere sürdürülebilir kalkınma bilincinin tüm öğrencilerde oluşturulmasının sağlanması konularına vurgu yapılmaktadır. Ancak okullarda uygulanan öğretim programları içerik olarak sürdürülebilir çevre eğitimi için yetersizdir (Tanrıverdi, 2010). Ülkemizde doğa ve çevre eğitimleri ağırlıklı olarak TÜBİTAK tarafından desteklenmekte ve katılımcı grupları kısıtlı olmaktadır (Kahyaoğlu, 2016). Ayrıca düzenlenen bu eğitimlerde enerji kaynaklarının kullanımı ve alternatif enerji kaynakları konusu daha az vurgulanmakta, ağırlıklı olarak öğrencilerin çevreye karşı tutumlarını geliştirme hedeflenmektedir (Kahyaoğlu, 2016). Çorakbaş ve Çeken (2021) yenilenebilir enerji eğitimleri üzerine giderek artan araştırmalar yapıldığını öne sürmekte ve yaptıkları çalışmada da yurt içi eğitim araştırmalarının topluca ele alındığını belirtmektedirler. Kendi çalışmalarında yenilenebilir enerji eğitimi ile ilgili araştırmaları tespit ettiklerini ve yöntemsel özellikler bakımından bu çalışmaları incelediklerini belirtmektedirler.

Gerek Kandpal ve Broman (2014) gerekse de Güven ve Göçen Kabaran (2021) tarafından yapılan çalışmada yenilenebilir enerji konularında yapılacak eğitim çalışmalarında başarı için uygun kaynak materyalinin olması gerektiği belirtilmiştir. Araştırmacıların uygun kaynak materyali olarak ders kitabı, laboratuvar kılavuzu, poster, slayt, yazılımlar, videolar, CD’ler ve diğer görsel-işitsel araç-gereçler tanımlanmıştır. Yapılan bu çalışmada da görsel sunumlar yapılmış ve bilgi kitapçıkları hazırlanarak öğrencilerin bilgilendirilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan bu çalışma sonuçlarının ve ulaşılan veri sayısının farklı öğretim kademelerinde yapılan eğitim ve araştırma katılımcı grubu bakımından literatürdeki en kapsamlı çalışmalardan biri olduğu söylenilebilir.

Araştırma amaçları içerisinde de yer alan öğrencilerin doğa ve çevre bilinci, farkındalığını belirlemek için yapılan sunum/eğitimlerin yararlı olup olmadığının araştırılması için çalışma kapsamında hem sunum/eğitim öncesinde hem de sunum/eğitim sonrasında araştırmacılar tarafından literatürden yararlanılarak geliştirilen anketler kullanılmış ve elde edilen verilerle yapılan istatistiksel değerlendirmeler ile sunum/eğitim sonrasında öğrencilerin çevreye dönük düşünce ve duygularında olumlu yönde gelişmeler olduğu, doğanın hakkı ve insan özgürlüğü kavramlarında verilen eğitimin olumlu etkisinin olduğu ve öğrencilerin daha yüksek oranda yenilenebilir enerji kullanma niyetinde oldukları belirlenmiştir. Oral (2020)

tarafından Karabük Üniversitesinde yapılan bir çalışmada da katılımcı öğrencilerin yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin tutumlarının genel itibarıyla olumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Akgün (2021) tarafından 8. Sınıf öğrencileri üzerine yapılan bir çalışmada öğrencilerin sürdürülebilirlik ve yenilenebilir enerji kaynakları hakkında yeterli bilgi sahibi oldukları ancak bu kavramların birbirleriyle ilişkilendirilmesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini ortaya koyamadıkları tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışma sonuçlarında ulaşılan öğrencilerin doğa, yenilenebilir enerji, iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik ve güneş enerjisine yönelik algılarının ve bilgilerinin eğitim sonrasında eğitim öncesine göre olumlu yönde geliştiği belirlenmiştir. Yapılan eğitimler sonucunda ortaya çıkan çevresel farkındalık artışının gerek öğretmenlere gerekse de bu konularda araştırma yapacak araştırmacılara genel bir bakış açısı sunmasından dolayı yol gösterici nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Teşekkür

Çalışma kapsamında kullanılan veriler “Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu Türkiye Bölümü (GÜNDER) ile Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi ve Süs ve Tıbbi Bitkiler Üretim Uygulama ve Eğitim Merkezi (DÜSTIBAM) Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Sürdürülebilirlik, İklim Değişikliği Üzerine Doğa Eğitimi ve Araştırma Projesi” kapsamında elde edilen verilerden yararlanılarak oluşturulmuştur.

Kaynaklar

- Akgün, S. (2021). 8. sınıf öğrencilerinin yenilenebilir enerji kaynakları ve sürdürülebilirlik kavramına yönelik algılarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi.
- Atasoy, E. (2005). Çevre İçi Eğitim: İlköğretim Öğrencilerinin Çevresel Tutum ve Çevre Bilgisi Üzerine Bir Çalışma. Doktora Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Bayram, N. (2017). Sosyal Bilimlerde SPSS ile Veri Analizi (6. Baskı) Bursa, Türkiye: Ezgi Kitapevi, 268 s.
- Büyüköztürk, Ş. (2020). Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı: İstatistik, Araştırma Deseni, SPSS Uygulamaları ve Yorum (28. Baskı) Ankara, Türkiye: Pegem Akademi Yayıncılık, 224 s.
- Cebesoy, Ü. B., & Karışan, D. (2017). Fen bilgisi öğretmen adaylarının yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik bilgilerinin, tutumlarının ve bu kaynakların öğretilmesi konusundaki öz-yeterlik algılarının incelenmesi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 14(1), 1377-1415.
- Çorakbaş, E., & Çeken, R. (2021). Yenilenebilir enerji eğitimi araştırmalarının yöntemsel özellikler bakımından analizi. Mustafa Kemal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 5(7), 154-171.
- Demirbağ, G. (2019). Ortaokul öğrencilerinin yenilenebilir enerji kullanımına yönelik niyetlerinin planlı davranış teorisi bağlamında incelenmesi: bir yapısal eşitlik modellemesi araştırması. Yüksek Lisans Tezi. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Gökçe, N., Erdoğan, K., Aktay, S., & Özden, M. (2007). İlköğretim öğrencilerinin çevreye yönelik tutumları. İlköğretim Online, 6(3), 452-468.
- Güven, G., & Göçen Kabaran, G. (2021). Ortaokul düzeyinde yenilenebilir enerji konusunda öğretim tasarımı geliştirmenin ilk basamağı: ihtiyaç belirleme. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 8(1), 322-338.
- Hum, S.H., Leow, L.H., (1996). Strategic manufacturing effectiveness; An emprical study based on the hayeswheelerwright framework. International Journal of Opertions and Production Management, 16(4), 4-18.
- Kahyaoğlu, M. (2016). Türkiye’de çevre eğitimi üzerine yapılan araştırmalar: bir içerik analizi çalışması. Marmara Coğrafya Dergisi, (34), 50-60.
- Kalaycı, S. (2016). SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri (7. baskı) Ankara, Türkiye: Asil Yayınevi, 426 s.
- Kandpal, T.C., & Broman, L. (2014). Renewable energy education: A global status review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 34, 300-324.
- Keser, Ö., Özmen, H., & Akdeniz, F. (2003). Energy, environment, and education relationship, in developing countries’ policies: A case study for Turkey. Energy Sources, 25(2), 123-133.
- Leeming, F. C., Dwyer, W. O., & Bracken, B. A. (1995). Children’s environmental attitude and knowledge scale: Construction and validation. The Journal of Environmental Education, 26(3), 22-31.
- Liarakou, G., Gavrilakis, C., & Flouri, E. (2009). Secondary school teachers’ knowledge and attitudes towards renewable energy sources. Journal of Science Education and Technology, 18, 120-129.
- Manoli, C. C., Johnson, B., & Dunlap, R. E. (2007). Assessing children’s environmental worldviews: Modifying and validating the New Ecological Paradigm Scale for use with children. The Journal of Environmental Education, 38(4), 3-13.
- Oral, M. (2020). Yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin bir farkındalık araştırması. Türkiye Bilimsel Araştırmalar Dergisi, 5(2), 387-397.
- Özdamar, K. (2010). Paket Programlarla İstatistiksel Veri Analizi - Çok Değişkenli Analiz (7. baskı) Eskişehir, Türkiye: Kaan Yayınevi, s. 522.
- Sachs, J.D., Lafortune, G., Fuller, G., Drumm, E. (2023). Implementing the SDG Stimulus. Sustainable Development Report 2023. Paris: SDSN, Dublin University Press.
- Saraç, E., & BEDİR, H. (2014). Sınıf öğretmenlerinin yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili algıları üzerine nitel bir çalışma. Kara Harp Okulu Bilim Dergisi, 24(1), 19-45.
- Seydioğulları, H. S. (2013). Sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji. Planlama Dergisi, 23(1), 19-25.
- Şahin, S. H., Sarıçam, H., & Mustafa, A. (2015). The first psychometric properties of Turkish version of the new ecological paradigm (nep) scale for children and gifted students’ecological beliefs. Eurasian Academy of Sciences Eurasian Education and Literature Journal, 3, 19-29.
- Tanrıverdi, B. (2010). Sürdürülebilir çevre eğitimi açısından ilköğretim programlarının değerlendirilmesi. Eğitim ve Bilim, 34(151), 89-103.

- Tuncer, G., Ertepinar, H., Tekkaya, C., & Sungur, S. (2005). Environmental attitudes of young people in Turkey: Effects of school type and gender. *Environmental Education Research*, 11(2), 215-233.
- Uzun, N., & Sağlam, N. (2007). Orta öğretimde çevre eğitimi ve öğretmenlerin çevre eğitimi programları hakkındaki görüşleri. *Eurasian Journal of Educational Research*, 26(26), 176-187.
- Worsley, A., & Skrzypiec, G. (1998). Environmental attitudes of senior secondary school students in South Australia. *Global Environmental Change*, 8(3), 209-225.
- Yaşar, M. (2014). İstatistiğe yönelik tutum ölçęęi: Geçerlilik ve güvenilirlik çalışması, Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 36, 59-75.
- Zyadin, A., Puhakka, A., Ahponen, P., Cronberg, T., & Pelkonen, P. (2012). School students' knowledge, perceptions, and attitudes toward renewable energy in Jordan. *Renewable Energy*, 45, 78-85.



Orman ağaçlarında depolanan karbon ve üretilen oksijen miktarının zamansal değişiminin analizi

Nisa Naz Keleş ¹, Bülent Tepebaş ¹, Sedat Keleş ^{2*}

¹ Çankırı Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği Fen Lisesi, Merkez, Çankırı

² Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi, Merkez, Çankırı

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 27/06/2024

Kabul Tarihi : 25/09/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1505768>

*Sorumlu Yazar:

dr.sedatkeles@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Orman ekosistemleri sahip oldukları yapı ve kuruluşa bağlı olarak topluma ve çevreye çok önemli ürün ve hizmetler sunmaktadır. Erozyon ve sel kontrolü, kaliteli ve sürekli su üretimi, biyolojik çeşitliliği koruma, odun üretimi ve odun dışı orman ürünleri üretimi bunlardan bazılarıdır. Aynı zamanda orman ekosisteminin baskın elemanı olan ağaçlar, fotosentez olayı ile atmosferdeki karbondioksiti depolama ve oksijen üretimi hizmetlerini yerine getirmektedir. Bu

Çalışmanın amacı, Çankırı Karatekin Üniversitesi (ÇAKÜ) Orman Fakültesi Araştırma Ormanı'nda yayılış gösteren orman ağaçlarının karbon depolama ve oksijen üretimi miktarlarını zamana bağlı sayısal olarak tahmin etmektir.

Yöntemler çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli temel veriler, çalışma alanına ait orman envanter verilerinden oluşmaktadır. Biyokütle, karbon depolama ve oksijen üretiminin hesaplanması için kullanılan veriler ise literatür verilerinden elde edilmiştir. Çalışmada yapılan hesaplama, haritalama ve analiz alışmaları Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında gerçekleştirilmiştir.

Bulgular alışma sonucunda, orman ağaçlarında depolanan karbon miktarında 1996-2011 yılları arasında % 27, 2011-2020 yılları arasında %73, 1996-2020 yılları arasında % 120 oranında artış olduğu belirlenmiştir. Biyokütle artımına bağlı olarak, orman ağaçları tarafından üretilen oksijen miktarı 1996-2011 yılları arasında 301 ton/yıl, 2011-2020 yılları arasında 1733 ton/yıl ve 1996-2020 yılları arasında 838 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar Orman ağaçları tarafından depolanan karbon ve üretilen oksijen miktarında 24 yıllık süreçte meydana gelen artışta, orman yapı ve kuruluşunun iyileşmesinin etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, karbon depolama, oksijen üretimi, orman ekosistemi

Analysis of temporal changes in the amount of carbon stored and oxygen produced in forest trees

ABSTRACT

Background and aims Forest ecosystems provide very important products and services to society and the environment, depending on their structure and organization. Erosion and flood control, water production and quality, biodiversity protection, wood production, and non-wood forest products are some of these. At the same time, forest trees which are the dominant element of the forest ecosystem, perform the services of storing carbon dioxide in the atmosphere and producing oxygen through photosynthesis. The aim of this study is to estimate time-dependent and numerical carbon storage and oxygen production amounts of forest trees located in the AKÜ Faculty of Forestry Research Forest.

Methods The basic data required to carry out the study consists of forest inventory data of the study area. The data used to calculate forest tree biomass, carbon storage and oxygen production were obtained from literature data. The calculations, mapping and analysis studies carried out in the study were carried out in the Geographic Information Systems environment.

Results As a result of the study, it was estimated that there was an increase of 27% in the amount of carbon stored in forest trees between 1996-2011, 73% between 2011-2020, and 120% between 1996-2020. Depending on the increase in biomass, the amount of oxygen produced by forest trees was calculated as 301 tons/year between 1996-2011, 1733 tons/year between 2011-2020 and 838 tons/year between 1996-2020.

Conclusions The results showed that the improvement of forest structure and composition was effective in the increase in the amount of carbon stored and oxygen produced by forest trees over a 24-year period.

Key Words: Biomass, carbon storage, oxygen production, forest ecosystem

Bu makaleye atf:

Keleş, N.N, Tepebaş, B., Keleş, S., 2024. Orman ağaçlarında depolanan karbon ve üretilen oksijen miktarının zamansal değişiminin analizi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 16-21.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Orman ekosistemleri topluma ve çevreye çok önemli ürün ve hizmetler sunmaktadır. Sunmuş olduğu ürün ve hizmetlerin miktar ve kalitesi ise doğrudan orman ekosisteminin yapı ve kuruluşuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Dinamik bir yapıya sahip olan orman ekosistemleri üzerinde doğal veya insan kaynaklı yapılan müdahaleler, ormanların yapı ve kuruluşunu değiştirebilmektedir. Buna bağlı olarak ormanların sunmuş olduğu ürün ve hizmetlerin miktarı ve kalitesi değişmektedir (Başkent, 1999).

Özellikle son yıllarda, ormanların farklı müdahalelerle azalması, sanayi kuruluşlarının artması, kentleşme, arazi kullanımlarında meydana gelen değişiklikler gibi nedenlerden dolayı atmosferdeki sera gazlarında önemli derecede artışlar meydana geldiği görülmektedir. Sera gazlarının artması ile birlikte pek çok problem ortaya çıkmaktadır ve bunlardan en önemlilerinden bir tanesi küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğidir (Keleş ve Başkent, 2006).

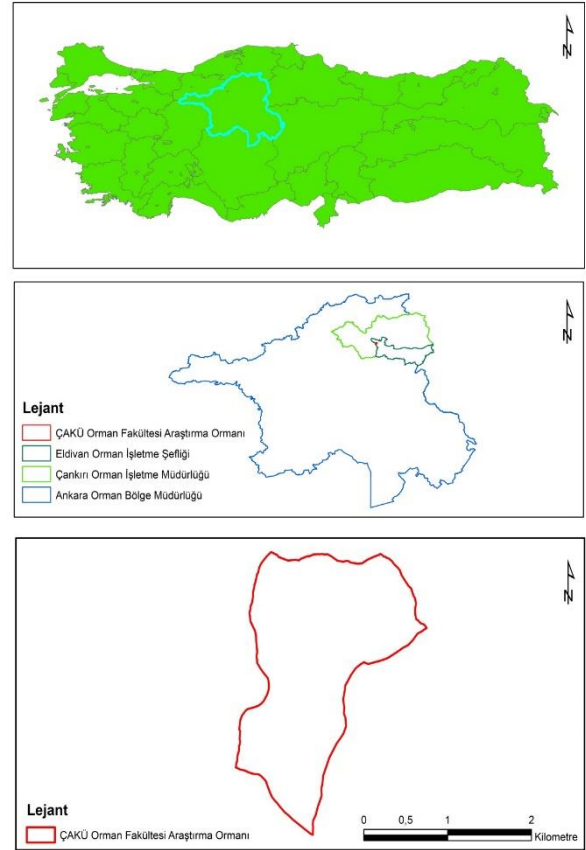
Orman ekosistemleri, iklim değişikliğinin önlenmesi veya yavaşlatılması kapsamında çok önemli görevler üstlenmektedir. Orman ekosistemlerinin en önemli ve baskın elemanı olan ağaçlar, fotosentez olayına bağlı olarak biyokütlerinde önemli miktarda karbon depolayabilmektedir. Yine fotosentez olayı sonucu, biyokütlerinde meydana gelen artış ile canlılar için çok önemli olan oksijen üretmektedirler. Bu kapsamda değerlendirildiğinde, orman ekosistemleri dünyadaki en önemli karbon depolama ve oksijen üretme havuzlarından birini oluşturmaktadır (Asan, 2016).

Bu kapsamda yapılan bu çalışmada, ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanı'nda yer alan orman ağaçlarında 1996-2021 yılları arasında depolanan karbon ve üretilen oksijen miktarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında zamansal değişimi sayısal olarak ortaya konulmuştur. Çalışmada temel hipotez; "ormanların yapı ve kuruluşunun iyileşmesi ile orman ağaçlarında depolanan karbon ve üretilen oksijen miktarı artmaktadır" olarak belirlenmiştir. Çünkü ormanlar iyi işletilip planlandığı takdirde çok önemli bir karbon depolama ve oksijen üretme havuzu olabilirken, aksi durumda atmosfere karbon yayan ve atmosferdeki oksijen üretimini azaltan bir kaynak olabilmektedir (Keleş ve Başkent, 2006).

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak, Çankırı İlinde bulunan Çankırı Karatekin Üniversitesi (ÇAKÜ) Orman Fakültesi Araştırma Ormanı seçilmiştir. Çalışma alanının çok büyük bir kısmında karaçam ağaç türü yayılış göstermekte olup, çok küçük alanlar kaplayan sarıçam, meşe ve kavak ağaçlarından oluşan meşcereler/orman parçaları bulunmaktadır. Çalışma alanı yaklaşık 361 ha alan kapsamaktadır (Şekil 1). Çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 10.5 °C, yıllık ortalama yağışı 500 mm ve ortalama yükseltisi 1530 m'dir.



Şekil 1. Çalışma alanı konumsal haritası

2.2 Veri Tabanının kurulması

Veri tabanının kurulması için öncelikle çalışma alanının ait olduğu Orman İşletme Şefliğine ait olan sayısal meşcere haritaları Orman Genel Müdürlüğü'nün ilgili birimlerinden temin edilmiştir. Çalışma kapsamında ihtiyaç duyulacak diğer veriler ise, mevcut veri tabanı üzerinden genişletilerek çalışmada kullanılabilir hale getirilmiştir. Veri tabanının kurulması, çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli her türlü sorgulama, analiz, haritalama gibi işlemler CBS ortamında yapılmıştır. Bu amaçla ÇAKÜ Orman Fakültesinde lisanslı olarak kullanılmakta olan ArcGIS programı kullanılmıştır.

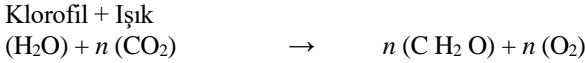
2.3 Karbon depolama ve oksijen üretiminin hesaplanması

Karmaşık bir ekosistem olan orman ekosistemleri, çok sayıda elemandan oluşmaktadır. Bu elemanların karşılıklı etkileşimlerine bağlı olarak orman ekosistemleri, topluma değişik ürün ve hizmetler sunmaktadır. Orman ekosistemlerinin baskın elemanı olan ağaçlar, topraktaki mevcut su ve mineral maddeleri kökleri vasıtasıyla alıp, yapraklarına getirdikleri bu maddeleri havadaki CO₂, ışık ve sıcaklık ile bünyelerinde bulundurdıkları klorofilin yardımıyla ilk organik madde olan glikoza dönüştürürler. Ürettikleri glikozun bir bölümü kendi yaşamsal faaliyetlerinde kullanılırken, geri kalanı ise farklı ürün ve hizmetlerin oluşumunu sağlamaktadır (Kalıpsız, 1998; Asan, 2016).

Orman ağaçları, bünyesini oluşturan tüm bileşenlerinde (gövde, dal, yaprak vb.) büyük miktarlarda karbon depolama kapasitelerine sahiptir. Orman ağaçları belirli bir zaman

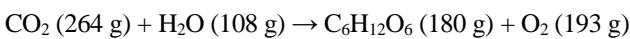
diliminde büyüme gerçekleştirmek suretiyle biyokütle artımı yaparlar ve fotosentez olayı ile atmosferdeki karbondioksiti biyokütlelerinde depolarlar (Kalıpsız, 1998; Asan, 2016). Biyokütle; belirli büyüklükteki bir orman alanındaki ağaç ve ağaççık topluluklarının toplam miktarı olup, yaş veya fırın kuru ağırlık olarak (kg veya ton) ifade edilir (Durkaya ve Durkaya, 2008).

Bununla birlikte, orman ağaçları fotosentez olayı ile CO₂ emerek, günümüzdeki en önemli ekolojik problemlerden biri olan iklim değişikliğine olumlu katkılar sunarken, aynı zamanda da bu süreçte canlıların varlığı için elzem olan O₂ üretmektedir. Bu süreç kısaca aşağıdaki denklemde görülmektedir.



Orman ağaçlarında depolanan karbon miktarının hesaplanması için öncelikle, ağaç türlerine ilişkin biyokütle miktarlarının hesaplanması gerekmektedir. Bilimsel çalışmalarda ağaç biyokütlesi, topraküstü ve toprakaltı biyokütle bileşenlerine göre hesaplanmaktadır. Bunun için genellikle ilgili ağaç türleri için geliştirilmiş biyokütle denklemleri veya sabit dönüşüm katsayılarından faydalanılmaktadır. Hesaplamaların daha kolay olması açısından çoğunlukla biyokütle dönüşüm katsayıları kullanılmaktadır (Asan, 1995; Asan vd., 2002). Bu kapsamda, her bir ağaç türünün sahip olduğu serveti taze ağırlıktaki biyokütleye dönüştürecek katsayılar belirlenir. Orman ağaçlarının oluşturduğu meşcerelerin (orman parçaları) sahip olduğu servet miktarları orman envanter verilerinden temin edilmektedir. Toprakaltı biyokütle miktarı ise çoğunlukla toprak üstü biyokütlenin belirli bir oranda çarpılması suretiyle belirlenmektedir. Daha sonra taze ağırlıkta hesaplanan biyokütle miktarları yine önceden belirlenmiş dönüşüm faktörleri yardımıyla fırın kuru ağırlıktaki biyokütleye dönüştürülmektedir. Son olarak, toplam fırın kuru ağırlıktaki biyokütle sabit bir katsayı ile çarpılarak biyoküttelede depolanan karbon miktarı hesaplanmaktadır. Bu çalışma kapsamında çalışma alanında bulunan ağaç türleri için ülkemizde geliştirilmiş biyokütle dönüşüm katsayıları kullanılmıştır. Bu bağlamda karaçam ağaç türü için, ağaç servetini fırın kuru ağırlığa dönüştüren 0.47, biyokütle genişletme faktörü olarak 1.071 katsayıları kullanılmıştır. Bu katsayılar sarıçam ağaç türü için 0.426 ve 1.243, meşe için 0.57 ve 1.322, kavak için ise 0.35 ve 1.31 olarak kullanılmıştır. Toprakaltı (kök) biyokütlesi ise, toprak üstü biyokütle değerlerine bağlı olarak 0.20-0.46 arasında değişen katsayılar ile çarpılması ile tahmin edilmiştir. Son olarak, toplam fırın kuru ağırlıktaki biyokütle sarıçam be karaçam için 0.51, meşe ve kavak için 0.48 katsayısı ile çarpılarak biyoküttelede depolanan karbon miktarı hesaplanmıştır (Tolunay, 2013).

Orman ağaçları tarafından gerçekleştirilen oksijen üretim miktarının sayısal olarak tahmin edilmesinde, fotosentez olayındaki kimyasal reaksiyona ait denklemde yer alan CO₂, glikoz, su ve O₂ bileşenlerinin atomik ağırlıklarından faydalanılmaktadır.



Bu denkleme göre, orman ekosistemini oluşturan ağaçlar

162 g fırın kuru ağırlıkta organik materyal üretirken, 264 g CO₂ tüketmektedir. Yine bu tepkime olayına bağlı olarak 193 g oksijen açığa çıkmaktadır. Başka bir anlatımla, 1 g kuru materyal üretmek için 1,63 g CO₂ ihtiyaç hasıl olmakta ve 1,2 g oksijenin atmosfere salınımı gerçekleşmektedir (Asan ve ark., 2002; Nowak et al., 2007).

3. Bulgular

Çalışma alanının 1996-2020 yılları arası üç döneme ilişkin orman ağaçları biyokütle miktarları Çizelge 1’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre çalışma alanındaki toplam ağaç biyokütlesi 1996 yılında 13859 ton, 2011 yılında 17627 ton ve 2020 yılında 30626 ton olarak hesaplanmıştır.

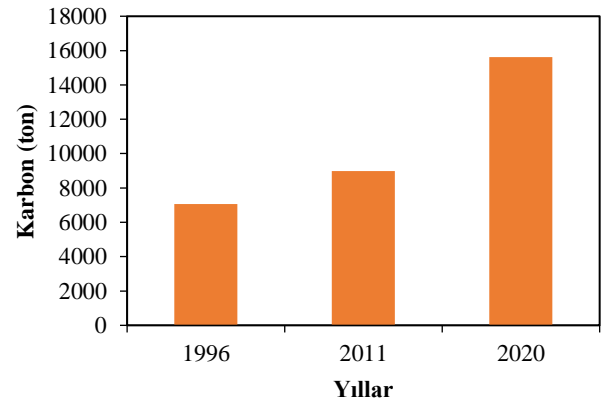
Çizelge 1. Çalışma alanı orman ağaçlarının 1996–2020 yılları arası topraküstü ve toprakaltı biyokütle miktarları (ton)

Yıl	Topraküstü Biyokütle	Toprakaltı Biyokütle	Toplam Biyokütle
1996	10 444	3 415	13 859
2011	13 052	4 575	17 627
2020	23 575	7 051	30 626

Çalışma alanının 1996-2000 yılları arası üç döneme ilişkin orman ağaçları biyokütlesinde depolanan karbon miktarları Çizelge 2 ve Şekil 2’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre çalışma alanındaki ağaç biyokütlesinde depolanan karbon miktarları 1996 yılında 7068 ton, 2011 yılında 8990 ton ve 2020 yılında 15619 ton olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Çalışma alanı orman ağaçlarının 1996–2020 yılları arası topraküstü ve toprakaltı biyoküttelede depolanan karbon miktarı (ton)

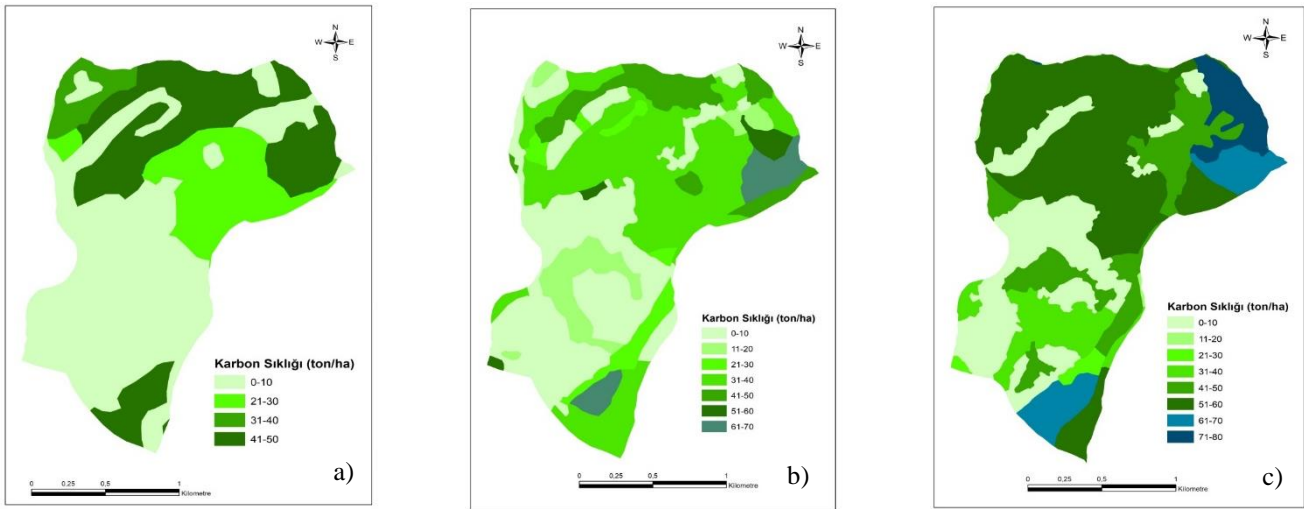
Yıl	Topraküstü Karbon	Toprakaltı Karbon	Toplam Karbon
1996	5 326	1 742	7 068
2011	6 657	2 333	8 990
2020	12 023	3 596	15 619



Şekil 2. Çalışma alanı orman ağaçlarının 1996–2020 yılları arası topraküstü ve toprakaltı biyoküttelede depolanan karbon miktarı (ton)

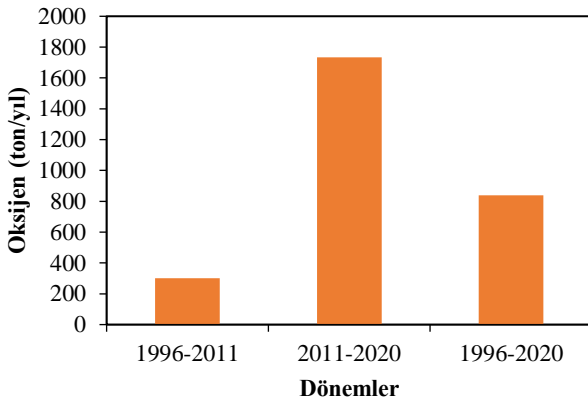
Çalışma alanında orman ağaçları tarafından tutulan karbon miktarının birim hektar başına miktarlarının zamansal değişimi

Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Çalışma alanı orman ağaçlarının hektardaki karbon depolama miktarlarının a) 1996 b) 2011 ve c) 2020 yılları zamansal değişimi

Çalışma alanında ağaç biyokütlesindeki artışa bağlı olarak 1996-2011 yılları arasında üretilen oksijen miktarı 301 ton/yıl, 2011-2020 yılları arasında 1733 ton/yıl ve 1996-2020 yılları arasında 838 ton/yıl olarak hesaplanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma alanı orman ağaçlarının 1996-2020 yılları arası biyokütle artımına bağlı oksijen üretimi miktarı (ton/yıl)

4. Sonuçlar ve Tartışma

Çalışma sonucunda elde edilen veriler topluca değerlendirildiğinde; orman ağaçları toplam biyokütlesi 1996-2011 yılları arasında %27, 2011-2020 yılları arasında %74 ve 1996-2020 yılları arasında dönemde %120 artmıştır. Biyoküttele meydana gelen artışa bağlı olarak, orman ağaçları tarafından depolanan karbon miktarı da yine periyodik dönemlere bağlı olarak aynı oranda artış göstermiştir. Diğer taraftan, biyoküttele meydana gelen periyodik artışa bağlı olarak, orman ağaçları tarafından üretilen oksijen miktarı 2011-2020 döneminde, 1996-2011 dönemine göre yaklaşık 4.7 kat artış göstermiştir.

Gerek biyokütle, gerekse bu biyoküttele depolanan karbon ve üretilen oksijen miktarının zamana bağlı olarak artmasında orman yapı ve kuruluşunun değişimi ve gelişimi önemli olmaktadır. Başlangıçta da denildiği gibi orman yapı ve

kuruluşu iyiye gittiği zaman hem karbon depolama hem de oksijen üretimi bu durumdan olumlu etkilenmekte, aksi durumda ise olumsuz etkilenmektedir. Orman yapı ve kuruluşunun analizinde ise çok sayıda parametre kullanılabilir. Bu çalışmada, orman parçalarının (meşcere) ayırım kriterleri olarak kullanılan ağaç türü, gelişme çağı ve kapalılık parametreleri dikkate alınmıştır. Ancak çalışma alanının büyük çoğunluğu karaçam ağaç türü olduğu için, ağaç türü bazında bir analiz yapılmamıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin analizine göre, gelişme çağlarının zamansal değişimi Çizelge 3'te verilmiştir. Bu çizelgeye bakıldığında, 1996 yılından 2020 yılına doğru gidildikçe kalın çaplı bireylerin alan miktarının arttığı görülecektir. Örneğin 1996 yılında 98 ha olan "c" gelişme çağı 2020 yılında 198 ha olmuştur. Bu çizelgedeki sonuçlara göre çalışma alanındaki ağaçların zamana bağlı olarak çaplarının gittikçe arttıkları belirlenmiştir.

Çizelge 3. Çalışma alanının 1996-2020 yılları arası gelişme çağı itibarıyla alansal dağılımı (ha)

Gelişme Çağları	1996	2011	2020	
a (0-7,9 cm)	77	28	0	
b (8-19,9 cm)	79	174	85	
c (20-35,9 cm)	98	78	198	
d (>36cm)	0	9	0	
Toplam	254	289	283	
Gelişim Çağı	Toplam	107	72	78
Olmayan				
Genel Toplam	361	361	361	

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin analizine göre, orman parçalarının kapalılığının zamansal değişimi Çizelge 4'te verilmiştir. Bu çizelgeye bakıldığında, 1996 yılından 2020 yılına doğru gidildikçe daha kapalı olan alan miktarının arttığı görülecektir. Örneğin 1996 yılında 202 ha olan "3" kapalı alan miktarı 2020 yılında 247 ha olmuştur. Diğer taraftan, "0" yani boşluklu alan miktarı 102 hektardan 76 hektara düşmüştür. Bu çizelgedeki sonuçlara göre çalışma alanındaki ağaçların

kapalılıklarının daha iyiye gittiği belirlenmiştir.

Çizelge 4. Çalışma alanının 1996–2020 yılları arası kapalılık itibariyle alansal dağılımı (ha)

Kapalılık Sınıfları		1996	2011	2020
0 (%0-10)	Boşluklu	102	66	76
1 (%11-40)	Gevşek	34	53	0
2 (%41-70)	Orta	16	64	36
3 (%71-100)	Tam	202	172	247
Toplam		354	355	359
Kapalılığı Olmayan	Toplam	7	6	2
Genel Toplam		361	361	361

Analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde orman yapı ve kuruluşunun 1996-2020 yılları arası dönemde iyi yönde değiştiği ve geliştiği görülmüştür. Bu iyi yönde değişim ve gelişime bağlı olarak, 1996-2020 yılları arasında orman ağaçları tarafından tutulan karbon ve üretilen oksijen miktarının arttığı belirlenmiştir.

Ormanların karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi üzerine hem ülkemizde hem de dünya da son yıllarda önemli düzeyde çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Bunlardan bazıları kısaca aşağıda verilmiştir. Woomer et al. (2004), Afrika'da bir çalışma alanında 1965-2000 yılları arasındaki arazi değişimlerine bağlı olarak karbon depolama miktarında meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada ormanda depolanan karbon miktarının azaldığını ve bunun en önemli nedeninin, insanların ormana uygun olmayan müdahalelerden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Liu et al. (2006) ABD'de yaptıkları bir çalışmada, 1972-2000 yılları arasında orman ekosistemlerinde depolanan karbon miktarının zamansal değişimini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda ormanın yapı ve kuruluşunda meydana gelen değişime bağlı olarak, ormanda depolanan karbonun düzensiz bir yapıda artış ve azalış gerçekleştirdiğini belirtmişlerdir. Bonino (2006), Arjantin'de yaptıkları bir çalışmada 30 yıllık bir sürede karbon depolama miktarlarında meydana gelen değişimleri analiz etmiştir. Yaptıkları çalışma sonucunda, arazi kullanımında ormanların aleyhine meydana gelen değişimlere bağlı olarak ormanda depolanan karbon miktarının azaldığını belirtmişlerdir. Li et al. (2010), Güney Kore'de yaptıkları bir çalışmada 1954-2007 yılları arasından ormanların biyokütlesinde depolanan karbon miktarını sayısal olarak incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda, 53 yıllık süreçte orman alanındaki artışa bağlı olarak ormanda depolanan karbon miktarının % 1000 üzerinde arttığını hesaplamışlardır. Kauppi et al. (2010) Finlandiya'da yaptıkları bir çalışmada bir orman alanında 93 yıllık süreçte orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarının değişimini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda, ormandaki ağaç servetinde meydana gelen artışa bağlı olarak, ormanda depolanan karbon miktarının %100'ün üzerinde arttığını belirlemişlerdir. Zhang et al. (2014) Çin'de bir orman alanında, 1989-2008 yılları arasında orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarının değişimini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda, ağaç servetinde meydana gelen artışa bağlı olarak ormanda depolanan karbon miktarının arttığını hesaplamışlardır.

Sağlam et al. (2002) Türkiye'de İstanbul'da yer alan kent ormanlarının karbon depolama ve oksijen üretimini

hesaplamışlardır. Sivrikaya ve Bozali (2012), Türkiye'de bir orman alanında orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarının zamansal değişimini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda, ormanda depolanan karbon miktarının orman yapı ve kuruluşunun iyileşmesine bağlı olarak %20 civarında arttığını belirlemişlerdir. Durkaya ve ark. (2014), Türkiye'de Bartın'da yer alan bir orman alanında 1985-2011 yılları arasında karbon stoğunda meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda, ormanda depolanan karbon miktarında zamana bağlı olarak inişli çıkışlı bir durum olduğunu belirtmişlerdir. Yaman (2022), Türkiye'de Antalya'da yaptığı bir çalışmada, 1997-2018 yılları arasında orman ağaçlarında depolanan karbon miktarının analizini yapmıştır. Çalışma sonucunda, 21 yıllık süreçte orman ağaçlarında depolanan karbon miktarının orman alanında meydana gelen iyileşmelere bağlı olarak %10 civarında bir artışla sonuçlandığını belirlemiştir.

Burada verilen çalışmalar ve konu ile ilgili yapılan çalışmalarda genellikle, bu ve benzeri çalışmaların dünyanın farklı ormanlarında yapılmasının uygun olacağı belirtilmiştir. Çünkü orman ağaçları farklı ülke ve bölgelere göre farklılık arz etmekte, her ormanın yapı ve kuruluşuna bağlı olarak depoladıkları karbon miktarları ile üretecekleri oksijen miktarları değişecektir. Yine her farklı orman ekosisteminin yapı ve kuruluşu ile sunduğu hizmetlerin kalite ve miktarındaki değişiklikler üzerinde etkili olan doğal veya insan kaynaklı müdahaleler bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir.

5. Öneriler

Karbon depolama ve oksijen üretimi ormanların topluma sunmuş olduğu önemli iki fonksiyondur. Özellikle son yıllarda tüm dünyada kendisini gösteren iklim değişikliği gibi küresel problemler dikkate alındığında, ormanların tutmuş olduğu karbon ve üretmiş olduğu oksijen miktarlarının sayısal olarak belirlenmesi ve zamansal değişiminin ortaya konulması ormancılıkla ilgili önemli ve öncelikli çalışma konularından biri olarak ortaya çıkmaktadır.

Buradan hareketle, bu çalışmaya benzer çalışmaların ülkemizde farklı ormanlarda yapılması büyük önem taşımaktadır. Çünkü farklı bölgelerde yayılım gösteren ormanların yapı ve kuruluşları da farklı olmaktadır. Yine her bölgede yer alan ormanlar üzerine olan baskılar veya yapılan müdahaleler değişkenlik gösterebilmektedir.

Bu çalışmada belirli bir zaman diliminde orman ağacı biyokütlesinde depolanan karbon ve üretilen oksijen miktarı üzerinde orman yapı ve kuruluşunu analizi de yapılmıştır. Ancak burada orman parçalarının ayırımıyla kullanılan parametreler dikkate alınmıştır. Orman yapı ve kuruluşunu etkileyen çok sayıda parametre olup, daha sonra yapılacak çalışmalarda bunların da dikkate alınması iyi olacaktır. Yine bu çalışmada, ormanların iki önemli fonksiyonun sayısal olarak belirlenmesi kapsamında bir farkındalık çalışması yapılmış olup, çalışma alanı küçük tutulmuştur. Bu ve benzeri çalışmaların daha büyük orman alanlarında yapılması daha uygun olacaktır.

Teşekkür

Çalışma verilerinin elde edilmesini sağlayan Orman Genel

Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığına teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Asan, Ü., 1995. Global iklim değişimi ve Türkiye ormanlarında karbon birikimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 45(1-2), 23-37.
- Asan, Ü., Destan, S., Özkan, U.Y., 2002. İstanbul korularının karbon depolama, oksijen üretimi ve toz tutma kapasitesinin kestirilmesi. *Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s. 194-202, İstanbul.
- Asan, Ü., 2016. Orman Amenajmanı Esasları (Temel Kavramlar, Amaçlar ve İlkeler). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No: 5146/502, ISBN: 978-975-404-933-6, İstanbul, Türkiye.
- Başkent, E.Z., 1999. Ekosistem amenajmanı ve biyolojik çeşitlilik. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(2), 355-363.
- Bonino, E.E., 2006. Changes in carbon pools associated with a land-use gradient in the Dry Chaco, Argentina. *Forest Ecology and Management*, 223(1), 183-189.
- Durkaya, B., Durkaya, A. (2008). Türkiye topraküstü tek ağaç ve meşcere biyokütle tabloları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(13), 1-10.
- Durkaya, B., Varol, T., Durkaya, A. (2014). Determination of carbon stock changes: biomass model for biomass expansion factors. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(3), 774-781.
- Kalıpsız, A., 1998. Orman Hasılat Bilgisi. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4060, Orman Fakültesi Yayın No: 448, ISBN: 975-404-484-8, İstanbul, Türkiye.
- Kauppi, P.E., Rautiainen, A., Korhonen, K.T., Lehtonen, A., Liski, J., Nöjd, P., Tuominen, S., Haakana, M., Virtanen, T., 2010. Changing stock of biomass carbon in a boreal forest over 93 years. *Forest Ecology and Management*, 259, 1239-1244.
- Keleş, S., Başkent, E.Z., 2006. Orman Ekosistemlerindeki Karbon Değişiminin Orman Amenajman Planlarına Yansıtılması: Kavramsal Çerçeve ve Bir Örnek Uygulama (1. Bölüm), *Orman ve Av Dergisi*, 83(2), 36-41.
- Li, X., Yi, M.J., Son, Y., Jin, G., Han, S.S., 2010. Forest biomass carbon accumulation in Korea from 1954 to 2007. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25(6), 554-563.
- Liu, J., Liu, S., Loveland, T.R., 2006. Temporal evaluation of carbon budgets of the Appalachian forests in the U.S. from 1972 to 2000. *Forest Ecology and Management*, 222, 191-201.
- Nowak, D. J., Hoehn, R., Crane, D. E., 2007. Oxygen production by urban trees in the United States. *Arboriculture and Urban Forestry*, 33, 220-226.
- Sağlam, S., Özkan, U.Y., Asan, Ü., 2002. Çoklu çevresel faydalanmanın kent ormanlarının planlanmasına entegrasyonu. *Ormanlıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s. 384-397, Antalya, Türkiye.
- Sivrikaya, F., Bozali, N., 2012. Karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi: Türkoğlu Planlama Birimi örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14, 69-76.
- Tolunay, D., 2013. Türkiye’de artım ve ağaç servetinden bitkisel

kütle ve karbon miktarlarının hesaplanmasında kullanılacak katsayılar. *Ormanlıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s. 240-251, Antalya, Türkiye.

- Woomer, P.L., Tieszen, L.L., Tappan, G., Toure, A., Sall, M., 2004. Land use change and terrestrial carbon stocks in Senegal. *Journal of Arid Environments*, 59, 625-642.
- Yaman, Y., 2022. Orman ağaçlarında depolanan karbon miktarının farklı biyokütle tahmin yöntemleri ile belirlenerek zamansal değişiminin analiz edilmesi: Alara Planlama Birimi örneği. Yüksek Lisans Tezi. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Zhang, Y., Song, W., Irland, L., 2014. Forest carbon stocks change and silvicultural investment in China – the case of coniferous forests. *International Journal of Environmental Studies*, 72(1), 166-178.



Alternatif orman yolu güzergâhlarının performans açısından CRITIC temelli MOORA yöntemiyle değerlendirilmesi

Murat Özmen^{1*}, Mustafa Akgül¹, Necmettin Şentürk¹

¹Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı, 34473, Bahçeköy, Sarıyer, İstanbul, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 27/06/2024

Kabul Tarihi : 07/08/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1505668>

*Sorumlu Yazar:

murat.ozmen@ogr.iuc.edu.tr

ÖZ

Giriş ve Hedefler Bu çalışmada, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Eğitim Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda mevcut bir yol güzergâhı seçilmiştir. Araştırma kapsamında, sayısal arazi modeli (SAM) kaynağı olarak havasal LiDAR verisi kullanılmış ve BIM ortamında bu güzergâha alternatif olarak 7 farklı yol güzergâhı geliştirilmiştir.

Yöntemler Birisi mevcut yol güzergâhı olmak üzere toplamda 8 farklı yol güzergâhı için BIM modelleri oluşturulmuştur. Yol geometrisi ve güzergâhlarının ekolojik etkilerini değerlendirmek amacıyla 14 farklı kriter belirlenmiştir. Bu modellerden elde edilen bilgilerle, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan CRITIC metodu kullanılarak kriterler ağırlıklandırılmıştır. Belirlenen alternatifler ekolojik açıdan karşılaştırılmış ve MOORA yöntemi ile en optimum çözüm bulunacak şekilde yol güzergâhları sıralanmıştır.

Bulgular Ekolojik açıdan yapılan sıralamaya göre en iyi performans sıralaması mevcut yolda iken, en düşük performansı ise 4 numaralı yol almıştır. Mevcut yol güzergâhının tüm teknik kıstasları sağlayacak bir şekilde tasarlanmış, planlanmış ve inşa edilmiş olduğu anlaşılmaktadır.

Sonuçlar Çalışma sonuçları göstermiştir ki, yol projelendirilmesi sırasında ÇKKV yöntemlerinin etkin bir şekilde kullanılarak, farklı yol güzergâhları arasında optimum çözümü bulmada, etkin bir karar destek aracı olduğu görülmektedir. Ayrıca, BIM yazılımları ve ÇKKV yöntemlerinin entegrasyonu, orman yolu projelendirmesinde önemli avantajlar sunduğu, bu entegrasyon ile alternatif yol güzergâhlarının belirlenmesinde hem zaman tasarrufu sağlayacağı hem de doğruluğunun artırılacağı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: ÇKKV, yapı bilgi sistemi, sayısal arazi modeli

Araştırma Makalesi

Evaluation of alternative forest road routes in terms of performance using the CRITIC-based MOORA method

ABSTRACT

Background and aims In this study, an existing road route in Istanbul University-Cerrahpaşa Forestry Faculty Education Research and Application Forest was selected. The research involved the use of aerial LiDAR data as a digital terrain model (DEM) source, with the development of seven different road routes as alternatives to this route in a Building Information Modelling (BIM) environment.

Methods BIM models were created for a total of eight different road routes, with one of these being an existing road route. In order to evaluate the ecological impacts of road geometry and routes, 14 different criteria were determined. The information obtained from these models was then weighted using the CRITIC method, one of the multi-criteria decision-making (MCDM) methods. The alternatives were then compared ecologically, and the road routes were ranked by MOORA method to find the most optimum solution.

Results The ecological ranking revealed that the existing road exhibited the most optimal performance, while road number 4 exhibited the least optimal performance. It is evident that the existing road route has been designed, planned, and constructed in a manner that aligns with all technical criteria.

Conclusions The results of the study indicate that the effective utilisation of CRMV methods during road design serves as an effective decision-support tool for identifying the most optimal solution between different road routes. Furthermore, it was demonstrated that the integration of BIM software and CRM methods provides substantial benefits in the design of forest road projects. This integration will result in reduced timeframes and enhanced accuracy in the identification of alternative road routes.

Key Words: MCDM, building information modelling, digital elevation modelling

Bu makaleye atf:

Özmen, M., Akgül, M., Şentürk, N. 2024. Alternatif orman yolu güzergâhlarının performans açısından CRITIC temelli MOORA yöntemiyle değerlendirilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 22-35.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Orman yolu projelendirmesi ve planlaması, çeşitli faktörlerin bütünlük olarak değerlendirilmesini gerektiren karmaşık, zaman alıcı ve maliyetli bir süreçtir (Akgül ve ark., 2018; Akay ve ark., 2018). Bu faktörler arasında projenin sürdürülebilirliği, ekolojik uyumu (Smith ve Johnson, 2018), bitki örtüsü, habitatlar, biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkiler (Brown, 2019), arazinin topoğrafyası (Matinnia ve ark., 2018), hidrolojisi (Kastridis, 2020), erozyon riski (Kastridis, 2020) sediment riski (Akay ve ark., 2023) ve toprak stabilitesi (Jaafari ve ark., 2017) bulunmaktadır. Orman yollarının tasarımı, planlanması ve inşası, ormancılık üretim operasyon planlarının en pahalı ve zaman alıcı kısmıdır (Ghajar ve ark., 2013; Şentürk ve ark., 2018).

Bu bağlamda, orman yolu tasarımında, yol geometrik standartları ve yukarıda belirtilen faktörler dikkate alınarak optimal yol güzergâhlarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Tasarımcı, teknik ve ekolojik gereksinimleri karşılayan ve toplam maliyeti en düşük olan alternatif yollar arasından nihai yol güzergâhını seçmelidir (Akay ve ark., 2014). Ancak, büyük ormanlık alanlarda yol ağı tasarlamak, birçok alternatifin eş zamanlı olarak analiz edilmesini (Chung ve ark., 2008) ve değerlendirilmesini gerektirmektedir.

Yol planlamasında, sayısal arazi modeli (SAM) kaynağının çözünürlüğü, projenin gerçeğe en yakın şekilde sonuçlandırılması için kritik ve temel bir faktörlerden biridir (Najafi ve Mohammadi, 2010). Orman yollarının inşasında temel maliyet genellikle kazı-dolgu işleridir. Bu da, özellikle ve dağlık arazilerde toplam inşaat maliyetinin %80'inden fazlasını oluşturur (Akay, 2006; Najafi ve ark., 2008; Stükelberger ve ark., 2006). Maliyet kontrolü ve bütçelemeyi iyileştirmek için kazı-dolgu hacimlerinin doğru tahmini önemlidir (Contreras ve ark., 2012). Geleneksel topoğrafik harita tabanlı planlama, genellikle alternatif güzergâhları ve yol geometrisiyle ilgili unsurları yeterince doğru belirleyememektedir (Chung ve Sessions, 2001). Bu nedenle, son yirmi yılda yaygın olarak kullanılan yüksek çözünürlük ve hassasiyete sahip LİDAR (Light Detection and Ranging) tabanlı SAM verileri, araziye gerçeğe en yakın şekilde temsil eden modeller oluşturmakta ve doğru kübaj tahminleri sağlamaktadır (Contreras ve ark., 2012).

Planlama aşamasında, farklı teknik yol kriterlerinin ve karmaşık algoritmik kısıtların değerlendirilmesine olanak sağlayacak yol projelendirme yazılımlarının da seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, çeşitli özelliklere sahip CAD (Computer-Aided Design) tabanlı yazılımlar geliştirilmiştir. Ancak, farklı vektörel ve raster veri setlerinin planlama sürecinde etkili olması nedeniyle, çeşitli yazılımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu aşamada, ilk kez 1970 yılında ortaya çıkan Yapı Bilgi Sistemi (BIM: Building Information Modeling) tabanlı yazılımlar öne çıkmaktadır. BIM yazılımları, farklı fiziksel altyapıları planlayan, tasarlayan, inşa eden, işleten ve bakımını yapan profesyoneller, işletmeler ve kamu kurumları tarafından kullanılmaktadır (El-Diraby ve ark., 2017). Ayrıca, BIM, yapı sistemlerinin fiziksel ve işlevsel özelliklerinin dijital temsillerinin oluşturulması ve yönetilmesi süreçlerini kapsamaktadır (Kalach ve ark., 2018). Chan ve arkadaşlarının (2019) çalışmasında, BIM kullanımının yol projelerinde tasarım hatalarını azaltma, doğru ve detaylı bilgilerin elde edilmesi, paydaşlar arasında daha iyi koordinasyon sağlama ve proje

verilerinin görselleştirilmesi gibi avantajlar sunduğu vurgulanmıştır. BIM süreci yönetiminde, proje limit-tasarım parametrelerinin ve kısıtlamalarının BIM ortamına tanıtılması da proje başarısı açısından kritik bir süreçtir. Bu amaçla geliştirilen açık kaynaklı programlama aracı olan Dynamo, hem programlama bilgisi olan hem de olmayan kullanıcılar için görsel betik yazma ve metin tabanlı programlama dillerini kullanma imkânı sunmaktadır (Dynamoprimer, 2016).

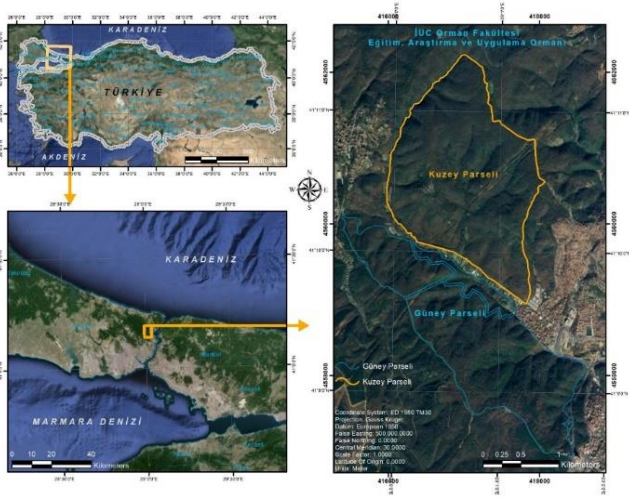
Yol planlaması sırasında, yol geometrik kısıtları dahilinde iki nokta arasında farklı güzergâhlar oluşturulabilir. Her bir alternatif güzergâh teknik olarak doğru olsa da bu alternatifler arasından hangisinin seçileceği karmaşık bir karar verme sürecini gerektirir. Bu aşamada, birden fazla alternatifin ve bu alternatiflere ilişkin çeşitli kriterlerin olduğu durumlarda, en uygun sonucu ulaşmayı kolaylaştıran ve benzer sonuçları değerlendirme olanağı sağlayan çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır (Demircioğlu ve Coşkun, 2018). Karar verme problemlerinde temel amaç, alternatifler arasından en iyisini seçmek, alternatifleri sıralamak ve sınıflandırmaktır (Mohammadi ve Rezaei, 2020). Bu tür problemleri çözmek için VIKOR, SAW ve TOPSIS gibi çeşitli seçim yöntemleri ile MOORA, WASPAS ve ANP gibi farklı sıralama yöntemleri kullanılmaktadır. Her bir yöntem, kendine özgü kapsamı ve performans özelliklerine sahiptir ve hangi yöntemin kullanılacağına kullanıcı karar vermektedir.

Bu çalışmada, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Uygulama Ormanı içinde mevcut bir yol güzergâhı belirlenmiştir. SAM kaynağı olarak havasal LiDAR verisi kullanılmış ve bu veriler Autodesk tabanlı BIM yazılımında analiz edilerek, mevcut yol güzergâhına alternatif olarak çeşitli yol güzergâhları elde edilmiştir. Elde edilen güzergâhlar arasındaki farklar ve kriterlerin ağırlıklandırılması için ÇKKV yöntemlerinden biri olan CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) metodu kullanılmıştır. Ayrıca, belirlenen kriterlere bağlı olarak elde edilen alternatiflerin sıralanmasında ise MOORA (Multi-Objective Optimization Ratio Analysis) yöntemi kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Araştırma alanı

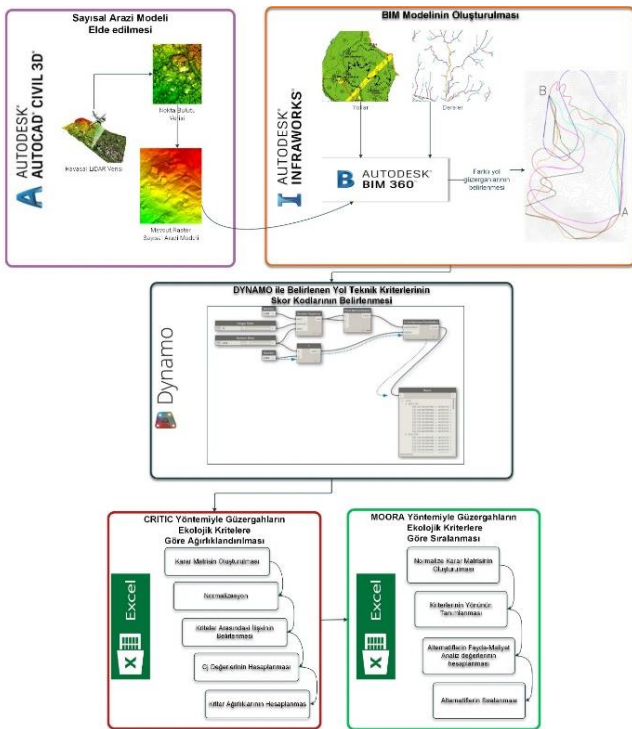
Çalışma alanı olarak İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa (İÜC) Orman Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Uygulama Ormanı Kuzey parseli seçilmiştir. Araştırma alanı Marmara Bölgesi'nin Trakya yakasında Greenwich'e göre 28° 59' 17" - 29° 32' 25" doğu boylamları ile 41° 09' 15" - 41° 11' 01" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı yaklaşık 2.724,16 m genişliğinde ve 4.006,86 m uzunluğunda olup 391,8 ha'lık bir alanı kapsamaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı

2.2 Yöntem

Çalışmada, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Eğitim Araştırma ve Uygulama Ormanı içinde mevcut bir yol güzergâhı belirlenmiştir. İlk olarak SAM kaynağı olarak havasal LiDAR verisi kullanılmış ve bu veriler Autodesk tabanlı BIM yazılımında analiz edilerek, mevcut yol güzergâhına alternatif olarak çeşitli yol güzergâhları elde edilmiştir. Elde edilen güzergâhlar arasındaki farklar ve kriterlerin ağırlıklandırılması için ÇKKV yöntemlerinden biri olan CRITIC metodu kullanılmıştır. Ayrıca, kriterlere bağlı olarak elde edilen yol güzergâhı alternatiflerinin sıralanmasında MOORA yöntemi kullanılmıştır (Şekil 2).

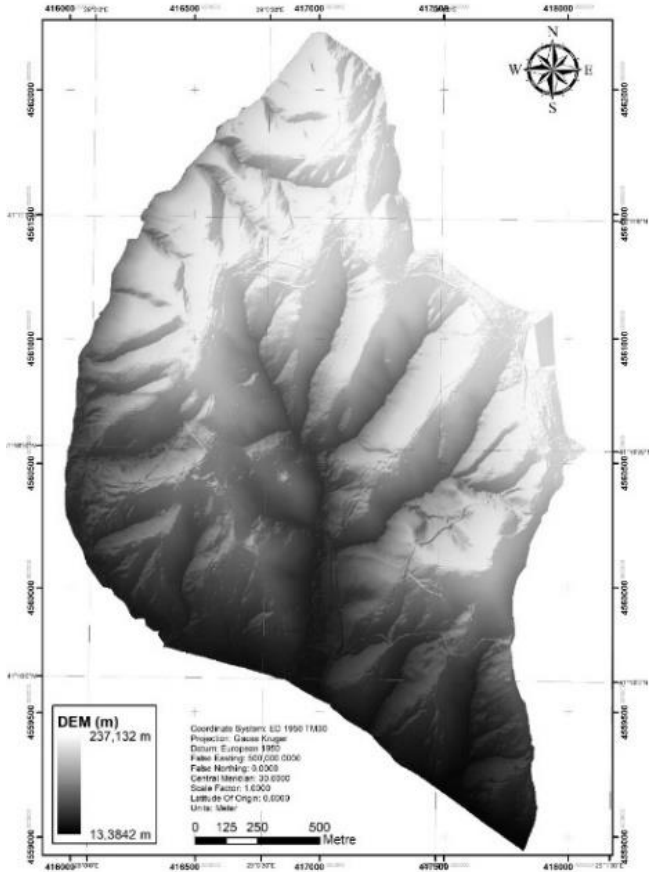


Şekil 2. Çalışmada kullanılan iş akış diyagramı

2.2.1 LiDAR tabanlı sayısal arazi modeli

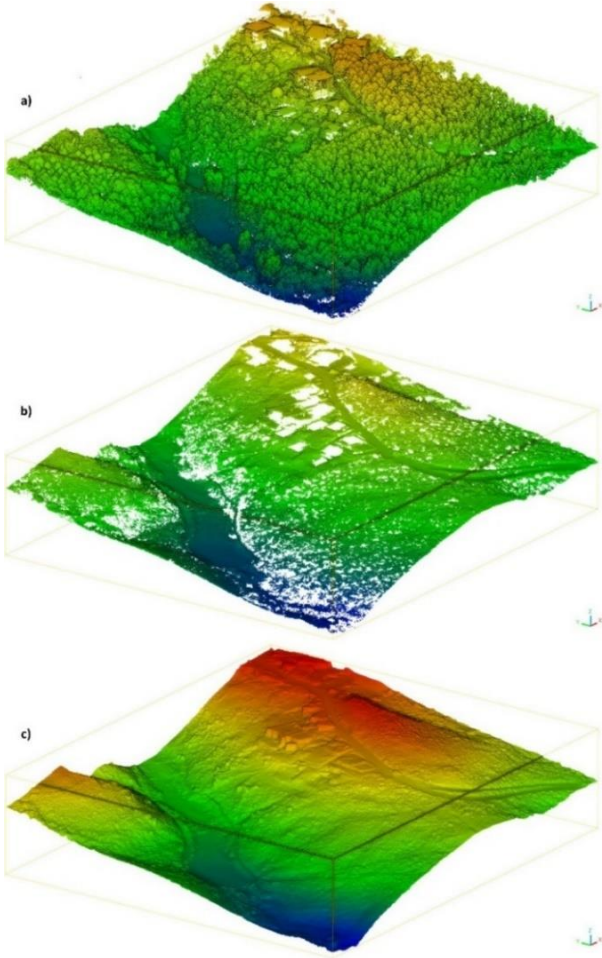
Çalışmada kullanılan LiDAR tabanlı SAM verileri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 0,25 m çözünürlükle üretilmiştir. Bu veriler, Riegl Q680i marka lazer tarayıcı kullanılarak elde edilen ve nokta yoğunluğu yaklaşık 16 nokta/m² olan ham nokta bulutu verilerinden, lineer enterpolasyon tekniği ile oluşturulmuştur.

LiDAR tabanlı SAM verilerine göre, yükseklikler deniz seviyesinden 13,38 m ile 237,13 m arasında değişmektedir (Şekil 3). Topoğrafik olarak incelendiğinde, alanın homojen bir yükselti dağılımına sahip olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Çalışma alanına ait LiDAR tabanlı sayısal arazi modeli (SAM)

LiDAR verileri, ormancılık çalışmaları için büyük bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyelin temel nedeni, LiDAR ışık ışınlarının vejetasyonun içerisindeki küçük boşluklardan geçerek yeryüzüne ve vejetasyonun farklı katmanlarına (gövde, dal, alt katman) ulaşabilmesidir. Bu da bu bölgelerin modellenmesine olanak tanımaktadır (Amakhchan, 2022). LiDAR verilerinden elde edilen noktalar çeşitli filtreleme ve sınıflandırma işlemlerine tabi tutulur ve bu işlemler sonucunda istenilen obje veya yüzeylere ilişkin bilgiler çıkarılabilir. Örneğin, çıplak arazi yüzeyi oluşturmak için gerekli dayanak noktaları, filtreleme işlemiyle elde edilebilir (Şekil 4). Çıplak zemin SAM üretimi, iki ana adımdan oluşur: zemin filtreleme ve filtrelenmiş zemin noktalarının enterpolasyon rutini içinde işlenmesidir (Aryal, 2017).



Şekil 4. LiDAR nokta bulutu verilerinin filtrelenmesi ve SAM üretimi. a) Filtrelenmemiş nokta bulutu. b) Çıplak yeryüzüne ait filtrelenmiş nokta bulutu. c) Raster sayısal arazi modeli

2.2.3 BIM ortamında alternatif yol güzergâhlarının oluşturulması

Autodesk Infracore ortamında farklı kısıtlar dikkate alınarak, elde edilen yol güzergâhlarına ait teknik kısıtlar aşağıda belirtilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Yol alternatifleri için kullanılan teknik kısıtlar

Alternatif no	Yol Proje Tasarım Hızı (km/sa)	Kazı Eğimi (yatay/düsey)	Dolgu Eğimi (yatay/düsey)	Maksimum Yol Boyuna Eğimi (%)	Minimum Kurp Yarıçapı (m)
1	30	0,5	0,7	20	20
2	40	0,5	0,7	8	50
3	20	0,5	0,5	10	14,63
4	50	1,0	1,0	9,25	99,75
5	30	1,0	1,0	9,25	100
6	40	0,5	0,7	15	70
7	30	1,0	0,7	9,25	33,86

2.2.4 Ekolojik kriterlerinin belirlenmesi ve BIM ortama entegrasyonu

Çalışmada, orman yollarının ekolojik açıdan değerlendirilmesi için 14 farklı kriter kullanılmış ve kriterlerin ekolojik açıdan pozitif veya negatif katkıları değerlendirilmiştir. Ancak, her bir kriterin sonucu baskın olarak hangi yönde

etkilediğine karar verilmiş ve tersi yöndeki etkiler dikkate alınmamıştır. Dikkate alınan kriterler aşağıda listelenmiştir.

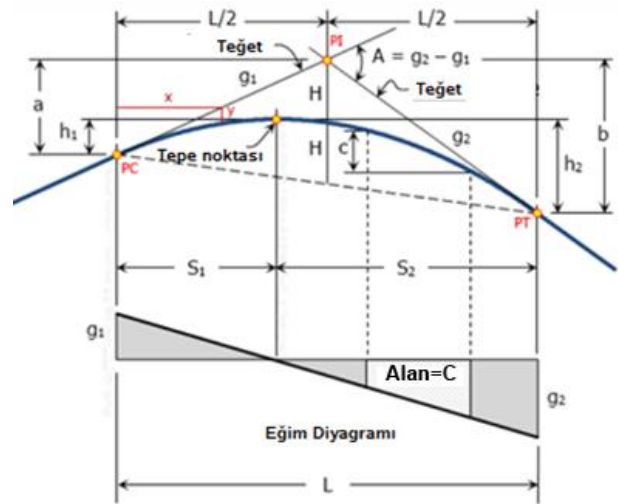
Düşey kurp değerleri: Düşey kurp uzunluğunun hesaplanmasında simetrik parabol geometrisi esas alınmaktadır (Şekil 5) (Denklem 1-2).

$$a = \frac{1}{2} g_1 L \tag{1}$$

$$b = \frac{1}{2} g_2 L \tag{2}$$

a ve *b*, parabol x ve y eksenine simetri gösteren eksenli boyunca olduğunda, parabolün genişlik ve yüksekliğini temsil eden parametrelerdir. “*g*₁ ve *g*₂” ise x eksenli etrafındaki ikinci dereceden terimlerin katsayısıdır.

L ise, parabol düzleminin uzunluğu olarak ifade edilmektedir.



Şekil 5. Simetrik parabol geometrisi

Yol inşası sırasında zeminin doğal yapısının asgari düzeyde bozulması yerel bitki ve hayvan türlerinin yaşam alanlarının korunmasına yardımcı olabilir. Yol standartlarını geliştirmek için uzun bir düşey eğri kullanmak, eğimin daha yumuşak bir şekilde değişmesini sağlar, ancak bu da yolu mevcut arazi profiline göre uygulamak için daha fazla kazı ve dolgu işlemi gerektirebilir. Yollar, suyun akışını etkileyen topoğrafik arazi unsurlarında farklı davranışlar sergiler. Örneğin, suyun yoğunlaştığı konkav alanlar, nemli manzaralarda suyun çoğunu taşır. Ancak yollar üzerinde kesim yüksekliği ile konkavite arasında bir ilişki vardır, bu nedenle kesim yükseklikleri en yüksek olan sırtlar ve kesim yükseklikleri en düşük olan alçak alanlardır. Bu durum, suyun en çok nerede toplandığının önemli olduğunu gösterir (Luce,2002).

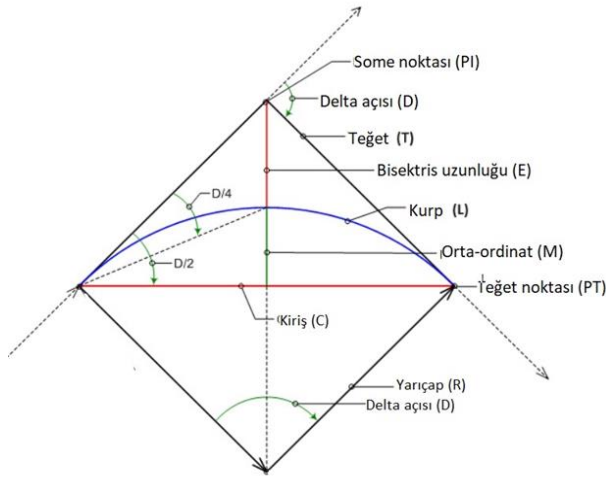
Yatay kurp yarıçapı: Yatay güzergâhtaki küçük kurp yarıçapları, orman yollarının doğal araziye daha iyi uyum sağlamasını yardım eder ve çevresel etkiyi azaltır. Bu tasarım, habitat bozulmasını ve arazi kullanımını minimize ederek ekosistem üzerindeki baskıyı azaltır. Yol tasarımında doğal topoğrafyayı korumak, biyolojik çeşitliliği ve doğal habitatları koruma çabalarında önemli bir rol oynar.

Yatay kurp geometrisine (Şekil 6) ait parametrelerinin hesaplanmasında ise aşağıdaki denklemler kullanılmıştır (Denklem 3-4-5).

$$L = \frac{R12\pi}{360} \tag{3}$$

$$T = \frac{Rtan}{2D} \tag{4}$$

$$R = \frac{5729.78}{D} \quad (5)$$



Şekil 6. Yatay kurp geometrik elemanları

Yol boyuna eğimi: Düşük boyuna eğimler, orman yollarında önemli çevresel faydalar sunar. Bu eğimler, su akışını daha kontrol edilebilir hale getirir, böylece erozyonu azaltır ve doğal su döngüsünü korur. Ayrıca, suyun doğal yollarla akmasını sağlayarak yakındaki su ekosistemlerinin sağlığını korur. Özellikle orman yolları, suyun hızla yüzeyden uzaklaştırılmasını sağlayacak şekilde tasarlandığında, yolun yüzey ve alt yapısının erozyona uğraması önenebilir. Bu durum, yolun ömrünü uzatırken çevresel bütünlüğü de korur.

Yol tasarımı hızı: Orman yolları genellikle yüksek hızlı seyahat için tasarlanmadığından ve trafik hızının ölüm oranlarıyla ilişkili olduğundan, büyük memeliler için doğrudan ölüm genellikle önemli bir faktör değildir (Lyon, 1984). Düşük hız limitlerine sahip yollar, orman yolları, nda yaban hayatı üzerindeki olumsuz etkileri azaltmada önemli bir rol oynar. Bu yollar, hayvanların güvenli bir şekilde yol geçişlerini sağlar ve araçlar ile yaban hayatı arasındaki çatışmaları en aza indirir.

Dere geçişi sayısı: Yol yapımı ve kullanımı sırasında taşınan çamur, yağ, yakıt, pestisitler ve diğer kirleticiler dere geçişlerinde doğrudan suya karışabilir, bu da su kalitesinin düşmesine ve sucul habitatların zarar görmesine yol açabilir. Yollar, balıklar ve diğer sucul canlılar için önemli olan üreme, beslenme ve göç yollarını keserek popülasyonların izole olmasına ve genetik çeşitliliğin azalmasına neden olabilir. Yol yapımı sırasında doğal su yollarının değiştirilmesi, sel riskini artırabilir ve su akış rejimlerini bozarak sucul ekosistemlerin sağlığını olumsuz etkileyebilir. Yolların güneş ışığını emerek çevreye sıcaklık yayması, özellikle sıcaklık hassasiyetine sahip türler için potansiyel bir tehlike oluşturabilir (Ryan ve diğerleri, 2004).

Dolambaçlılık faktörü: Yatay dolambaçların sayısının azaltılması, doğal arazinin daha az değiştirilmesi anlamına gelir, bu da toprak ve habitat bozulmasını minimize eder. Yol inşaatı sırasında yapılan kesim, kazı ve dolgu işlemleri azalır, bu da orman içi ekosistem üzerindeki stresi azaltır ve flora ile fauna için daha stabil bir ortam sağlar (Denklem 6).

$$\text{Dolambaçlılık faktörü} = \frac{\text{Yolun yataydaki gerçek uzunluğu}}{\text{iki nokta arasındaki doğrusal mesafe}} \quad (6)$$

Kıvrımlılık faktörü: Orman yolları, genellikle dolgu ve kazı alanları nedeniyle tek bir eğimle seyredemez. Bu dolaylı olarak eğim kırıklıklarına veya ters eğimlere yol açar, bu da yolun kıvrımlı bir yapıda inşa edilmesine neden olur. Ancak, Öklit bağıntısına göre iki nokta arasındaki en kısa mesafe dik olan mesafedir (Eker ve Ada, 2011) (Denklem 7). Orman yollarının boyuna kesitleri, bu eğimlerle ilişkilendirildiğinden dolayı kıvrımlı bir yapı gösterir. Bu sapma, kıvrımlılık faktörü olarak hesaplanmıştır (Erdaş, 1997).

$$\text{Kıvrımlılık faktörü} = \frac{\text{yolun gerçek uzunluğu}}{\text{kıvrımlı hat uzunluğu}} \quad (7)$$

Yüksek kıvrımlılık faktörü, orman yollarında daha az toprak hareketi ve doğal habitat bozulması anlamına gelir, çünkü yol doğal arazi konturlarına daha iyi uyum sağlar. Bu özellikle eğimli ve dağlık bölgelerde erozyonu ve yüzey akışını azaltarak su kalitesini koruma açısından önemli avantajlar sunar. Ayrıca, arazi topografyasıyla uyumlu yol düzenlemesi, toprak işlerini en aza indirerek çevresel etkileri minimize eder (Ryan ve ark., 2004).

Yol eksenini uzunluğu: Motorlu araçların yollar üzerindeki kullanımı, belirli vahşi yaşam alanlarında üreme fonksiyonlarına doğrudan müdahale eder ve göçleri engelleyebilir (Bennett, 1991). Uzun orman yolları, habitat parçalanmasına ve yaşamsal alanların küçülmesine yol açarak ekosistem bağlantılarını koparabilir ve erozyon ile sedimentasyonu artırabilir. Kısa orman yolları ise yapısal müdahaleleri azaltarak daha az ağaç kesimi ve habitat bozulması sağlar, böylece çevresel ayak izini azaltır ve orman ekosistemlerini korur (Ryan ve ark., 2004).

İnşaat alanı: Büyük ölçekli yol inşaatları, doğal habitatları böler, ekosistemleri parçalar ve özellikle üreme koşullarına duyarlı türler için zararlı olabilir (Çalışkan, 2013). Yol yapımı sırasında artan sedimentasyon, su gövdelerinde bulanıklığa yol açarak sucul yaşamı olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, yollar gürültü kirliliği yaratır ve bu da özellikle gürültüye hassas türler için yaşam alanlarının azalmasına neden olabilir (Smith ve ark., 2018).

Kazı şevi eğimi: Yamaç kararlılığını etkileyen faktörler arasında gözenek suyu basıncı, toprak dayanım parametreleri, yamaç dikliği ve derinliği önemlidir (Eker ve Aydın, 2014). Kazı şev değerlerinin doğal şev açısına dikey eğime yakın olması, yolun daha dar bir alana sığdırılmasını sağlayarak çevredeki habitatın korunmasına katkıda bulunabilir.

Ters eğimlerin sayısı: Doğal arazi konturlarını takip eden ters eğimli yollar, büyük toprak hareketleri gerektiren düz yolların aksine çevresel etkiyi azaltabilir. Bu yaklaşım, habitat bozulmasını minimize eder ve yerel ekosistemlere daha az müdahale edilmesini sağlar. Ayrıca, ters eğimler suyun eşit şekilde dağılmasını ve doğal drenaj hatlarına uygun bir şekilde akmasını destekleyerek erozyonu azaltabilir ve su kaynaklarının korunmasına katkı sağlayabilir.

Kazı ve dolgu yükseklikleri: Kazı ve dolgu yüksekliklerinin hesaplanmasında Denklem (8) kullanılmıştır:

$$\Delta h = h_{\text{design}} - h_{\text{existing}} \quad (8)$$

h_{design} : Tasarım yüzeyinin yüksekliği.

h_{existing} : Mevcut yüzeyin yüksekliği.

Δh : Yükseklik farkı (Dolgu için pozitif, kazı için negatif).

Eğer $\Delta_h > 0$, bu bir dolgu yüksekliğidir, Eğer $\Delta_h < 0$, bu bir kazı yüksekliğidir.

Bu formül, mevcut yüzey (existing ground) ve tasarım yüzeyi (design surface) arasındaki yükseklik farkını belirler. Eğer tasarım yüzeyi mevcut yüzeyden daha yüksekse, fark pozitif olur ve bu dolgu gerektirir. Eğer tasarım yüzeyi mevcut yüzeyden daha düşükse, fark negatif olur ve bu kazı gerektirir.

Yüksek dolgu ve derin kazı işlemleri doğal yaşam alanlarını büyük ölçüde etkiler ve ekosistemleri bozar. Bu durum, yerel bitki ve hayvan türleri için önemli habitat kayıplarına yol açabilir, özellikle hassas veya endemik türler bu değişikliklerden olumsuz etkilenir (Forman ve Alexander, 1998). Büyük kazılar ve dolgular, yüzey erozyonunu artırarak sedimanların yakın su kaynaklarına taşınmasına neden olabilir. Bu da su kalitesini düşürür ve sucul yaşam için olumsuz koşullar yaratır (Bilby ve Ward, 1989).

Kazı/Dolgu dengesi: Yol yapımında kazı ve dolgu işlemlerinin denge önemlidir, özellikle eğimli ve yağışlı alanlarda aşırı malzeme çıkarma veya fazla doldurma su akışını değiştirebilir ve erozyonu artırabilir. Denge kazı ve dolgu planlaması suyun doğal akışını korur, yol yapısını korur ve erozyon riskini azaltır. Ayrıca, toprak miktarının dengelenmesi çevresel etkiyi önemli ölçüde azaltabilir. Doğal arazi konturlarına uygun kazı ve doldurma işlemleri habitat bozulmasını ve diğer çevresel zararları en aza indirir. Ayrıca, malzeme taşıma ihtiyacını azaltarak karbon emisyonlarını düşürür ve inşaat süresini kısaltır. Yol tasarımı, arazi topografyasına en uygun şekilde yapılmalı ve toprak işleri en aza indirilmelidir (Ryan ve ark., 2004).

2.2.5 ÇKKV yöntemleriyle alternatif güzergâhların değerlendirilmesi

Çalışmada, alternatif güzergâhların ekolojik performanslarının değerlendirilmesinde, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden faydalanılmıştır. Kriterler arasındaki çatışmayı ve bilgi içeriğini objektif bir şekilde yorumlamak için CRITIC yöntemi, ağırlıklandırma aşamasında kullanılmıştır. Alternatiflerin sıralaması için ise basit, esnek ve güçlü bir yöntem olan MOORA yöntemi tercih edilmiştir. CRITIC yönteminin temeli, karar verme süreçlerindeki karşıtlık yoğunluğuna dayanır (Diakoulaki ve ark., 1995). Bu yöntem, ÇKKV literatüründe ve uygulamalarında önemli bir etkiye sahip olup, farklı kriterler arasındaki ilişkileri analiz etmek için matematiksel ve istatistiksel tekniklerden yararlanır.

CRITIC yöntemi beş adımdan oluşmaktadır (Diakoulaki ve ark., 1995):

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

Karar matrisi X , m adet alternatif ve n adet kriterlerden oluşmaktadır. Karar matrisindeki her bir x_{ij} değeri, i 'nci alternatifin j 'nci kriterdeki performansını gösterir (Denklem 9).

$$X = [X_{ij}]_{n * m} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$X_j^{max} = J$.kriterin alternatifleri arasındaki maksimum değeri.

$X_j^{min} = J$.kriterin alternatifleri arasındaki minimum değeri.

$i=1,2,3\dots, m$ alternatifleri, $j=1,2,3\dots, n$ kriterleri ifade eder.

Adım 2: Karar matrisinin normalizasyon işlemi

Bu adımda fayda yönlü kriterler ve maliyet yönlü kriterlerin değerlerinin hesaplanması sağlanır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \quad (10)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{max} - x_{ij}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \quad (11)$$

r_{ij} : Normalizasyon işlemi sonucunda elde edilen, i -nci alternatifin j -nci kriterdeki normalize edilmiş değeridir.

X_{ij} : Orijinal karar matrisindeki, i -inci alternatifin j -inci kriterdeki ham değeri.

$\min(x_j)$: j -inci kriterin karar matrisindeki minimum değeri.

$\max(x_j)$: j -inci kriterin karar matrisindeki maksimum değeri.

Maksimum fayda kriterleri için Denklem (10), minimum maliyet kriterleri için ise Denklem (11) hesaplanır, karar matrisinin X_{ij} elemanlarına normalizasyon işlemi uygulanarak r_{ij} değerleri sonucuna ulaşılır.

Adım 3: Kriterler arası ilişki derecesinin belirlenmesi

Normalizasyon sonucunda hesaplanan r_{ij} değerleri kullanılarak Denklem (12) yardımıyla j kriteri ile k kriteri arasındaki korelasyon değerleri P_{jk} bulunur. Bu değer, kriterler arasındaki bağlantının gücünü gösterir.

Burada dikkat edilmesi gereken kısım normalize edilen kararlılık matrisindeki kriterlere ait değerlerin normal dağılıma sahip olma durumudur. Bu kısımda normal dağılım testleri dikkate alınmaktadır. Normal dağılım test sonucuna göre veriler normal dağılıyorsa Denklem (12)'de görülen Pearson korelasyon katsayısı formülü hesaplanmalıdır.

$$P_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - r_j)(r_{ik} - r_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - r_j)^2 \sum_{i=1}^m (r_{ik} - r_k)^2}} \quad (12)$$

$j, k=1,2,3\dots,n$: n adet kriterin her birini temsil eder.

Korelasyon katsayısı P_{jk} : j -inci ve k -inci kriterler arasındaki korelasyonu gösterir.

Veriler normal dağılıma sahip değilse Spearman sıra korelasyon katsayısı formülü Denklem (13) ile kriterler arası ikili korelasyon katsayısı bulunabilir. (Kiracı ve Bakır, 2019).

$$P_{jk} = 1 - \frac{6 * \sum_{i=1}^m d^2}{n * (n^2 - 1)} \quad (13)$$

İfadelerden d iki kriterin sıralamaları arasındaki farkı gösterir, n ise kriter büyüklüğünü ifade eder.

Adım 4: Kriterlere ait bilgi miktarı değerlerinin (C_j) hesaplanması

Bu adımda her bir kritere ait bilgi miktarı (C_j) Denklem (14) kullanılarak belirlenir. Eşitlikte yer alan σ_j ifadesi j . kritere ait standart sapma değeri olup, Denklem (15) ile hesaplanmaktadır.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - r_j)^2}{m}} \quad (14)$$

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - P_{jk}) \quad (15)$$

σ_j : j. Kriterin standart sapma değeri

Adım 5: Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Son adım olarak ise her bir j kriterinin C_j değeri, tüm kriterlerin değerlerinin toplamına oranlanarak nesnel ağırlık değerleri hesaplanmaktadır. Denklem (16) en yüksek değerden en düşük değere kadar kriterler sıralandığında ortaya çıkan en yüksek ağırlığa sahip kriterin belirlenmesi için kullanılır.

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^n C_k} \quad (16)$$

Alternatiflerin önem sıralamasında kullanılan MOORA yöntemi ise Brauers ve Zavadskas tarafından 2006 yılında ortaya konulmuştur. Diğer sıralama yöntemlerine göre nispeten yeni bir yöntem olmasına karşın birçok farklı disiplinde kullanılmaktadır. Yöntem diğer sıralama yöntemleriyle karşılaştırıldığında hesaplama/veri çözümü, basitlik derecesi, kolay anlaşılabilir olması ve esnekliği açısından öne çıkmakla beraber tüm öznelilikleri ve bunların görece önemini dikkate almaktadır (Sarkar ve ark., 2015). Bu yaklaşımın uygulaması aşağıda belirtilen detaylı anlatımlarda ifade edilen 4 aşamanın sıralı bir şekilde uygulanması ile gerçekleştirilmektedir (Brauers ve Zavadskas, 2006; Ersöz ve Atav, 2011).

Adım 1: Normalize karar matrisinin oluşturulması

Karar matrisi, kriterlerden oluşan değerlerin normalize edilmesiyle oluşan matristir (Denklem 17).

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij})^2}} \quad (17)$$

Adım 2: Kriterlerin yönünün tanımlanması

Kriterlerin fayda ve maliyet anlamda durumunun değerlendirilmesidir. Fayda yönlü ise maksimum alınması gereken katsayı, maliyet yönlü ise minimum alınması gereken değer tanımlanır.

Adım 3: Alternatiflerin fayda-maliyet analizi değerlerinin hesaplanması

Normalize karar matrisinde kriter değerleri olan w_k ile çarpılır, Denklem (18) ile tanımlanan ölçütlere göre her bir karar alternatifinin performansı belirlenir.

$$y_i = \sum_{j=1}^g (w_k * x_{ij}^*) - \sum_{j=g+1}^n (w_k * x_{ij}^*) \quad (18)$$

y_i = i alternatifinin performans değeri

w_k = k kriterinin ağırlık değeri

x_{ij} = Karar matrisindeki i alternatifinin j kriterine ait normalize değeri

g = Fayda kriterlerinin sayısı

n = Toplam kriter sayısı

$i=1,2,\dots,n$ = Alternatiflerin indeksi

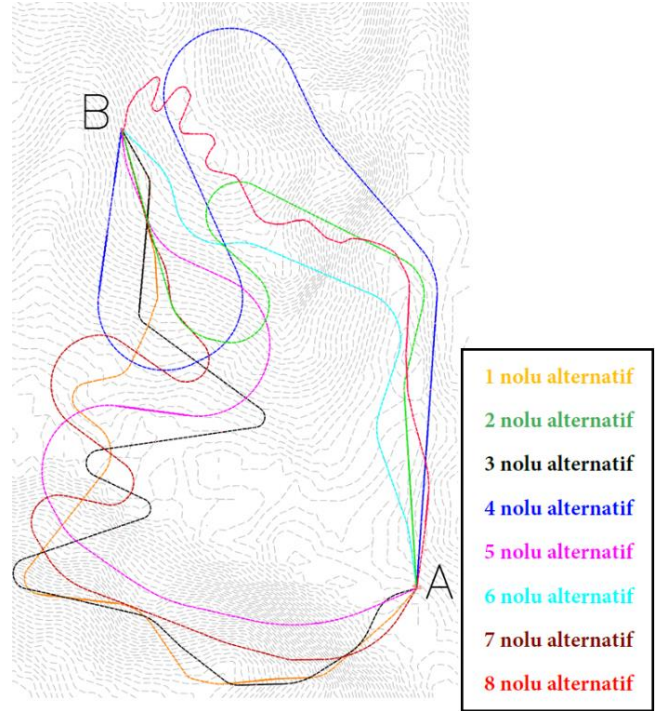
Adım 4: Alternatiflerinin Sıralaması

Bu adımda, y_i^* olarak belirtilen fayda-maliyet analizi değerleri yüksek değerden düşük olana kadar sıralanır. Bu sıralamada yüksek olan alternatif tercih edilmesi gereken olarak belirtilirken, son sırada yer alan için tercih edilme olasılığı en düşük olan olarak belirlenir.

3. Bulgular

3.1 Alternatif yol güzergâhlarına ait geometrik bulgular

Autodesk Infracore yazılımında, farklı teknik yol parametreleri (Ek 1) dikkate alınarak yedi farklı yol alternatifi oluşturulmuştur (Şekil 7). Parametreler arasında yol geometrisi (düşey ve sağ kurpların uzunlukları, yol eğimi, dolambaçlılık oranı, kıvrımlılık oranı), ulaşım performansı (maksimum hız limiti, dere sayısı), yol uzunluğu (yol eksen uzunluğu), inşaat ölçütleri (inşaat alanı, kazı ve dolgu seviyeleri), ve zorluklar (ters eğim sayısı, kazı/dolgu oranı) bulunmaktadır. Elde edilen verilere göre, her yol alternatifi belirli bir parametre açısından diğerlerinden farklılık göstermektedir. Örneğin, yol 5 sağ kurplar açısından diğerlerinden belirgin bir şekilde farklılık gösterirken, Mevcut yol ise en yüksek ters eğim sayısına sahiptir. Bu parametrelerin ayrıntılı analizi, karar verme sürecinde hangi yolun seçileceğine yönelik kritik bilgiler sunmaktadır, bu da projenin başarıyla tamamlanması için önemlidir.



Şekil 7. Alternatif yollara ait plan görünümü

3.2 Ekolojik kriterler açısından ağırlıklandırma sonuçlarına ait bulgular

CRITIC yöntemiyle 14 farklı kriterin ağırlıkları dikkate alınarak alternatifler arasında bir fayda-maliyet analizi yapılmıştır. Buna ilişkin karar verme matrisi ekler kısmında belirtilmiştir. (Ek 2). Bu analiz sonucunda, çalışmadaki alternatif güzergâhların ekolojik sıralamaları belirlenmiştir. Öncelikle kriter ağırlıklarını belirlemek için CRITIC yöntemi uygulanmıştır. CRITIC yöntemi uygulaması kapsamında oluşturulan normalizasyon aşamasında kullanılan kriterlerinin minimum ve maksimum değerleri Ek 3'te belirtilen matrisinde listelenmiştir.

CRITIC yöntemi karar matrisi verisiyle yöntemin ilk aşamasında Ek 4'te ifade edilen CRITIC yöntemi normalizasyon matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan CRITIC yöntemi normalizasyon matrisiyle, yöntemin ikinci aşamasında korelasyon matrisi elde edilmiştir. İlgili korelasyon matrisi Ek 5'te belirtilmiştir. Korelasyon katsayısı ve standart sapma ölçütlerinin birlikte değerlendirilmesiyle oluşan sonuçları yansıtan *Pjk* katsayıları, yöntemin üçüncü aşamasında yer alan denklemlerle oluşturularak Ek 6'da ifade edilmiştir.

Daha sonra *Pjk* Katsayılarına, yöntemin son aşamasında belirtilen formülün uygulanması ile hesaplanan tüm kriter ağırlık değerlerine ilişkin sonuçlar, Ek 7'de sunulmuştur. Standart sapma değerleri incelendiğinde, parametreler arasında genel bir tutarlılık olduğu görülmektedir. Değerlerin çoğu 0,30 ile 0,40 arasında değişmektedir, bu da ölçümlerin orta derecede değişkenlik gösterdiğini gösterir. *Cj* katsayılarına bakıldığında, belirli parametrelerin diğerlerine göre daha fazla değişkenlik gösterebileceği ve ölçümlerin biraz daha değişken olduğu görülmektedir. Özellikle, yol eğimi parametresinin yüksek *Cj* katsayısına sahip olduğu göze çarpmaktadır, bu da bu parametrenin diğerlerine göre daha fazla değişkenlik gösterdiğini göstermektedir. *Wj* ağırlıkları incelendiğinde, her bir parametrenin genel değerlendirmedeki katkısının benzer olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, bu bulgular, parametrelerin değerlendirilmesinde genel bir tutarlılık

olduğunu ve değerlendirmede her bir parametrenin benzer öneme sahip olduğunu göstermektedir.

3.3 Ekolojik kriterlerin sıralama sonuçlarına ait bulgular

Ekolojik kriterlerin MOORA sıralama yöntemi kapsamında oluşturulan normalizasyon matrisi sonuçları Ek 8'de belirtilmiştir. Takip eden aşamada ise CRITIC yöntemi ile elde edilen kriter ağırlık değerlerinin her birinin ilgili kritere ilişkin sütun vektörü ile çarpılmasıyla, Ek 9'da gösterilen MOORA Önem Katsayısı Yaklaşımı ile ağırlıklandırılmış normalizasyon matrisi oluşturulmuştur.

MOORA Önem katsayısı yaklaşımının son aşamasında ise belirtilen formül uygulanarak, ağırlıklandırılmış normalizasyon matrisinde her bir kriterin fayda yönlü kriterlerde aldığı değerlerin toplamının maliyet yönlü kriterlerde aldığı değerlerin toplamından çıkarılması ile her alternatif için fayda-maliyet analizi değerleri Çizelge 2'de ifade edildiği üzeredir. Buna göre en iyi performans sıralaması mevcut yolda iken, en düşük performansı ise 4 numaralı yol almıştır. Çizelge 2'de verilmiş olan bu sıralamadan, mevcut yol güzergâhının tüm teknik kıstasları sağlayacak bir şekilde tasarlanmış, planlanmış ve inşa edilmiş olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 2. Fayda-maliyet analizi değerleri

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	Mevcut yol
Yi	-0,16959	-0,21119	-0,21401	-0,31606	-0,25503	-0,21509	-0,22173	-0,16938
Sıralama	2	3	4	8	7	5	6	1

4. Sonuç

Yunanistan'da yapılan bir çalışmada orman yollarının sürdürülebilir kalkınmaya katkısı incelenmiştir (Drosos ve diğ.ö 2020). Çalışmada kullanılan kriterler ölçülebilir olup alternatif orman yolu güzergâhlarının çevresel kaynaklar üzerindeki etkileri analiz edilmektedir. Yunanistan'ın Kozani Bölgesi'ndeki Vlastis – Emporiou Kamu Ormanı'nda yapılan çalışmada, inşaat sahasının boyutunun ekolojik ve sosyal etkileri de incelenmiştir. Dolgu yükseklikleri, yamaç yükseklikleri ve eğimler bu çalışmada olduğu gibi dikkate alınmıştır. Çalışmanın sonucunda, iki alternatiften hangisinin daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. Yol inşaatı çözümlerinin, inşaat başlamadan önce karşılaştırmalı olarak belirlenmesinin çevresel etkilerin minimize edebileceği sonucuna varılmıştır.

Türkiye'de yapılan bir çalışmada orman yollarının kalitesinin belirlenebilmesi için ölçüt ve gösterge setlerinin oluşturulmasına ilişkin bir yöntem bilim geliştirilmiştir (Eker ve Aydın, 2014). Ekolojik ölçütlerini de içeren bir sette hiyerarşik bir analiz seti içinde yer bulmuştur. Orman yollarının orman ekosistemine olan etkilerini değerlendirerek kapsamlı bir kalite değerlendirme yöntemi sunmaktadır ve gelecek çalışmalarda yeni kriterler ve ölçütler eklenebileceğini bildirmişlerdir.

Yukarıda bahsedilen çalışmalarda olduğu gibi ekolojik kriterleri değerlendirerek sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunma hedeflenmiş ve ayrıca benzer şekilde, çalışmamızda CRITIC ve MOORA yöntemleri kullanılarak ekolojik, teknik, sosyal ve ekonomik kriterler detaylı bir şekilde değerlendirilmiş ve alternatif güzergâhların çevresel etkileri minimize edilmiştir. Eker ve Aydın (2014) tarafından geliştirilen hiyerarşik analiz

seti, yol kalitesini çok boyutlu bir bakış açısıyla değerlendirmeye olanak tanımıştır. Benzer bir şekilde, çalışmamız da orman yolu güzergâhlarının seçimi için ÇKKV yöntemlerini kullanarak daha kapsamlı bir yaklaşım sunulmuştur.

Araziyi temsil eden sayısal altlıkların (SAM) hassasiyeti kazı-dolgu miktarlarının doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Liu (2008) çalışmasında düşük hacimli yol inşaatlarında sayısal yükseklik modeli üretiminin en önemli süreç olduğunu vurgulamaktadır. Şentürk ve diğerleri tarafından 2018'de yapılan çalışmada, yol planlama ve projelendirme çalışmalarında kullanılan eş yükselti eğrili haritaların yerini, gelişen bilgisayar destekli çizim yazılımları sayesinde daha hassas ve doğru veri sağlayan yöntemlere bıraktığı vurgulanmaktadır. Geleneksel yöntemlerle belirli mesafelerde alınan enkesitler yerine, artık istenilen aralıklarda (metre ve/veya santimetre) enkesitler alınarak kazı-dolgu hacimlerinin daha gerçekçi tahmin edilebildiği belirtilmektedir. Ayrıca, hassasiyeti yüksek sayısal altlıkların seçilmesi, bilgisayar destekli yol projelendirme yazılımları ile eş zamanlı karar verme imkânı sunduğu ifade edilmektedir. Benzer şekilde, Akay ve diğ. (2014), LiDAR tabanlı modellerin orman yolu planlamasında nasıl kullanılabileceğini araştırmışlardır. Bu çalışmalar, LiDAR verilerinin yüksek doğrulukta arazi modelleri oluşturularak yol güzergâhlarının belirlenmesindeki önemini vurgulamaktadır.

Bu çalışma da, yukarıda bahsedilen diğer çalışmalardaki gibi hassas sayısal altlıkların ve gelişmiş çizim yazılımlarının kazı-dolgu miktarlarının doğruluğunu artırmadaki önemini ve LiDAR tabanlı modellerin yol güzergâhlarını belirlemede

sağladığı yüksek doğruluğu desteklemektedir. Sayısal verinin hassasiyeti, inşaat alanı, kazı/dolgu dengesi ve yükseklikleri gibi birçok kriteri etkileyerek CRITIC yöntemiyle belirlenen ağırlıkları değiştirmektedir. En doğru ve optimum çözümü bulabilmek için en hassas verilere sahip olmanın gerekliliği vurgulanmaktadır.

Dodson ve arkadaşları (2006), Analitik Hiyerarşi Süreci'ni (AHP) orman yollarının bakım ve iyileştirilmesi için yapılan yatırımların önceliklendirilmesinde kullanmışlardır. AHP, profesyonel yargılar ve kullanıcı tercihlerini entegre ederek tutarlı kararlar almayı sağlamış ve maliyet-fayda analizleri ile kaynak tahsis modelleri gibi uygulamalara entegrasyonunu mümkün kılmıştır. Çalışma, ÇKKV'lerinin orman yolları gibi karmaşık karar verme sorunlarında nasıl etkili kullanılabileceğini göstermektedir. Bu çalışmada, CRITIC ve MOORA yöntemleri kullanılarak alternatif güzergâhların çevresel etkileri detaylı şekilde değerlendirilmiş ve optimizasyon sağlanmıştır. Yöntemlerin bir arada kullanılması, maliyet etkinliği ve teknik uygunluğu optimize ederken çevresel etkileri en aza indirmiştir. Hassas LiDAR verileri ve BIM analizleri değerlendirmelerin doğruluğunu artırmıştır.

Bu çalışmada, BIM kullanılarak kapsam ve sonuç hassasiyeti artırılmıştır. BIM modeli üzerinde optimizasyon araçlarının yüksek sayıda alternatif üretme potansiyeli ve CRITIC yönteminin bilgi kaynağına ihtiyaç duymadan kriter ağırlığı oluşturma özelliği incelenmiştir. Ayrıca LiDAR'ın BIM'e katkısı hassasiyetin artırılması anlamında gözler önüne serilmiştir. Kullanıcılar, kendi kriterlerini belirleyerek kolay bir ara yüzde değerlendirme yapabilmekte ve bu sistemlerle daha etkin kararlar alabilmektedirler. Bu yöntem, ÇKKV süreçleriyle entegre bir yaklaşımla orman yolu planlamasında kullanıcı dostu bir çözüm sunmaktadır. Orman yolu güzergâhlarının belirlenmesinde yüksek çözünürlüklü veri setleri (LiDAR verisi, Coğrafi Bilgi Sistemleri verileri vb.) ve BIM yaklaşımı kullanılarak detaylı bir analiz yapılmıştır. Bu sayede, seçilecek yol güzergâhının negatif ekolojik etkilerinin minimize edilmesi hedeflenmiştir.

Sonuç olarak, BIM ortamında, çok sayıda alternatifin optimizasyon araçlarıyla üretilmesi sayesinde ekolojik kriterler dikkate alınarak en uygun güzergâhlar belirlenmiştir. Alternatif güzergâhların değerlendirilmesinde CRITIC ve MOORA gibi ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır. CRITIC yönteminin ideal kriter bilgisine ihtiyaç duymaması, BIM ile tam uyum sağlamıştır. Dynamo aracı ile BIM modellerinden çekilen verilerin ÇKKV yöntemlerinde kullanılması uygun görülmüştür. Analizler sonucunda, mevcut yol modellemesi olan alternatif 8'in çevresel anlamda en iyi alternatif olduğu belirlenmiştir. Gelecekte, farklı veri setlerinin (iklim, su kaynakları, üst yapı kalitesi gibi) BIM'e entegrasyonu ile daha kapsamlı analizler yapılabilir. ÇKKV yöntemlerinin farklı ağırlıklandırma ve normalizasyon teknikleri kullanılarak geliştirilmesi, alternatif güzergâhların daha hassas değerlendirilmesine olanak tanıyacaktır. BIM yazılımları ve ÇKKV yöntemlerinin entegrasyonu, orman yolu projelendirmesinde önemli avantajlar sunmaktadır. Bu entegrasyon, yol güzergâhlarının belirlenmesinde hem zaman tasarrufu sağlayacak hem de doğruluğu arttıracaktır.

Teşekkür

Bu çalışma kapsamında kullanılan bir kısım veri seti İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü doktora öğrencisi Murat Özmen'in TÜBİTAK 2214-A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı ve YÖK 100/2000 bursuyla desteklenen "Hassas Ormanlık Yaklaşımıyla BIM Yazılımı Kullanılarak Optimize Orman Yolu Güzergâhının Belirlenmesi" adlı doktora tezinden türetilmiştir.

Kaynaklar

- Akay, A. E., 2006. Minimizing total costs of forest roads with computer-aided design model. *Sadhana- Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 31(5), 621-633.
- Akay, A. E., Wing, M. G., Sessions, J., 2014. Estimating sediment reduction cost for low-volume forest roads using a LiDAR-derived high-resolution DEM. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 9(1), 52-57.
- Akay, A. O., Demir, M., Akgul, M. 2018. Assessment of risk factors in forest road design and construction activities with fuzzy analytic hierarchy process approach in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 1-12.
- Akay, A. O., Senturk, E., Akgul, M., Demir, M. (2023). Spatial assessment of sediment risk with integrated entropy-based WASPAS and fuzzy clustering methods in Turkey: impact of forestry activities and meteorological factors. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(10), 1201.
- Akgul, M., Yurtseven, H., Gulci, S., Akay, A. E., 2018. Evaluation of UAV-and GNSS-based DEMs for earthwork volume. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(4), 1893-1909.
- Amakhchan, W., El Kharki, O., Cherif, E.K., Wahbi, M., Yazidi Alaoui, O., Maatouk, M. ve Boulaassal, H., 2022, August, an overview of tools and algorithms used to classify, detect, and monitor forest area using lidar data, In *International Conference on Pattern Recognition*, pp. 171-182, Cham: Springer Nature Switzerland.
- Aryal, R.R., Latifi, H., Heurich, M., Hahn, M., 2017. Impact of slope, aspect, and habitat-type on lidar-derived digital terrain models in a near natural, heterogeneous temperate forest. *PFG-Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 85, pp.243-255.
- Bennett, A.F., 1991. Roads, Roadsides and Wildlife Conservation: A Review. In: Saunders, D.A. and Hobbs, R.J., Eds., *Nature Conservation 2: The Role of Corridors*, Surrey Beatty & Sons, New South Wales, 99-117.
- Bilby, R.E., Ward, J.W., 1989. Changes in Characteristics and Function of Woody Debris with Increasing Size of Streams in Western Washington. *Transactions of the American Fisheries Society*, 118, 368-378.
- Brauers, W. K., Zavadskas, E. K., 2006. The MOORA method and its application to privatization in transition economy. *Control and Cybernetics*, 35(2), 445-469.
- Brown, A., 2019. Ecological Impacts of Forest Roads. *Journal of Environmental Management*, 45(2), 210-225.
- Chan, D. W., Olawumi, T. O., Ho, A. M., 2019. Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. *Journal of Building Engineering*, 25, 100764.

- Chung, W., Sessions, J., 2001. Designing a forest road network using heuristic optimization techniques, In: *Appalachian Hardwood: Managing Change*, Corvallis, Oregon.
- Chung, W., Stükelberger, J., Aruga, K., Cundy, T. W., 2008. Forest Road network design using a trade-off analysis between skidding and road construction costs. *Canadian Journal of Forest Research*, 38(3), 439-448.
- Contreras, M., Aracena, P., Chung, W., 2012. Improving accuracy in earthwork volume estimation for proposed forest roads using a high-resolution digital elevation model, *Croatian journal of forest engineering. Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 33(1), 125-142.
- Çalışkan, E., 2013. Environmental impacts of forest road construction on mountainous terrain. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 10, 1-8.
- Demircioğlu, M., Coşkun, İ. T., 2018. CRITIC-MOOSRA yöntemi ve UPS seçimi üzerine bir uygulama. *Çukurova Üniversitesi sosyal bilimler enstitüsü Dergisi*, 27(1), 183-195.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., Papayannakis, L., 1995. Determining objective weights in multiple criteria problems. The CRITIC method. *Computers and Operations Research* 22(7), 763-770.
- Dodson, E., Coakley, J., Sessions, J., 2006. The analytic hierarchy process: a tutorial for use in prioritizing forest road investments to minimize environmental effects. *International Journal of Forest Engineering*. 17(2), 51-69.
- Drosos, V. C., Tasionas, G., Koukoulos, I., Kasapidis, I., Stavridis, V., Sismanidis, I., 2020. Multicriteria Decision Making Techniques for Improved and Sustainable Forest Road Engineering. *Proceedings of The International Symposium "Forest and Sustainable Development"*, 9th Edition, 16th of October 2020, Braşov, Romania.
- Dynamoprimer, 2016. Introduction to Dynamo, <https://primer.dynamobim.org/index.html> (Erişim tarihi: 15.04.2024)
- Eker, M., Ada, N., 2011. Orman yolu kalite analizine yönelik ölçüt ve gösterge setinin oluşturulması. *Turkish Journal of Forestry*, 12(2), 89-97.
- Eker, R., Aydın, A., 2014. Assessment of forest road conditions in terms of landslide susceptibility: a case study in Yığılca Forest Directorate (Turkey). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(2), Article 14.
- Erdaş, O., 1997. Orman yolları. KTÜ Orman Fakültesi.
- Ersöz, F., Atav, A. 2011. Çok kriterli karar verme problemlerinde MOORA yöntemi. *KHO Savunma Bilimleri Enstitüsü Harekat Araştırması*, 1(10), 1-10.
- El-Diraby, T., Krijnen, T., Papagelis, M., 2017. BIM-based collaborative design and socio-technical analytics of green buildings. *Automation in Construction*, 82, 59-74.
- Forman, R. T., Alexander, L.E., 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 29, 207-231.
- Ghajar, I., Najafi, A., Karimimajid, A. M., Boston, K., Ali Torabi, S., 2013. A program for cost estimation of forest road construction using engineer's method. *Forest Science and Technology*, 9(3), 111-117.
- Jaafari, A., Rezaeian, J., Omrani, M. S. O., 2017. Spatial prediction of slope failures in support of forestry operations safety, *Croatian Journal of Forest Engineering. Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 38(1), 107-118.
- Kalach, M., Srour, I., Abdul-Malak, M. A., 2018. Envisioned roles of BIM for design delivery under design-build projects. In *Construction research congress 2018* (pp. 552-561).
- Kastridis, A., 2020. Impact of forest roads on hydrological processes. *Forests*, 11(11), 1201.
- Kıracı, K., Bakır, M., 2019. Critic temelli Edas yöntemi ile havayolu işletmelerinde performans ölçümü uygulaması. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (35), 157-174.
- Liu, X., 2008. Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues. *Progress in Physical Geography*, 32(1), 31-49.
- Luce, C., 2002. Hydrological Processes and Pathways Affected by Forest Roads: What Do We Still Need to Learn? *Hydrological Processes*. 16. 2901- 2904. 10.1002/hyp.5061.
- Lyon, L.J., 1984. Road effects and impacts on wildlife and fisheries: *Proceedings, forest transportation symposium; 1984 December 11-13; Casper, WY. Denver, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Region.*
- Matinnia, B., Parsakhoo, A., Mohamadi, J., Jouibary, S. S., 2018. Study of the LiDAR accuracy in mapping forest road alignments and estimating the earthwork volume. *Journal of Forest Science*, 64(11), 1212-4834.
- Mohammadi, M., Rezaei, J., 2020. Ensemble ranking: Aggregation of rankings produced by different multi-criteria decision-making methods. *Omega*, 96, 102254.
- Najafi, A., Sobhani, H., Saeed, A., Makhdom, M., Mohajer, M. M., 2008. Planning and assessment of alternative forest road and skidding networks. *Croatian Journal of Forest engineering*, 29(1), 63-73.
- Najafi, A., Mohammadi Samani, K., 2010. Planning road network in mountain forests using GIS and Analytic Hierarchical Process (AHP). *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8(2), 151-162.
- Ryan, T., Phillips, H., Ramsay, J., Dempsey, J., 2004. *Forest Road Manual. Guidelines for the design, construction and management of forest roads*, COFORD, Dublin.
- Sarkar, A., Panja, S. C., Das, D., Sarkar, B., 2015. Developing an efficient decision support system for non-traditional machine selection: an application of MOORA and MOOSRA. *Production and Manufacturing Research*, 3(1), 324-342.
- Smith, P., Johnson, L., 2018. Factors influencing sustainable forest road planning and design. *Forest Science*, 55(4), 421-435.
- Smith, J., Doe, A., Johnson, B., 2018. Applications of remote sensing data in excavation and fill volume calculations. *International Journal of Remote Sensing*, 40(5), 1321-1337.
- Stükelberger, J. A., Heinemann, H. R., Burlet, E. C., 2006. Modeling spatial variability in the life-cycle costs of low-volume forest roads. *European Journal of Forest Research*, 125, 377-390.
- Şentürk, N., Akgül, M., Öztürk, T., Akay, A. O., 2018. Orman yollarında kazı-dolgu miktarlarının hesaplanmasında topoğrafik harita tabanlı geleneksel yöntem ile bilgisayar destekli yöntemin karşılaştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 618-626.

Ekler

Ek 1. Yol geometrik verileri

Parametre	Birim	Yol 1	Yol 2	Yol 3	Yol 4	Yol 5	Yol 6	Yol 7	Mevcut yol
Düşey Kurp Uzunluğu	metre	67,74	40,89	74,95	52,79	47,83	69,20	43,24	8,00
Yatay Kurp Yarıçapı	metre	44,94	63,69	38,28	101,19	193,21	82,52	69,08	24,39
Yol Boyuna Eğimi	%	0,09	0,06	0,07	0,06	0,07	0,09	0,07	0,09
Yol Proje Tasarım Hızı	km/sa	30	40	20	50	30	20	30	20
Dere Sayısı	adet	3	4	9	3	2	3	2	4
Dolambaçlılık	oran	1,86	1,84	2,37	2,51	1,89	1,17	2,18	1,51
Kıvrımlılık	oran	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	0,99	0,99
Yol Eksen Uzunluğu	m	1.531,68	1.511,36	1.944,76	2.058,47	1.556,33	953,08	1.794,56	1.197,85
İnşaat Alanı	m ²	7.920,04	10.621,83	10.657,39	37.281,44	18.414,58	6.609,19	14.628,31	11.992,04
Kazı Şevi Eğimi	oran	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	1	2
Ters Eğim	adet	3	0	1	4	3	0	1	10
Ortalama Dolgu Yüksekliği	m	1,04	2,63	1,20	7,26	3,83	2,73	2,89	0,92
Ortalama Kazı Yüksekliği	m	2,01	2,48	0,41	7,94	4,36	2,64	2,96	0,90
Kazı Hacmi/Dolgu Hacmi	oran	0,16	0,51	0,07	0,65	0,70	0,88	0,54	1,65

Ek 2. Karar verme matrisi

	Düşey Kurp Uzunluğu	Yatay Kurp Yarıçapı	Yol Boyuna Eğimi	Yol Proje Tasarım Hızı	Dere Sayısı	Dolambaçlılık	Kıvrımlılık	Yol Eksen Uzunluğu	İnşaat Alanı	Kazı Şevi Eğimi	Ters Eğim	Ortalama Dolgu Yüksekliği	Ortalama Kazı Yüksekliği	Kazı Hacmi/Dolgu Hacmi
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min
Alternatif 1	67,74	44,94	0,09	30	3	1,86	0,99	1.531,68	7920,04	0,50	3	1,04	2,01	0,16
Alternatif 2	40,89	63,69	0,06	40	4	1,84	1,00	1.511,36	10.621,83	0,50	0	2,63	2,48	0,51
Alternatif 3	74,95	38,28	0,07	20	9	2,37	1,00	1.944,76	10.657,39	0,50	1	1,20	0,41	0,07
Alternatif 4	52,79	101,19	0,06	50	3	2,51	1,00	2.058,47	37.281,44	1,00	4	7,26	7,94	0,65
Alternatif 5	47,83	193,21	0,07	30	2	1,89	0,99	1.556,33	18.414,58	1,00	3	3,83	4,36	0,70
Alternatif 6	69,20	82,52	0,09	20	3	1,17	1,00	953,08	6.609,19	0,50	0	2,73	2,64	0,88
Alternatif 7	43,24	69,08	0,07	30	2	2,18	0,99	1.794,56	14.628,31	1,00	1	2,89	2,96	0,54
Mevcut yol	8,00	24,39	0,09	20	4	1,51	0,99	1.197,85	11.992,04	2,00	10	0,92	0,90	1,65

Ek 3. CRITIC yöntemi normalizasyon aşaması için kullanılan kriterlerin min ve mak değerleri

	Düşey Kurp Uzunluğu	Yatay Kurp Yarıçapı	Yol Boyuna Eğimi	Yol Proje Tasarım Hızı	Dere Sayısı	Dolambaçlılık	Kıvrımlılık	Yol Eksen Uzunluğu	İnşaat Alanı	Kazı Şevi Eğimi	Ters Eğim	Ortalama Dolgu Yüksekliği	Ortalama Kazı Yüksekliği	Kazı Hacmi/Dolgu Hacmi
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min
Mak.	74,95	193,21	0,09	50,00	0,00	2,51	1,00	2.058,47	37.281,44	2,00	10,00	7,26	7,94	1,65
Min.	8,00	24,39	0,06	20,00	6,00	1,17	0,99	953,08	6.609,19	0,50	0,00	0,92	0,41	0,07
Fark	66,95	168,82	0,03	30,00	-6,00	1,34	0,00	1.105,38	30.672,25	1,50	10,00	6,33	7,53	1,58

Ek 4. CRITIC yöntemi normalizasyon matrisi

	Düşey Kurp Uzunluğu	Yatay Kurp Yarıçapı	Yol Boyuna Eğimi	Yol Proje Tasarım Hızı	Dere Sayısı	Dolambaçlılık	Kıvrımlılık	Yol Eksen Uzunluğu	İnşaat Alanı	Kazı Şevi Eğimi	Ters Eğim	Ortalama Dolgu Yüksekliği	Ortalama Kazı Yüksekliği	Kazı Hacmi/Dolgu Hacmi
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min
Alternatif 1	0,108	0,878	0,143	0,667	0,857	0,479	0,265	0,477	0,957	1,000	0,300	0,982	0,788	0,938
Alternatif 2	0,509	0,767	0,963	0,333	0,714	0,497	1,000	0,495	0,869	1,000	0,000	0,731	0,725	0,721
Alternatif 3	0,000	0,918	0,807	1,000	0,000	0,103	0,660	0,103	0,868	1,000	0,100	0,957	1,000	1,000
Alternatif 4	0,331	0,545	1,000	0,000	0,857	0,000	0,601	0,000	0,000	0,667	0,400	0,000	0,000	0,633
Alternatif 5	0,405	0,000	0,648	0,667	1,000	0,456	0,400	0,454	0,615	0,667	0,300	0,541	0,476	0,601
Alternatif 6	0,086	0,656	0,000	1,000	0,857	1,000	0,627	1,000	1,000	1,000	0,000	0,715	0,705	0,486
Alternatif 7	0,474	0,735	0,591	0,667	1,000	0,240	0,188	0,239	0,739	0,667	0,100	0,689	0,662	0,700
Mevcut yol	1,000	1,000	0,165	1,000	0,714	0,741	0,000	0,779	0,825	0,000	1,000	1,000	0,936	0,000

Ek 5. CRITIC yöntemi korelasyon matrisi

	Düşey Kurp Uzunluğu	Yatay Kurp Yarıçapı	Yol Boyuna Eğimi	Yol Proje Tasarım Hızı	Dere Sayısı	Dolambaçlılık	Kıvrımlılık	Yol Eksen Uzunluğu	İnşaat Alanı	Kazı Şevi Eğimi	Ters Eğim	Ortalama Dolgu Yüksekliği	Ortalama Kazı Yüksekliği	Kazı Hacmi/Dolgu Hacmi
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min
Düşey Kurp Uzunluğu	1,000	0,097	-0,032	-0,035	0,308	0,204	-0,451	0,233	-0,116	-0,874	0,725	0,056	0,043	-0,805
Yatay Kurp Yarıçapı	0,097	1,000	-0,254	0,305	-0,488	0,073	-0,127	0,089	0,413	-0,069	0,186	0,580	0,602	-0,027
Yol Boyuna Eğimi	-0,032	-0,254	1,000	-0,682	-0,243	-0,788	0,560	-0,791	-0,598	0,178	-0,273	-0,547	-0,449	0,393
Yol Proje Tasarım Hızı	-0,035	0,305	-0,682	1,000	-0,356	0,548	-0,385	0,555	0,761	-0,129	0,122	0,791	0,819	-0,217
Dere Sayısı	0,308	-0,488	-0,243	-0,356	1,000	0,285	-0,313	0,278	-0,227	-0,214	0,087	-0,393	-0,518	-0,332
Dolambaçlılık	0,204	0,073	-0,788	0,548	0,285	1,000	-0,134	0,999	0,635	-0,118	0,118	0,441	0,402	-0,555
Kıvrımlılık	-0,451	-0,127	0,560	-0,385	-0,313	-0,134	1,000	-0,156	-0,054	0,703	-0,690	-0,286	-0,178	0,455
Yol Eksen Uzunluğu	0,233	0,089	-0,791	0,555	0,278	0,999	-0,156	1,000	0,628	-0,153	0,152	0,448	0,410	-0,581
İnşaat Alanı	-0,116	0,413	-0,598	0,761	-0,227	0,635	-0,054	0,628	1,000	0,249	-0,215	0,906	0,894	0,053
Kazı Şevi Eğimi	-0,874	-0,069	0,178	-0,129	-0,214	-0,118	0,703	-0,153	0,249	1,000	-0,904	-0,008	0,010	0,841
Ters Eğim	0,725	0,186	-0,273	0,122	0,087	0,118	-0,690	0,152	-0,215	-0,904	1,000	0,103	0,036	-0,723
Ortalama Dolgu Yüksekliği	0,056	0,580	-0,547	0,791	-0,393	0,441	-0,286	0,448	0,906	-0,008	0,103	1,000	0,976	-0,007
Ortalama Kazı Yüksekliği	0,043	0,602	-0,449	0,819	-0,518	0,402	-0,178	0,410	0,894	0,010	0,036	0,976	1,000	-0,008
Kazı Hacmi/Dolgu Hacmi	-0,805	-0,027	0,393	-0,217	-0,332	-0,555	0,455	-0,581	0,053	0,841	-0,723	-0,007	-0,008	1,000

Ek 6. Kriterlere ait önem derecelerini belirlemek için kullanılan Pjk katsayıları

	Düşey Kurp Uzunluğu	Yatay Kurp Yarıçapı	Yol Boyuna Eğimi	Yol Proje Tasarım Hızı	Dere Sayısı	Dolambaçlılık	Kıvrımlılık	Yol Eksen Uzunluğu	İnşaat Alanı	Kazı Şevi Eğimi	Ters Eğim	Ortalama Dolgu Yüksekliği	Ortalama Kazı Yüksekliği	Kazı Hacmi/ Dolgu Hacmi
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min
Düşey Kurp	0,000	0,903	1,032	1,035	0,692	0,796	1,451	0,767	1,116	1,874	0,275	0,944	0,957	1,805
Min. Kurp	0,903	0,000	1,254	0,695	1,488	0,927	1,127	0,911	0,587	1,069	0,814	0,420	0,398	1,027
Yol Eğimi	1,032	1,254	0,000	1,682	1,243	1,788	0,440	1,791	1,598	0,822	1,273	1,547	1,449	0,607
Hız	1,035	0,695	1,682	0,000	1,356	0,452	1,385	0,445	0,239	1,129	0,878	0,209	0,181	1,217
Dere Sayısı	0,692	1,488	1,243	1,356	0,000	0,715	1,313	0,722	1,227	1,214	0,913	1,393	1,518	1,332
Dolambaçlılık	0,796	0,927	1,788	0,452	0,715	0,000	1,134	0,001	0,365	1,118	0,882	0,559	0,598	1,555
Kıvrımlılık	1,451	1,127	0,440	1,385	1,313	1,134	0,000	1,156	1,054	0,297	1,690	1,286	1,178	0,545
Eksen	0,767	0,911	1,791	0,445	0,722	0,001	1,156	0,000	0,372	1,153	0,848	0,552	0,590	1,581
İnşaat Alanı	1,116	0,587	1,598	0,239	1,227	0,365	1,054	0,372	0,000	0,751	1,215	0,094	0,106	0,947
Kazı Sev	1,874	1,069	0,822	1,129	1,214	1,118	0,297	1,153	0,751	0,000	1,904	1,008	0,990	0,159
Ters Eğim	0,275	0,814	1,273	0,878	0,913	0,882	1,690	0,848	1,215	1,904	0,000	0,897	0,964	1,723
Ort. Dolgu	0,944	0,420	1,547	0,209	1,393	0,559	1,286	0,552	0,094	1,008	0,897	0,000	0,024	1,007
Ort. Kazı	0,957	0,398	1,449	0,181	1,518	0,598	1,178	0,590	0,106	0,990	0,964	0,024	0,000	1,008
Kazı/Dolgu	1,805	1,027	0,607	1,217	1,332	1,555	0,545	1,581	0,947	0,159	1,723	1,007	1,008	0,000

Ek 7. CRITIC yöntemi ile hesaplanan standart sapma, Cj ve kriter ağırlıkları

	Düşey Kurp Uzunluğu	Yatay Kurp Yarıçapı	Yol Boyuna Eğimi	Yol Proje Tasarım Hızı	Dere Sayısı	Dolambaçlılık	Kıvrımlılık	Yol Eksen Uzunluğu	İnşaat Alanı	Kazı Şevi Eğimi	Ters Eğim	Ortalama Dolgu Yüksekliği	Ortalama Kazı Yüksekliği	Kazı Hacmi/ Dolgu Hacmi
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min
Standart Sapma	0,32	0,31	0,39	0,36	0,32	0,33	0,32	0,33	0,32	0,35	0,33	0,33	0,31	0,31
Cj katsayısı	4,36	3,65	6,45	3,89	4,87	3,58	4,46	3,64	3,10	4,65	4,69	3,26	3,11	4,47
Wj	0,08	0,06	0,11	0,07	0,08	0,06	0,08	0,06	0,05	0,08	0,08	0,06	0,05	0,08

Ek 8. MOORA önem katsayısı yaklaşımı normalizasyon matrisi

	Düşey Kurp Uzunluğu	Yatay Kurp Yarıçapı	Yol Boyuna Eğimi	Yol Proje Tasarım Hızı	Dere Sayısı	Dolambaçlılık	Kıvrımlılık	Yol Eksen Uzunluğu	İnşaat Alanı	Kazı Şevi Eğimi	Ters Eğim	Ortalama Dolgu Yüksekliği	Ortalama Kazı Yüksekliği	Kazı Hacmi/ Dolgu Hacmi
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min
Alternatif 1	0,440	0,173	0,398	0,335	0,247	0,336	0,353	0,337	0,161	0,177	0,257	0,107	0,192	0,073
Alternatif 2	0,266	0,246	0,301	0,447	0,329	0,332	0,354	0,333	0,216	0,177	0,000	0,272	0,238	0,228
Alternatif 3	0,487	0,148	0,319	0,224	0,740	0,427	0,354	0,428	0,217	0,177	0,086	0,124	0,040	0,030
Alternatif 4	0,343	0,390	0,296	0,559	0,247	0,452	0,354	0,453	0,758	0,354	0,343	0,751	0,761	0,290
Alternatif 5	0,311	0,745	0,338	0,335	0,164	0,342	0,354	0,343	0,374	0,354	0,257	0,397	0,418	0,312
Alternatif 6	0,450	0,318	0,415	0,224	0,247	0,210	0,354	0,210	0,134	0,177	0,000	0,282	0,253	0,394
Alternatif 7	0,281	0,266	0,345	0,335	0,164	0,394	0,353	0,395	0,297	0,354	0,086	0,299	0,283	0,242
Mevcut yol	0,052	0,094	0,395	0,224	0,329	0,273	0,353	0,264	0,244	0,707	0,857	0,096	0,086	0,739

Ek 9. MOORA önem katsayısı yaklaşımı ağırlıklandırılmış normalizasyon matrisi

	Düsey Kurp Uzunluğu	Yatay Kurp Yarıçapı	Yol Boyuna Eğimi	Yol Proje Tasarım Hızı	Dere Sayısı	Dolambaçlılık	Kıvrımlılık	Yol Eksen Uzunluğu	İnşaat Alanı	Kazı Şevi Eğimi	Ters Eğim	Ortalama Dolgu Yüksekliği	Ortalama Kazı Yüksekliği	Kazı Hacmi/Dolgu Hacmi
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min	Mak	Min	Min	Min
Alternatif 1	0,033	0,011	0,044	0,022	0,021	0,021	0,027	0,009	0,014	0,021	0,006	0,010	0,006	0,033
Alternatif 2	0,020	0,015	0,033	0,030	0,028	0,020	0,027	0,011	0,014	0,000	0,015	0,013	0,017	0,020
Alternatif 3	0,037	0,009	0,035	0,015	0,062	0,026	0,027	0,012	0,014	0,007	0,007	0,002	0,002	0,037
Alternatif 4	0,026	0,024	0,033	0,037	0,021	0,028	0,027	0,040	0,028	0,028	0,042	0,041	0,022	0,026
Alternatif 5	0,023	0,047	0,037	0,022	0,014	0,021	0,027	0,020	0,028	0,021	0,022	0,022	0,024	0,023
Alternatif 6	0,034	0,020	0,046	0,015	0,021	0,013	0,027	0,007	0,014	0,000	0,016	0,014	0,030	0,034
Alternatif 7	0,021	0,017	0,038	0,022	0,014	0,024	0,027	0,016	0,028	0,007	0,017	0,015	0,019	0,021
Mevcut yol	0,004	0,006	0,044	0,015	0,028	0,017	0,027	0,013	0,057	0,069	0,005	0,005	0,057	0,004



Pathogenicity of the *Sydowia polyspora* originating from different hosts on *Pinus brutia* in Türkiye

Refika Ceyda Beram *

¹Refika Ceyda Beram, Department of Biology, Faculty of Science, Pamukkale University, Denizli 20160, Türkiye

ARTICLE INFO

Received: 05/07/2024

Accepted : 05/09/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1511176>

*Corresponding author:

ceydaberam@gmail.com

ABSTRACT

Background and aims *Sydowia polyspora* is a significant fungus associated with seasonal needle necrosis, particularly on *Abies* spp. and *Pinus* spp. in Europe and North America. *Pinus brutia* is a species widespread in the Mediterranean basin with high economic and ecological value. This study aimed to determine the susceptibility of *P. brutia* seedlings in Türkiye to local *S. polyspora* isolates and to investigate the virulence

Research Article

differences among isolates obtained from different hosts.

Methods *S. polyspora* isolates from various hosts were inoculated into the shoots of two-year-old *P. brutia* seedlings. The seedlings were monitored in comparison with a control group, and pathogenicity indicators such as lesion length were recorded.

Results The results showed that 7 out of 10 tested isolates were pathogenic on *P. brutia* seedlings and successfully colonized the living heartwood tissue. Isolates from *Pinus pinea* were found to be pathogenic on *P. brutia*, and isolates obtained from shoots caused longer lesions in hosts. Additionally, isolates from symptomatic trees exhibited higher virulence compared to those from asymptomatic trees. Isolates from *P. brutia* exhibited higher virulence compared to isolates from *Pinus nigra* and *P. pinea*.

Conclusions *P. brutia* seedlings are highly susceptible to local *S. polyspora* isolates, posing a potential threat to the region's forest ecosystems. The fungal pathogen was successfully re-isolated from symptomatic tissues, and no symptoms were observed in the control plants.

Key Words: Conifer, current-season needle necrosis, *Sydowia polyspora*, tip dieback, virulence

Türkiye'de farklı konukçulardan elde edilen *Sydowia polyspora* izolatlarının *Pinus brutia* üzerindeki patojenitesi

ÖZ

Giriş ve Hedefler *Sydowia polyspora*, Avrupa ve Kuzey Amerika'da özellikle *Abies* spp. ve *Pinus* spp. üzerinde mevsimsel ibre nekrozu ile ilişkili önemli bir fungustur. *Pinus brutia*, Akdeniz havzasında yaygın olarak bulunan ve yüksek ekonomik ve ekolojik değere sahip bir türdür. Bu çalışmada, Türkiye'deki *P. brutia* fidanlarının yerel *S. polyspora* izolatlarına duyarlılığını belirlemek ve farklı konukçulardan elde edilen izolatlar arasındaki virülans farklılıklarını araştırmak amaçlanmıştır.

Yöntemler Farklı konukçulardan izole edilen *S. polyspora* izolatları, iki yaşındaki *P. brutia* fidanlarının sürgünlerine inokule edilmiştir. Fidanlar, kontrol grubuyla karşılaştırılmalı olarak izlenmiş ve lezyon uzunluğu gibi patojenite göstergeleri kaydedilmiştir.

Bulgular Çalışma sonuçları, test edilen 10 izolatın 7'sinin *P. brutia* fidanlarında patojenik olduğunu ve canlı öz odun dokusunda başarılı bir şekilde kolonize olabildiğini göstermiştir. *Pinus pinea*'dan elde edilen izolatların *P. brutia* üzerinde patojenik olduğu, sürgünlerden elde edilen izolatların ise konukçularda daha uzun lezyonlar oluşturduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, semptomatik ağaçlardan elde edilen izolatların, semptomatik olmayan ağaçlardan elde edilenlere göre daha yüksek virülans gösterdiği belirlenmiştir. *P. brutia*'dan elde edilen izolatlar, *Pinus nigra* ve *P. pinea*'dan elde edilen izolatlara göre daha yüksek virülans göstermiştir.

Sonuçlar *P. brutia* fidanları, yerel *S. polyspora* izolatlarına karşı oldukça duyarlıdır ve bu durum, bölgedeki orman ekosistemleri için potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır. Fungal etmen, semptomatik dokulardan başarılı bir şekilde yeniden izole edilmiştir. Kontrol bitkilerinde herhangi bir semptom gözlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Konifer, mevcut sezon ibre nekrozu, *Sydowia polyspora*, geriye doğru ölüm, virülans

Citing this article:

Beram, R.C., 2024. Pathogenicity of the *Sydowia polyspora* originating from different hosts on *Pinus brutia* in Türkiye. Anatolian Journal of Forest Research, 10(2), 36-40.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Introduction

Sydowia polyspora (Bref. and Tavel) E. Müller (anamorph: *Hormonema dematioides* Lagerb. and Melin) is a prevalent fungal species commonly found in association with conifers, often as an epiphyte (Kowalski and Pozdzik, 1993; Kowalski and Kehr, 1996) or an endophyte (Sieber-Canavesi and Sieber, 1993) on asymptomatic plants and within seeds. This fungus has the potential to turn pathogenic in colonized hosts, particularly under conditions of abiotic or biotic stress (Ridout and Newcombe, 2018; Talgø et al., 2010). *Sydowia polyspora* is frequently linked with current-season needle necrosis and tip dieback on conifer species, notably *Abies* and *Pinus* spp., across Europe and North America (Talgø et al., 2010; Tinivella et al., 2014; Pan et al., 2018; Silva et al., 2020; Çakar et al., 2022; 2023, Beram and Demiröz, 2024). It is considered a significant fungal species in various regions, especially in the Mediterranean, due to its significant impact on timber yields and economic values (Silva et al., 2020). Primary symptoms include the development of tan-to-yellow-colored bands or spots on needles, which turn reddish-brown during summer, along with tip dieback observed in *Pinus* spp. (Tinivella et al., 2014; Pan et al., 2018; Silva et al., 2020;). These chlorotic lesions on needles are randomly distributed throughout healthy foliage (Pan et al., 2018).

Pinus brutia Ten., commonly known as Turkish red pine, is the predominant tree species in the Aegean and Mediterranean regions of Türkiye (Arbez, 1974). It covers the largest area in Turkish forests, extending up to 5.2 million hectares (GDF, 2021). Renowned for its success in reforestation efforts, particularly in southern and western Türkiye, Turkish red pine is a highly favoured species. As such, it is imperative that all

forestry activities within Turkish red pine stands adhere to the principles of science and technology to ensure the sustainability of this vital resource. Decades of intensive forestry management practices in Türkiye have been influenced by the species' robust regeneration capabilities, positioning it as one of the most preferred species for afforestation initiatives, including industrial plantations, in Turkish forestry (Koski and Antola, 1993). Recognizing the pivotal role of Turkish red pine, understanding its susceptibility to pathogens is crucial for its continued success, necessitating the development of effective disease management and control strategies.

The aim of the work reported here was to (i) determine the susceptibility of the *P. brutia* in Türkiye to local *S. polyspora* (ii) to investigate whether differences in virulence occurred between isolates originating from different hosts (iii) to determine whether virulence differs between isolates obtained from symptomatic and non-symptomatic trees.

2. Materials and Methods

2.1 Plant material and fungal isolates

To test the pathogenicity of *S. polyspora* isolates on *P. brutia*, inoculations were performed on healthy 2-year-old *P. brutia* seedlings obtained from Denizli Karahasanlı Forest Nursery. Ten isolates of *S. polyspora*, obtained from needles and shoots of various hosts in different locations in Türkiye, were randomly selected from the isolates stored in the fungal biotechnology laboratory at Pamukkale University (Table 1). Inocula were prepared by subculturing *S. polyspora* isolates on 2% Potato Dextrose Agar (PDA; Merck, Germany) for 10 days at 25°C.

Table 1. Isolates included in this study

No.	Isolate code	Host	Location	Symptom	Tissue
1	KA1CZ1	<i>Pinus brutia</i>	Denizli/Kale	+	shoot
2	E16CK	<i>Pinus nigra</i>	Çankırı/Eldivan	-	shoot
3	FE1CZ5	<i>Pinus brutia</i>	Muğla/Fethiye	-	needle
4	US1CZ2	<i>Pinus brutia</i>	Uşak	+	shoot
5	US1CZ1	<i>Pinus brutia</i>	Uşak	+	needle
6	IZ1CF2	<i>Pinus pinea</i>	İzmir	+	shoot
7	IZ1CF1	<i>Pinus pinea</i>	İzmir	+	shoot
8	ESN2CZ6	<i>Pinus brutia</i>	Denizli/Beyağaç/Eşenler	+	needle
9	ES2CZ4	<i>Pinus brutia</i>	Denizli/ Beyağaç/Eskere	+	shoot
10	ES1CZ4	<i>Pinus brutia</i>	Denizli/Beyağaç/Eskere	+	shoot

2.2 Inoculation, incubation and sampling

In order to test the pathogenicity of *S. polyspora* isolates on *P. brutia*, inoculation was performed in April 2023. Five replicate *P. brutia* plant shoots were inoculated per isolate; the control treatment included treating five plants with fresh, sterile PDA. The shoots were wiped with 70% ethanol before being wounded. A 5 mm wound was made on the surface of each shoot using a cork borer, and an agar plug was inoculated between the phloem and the bark. After inoculation, the wounds were wrapped with sterilized cotton and sealed with Parafilm M (American Can. Co., Greenwich, CT, USA) (Pan et al., 2018; Silva et al., 2020). Plants were incubated in the growth chamber at 18–20°C, with natural light and watering at least twice a week. After 8 weeks, the bark tissues were removed, lesion length was

assessed, and re-isolation performed. For each shoot, the necrotic area was cultured on PDA and incubated at 25°C for 7 days in the dark.

2.3 Statistical analyses

All data were analysed using the SPSS GLM procedure (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20; IBM Corp., Armonk, NY, USA). Differences between host and isolate mean values were analysed using Duncan's multiple range tests. Isolates were compared with two ways ANOVA and host-isolate interaction was determined using multivariate test in SPSS package program.

3. Results

A total of 55 *P. brutia* seedlings used in the study were an average 6.5 mm in diameter, and 29.3 cm tall. At the end of the 8 weeks incubation period, necrotic areas extending beyond the inoculated points were observed on the phloem of all shoots inoculated with 7 isolates (US1CZ2, US1CZ1, IZ1CF2, IZ1CF1, ESN2CZ6, ES2CZ4, ES1CZ4).

The fungus was re-isolated successfully from the shoots inoculated with these isolates, thus confirming that *S. polyspora* was able to cause necrosis on red pine shoots. In controls and with the other 3 isolates tested (KA1CZ1, E16CK, FE1CZ5), necrosis was observed only in the inoculation point, without further extension. No seedling mortality occurred during the incubation period.

Table 2. Differences between lesion size caused by isolates of *Sydowia polyspora* on seedlings of *Pinus brutia*

Sample code	Lesion length (mm)	Lesion width (mm)
Control	-	-
KA1CZ1	-	-
E16CK	-	-
FE1CZ5	-	-
US1CZ2	6 (0.3) ¹ b ²	3 (0.2) b
US1CZ1	4 (0.4) a	2 (0.2) a
IZ1CF2	5 (0.5) ab	2 (0.2) a
IZ1CF1	7 (0.4) c	3 (0.2) b
ESN2CZ6	6 (0.5) b	-
ES2CZ4	10 (1.1) d	3 (0.2) b
ES1CZ4	11 (1.3) d	12 (1.1) c

¹: Standard deviation, ²: The same letters in a column of lesion length and lesion width are not significantly different ($p \leq 0.05$). The post hoc tests (Duncan) for the lesion length and lesion width were analyzed separately because the interaction factor was significantly different.

Symptom development varied among *P. brutia* shoots inoculated with different *S. polyspora* isolates. Following the ANOVA analysis, the Duncan test was employed to assess differences in arithmetic means. Out of 10 isolates tested, 7 were found to be pathogenic on the hosts and capable of growing in living sapwood. The results revealed homogeneous grouping between isolates US1CZ2 and ESN2CZ6, as well as ES2CZ4 and ES1CZ4 for lesion length. Isolate IZ1CF1, US1CZ1 and IZ1CF2 formed their own homogeneous group. Lesion lengths in the phloem following inoculation with isolates ES2CZ4 and ES1CZ4 were significantly longer than those induced by other isolates ($p < 0.05$; Table 2 and Fig 1).

The results revealed homogeneous grouping between isolates ES2CZ4, IZ1CF1, US1CZ2, as well as US1CZ1 and IZ1CF2 for lesion width. Isolate ES1CZ4 formed its own homogeneous group. Isolate ES1CZ4 showed significantly wider lesions than other isolates ($p < 0.05$; Table 2) and completely surrounded the shoot, showing obvious symptoms. Following ES1CZ4, the widest lesions were observed in isolates ES2CZ4, IZ1CF1 and US1CZ2.

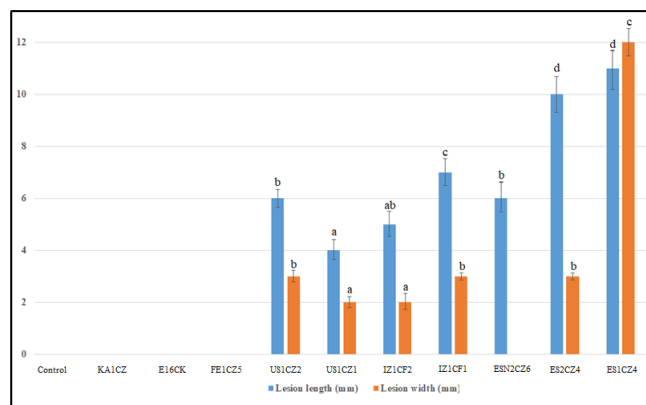


Figure 1. Differences between isolates of lesion length and lesion width on *Pinus brutia*

Isolates originating from shoots (ES2CZ4 and ES1CZ4) caused longer lesions on the hosts (Table 1), while those from symptomatic trees were more virulent than those from non-symptomatic trees. Additionally, isolate ES2CZ4 caused varying degrees of chlorosis or discoloration of the needles 27 days after inoculation.

While the lesion length was determined to a certain extent in isolate ESN2CZ6 obtained from the needle, this isolate did not develop a lesion width. The IZ1CF2 and IZ1CF1 isolates obtained from symptomatic shoots of *P. pinea* caused lesions on *P. brutia* seedlings. Additionally, the isolate obtained from symptomatic shoots of *P. brutia* did not surprisingly show any lesions. Isolate E16CK obtained from healthy shoots of *P. nigra* and isolate FE1CZ5 obtained from healthy needle of *P. brutia* did not cause any lesions. Also, no symptoms were observed the control plants.

4. Discussion

Inoculation tests showed that seven of the ten isolates caused lesions on *P. brutia* shoots. This suggests that *S. polyspora* is able to colonize shoot phloem of *P. brutia*. Lesions were consistent in all replicates of the isolates. Three isolates used in the inoculation tests did not cause necrosis on the shoots. Beram and Demiröz (2024) observed that each of the five isolates used in their study caused lesions in red pine shoots in at least three out of five replicates. They suggested that the lack of lesion induction in some replicates might be attributed to procedural errors during inoculation or variations in host genotype susceptibility. Silva et al. (2019) found that two out of three isolates used in their inoculation tests did not result in necrosis on the shoots. Similarly, Pan et al. (2018) observed varying degrees of symptom development on needles of *P. yunnanensis* inoculated with different *S. polyspora* strains, with four out of ten strains showing no symptoms. Talgø et al. (2010) observed no symptom development in one out of three tests conducted with the same strains, suggesting that a range of abiotic and biotic factors may influence disease development by affecting pathogen ecology or host susceptibility.

In this study, the maximum average lesion length on living sapwood of pine shoots was 11 mm after 8 weeks. In a previous 2-month pathogenicity study, the maximum average lesion length of *S. polyspora* isolates obtained from Denizli was recorded as 16 mm (Beram and Demiröz 2024). The lesion

lengths in the phloem following inoculation with Denizli isolates (ES2CZ4 and ES1CZ4) were significantly greater than those induced by the other isolates ($p < 0.05$; Table 2). Importantly, these isolates were derived from shoots displaying CSNN symptoms, underscoring their potential virulence. This observation suggests that the specific conditions of the sample area may influence isolate virulence. Given that environmental factors and local pathogen pressures can vary considerably, it is likely that the unique conditions of the sample area contribute to the observed increase in pathogenicity of these isolates. Further investigation into the environmental and genetic factors present in these regions is warranted to elucidate the mechanisms underlying this heightened virulence.

Additionally, after 27 days, typical symptoms of CSNN were observed on two seedlings inoculated with the isolate ES2CZ4. The isolate ES1CZ4, obtained from *P. brutia* shoots, completely encased the pine shoots horizontally following pathogenicity, exhibiting highly noticeable symptoms. No such horizontal encasement was observed in the other isolates. Although isolate ES1CZ4 showed significantly larger lesions than other isolates ($p < 0.05$; Table 2), isolate ES2CZ4, another isolate showing the longest lesion, showed reduced lesion width. There may be differences in virulence between isolates, or this may be due to any situation in the tree structure.

Isolates obtained from *P. pinea* were found to be pathogenic on *P. brutia*. This finding suggests a potential cross-species threat, highlighting the need for further research into the mechanisms of infection and potential measures for disease management in forest ecosystems.

Our inoculation experiments indicate that *S. polyspora* has the potential to induce necrosis on *P. brutia* shoots. The observed symptoms could significantly compromise the health of *P. brutia* trees. This emphasizes the need for comprehensive investigations and assessments to better understand the disease's impact in the future. However, it's worth noting that not all pine shoots inoculated with *S. polyspora* exhibited typical symptoms, suggesting the possibility of the fungus existing on shoots with less obvious signs. Factors such as host resistance, pathogen genotype, inoculum efficiency, and environmental conditions can influence the development of necrosis (Talgø et al., 2010).

Beram and Demiröz (2024) have reported the involvement of *S. polyspora* in the occurrence of needle necrosis and shoot dieback across five distinct *P. brutia* sampling sites in Denizli, Türkiye. Additionally, this fungus has the potential to cause serious diseases in other pine species under stress conditions. Silva et al. (2020) have reported its potential to affect peanut production, particularly in *P. pinea*. They reported that the necrotic shoots in the upper part of the canopy of *P. pinea* are particularly concerning due to their potential to compromise the development of pine cones and, consequently, the production of pine nuts. These effects can lead to economic losses for this species. In addition, the lesions caused by isolates obtained from *P. pinea* (IZ1CF2 and IZ1CF1) in our study raise concern. Therefore, future studies should focus on detailed investigation of the relationship between *P. pinea* and *S. polyspora* on a national scale in Türkiye. In a other study conducted in Türkiye, *S. polyspora* was isolated from 25% of the *Abies equi-trojani* needles exhibiting CSNN symptoms. Noticeably, the percentage of *S. polyspora* isolates obtained from asymptomatic needles was reported as 1% (Çakar et al., 2023).

Furthermore, *S. polyspora* was recently detected in asymptomatic seeds of various *Pinus* spp. collected from Europe and North America, including *Pinus pinaster*, *Pinus radiata*, *Pinus strobus*, *Pinus sylvestris*, and *Pinus mugo* from Portugal, as well as *P. pinea* from Türkiye (Cleary et al. 2019). These findings underscore the necessity for a deeper understanding of the dissemination pathways and interactions between the fungus and its host plants. Further research endeavors are currently ongoing to comprehensively understand the pathways, as well as the biotic and abiotic factors, that contribute to the manifestation of this disease within the forests of Türkiye. Investigating CSNN comprehensively in pine forests is crucial for determining suitable silvicultural and other control methods.

Acknowledgements

The author is thankful to the Forestry Ministry for providing the seedlings for this study. Special thanks are also due to Dr. Funda Oskay and MSc. Fatma Demiröz for their efforts in obtaining some isolates, and to MSc. Sultan Akyol for her assistance in conducting the inoculation studies.

References

- Arbez, M. (1974). Distribution, ecology and variation of *Pinus brutia* in Türkiye. *Information sur les Ressources Genetiques Forestieres*.
- Beram, R. C., and Demiröz, F. (2024). *Sydowia polyspora* associated with current season needle necrosis (CSNN) on *Pinus brutia* Ten. in Türkiye. *Forest Pathology*, 54(1), e12849.
- Cleary, M., Oskay, F., Doğmuş, H. T., Lehtijärvi, A., Woodward, S., Vettraino, A. M. (2019). Cryptic risks to forest biosecurity associated with the global movement of commercial seed. *Forests*, 10(5), 459.
- Çakar, D., Şimşek, S. A., Çömez, A., and Maden, S. (2022). First report of *Sydowia polyspora* causing needle necrosis on Trojan fir in Türkiye. *Journal of Plant Pathology*, 104(4), 1589–1590.
- Çakar, D., Şimşek, S. A., Çömez, A., and Maden, S. (2023). Causal agents of current season needle necrosis on Trojan Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) growing in the Aladağ mountain range in Bolu Province. *Australasian Plant Pathology*, 52(4), 317-326.
- GDF. (2021). OGM Forest Atlas. General Directorate of Forestry. GDF (In Turkish).
- Koski, V., and Antola, J. (1993). National tree breeding and seed production programme for Türkiye 1994–2003 (p. 52). The Research Directorate of Forest Tree Seeds and Tree Breeding.
- Kowalski, T., and Kehr, R. D. (1996). Fungal endophytes of living branch bases in several European tree species. In S. C. Redlin and L. M. Carris (Eds.), *Endophytic fungi in grasses and woody plants: Systematics, Ecology, and Evolution* (pp. 67–86). APS Press.
- Kowalski, T., and Pozdzik, P. (1993). Grzyby endofityczne w żywych igłach *Pinus sylvestris* L. *Acta Agraria et Silvestri, Series Silvestris*, 31, 17–30.
- Pan, Y., Ye, H., Lu, J., Chen, P., Zhou, X. D., Qiao, M., and Yu, Z. F. (2018). Isolation and identification of *Sydowia*

- polyspora* and its pathogenicity on *Pinus yunnanensis* in southwestern China. *Journal of Phytopathology*, 166(6), 386–395.
- Ridout, M., and Newcombe, G. (2018). *Sydowia polyspora* is both a foliar endophyte and a preemergent seed pathogen in *Pinus ponderosa*. *Plant Disease*, 102(3), 640–644.
- Sieber-Canavesi, F., and Sieber, T. N. (1993). Successional patterns of fungal communities in needles of European silver fir (*Abies alba* mill.). *New Phytologist*, 125, 149–161.
- Silva, A. C., Henriques, J., Diogo, E., Ramos, A. P., and Bragança, H. (2020). First report of *Sydowia polyspora* causing disease on *Pinus pinea* shoots. *Forest Pathology*, 50(1), e12570.
- Talgø, V., Chastagner, G., Thomsen, I. M., Cech, T., Riley, K., Lange, K., and Stensvand, A. (2010). *Sydowia polyspora* associated with current season needle necrosis (CSNN) on true fir (*Abies* spp.). *Fungal Biology*, 114(7), 545–554.
- Tinivella, F., Dani, E., Minuto, G., and Minuto, A. (2014). First report of *Sydowia polyspora* on Aleppo pine (*Pinus halepensis*) in Italy. *Plant Disease*, 98(2), 281.



Depolanmış Anadolu Karaçamı tohumlarına kitosan, deniz yosunu ve hümik asit ile priming uygulamanın çimlenme üzerine etkileri

şeyma Selin Akın ¹, Sezgin Ayan ^{2*}, Esra Nurten Yer Çelik ², Hasan Alp şahin ³

¹Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Ormancılık Doktora Programı, Kastamonu/Türkiye.

²Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, Kastamonu/Türkiye.

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Kenevir Araştırma Enstitüsü, Samsun/Türkiye.

ARTICLE INFO

Received: 25/07/2024

Accepted : 05/09/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1521956>

*Corresponding author:

sezginayan@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Orman ağacı tohumları her ne kadar uygun sıcaklık ve nem koşullarında depolansalar dahi zamana bağlı olarak yaşlanmaktadır. Yaşlanmaya bağlı olarak özellikle fizyolojik tohum kalitesi düşmektedir. Bu bağlamda; Priming, bir ön işlem olarak, tohum kalitesini arttırmada kullanılan en yaygın uygulamalardan biridir.

Yöntem Bu çalışmada; TB-82 ulusal kodlu Bursa-İnegöl-Boğazova klonal tohum bahçesinden 2006 ve 2018 yıllarında hasat edilen ve depolanan Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. (Holmboe)) tohumları kullanılmıştır. Tohum seçiminde ortodoks kategorisinde yer alan ve ağaçlandırma çalışmalarında yaygın olarak kullanılan karaçam tohumları tercih edilmiştir. Dolayısı ile uzun süre depolanan Anadolu karaçam tohumlarında meydana gelen çimlenme kapasitesi düşüklüğünün iyileştirilmesinde kitosan, deniz yosunu ve hümik asit gibi materyaller ile priming uygulanmıştır. Çalışmada; priming materyallerinin ve dozlarının tohumların çimlenmesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Bulgular Çimlenme hızı ve yüzdesi üzerine kitosan uygulamasının (%0,5 ve %0,75) diğer priming materyalleri ve dozlarına göre istatistiksel olarak anlamlı etki yaptığı tespit edilmiştir. Ayrıca, deniz yosunu uygulamasının ortalama çimlenme süresini önemli ölçüde azalttığı da tespit edilmiştir.

Sonuçlar Kitosan uygulamasının bilhassa yaşlı tohumlarda çimlenme hızı ve yüzdesini önemli oranda arttırdığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte; canlılığı ve çimlenme kabiliyeti düşmüş Anadolu karaçamı ve diğer orman ağacı tohumları üzerine priming işlemlerinin etkilerini belirlemeye yönelik ileri araştırmalar önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karaçam, priming, uzun süre depolama, yaşlanma

The effects of priming applications with chitosan, seaweed and humic acid on germination in stored Anatolian Black Pine seeds

ABSTRACT

Background and aims Even if forest tree seeds are stored under convenient temperature and humidity conditions, they getting age over time. Especially physiological seed quality decreases due to aging. In this context; Priming, as a pre-process, is one of the most common practices used to improve seed quality.

Methods In this study; Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. (Holmboe)) seeds, harvested from the Bursa-İnegöl-Boğazova clonal seed orchard with the national code TB-82 in 2006 and 2018 and stored thereafter, were used. In seed selection; Anatolian Black Pine seeds, which are in the orthodox category and widely used in afforestation studies, were preferred. Therefore, priming with materials such as chitosan, seaweed, and humic acid has been applied to improve the low germination capacity of Anatolian Black Pine seeds stored for long-term. In the study; The effects of priming materials and doses on seed germination were investigated.

Results It was determined that chitosan application (0.5% and 0.75%) had a statistically significant effect on germination rate and percentage compared to other priming materials and doses. It has also been found that seaweed application significantly reduces average germination time.

Conclusions It has been determined that chitosan application significantly increases the germination rate and percentage, especially in old seeds. With this; Further research is recommended to determine the effects of priming processes on Anatolian black pine and other forest tree seeds whose viability and germination ability have decreased.

Key Words: Black pine, priming, long-term stored, aging

Citing this article:

Akın, ř.S., Ayan, S., Yer Çelik, E.N., şahin, H.A., 2024. Depolanmış Anadolu Karaçamı tohumlarına kitosan, deniz yosunu ve hümik asit ile priming uygulamanın çimlenme üzerine etkileri. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 41-48.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Orman ağacı tohumları türlere göre değişmekle birlikte kuruma toleransları birbirinden farklıdır. Bu farklılık neticesinde orman ağacı tohumları inatçı (rekalsikant) ve ortodoks olarak iki ana grupta ele alınmaktadır. İnâtçı tohumlar, tohum olgunlaşması sırasında bir dehidrasyon aşamasının olmaması ile karakterize edilirler. Bu nedenle; ana bitkiden döküldüklerinde veya hasat edildiklerinde yüksek nem içeriğine ve aktif metabolizmaya sahiptirler (Vertucci ve Farrant, 2005). Bu tür tohumlar, nispeten yüksek bir nem seviyesi eşik değerinin altında kurutulurlarsa veya yüksek nemli bir durumda depolanırlarsa, canlılıklarını ve çimlenme kapasitelerini hızla kaybederler. Oksidatif stres, inatçı tohumların kurutma ve depolanması sırasında canlılığını kaybetmesinde önemli bir faktördür (Kermode ve Finch-Savage, 2002; Ayan ve Akın, 2023). Ortodoks tohumlar ise canlılık kaybı olmadan düşük nem içeriğine kadar kurutulabilir ve bu tip tohumların ömürleri depolama sıcaklığı ve nem miktarındaki düşüşler ile logaritmik olarak artmaktadır. Ancak, canlılıklarını da belirli bir tohum kuruma sınırının altında kaybetmektedirler (Walters ve ark., 2005).

Çam türleri tohumları lipit içeriği bakımından zengin türlerdir. Özellikle bazı çam türleri, esas olarak megagametofitte olmak üzere %50'ye kadar lipit içermektedir (Krugman ve ark., 1974). Çam tohumları lipitler açısından nispeten zengin olduğundan, oksidasyonun bir sonucu olarak tohumlarda bozulma meydana gelmektedir. Bu nedenle yaşlanma sırasında öncelikli olarak çoklu doymamış yağ asitlerinin bozulması lipit peroksidasyonunun en temel göstergesidir (Kaloyereas, 1958). Harman ve Mattick (1976), bezelye (*Pisum sativum* L.) tohumlarının çimlenebilirliğindeki düşüş ile birlikte linolenik asit seviyelerinde de bir düşüş olduğunu rapor etmişler ve lipit peroksidasyonu ile canlılık kaybı arasında bir korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunun, hücre zarlarına zarar verebilecek ve lipitlerde, proteinlerde ve nükleik asitte peroksidatif hasara neden olabilecek serbest radikal formülasyonuna yol açtığı bilinmektedir (Van Zutphen ve Cornwell, 1973; Marquez-Millano ve ark., 1991). Böylece membran lipitlerinin peroksidasyonu ile yapay çift tabakalı membran yapısının geçirgenliği artmaktadır (Van Zutphen ve Cornwell, 1973). Zamana bağlı olarak doğal yaşlanan biyolojik yapılarda E Vitamini (tokoferoller), hücre zarlarında ve diğer lipit ortamlarında serbest radikallerle reaksiyona girme ve böylece lipitlerin serbest radikal aracılı oksidasyonunda zincir kırıcı bir antioksidan görevi görme rolü söz konusudur (Tammela ve ark., 2005). Dolayısı ile oksidatif strese bağlı olarak gerçekleşen yaşlanma sürecinin geciktirilmesinde vitamin E kompleksindeki tokoferollerin de etkili olduğu söylenebilir.

Hızlı çimlenme veya çıkış, bitki gelişiminde önemli bir belirleyicidir. Çeşitli tohumların çimlenmesini ve fide büyümesini iyileştirmek amacıyla priming, kaplama ve ıslatma gibi tohum ön işlemleri uygulanmaktadır (Basra ve ark., 2003). Bu kapsamda çoğu tohumda normal ve stres koşullarında çimlenme ile fide büyümesini hızlandırmak ve verimi arttırmak için tohum ön işlemleri uygulanmaktadır (Ashraf ve Foolad, 2005; Iqbal ve Ashraf, 2006; Muhammad ve ark., 2007; Mohammadi, 2009). Bu amaçla; hidropriming, halopriming, ozmopriming, matriming ve biyopriming gibi pek çok farklı

tohum ön uygulama teknikleri geliştirilmiştir (Ashraf ve Foolad, 2005). Farklı materyallerle geliştirilen priming uygulamalarının tohumdaki yağ asit kompozisyonuna etkisi daha önce yapılmış pek çok çalışma ile ortaya konmuştur (Chiu ve ark., 1995; Bailly ve ark., 1998; Braccini ve ark., 2000; Hsu ve ark., 2003; Basay ve ark., 2006; Kaya, 2008; Akbari ve ark., 2020). Priming uygulanmış ve yaşlandırılmış ayçiçeği tohumlarındaki yağların değişiminin incelendiği bir araştırmada, uygulama ve yaşlanma süresince lipitlerin sitoplazmada küçük yapıda ve dağınık halde bulunduğu görülmüştür. Ayrıca, yapılarındaki büyük değişimlere rağmen yağ içeriği, doymuş/doymamış yağ asitleri oranı ve serbest yağ asitleri miktarı gibi birkaç ölçülebilir değişimlerin olduğu belirlenmiştir (Walters ve ark., 2005). Priming uygulaması sonrası depolanan biber tohumlarında ise depolama süresi boyunca yağ miktarı azalırken uygulama yapılmış tohumlardaki toplam yağ miktarının kontrole göre daha yüksek olduğu ve uygulama yapılan tohumlarda depolama süresi boyunca yağlarda daha yavaş bir bozulma olduğu saptanmıştır (Basay ve ark., 2006).

Anadolu karaçamı tohumlarında her yıl zengin tohum hasadı mümkün olmadığı için tohumlar, kullanılıncaya kadar uzun veya kısa süreli depolanmaktadır. Depolama sırasında tohumlarda doğal yaşlanmaya bağlı olarak gerçekleşen çimlenme kayıpları tohumlar üzerinde ekonomik kayıplara da sebep olmaktadır. Ortodoks tipi çam tohumlarında yaşlanma seyrinin oldukça yavaş ancak çimlenme kabiliyeti düşüklüğünün daha hızlı olması neticesinde uzun süre depolanmış olan Anadolu Karaçam tohumlarında çimlenme değerlerindeki düşüşün azaltılması amacıyla bu çalışmada canlılığı teşvik edici bazı priming materyalleri kullanılmıştır. Bütün bu bilgiler ışığında ortodoks tohum kategorisindeki TB-82 ulusal kod numaralı Bursa-İnegöl-Boğazova orijinli yeni (2018 hasat yılı) ve eski hasat ürünü (2006 hasat yılı) Anadolu karaçamı tohumlarında uzun süreli depolama sonrasında çimlenme kabiliyetini arttırmak için farklı materyallerle priming işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada; kitosan, deniz yosunu ve hümitik asit ile yapılan priming uygulamalarıyla tohumların çimlenme kapasitelerinin artırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla; farklı sürelerde depolanan tohumlarda uygulanan priming işlemlerinin çimlenme kapasitesine etkileri irdelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Bu çalışmada; canlılığını korumada orta süreli depolama ömrüne sahip (Yahyaoğlu ve Ölmez, 2003) fakat uzun süreli depolamada çimlenme kabiliyetinde düşüşler olabilen TB-82 ulusal kod numaralı Bursa-İnegöl-Boğazova orijinli yeni (2018 hasat yılı) ve eski hasat ürünü (2006 hasat yılı) Anadolu karaçamı tohumları kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan tohumlar Bursa Orman Fidanlık Müdürlüğü'nden sağlanmıştır. Çimlendirme denemelerine kadar +4°C'de soğuk hava deposunda muhafaza edilen tohumlar, priming işlemleri sonrası doğrudan çimlendirmeye alınmıştır. Çimlendirme testleri 2022 yılında gerçekleştirilmiştir.

2.2 Metot

Anadolu karaçamı tohumlarında bol tohum yılının 2-3 yılda bir gerçekleşmesi (Ayan ve ark., 2021) nedeniyle hasat yıllarında toplanan ve sonrasında uzun süre depolanan am tohumlarına canlılığını/çimlenme yeteneğini arttırmak amacıyla çimlendirme öncesi bazı priming işlemleri kitosan (%0,25, %0,5 ve %0,75), hümik asit (%3, %6 ve %12) ve deniz yosunu (%0,3, %0,6 ve %1,2) uygulanmıştır (Guan ve ark., 2009; Sarılar, 2021; Sucharitha ve ark., 2018). Anadolu karaçamı tohumları ortodoks grubu tohum olması ve yaşlanma seyri yavaş olduğu bilinmesine rağmen çimlenme özelliklerinin zamana bağlı olarak düştüğu bilinmektedir. Bu nedenle; tohumlarda çimlenme kapasitesini iyileştirici priming uygulamaları yapılmıştır.

Çizelge 1. Priming işleminde kullanılan uygulama materyalleri ve seviyeler

Priming Materyali	Doz		
	1	2	3
Kitosan	%0,25	%0,5	%0,75
Humik Asit	%3	%6	%12
Deniz Yosunu	%0,30	%0,60	%1,20

Tohumlar yüzeysel sterilizasyon sonrası %0,25; %0,50 ve %0,75'lik konsantrasyonlarda hazırlanan kitosan çözeltisi içerisinde 8 saat bekletilmiştir. Akabinde imlenme testine alınacak tohum lotları çimlendirme kabinine alınmıştır. Kitosan %1'lik asetik asit çözeltisi içerisinde %0,25, %0,50 ve %0,75'lik konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. Çözelti gece boyu karıştırıcıda çözünmesi için bırakılmıştır. Çözelti pH'sı 5,2'ye ayarlanmıştır (Vargas ve ark., 2006; Asghari ve Aghdam, 2010).

Hümik asit doz ve uygulamaları belirlenirken firmanın 100 kg tohuma 1 kg olarak önerdiği hümik asit (HA) ölçüsü baz alınmıştır. HA özeltisi için hümik asit içerikli ticari bir ürün olan organik kaynaklı (pH:9,5-11,5; toplam organik madde %50, toplam hümik ve fulvik asitler %65, suda çözünür potasyum oksit %6) ürün kullanılmıştır. Her bir uygulamada tohum ağırlıkları ve tohumların absorbe edecekleri su miktarları ile hidrasyon analizlerinde kullanılacak süre ön çalışmalar ile belirlenmiş ve 12 saat bekletme sonrası tohumlar çimlendirmeye alınmıştır (Prakash ve ark., 2014; Sarılar, 2021; Asadi Aghbolaghi ve ark., 2022).

Deniz yosunu doz ve uygulamaları belirlenirken firmanın 100 kg tohuma 1 kg olarak önerdiği deniz yosunu miktarı dikkate alınarak çözelti hazırlanmıştır. Çözelti miktarı tohumun absorbe ettiği su miktarına bağlı olarak yapılan ön çalışmalar sonucu belirlenmiştir. Tohumlar karanlıkta 12 saat boyunca çözelti içerisinde bekletilmiştir. Uygulama dozlarında ise hem ön çalışma sonuçları hem de daha önce yapılan çalışmalar baz alınarak belirlenmeler yapılmıştır (Korkmaz, 2022; Anjos Neto ve ark., 2020). Deniz yosunu özütü olarak (%50 organik madde, %18 suda özünür K₂O, %0,9 alginik asit) olan toz deniz yosunu kullanılmıştır (Weerasekara ve ark., 2021).

imlendirme Testleri

Çimlenme testi öncesinde, tohumlar üzerinde taşınması mümkün olan mikroorganizmaların yok edilmesi amacı ile %1'lik sodyum hipoklorit içeren suda 5 dk bekletildikten sonra

saf suda yıkanmış ve oda koşullarında filtre kâğıdı üzerinde üç saat süreyle yüzeysel olarak kurutulmuştur. Tohumların imlenme şartları 21 °C ve %65 nem olarak belirlenmiştir (Kılıç, 2020). Çimlenen tohumların günlük olarak sayımları takip edilmiş olup, 28. gün sonunda sayımlar durdurulmuştur. Sayımlar sonucu 2 mm kökük uzunluğuna erişen tohumlarda çimlenme gerçekleşmiş kabul edilmiştir. Çimlenme hızı ve gücü, her bir uygulamadan rastgele seçilen ve plastik çimlendirme kapları içerisindeki kurutma kâğıtları arasında çimlendirme ortamına bırakılan 4x50 tohumdan imlenenlerin sayılması ve bunların % oranı olarak hesaplanması sonucu belirlenmiştir (ISTA, 1999).

Çimlenme testleri ile çimlenme yüzdesi (Y) (1), çimlenme hızı (H), ortalama çimlenme süresi (MGT) (2) kullanılmıştır (Bewley ve Black, 1994).

$$\text{Y} = \frac{\sum n_i}{N} \times 100 \quad (1)$$

Y (%): Çimlenme yüzdesi, n_i: i. gündeki imlenen sayısı, N: Teste konulan toplam tohum sayısı

H: İlk 10 gün imlenen tohumların toplamının yüzdesidir.

$$\text{MGT} = \frac{\sum (t_i \cdot n_i)}{\sum n_i} \quad (2)$$

MGT: Ortalama imlenme süresi (gün), t_i: Testin başlangıcından itibaren geçen süre (gün), n_i: t_i günde imlenen tohum sayısı

2.3 İstatistiksel Analiz

Verilerin normallik dağılımları Kolmogorov-Smirnov testine göre yapılmıştır. Normal dağılıma uyum sağlayan ($p > 0,05$) değişkenler üzerindeki faktörlerin etkisi varyans analizi ile yapılırken normal dağılıma uyum sağlamayan ($p < 0,05$) değişkenlerin Kruskal Wallis-H testi ile analiz edilmiştir. Faktörlerin etkisinin önemli olması durumunda grup içi karşılaştırmalar Duncan çoklu karşılaştırma ve Mann Whiney-U ikili karşılaştırma testleri ile yapılmıştır.

3. Bulgular

Farklı hasat yıllarında toplanan ve sonrasında soğuk hava deposunda muhafaza edilen Anadolu karaçamı tohumlarına uygulanan priming işlemlerinin çimlenme hızı ve yüzdesine etkisi Kruskal Wallis H testi ile analiz edilmiş, karşılaştırmalar ise Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılarak izelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Hasat yılı, priming uygulamaları ve uygulama dozlarının karaçam tohumlarının çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkisi

Hasat Yılı	ÇH Medyan (Min:Max)	ÇY (%) Medyan (Min:Max)	MGT (Gün) Ortalama ±Sd
2006	48,76 (12:94)	49 (12:95)	4,27±0,8
2018	92,96 (68:100)	96 (84:100)	4,45±0,7
<i>p</i>	<0,001	<0,001	<i>p</i> 0,175
<i>U</i>	865,0	40,157	<i>F</i> 1,904
Uygulama			
Kontrol	70,76 (43:95)	65,91 (33:99)	5,12±0,65 ^a
Kitosan	89,65 (38:100)	88,505 (38:100)	4,71±0,57 ^{ab}
Humik Asit	66,09 (12:100)	78 (12:100)	4,42±0,71 ^b
Deniz Yosunu	75,13 (36:100)	84,36 (40:100)	3,69±0,41 ^c
<i>p</i>	0,363	0,547	<i>p</i> <0,001
<i>H</i>	3,189	2,126	<i>F</i> 13,21
Doz			
Kontrol	70,76 (43:95)	65,91 (33:99)	5,12±0,65
1	78 (12:100)	86,855 (12:100)	4,41±0,75
2	80 (44:100)	84 (40:100)	4,11±0,62
3	82,88 (36:100)	93,365 (40:100)	4,31±0,78
<i>p</i>	0,938	0,590	<i>p</i> 0,346
<i>H</i>	0,41	1,918	<i>F</i> 1,09

*: a, b gibi harfler çoklu istatistiki test sonucu belirlenen homojen grupları göstermektedir. **: $p < 0,05$

Hasat yılı bağımsız faktörünün çimlenme hızı ve yüzdesi üzerinde, priming uygulama ise ortalama çimlenme süresi üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu kapsamda; 2018 hasat yılı tohumlarının çimlenme yüzdesi (%96) ve hızının (%92,96) 2006 hasat yılı tohumlarına göre (Sırasıyla; ÇY: %49, ÇH: %48,76) takriben iki kat daha yüksek olduğu bulunmuştur. Priming uygulamaları ve uygulama dozlarının ise tek başlarına çimlenme hızı ve yüzdesi üzerinde

istatistiki olarak önemli bir etkisi saptanmamıştır. Kitosan ile priming uygulaması yapılan tohumlar ile kontrol grubu tohumları arasında ortalama çimlenme süresi bakımından bir fark yok iken, humik asit ve deniz yosunu ile yapılan priming uygulamalarının kontrol grubu tohumlara göre MGT'yi düşürdüğü tespit edilmiştir (Çizelge 2). Hasat yılı ve priming uygulama dozlarının ikili etkileşimlerinin çimlenme hızı ve yüzdesi üzerine etkisi Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Hasat yılı ve priming uygulamaları etkileşiminin karaçam tohumlarının çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkisi

Hasat Yılı	Uygulama	ÇH (%)	ÇY (%)	MGT (Gün) Ortalama ±Sd
2006	Kontrol	44,25 (43:48) ^c	47,81 (33:48) ^c	4,77±0,27
	Kitosan	75 (38:94) ^b	80,95 (38:95) ^b	4,73±0,76
	Humik Asit	47,83 (12:64) ^c	44 (12:68) ^c	4,37±0,78
	Deniz Yosunu	50 (36:72) ^c	50 (40:77) ^c	3,55±0,4
2018	Kontrol	94 (93:95) ^a	90,67 (84:99) ^{ab}	5,46±0,79
	Kitosan	100 (80:100) ^a	96 (84:100) ^a	4,69±0,36
	Humik Asit	91,67 (68:100) ^a	96 (88:100) ^a	4,48±0,66
	Deniz Yosunu	92 (78:100) ^a	96 (92:100) ^a	3,83±0,4
<i>p</i>	<0,001	<0,001	0,296	
<i>H</i>	41,887	44,71	<i>F</i> 0,112	

*a, b gibi harfler çoklu istatistiki test sonucu belirlenen homojen grupları göstermektedir. **: $p < 0,05$

Hasat yılları ile priming uygulamasının birlikte etkileşimli etkileri incelendiğinde; özellikle eski hasat yılına ait (2006) ve çimlenme kapasitesi düşmüş olan tohumlarda kitosan uygulamasının çimlenme hızı ve yüzdesi üzerinde kontrol işlemine göre önemli düzeyde artış sağladığı saptanmıştır. Yapılan diğer priming uygulamaları ile kontrol işlemi arasında çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızı bakımından 2006 yılı tohumlarında önemli bir fark bulunmamıştır. Genç tohumların yaşlı tohumlara nazaran önemli düzeyde daha hızlı çimlendiği

belirlenmiştir. Bununla birlikte; MGT üzerinde ise hasat yılı ve uygulama etkileşiminin önemli bir etkisi yoktur (Çizelge 3).

Karaçam tohumlarında priming uygulaması ve dozların ikili etkileşiminin çimlenme kapasitesi üzerindeki etkisi ise Çizelge 4'te verilmiştir. Uygulama ve doz etkileşiminin çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme süresi üzerinde önemli bir etkisi yoktur (Tablo 4). Karaçam tohumlarında hasat yılı, priming uygulaması ve doz faktörlerinin üçlü etkileşiminin çimlenme kapasitesi üzerindeki etkisi ise Çizelge 5'te verilmiştir.

Bağımsız faktörlerin üçlü etkileşimlerinde özellikle çimlenme kapasitesi düşüklüğü olan 2006 hasat yılı tohumlarda uygulanan priming işlemlerinden kitosanın %0,5 ve %0,75'lik dozuna tabi tutulan tohumlarda kontrol grubu tohumlarına göre

çimlenme yüzdesi ve hızı bakımından önemli düzeyde artış olmuştur. Yeni hasat ürünü olan tohumlarda ise yapılan uygulamalar ile kontrol grubu arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir (Çizelge 5).

Çizelge 4. Priming uygulaması ve doz etkileşiminin karaçam tohumlarının çimlenme hızı çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkisi

Uygulama	Doz	ÇH (%)	ÇY (%)	MGT (Gün) Ortalama ±Sd
Kontrol	-	70,76 (43:95)	65,91 (33:99)	5,12±0,65
Kitosan	1	90,77 (38:100)	88,855 (38:100)	4,75±0,61
	2	86,12 (75:100)	84 (75:92)	4,56±0,5
	3	91,37 (45:100)	95,365 (75:100)	4,84±0,67
Humik Asit	1	61,17 (12:100)	71,085 (12:100)	4,65±0,91
	2	72 (44:100)	80 (40:100)	4,11±0,52
	3	72,91 (41:100)	77,165 (42:100)	4,51±0,64
Deniz Yosunu	1	79,48 (60:100)	84,36 (64:100)	3,82±0,27
	2	66,3 (48:100)	71 (48:100)	3,67±0,55
	3	73,13 (36:100)	80 (40:100)	3,58±0,42
<i>p</i>		0,847	0,871	0,837
<i>H</i>		4,855	4,554	<i>F</i> 0,358

*a, b gibi harfler çoklu istatistiki test sonucu belirlenen homojen grupları göstermektedir.

Çizelge 5. Hasat yılı, priming uygulaması ve doz faktörlerinin üçlü etkileşiminin karaçam tohumlarının ÇH, ÇY ve MGT üzerine etkisi

Hasat Yılı	Uygulama	Doz	ÇH (%)	ÇY (%)	MGT (Gün) Ortalama ±Sd
2006	Kontrol	0	44,25 (43:49) ^{de}	47,81 (33:48) ^f	4,77±0,27
		1	45,83 (38:86) ^{abcde}	45,83 (38:86) ^{cdef}	5,02±0,75
		3	80,95 (75:91) ^{abcde}	80,95 (75:91) ^{abcde}	4,31±0,5
	Kitosan	2	80,95 (75:91) ^{abcde}	84,87 (75:95) ^{abcd}	4,87±1,03
		3	75 (46:95) ^{abcde}	84,87 (75:95) ^{abcd}	4,87±1,03
		1	19,05 (12:54) ^e	19,05 (12:54) ^e	4,77±1,27
	Humik Asit	2	48 (44:64) ^{cde}	44 (40:68) ^{ef}	4,08±0,53
		3	47,83 (42:58) ^{de}	47,82 (42:58) ^{def}	4,25±0,41
		1	68 (60:72) ^{abcde}	72 (64:77) ^{bcd}	3,84±0,23
	Deniz Yosunu	2	49 (48:50) ^{cdef}	48 (48:50) ^{cdef}	3,42±0,52
		3	40 (36:68) ^{de}	40 (40:68) ^{ef}	3,4±0,36
		1	68 (60:72) ^{abcde}	72 (64:77) ^{bcd}	3,84±0,23
2018	Kontrol	0	94 (93:95) ^a	90,67 (84:99) ^{abc}	5,46±0,79
		1	100 (96:100) ^a	96 (92:100) ^a	4,48±0,37
		3	100 (88:100) ^a	100 (96:100) ^a	4,8±0,45
	Kitosan	2	95,65 (81:100) ^a	84 (84:92) ^{abcde}	4,8±0,45
		3	100 (88:100) ^a	100 (96:100) ^a	4,8±0,26
		1	88 (68:100) ^{abcd}	96 (88:100) ^{ab}	4,53±0,65
	Humik Asit	2	100 (80:100) ^a	96 (92:100) ^a	4,14±0,62
		3	91,67 (88:100) ^{ab}	96 (96:100) ^a	4,77±0,81
		1	100 (87:100) ^a	92 (92:100) ^{ab}	3,8±0,35
	Deniz Yosunu	2	91,3 (83:100) ^{ab}	96 (92:100) ^a	3,92±0,53
		3	92 (78:100) ^{abc}	96 (92:100) ^a	3,77±0,46
		1	100 (87:100) ^a	92 (92:100) ^{ab}	3,8±0,35
<i>p</i>		0,001	<0,001	0,888	
<i>H</i>		45,129	49,701	<i>F</i> 0,282	

*a, b gibi harfler çoklu istatistiki test sonucu belirlenen homojen grupları göstermektedir. **: $p < 0,05$

4. Tartışma ve Sonuç

Priming tohum kalitesini arttırmak için kullanılan en yaygın uygulama olup, priming işlemine tabi tutulan tohumlar, yüksek düzeyde biyotik ve abiyotik stres direnci ile mahsul verimini artıran çimlenme oranları göstermektedir (Paparella ve ark., 2015). Priming işleminin başarısı bitki türü, bitki genotipi, fizyolojisi, tohum partisi ve gücünün yanında uygulanan priming metotlarıyla da güçlü bir ilişki içerisinde (Parera ve Cantliffe, 1994). Çimlenme ve canlılıktaki azalmanın, kromozomal anormallikler, α -amilaz aktivitesi ve karbonhidrat içerikleri ve proteinlerin denatürasyonu gibi çeşitli nedenlerle olduğunu ancak, yaşlanma kritik bir periyodun ötesine

geçtiğinde, yaşlanmanın bir aktarım etkisi olduğu bunun da çimlenme yüzdesini ve çimlenme hızını önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir (Brar ve ark., 2019). Murthy ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada tohumlarda priming uygulamalarının depolamadan hemen sonra yapılmasının, priming uygulamalarının olumlu etkilerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Buitink ve ark. (1998), moleküler hareketliliğin biyolojik dokulardaki kimyasal reaksiyonların hızını kontrol ettiğini ve tohumların depolama stabilitesini etkilediğini belirtmiştir. Daha düşük sıcaklıklarda saklanan priming uygulanmış tohumların daha yavaş yaşlanması, tohum sitoplazmasının düşük moleküler hareketliliği ile ilişkili olabilir ve bu da birçok olumsuz reaksiyonu geciktirebilir. Ancak, depolama sırasında priming

uygulanmış tohumun bozulmasıyla ilişkili mekanizmalar hala tam olarak anlaşılamamıştır. Depolama sırasında priming işleminin faydalı etkilerinin azalmasıyla ilgili mekanizmaların açıklığa kavuşturulması, priming işlemine tabi tutulan tohumların raf ömrünü uzatmak için uygun depolama uygulamalarının benimsenmesinde yardımcı olacaktır (Yan, 2017). Depolanan tohumların ömrünü uzatmak biyolojik çeşitlilik açısından olduğu kadar ekonomik ve sosyal açıdan da oldukça önemlidir.

Zeng ve ark. (2012), soya (*Glycine max* (L.) Merr.) tohumlarında kitosan ile yapılan priming uygulamasının bütün dozlar da (% 1, % 2, % 3, % 4 ve % 5) çimlenme kapasitesi ve çimlenme değerlerinde (çimlenme indeksi) artışa sebebiyet verdiği tespit etmişlerdir. Ayrıca, Odat ve ark. (2021) ise tuzluluk stresi altında fiğ (*Vicia sativa* L.) tohumlarında, Lizárraga-Paulín ve ark. (2013) mısır (*Zea mays* L.) tohumlarında, Hameed ve ark. (2013) buğday (*Triticum aestivum* L.) tohumlarında farklı konsantrasyonlarda uyguladıkları kitosan priming işleminin kontrole göre çimlenme yüzdesinde artışa sebebiyet verdiklerini rapor etmişlerdir. Silva Castro ve ark. (2018), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Monteri çamı (*Pinus radiata* D. Don.) tohumlarında kitosan ve propolis materyallerinin ayrı ayrı ve ikili olarak kullanıldığı priming işlemleri ile sarıçam tohumlarında kitosan ve kitosan + propolis uygulamasının kontrole göre önemli oranda çimlenme yüzdesini düşürdüğünü, Monteri çamı tohumlarında ise yalnızca kitosan + propolis priming uygulamasının kontrole göre çimlenme yüzdesinde önemli düşüşe yol açtığını bildirmişlerdir.

Sivritepe (2008), deniz yosunu ekstraktı ile biber (*Capsicum* L.) tohumuna yapılan priming işleminin, toplam çimlenme oranında bir azalmaya ve ortalama çimlenme süresinde ise artışa neden olduğunu belirtmiştir. Başka bir deyişle, deniz yosunu ekstraktının yüksek konsantrasyonlarında tohumun canlılığında azalmaya neden olduğu ifade edilmektedir. Buna karşın, Yıldırım ve Güvenç (2005) pırasa (*Allium ampeloprasum* var. *porrum* (L.) J. Gay) tohumlarında çimlenme yüzdesini, Mustafa ve Cheyed (2018) sorgum (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) tohumlarında çimlenme hızını arttırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca Anjos Neto ve ark. (2020), ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) tohumları üzerinde uygulanan priming uygulamalarının çimlenme üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, yüksek dozda (%1,20) deniz yosunu uygulamasının kontrol ve hidropriming uygulamasına göre önemli oranda çimlenme yüzdesini düşürdüğünü belirlemişlerdir. Benzer sonuçlar Hamouda ve ark. (2022)'nin çalışmasında da buğday tohumlarında genotipe bağlı olarak deniz yosunu (%30) uygulamasının çimlenme yüzdesini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir.

Bal kabağı (*Cucurbita moschata* Duchesne) tohumlarında kadmiyum stresi altında hümitik asit uygulamasının çimlenme ve biyokimyasal aktivite üzerine etkilerinin araştırıldığı ve Asadi Aghbolaghi ve ark. (2022) tarafından yürütülen çalışmada; 100, 200, 300 ve 400 mg/L hümitik asit ile priming uygulamasının en düşük dozunun kontrol grubu tohumlarda önemli oranda çimlenmeyi azalttığını buna karşın, 200 mg/L hümitik asit priming uygulamasının çimlenmeyi teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Bezelye (*Pisum sativum* L.) tohumlarında Basahi (2021)'in yaptığı çalışmada ise, tohumların hümitik asitte bekletme sürelerine ve dozlarına bağlı olarak çimlenme yüzdesinde değişimler olduğu, 3 dk'lık priming süresinin en yüksek çimlenme oranı düşük doz olan %4'lük hümitik asit

uygulanması ile sağlanırken, 5 dk sonunda en yüksek çimlenme oranı yüksek doz olan %8'lik hümitik asit uygulamasıyla elde edilmiştir. Yazlık ve kışık ekilen farklı bezelye çeşitlerine ait tohumlar üzerinde hümitik asit uygulamasının çimlenme üzerine etkisinin incelendiği bir diğer çalışmada da, 11 farklı genotipteki bezelye tohumlarına firma önerisi doğrultusunda 100 kg tohum a 1 lt hümitik asit uygulaması sonucu, hümitik asit uygulamasının 16 saat bekletme süresi sonucu çimlenme hızı ve yüzdesini düşürdüğü tespit edilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında sabit tutulan bekletme süresi çimlenmeyi olumsuz etkilediği için çalışmanın diğer aşamalarında farklı bekletme sürelerine bağlı olarak ölçümler yapılmıştır. Bu kapsamda daha az bekletme sürelerinde genotipe göre değişimle beraber daha yüksek çimlenme yüzdesi ve hızı görülmüştür. Ancak bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Sarılar, 2021). Ayrıca, çeşitli çalışmalar hümitik maddelerin hücre içerisindeki enzimatik aktiviteleri artırıp, tohum çimlenmesi üzerinde teşvik edici bir etkisi olduğunu rapor etmişlerdir (Bujalski ve Nienow, 1991; Rauthan ve Schnitzer, 1981).

Anadolu karaçamı tohumları üzerine yürütülen bu çalışmada ise; 2006 hasat yılı doğal yaşlanmaya maruz kalmış yaşlı tohumların 2018 hasat yılı daha genç tohumlarına göre çimlenme hızı ve yüzdesi bakımından aralarında istatistiki anlamda önemli farklar olup, yaşlı tohumlarda çimlenme kapasitesi daha düşüktür. 2018 hasat yılı tohumlarının çimlenme yüzdesi (%92,96) ve hızının (%96) 2006 hasat yılı tohumlarına göre takriben iki kat daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Farklı hasat yıllarına göre yapılan priming uygulamalarında, yaşlı tohumlara uygulanan kitosan priming uygulamasının çimlenme yüzdesini teşvik etmede daha önemli rolünün olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yaşlı tohumlar üzerinde hümitik asit, deniz yosunu ve kitosan uygulamalarının çimlenme üzerindeki artış ve azalışları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Ortalama çimlenme süresinde yaşlı ve genç tohumlar arasında fark bulunmamıştır. Bununla birlikte; karaçam tohumlarında çimlenme kapasitesinin artırılması için ise kitosan uygulaması önerilmektedir.

Kitosan uygulamasının %0,5 ve %0,75'lik dozlarının yaşlı tohumlarda genç tohumlara göre önemli oranda çimlenme yüzdesinde artış sağladığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte; Anadolu karaçamı tohumlarına uygulanan priming işlemlerinde doz ve bekletilme süreleri faktörlerinin çimlenme üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla daha ileri araştırmalara ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

Finansal Destek

Bu araştırma Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğü tarafından KU-BAP01/2021-21 ve KU-HIZDES/2021-06'nolu projeler kapsamında finanse edilmiştir.

Teşekkür

Şeyma Selin Akın, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sürdürülebilir Ormanlık Programında Yükseköğretim Kurulu'nun 100/2000 bursuyla ve TÜBİTAK 2211/A yurtiçi genel doktora bursu ile desteklenmiştir. Ayrıca, araştırma materyali Anadolu karaçamı tohumlarının tedarikini sağlayan Bursa Orman Fidanlık Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Aghbolaghi, M.A., Sedghi, M., Sharifi, R.S., & Dedicova, B., 2022. Germination and the biochemical response of pumpkin seeds to different concentrations of humic acid under cadmium stress. *Agriculture*, 12(3), 374.
- Akbari, G. A., Heshmati, S., Soltani, E., & Amini Dehaghi, M., 2020. Influence of seed priming on seed yield, oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit. *International Journal of Plant Production*, 14, 245-258.
- Anjos Neto, A.P.D., Oliveira, G.R.F., Mello, S.D.C., Silva, M.S.D., Gomes-Junior, F. G., Novembre, A.D.D.L.C., Azevedo, R.A., 2020. Seed priming with seaweed extract mitigate heat stress in spinach: effect on germination, seedling growth and antioxidant capacity. *Bragantia*, 79, 502-511.
- Asadi Aghbolaghi, M., Sedghi, M., Sharifi, R. S., Dedicova, B., 2022. Germination and the biochemical response of pumpkin seeds to different concentrations of humic acid under cadmium stress. *Agriculture*, 12(3), 374.
- Asghari, M., & Aghdam, M. S., 2010. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. *Trends in Food Science & Technology*, 21(10), 502-509.
- Ashraf M., Foolad M. R., 2005. Pre-sowing seed treatments shotgun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. *Adv. Agron.*, 88, 223-271.
- Ayan S, Akin Ş. S., 2023. Reactive stress factors and their effects on forest tree seeds, in Page, S. Ayan (Eds.), *Climate Change: Effects and Management in Forest Ecosystems*. Chapter 4. Palme Publishing, Ankara, pp. 53-72.
- Ayan, S., Yücedag, C., Simovski, B., 2021. A major tool for afforestation of semi-arid and anthropogenic steppe areas in Turkey: *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe, *Journal of Forest Science*, 67(10), 449-46367.
- Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F., Come, D., 1998. Free radical scavenging as affected by accelerated ageing and subsequent priming in sunflower seeds. *Physiologia Plantarum*, 104(4), 646-652.
- Basahi, M., 2021. Humic acid improved germination rate, seedling growth and antioxidant system of pea (*Pisum sativum* L. var. *alicia*) grown in water polluted with CdCl₂. *AIMS Environmental Science*, 8(4), 358-370.
- Basay, S., Sürmeli, N, Okcu, G., Demir, D., 2006. Changes in germination percentages, protein and lipid contents of primed pepper seeds during storage. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant Science*, 56, 138-142.
- Basra, S. M. A., Zia N, Mahmood T, Afzal A, Khaliq A., 2003. Comparison of different in vigation techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. *Pak. J. Arid. Agri.*, 5, 11-16.
- Bewley, J.D., Black, M., 1994. *Seeds: physiology of development and germination*, Second Edition, Plenum Press, New York, pp.445.
- Braccini, A. de L. E., Reis, M.S., Moreira, M.A., Sediya, C.S., Scapim, C.A., 2000. Biochemical changes associated to soybean seeds osmoconditioning during storage. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasilia, 35(2), 433-447.
- Brar, N.S., Kaushik, P., Dudi, B. S., 2019. Assessment of natural ageing related physio-biochemical changes in onion seed. *Agriculture*, 9(8), 163.
- Buitink, J., Claessens, M.M., Hemminga, M.A., Hoekstra, F.A., 1998. Influence of water content and temperature on molecular mobility and intracellular glasses in seeds and pollen. *Plant Physiology*, 118(2), 531-541.
- Bujalski, W., Nienow, A.W., 1991. Large-scale osmotic priming of onion seeds: a comparison of different strategies for oxygenation. *Scientia Hort.*, 46, 13-24.
- Chiu, K.Y., Wang, C.S., Sung, J.M., 1995. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated aging and hydration of watermelon seeds differing in ploidy. *Physiologia Plantarum*, 94 (3), 441-446.
- Guan, Y., Hu, J., Wang, X., Shao, C., 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological enhances under low temperature stress. *J. Zhejiang Univ. Sci. B*, 10(6), 427-433.
- Hameed, A., Sheikh, M. A., Hameed, A., Farooq, T., Basra, S. M. A., Jamil, A., 2013. Chitosan priming enhances the seed germination, antioxidants, hydrolytic enzymes, soluble proteins and sugars in wheat seeds. *Agrochimica*, 57(2), 97-110.
- Hamouda, M. M., Saad-Allah, K. M., Gad, D., 2022. Potential of seaweed extract on growth, physiological, cytological and biochemical parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(2), 1818-1831.
- Harman, G. E., Mattick, L. R., 1976. Association of lipid oxidation with seed ageing and death. *Nature*, 260(5549), 323-324.
- Hsu, C.C., Chen, C.L., Chen, J.J., Sung, J.M., 2003. Accelerated aging-enhanced lipid peroxidation in bitter melon seeds and effects of priming and hot water soaking treatments. *Scientia Horticulturae*, 98, 201-212.
- Iqbal, M., Ashraf, M., 2006. Wheat seed priming in relation to salt tolerance: growth, yield and levels of free salicylic acid and polyamines. *Ann. Bot. Fennici*, 43, 250-259.
- ISTA (International Seed Testing Association), (1999). *International Rules for Seed Testing*. Seed Science and Technology, 27, 340.
- Kaloyereas, S.A., 1958. Rancidity as a factor in the loss of viability of pine and other seeds. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 35, 176-179.
- Kaya, G., 2008. Tohum uygulamaları (Priming)'nın tohum yağ asitleri kompozisyonuna etkisi ve tohum kalitesi ile ilişkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 17(1-2), 53-62.
- Kermode, A. R., Finch-Savage, B.E., 2002. Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. In *Book: Desiccation and survival in plants: Drying without dying*, 149-184.
- Kılıç, B., 2020. Prolin ön uygulamasının kuraklık stresi koşullarındaki karaçam tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin.
- Korkmaz, U., 2022. Farklı kimyasallar ile yapılan ekim öncesi uygulamaların ekmeklik buğdayın (*Triticum aestivum* L.) çimlenme özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

- Krugman, S.L., Stein, W.I., Schmitt, D.M., 1974. Seed Biology, In: Seeds of Woody Plants in the United States. U.S. Dept. Agric., Agric. Handbook 450, pp. 5-4.
- Lizárraga-Paulín, E. G., Miranda-Castro, S. P., Moreno-Martínez, E., Lara-Sagahón, A. V., Torres-Pacheco, I., 2013. Maize seed coatings and seedling sprayings with chitosan and hydrogen peroxide: their influence on some phenological and biochemical behaviors. *Journal of Zhejiang University Science B*, 14, 87-96.
- Marquez-Millano, A., Elam, W.W., Blanche, C.A., 1991. Influence of accelerated aging on fatty acid composition of slash pine (*Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*) seeds. *Journal of Seed Technology*, 29-41.
- Mohammadi, G.R., 2009. The influence of NaCl priming on seed germination and seedling growth of canola (*Brassica napus* L.) under salinity conditions. *Amer-Eura J. Agri. Environ. Sci.*, 5(5), 696-700.
- Muhammad, A., Khurram, Z., Qumer, L., Ahmad, L., Muhammad, A.R., Zulfıqar, A.S., 2007. Effect of seed priming on seed vigour and salt tolerance in hot pepper. *Pak. J. Agri. Sci.*, 44(3), 408-416.
- Murthy, U. N., Kumar, P. P., Sun, W. Q., 2003. Mechanisms of seed ageing under different storage conditions for *Vigna radiata* (L.) Wilczek: lipid peroxidation, sugar hydrolysis, Maillard reactions and their relationship to glass state transition. *Journal of Experimental Botany*, 54(384), 1057-1067.
- Mustafa, A. S., Cheyed, S. H., 2018. Effect of seed priming of organic, biochemical and mineral fertilizers on seed vigor of sorghum. *Int. J. Agricult. Stat. Sci.* Vol, 14(1), 239-244.
- Odat, N., Tawaha, A. M., Hasan, M., Al-Tawaha, A. R., Thangadurai, D., Sangeetha, J., Rauf, A., Khalid, S., Saranraj, P., Al-Taey, D.K.A., Safari, Z.S., Zahid, N.A., Qazizadah, A.Z., Sirajuddin, S. N., 2021. Seed priming with chitosan alleviates salinity stress by improving germination and early growth parameters in common vetch (*Vicia sativa*). IOP Publishing, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 788(1), 1-8.
- Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M. A. L. A. K. A., Carbonera, D., & Balestrazzi, A., 2015. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, 34, 1281-1293.
- Parera., C.A, Cantliffe., D.J., 1994. Pre-sowing seed priming. *Hort Rev.*, 16,109-141.
- Prakash, P., Roniesha, M. A. M., Nandhini, R. S., Selvam, M. M., Thirugnanasambandam, R., & Abraham, L. S., 2014. Effect of humic acid on seed germination of *Raphanus sativus* L. *International Journal of ChemTech Research*, 6(9), 4180-4185.
- Rauthan, B.S., Schnitzer, M., 1981. Effect of soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) Plants. *Plant and Soil*. 63, 491-495.
- Sarılar, N., 2021. Samsun ekolojik şartlarında kışlık ve yazlık ekilen bezelye (*Pisum sativum* L.) genotiplerinde tohuma uygulanan hümitik asidin bitki gelişimi ve verimi üzerine etkisi. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
- Silva-Castro, I., Diez, J. J., Martín-Ramos, P., Pinto, G., Alves, A., Martín-Gil, J., Martín-García, J., 2018. Application of bioactive coatings based on chitosan and propolis for *Pinus* spp. protection against *Fusarium circinatum*. *Forests*, 9(11), 685.
- Sivritepe, N., 2008. Organic priming with seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) affects viability of pepper seeds. *Asian Journal of Chemistry*, 20(7), 5689.
- Sucharitha, K. V., Beulah, A. M., Ravikiran, K., 2018. Effect of chitosan coating on storage stability of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill). *International Food Research Journal*, 25(1), 93-99.
- Tammela, P., Salo-Väänänen, P., Laakso, I., Hopia, A., Vuorela, H., Nygren, M., 2005. Tocopherols, tocotrienols and fatty acids as indicators of natural ageing in *Pinus sylvestris* seeds. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20(5), 378-384.
- Van Zutphen, H., Cornwell, D.G., 1973. Some studies on lipid peroxidation in monomolecular and bimolecular lipid films. *The Journal of Membrane Biology*, 13(1), 79-88.
- Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., & González-Martínez, C., 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings, *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 164-171.
- Vertucci, C.W., Farrant, J.M., 1995. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: Kigel J, Galili G (eds) *Seed development and germination*. New York, Marcel Dekker, pp 237-271.
- Walters, C., Hill, L.M., Wheeler, L.J., 2005. Drying while dry: Kinetics and mechanisms of deterioration in desiccated organisms. *Integr Comp Biol*, 5, 751-758.
- Weerasekara, I., Sinniah, U. R., Namasivayam, P., Nazli, M. H., Abdurahman, S. A., & Ghazali, M. N., 2021. Priming with humic acid to reverse ageing damage in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) Seeds. *Agriculture*, 11(10), 966.
- Yahyaoglu, Z., Ölmez, Z., 2003. Tohum teknolojisi ve fidanlık tekniği ders notu. Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Yayınları, Artvin.
- Yan, M., 2017. Prolonged storage reduced the positive effect of hydropriming in Chinese cabbage seeds stored at different temperatures. *South African Journal of Botany*, 111, 313-315.
- Yıldırım, E., Güvenç, İ., 2005. Deniz yosunu özü uygulamalarının tuzlu koşullarda pırasada tohum çimlenmesi üzerine etkisi. *Bahçe*, 34(1), 83-90.
- Zeng, D., Luo, X., & Tu, R., 2012. Application of bioactive coatings based on chitosan for soybean seed protection. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, 2012(1), 104565.



İstanbul Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların biyokütle ve karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi

Tuğsem Sönmez¹, Bilal Çetin^{1*}

¹Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Düzce

MAKALE KÜNYESİ

Received: 08/08/2024

Accepted : 25/09/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1530115>

*Corresponding author:

bilalçetin@duzce.edu.tr

ÖZ

Giriş ve Amaçlar Ormanlar, iklim değişikliğinin birçok olumsuz etkisinin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ormanların sunduğu en önemli katkıların başında bitki örtüsünde ve toprakta karbonu depolamaları ve atmosferdeki karbon dengesini düzenlemeleri gelmektedir. Kentler, insan faaliyetlerinin en fazla olduğu yerlerden biri olarak kabul edilmekte ve kentlerde, iklim değişikliği etkileri de daha fazla

hissedilmektedir. Bu nedenle kentlerdeki bitkilendirme çalışmalarında, bitkilerden beklenen ekolojik, estetik vb. işlevleri yanında iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini iyileştiren özelliklerinin de göz önünde bulundurulması gerekir.

Yöntemler Bu çalışmada İstanbul Özgürlük Parkı'nda bulunan 202 adet ağacın gövde boyu, gövde dip çapı, gövde uç çapı, ağaç ta genişliği, gövde göğüs çapı ölçümleri yapılmıştır. Bu bireylerden yaprak, dal, gövde ve kabuk örnekleri alınarak gerekli ölçüm ve tartım işlemlerinden elde edilen verileri ile toprak üstü biyokütle ve karbon depolama kapasitesi KARBİYOSİS programı ile hesaplanmıştır.

Bulgular Özgürlük Parkı'ndaki bu ağaçların toplam biyokütle miktarı 35,50 ton ve toplam karbon tutma miktarı ise 16,71 ton olarak hesaplanmıştır. Gövde 22,05 ton biyokütle ve 10,47 karbon tutma ile ilk sırayı alırken, daha sonra dal, yaprak ve gövde kabuğu sıralanmıştır. Parkta 56 adet ile en fazla bulunan *Pinus pinea* 11,46 ton biyokütle ve 5,57 ton karbon tutmuştur.

Sonuçlar Park ve bahçelerdeki bitkilendirme çalışmalarındaki tür seçiminde türün ekolojik, estetik, vb. fonksiyonları yanında karbon tutma gibi hususların da dikkate alınması gerekir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, İstanbul, karbon tutma, kent ağaçları, park

Araştırma Makalesi

Determining the biomass and carbon storage capacity of trees in Istanbul Freedom Park

ABSTRACT

Background and aims Forests play an important role in mitigating many of the negative impacts of climate change. One of the most important contributions of forests is that they store carbon in vegetation and soil and regulate the carbon balance in the atmosphere. Cities are considered to be one of the places with the highest number of human activities and the impacts of climate change are felt more in cities. For this reason, it is necessary to take into account the ecological, aesthetic, etc. functions expected from plants as well as their properties that improve the negative effects of climate change in planting studies in cities.

Methods In this study, trunk height, trunk base diameter, trunk tip diameter, tree crown width and trunk breast diameter of 202 trees in Istanbul Freedom Park were measured. Leaf, branch, trunk and bark samples were taken from these individuals and the above-ground biomass and carbon storage capacity were calculated with the CARBIOSYS program with the data obtained from the necessary measurement and weighing processes.

Results The total biomass of these trees in Liberty Park was calculated as 35.50 tons and the total carbon sequestration was calculated as 16.71 tons. The trunk ranked first with 22.05 tons of biomass and 10.47 tons of carbon sequestration, followed by branches, leaves and bark. *Pinus pinea*, which was the most abundant plant in the park with 56 units, sequestered 11.46 tons of biomass and 5.57 tons of carbon.

Conclusions In the selection of species for planting in parks and gardens, ecological, aesthetic, etc. functions of the species as well as carbon sequestration should be taken into consideration.

Key Words: Climate change, Istanbul, carbon storage, urban trees, parks

Citing this article:

Sönmez, T., Çetin, B., 2024. İstanbul Özgürlük Parkı'ndaki ağaların biyokütle ve karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 49-56.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Dünya nüfusu giderek artmakta ve bunun sonucu olarak da tüketim talepleri, fosil yakıt kullanımları, sanayileşme, kentleşme ve küreselleşme yaşadığımız çevreyi ve tüm dünyayı olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuzlukların en çok hissedildiği yerler de nüfusun büyük çoğunluğunun bulunduğu kentlerdir. Nüfusun bu alanlarda toplanma nedenleri ise pek çok farklı gereksinimler, talep ve kişisel istekler ya da daha az çaba ile ulaşılabilir imkânlarla sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Araştırmalar, kentlerde bu yoğunluğun artmaya devam edeceğini göstermekte ve bu yoğunluklar da genellikle doğal çevreye zararlı olmaktadır. Bu olumsuzlukların başında kentlerdeki ormanların ve yeşil alanların yok edilmesi ve azalması gelmektedir. Oysaki bu yeşil alanlar ve ağaçlar kente ve insanına pek çok yönden olumlu katkılar yapmakta, aynı zamanda kentin doğaya açılan pencereleri görevini almaktadırlar (Gül ve ark., 2012). Yeşil alanlar insanların en çok tercih ettiği ve ihtiyaç duyduğu yerlerin başında gelmektedir. Çünkü bu alanlar ve ağaçlar doğal hayatın destek sistemini oluşturmada (Kuchelmeister, 2000), kentsel yaşamın sürdürülebilir olmasında da oldukça etkin roller üstlenmektedirler. Yeşil alanlar; insanlara sosyo-kültürel, estetik ve süsleyici, psikolojik, ekolojik, hijyenik ve işlevsel çok yönlü yararlar sağlarlar (Dirik, 2014). Bunun yanı sıra, günümüzde artan kirlilik, ısı adası etkisi, gürültü, iklim değişikliği vb. gibi pek çok sorunun olumsuz etkilerini azaltmak ve mücadele etmede etkin rol oynamaktadırlar (Gezer ve Gül, 2009; Tuğluer ve Çakır, 2019).

İnsanın aşırı ve bilinçsiz faaliyetleri sonucunda doğa birçok yönden olumsuz etkilenmektedir. Bunlardan biri de atmosfere salınan sera gazları nedeniyle yeryüzü sıcaklığının artması ve küresel ısınmaya neden olmasıdır (Görçelioğlu, 2000). İnsanların neden olduğu bu küresel ısınmanın, tüm canlılar ve cansız çevre için potansiyel tehlikeler içerdiği düşünülmektedir (Hertsgaard, 2001; Kadioğlu, 2001). Kentleşme faaliyetleri ile birlikte yapılaşmanın artması ve yeşil alanların azalması, yetersizliği veya olumsuz etkilenmesi sonucu kent merkezlerinin atmosfere artan CO₂ salınımı kentsel ısı adası etkisine yol açmaktadır. Özellikle CO₂ salınımının giderek normal seviyelerin üstüne çıkması, sera etkisinin kritik seviyelere gelmesine neden olmaktadır (Özdemir ve ark., 2020). Kent ağaçları karbon depolama özelliği ile salınan karbonun azaltılmasında önemli bir rol üstlenmektedirler (Gezer ve Gül, 2009; Gül ve ark., 2018). Ağaçlar, fotosentez yaparlar ve fotosentez yoluyla karbonu depolarlar. Depolamış oldukları karbon ile biyokütle oluştururlar. Bu sayede hava kalitesini artırma, mikroiklim oluşturma, ısı adası etkisini azaltma, karbon yutağı görevi yapma vb. çok yönlü ekolojik hizmetleri vardır. Yapılan araştırmalara göre, kent ağaçlarının karbon depolama yeteneklerinin kırsal alandakilere göre daha fazla olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla ağaç başına daha fazla CO₂ tutarlar (Jo and McPherson, 1995; Dearborn and Kark, 2009). Yapılan bir araştırmada; 6 milyon ağacın yaklaşık olarak 304.000 ton atmosferik karbondioksit, 12.000 ton ozon ve 9.000 ton partikül madde tuttuğu ortaya konulmuştur (McPherson, 2003). Başka bir araştırmaya göre ise; New York kentindeki ağaçların depoladığı her 1,2 milyon ton karbonun, yaklaşık 10 gün içinde New York popülasyonunun ürettiği karbon emisyonuna eşit olduğu tahmin edilmektedir (Nowak and Crane, 2002).

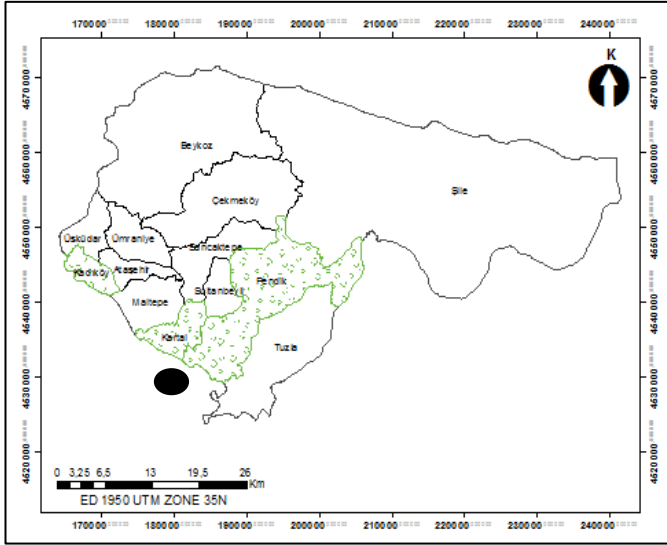
İklim değişikliğinin nedenlerinden biri de plansızca büyüyen kentlerdir. Bu değişimi en çok hissedecek alanlardan biri de bu yerlerdir. Kentlerdeki ağaçlar bu olumsuzlukları gidermede önemli roller üstlenebilmektedir. Bu alanlarda kullanılan ağaçların ekolojik işlevlerinin (karbon depolama, yutak oluşturma vb.) bilinmesi ve belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle envanter çalışmaları ile bu alanların potansiyelleri belirlenmelidir. Bu sayede çeşitli yöntemler ile karbon depolama tahminleri yapılabilecek ve sayısal olarak ortaya konabilecektir (Dash et al., 2022). Uluslararası çapta kentlerdeki ağaçların (park) biyokütle ve karbon tutma hesaplamaları ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (Strohbach and Haase, 2012; Pregitzer., 2022; Steenberg et al., 2023; Vonderach and Akontz, 2023). Ancak Türkiye’de kent ve parklardaki ağaçlarla biyokütle ve karbon depolama ile ilgili çalışmalar halen sınırlıdır. (Tuğluer, 2019; Gül ve ark., 2021). Bu amaçla çalışmada kent ağaçlarının toprak üstü bileşenlerinin biyokütle ve karbon tutma miktarlarının hesaplanabilmesi için KARBİYOSİS (Karbon Depolama ve Biyokütle Hesaplama Sistemi) (Tuğluer, 2019) programı kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen İstanbul Özgürlük Parkı’ndaki ağaç türleri, yaş sınıfı ve yaprak tipine (ibrelili ve yapraklı) göre tüm değerlendirmeler yapılmış olup; biyokütle ve karbon depolama kapasiteleri ortaya konulmuştur. Laboratuvar ortamı gerekmeden, yalnızca saha çalışmasından elde edilen verilerin, şu an için program geliştiricisi tarafından sisteme girişi ile birlikte parktaki ağaçların biyokütle ve karbon depolama kapasiteleri belirlenmiştir. Bunun yanında karbon depolama kapasitesi yüksek ve kentin ekolojisine uygun ve iklim değişikliğine ayak uydurabilecek ağaç türlerinin bakımı, varlığının sürdürülmesi ve kentlerdeki yeni bitkilendirmelerde nelere dikkat edilmesi ve hangi türlere öncelik verilmesi konusunda bilgiler sunması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Çalışma alanı olarak İstanbul’un Anadolu Yakası’nda bulunan Kartal ilçesi ve Kartal Bölge Şefliği içerisindeki Özgürlük Parkı belirlenmiştir. Özgürlük Parkı konum itibarı ile kentsel hareketliliğin yüksek, trafik ve yaya akışının yoğun olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Park alanı 58.484,5 m² olup, içerisinde bisiklet yolu, çocuk oyun alanı, futbol sahası, basketbol sahası, ticari bir işletme, yürüyüş ve oturma alanları da bulunmaktadır (Şekil 1).

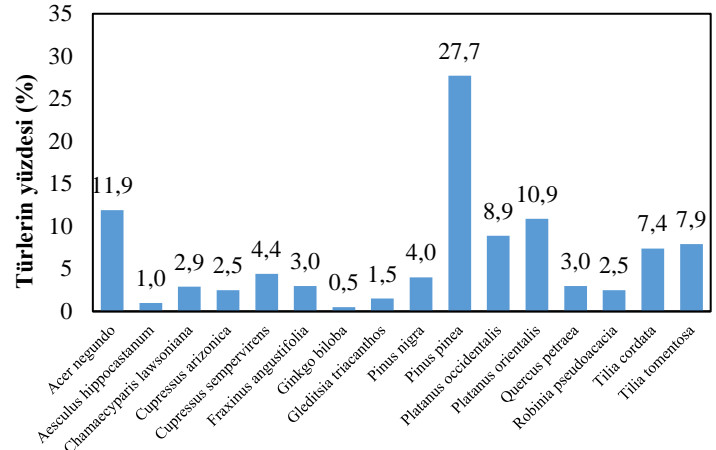
Parktaki ağaçların biyokütle ve karbon depolama miktarını belirlemek için gerekli tüm ölçüm ve çalışma süreci için İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Anadolu Yakası Park ve Bahçeler Müdürlüğü ile resmi yazışmalar yapılarak, çalışma izni alınmış ve arazi çalışması başlamıştır. Çalışma kapsamındaki her bir ağacın konumu, parka ait pafta üzerinde işaretlenmiş, numaralandırılmış ve tür adları yazılmıştır. Gövde göğüs çapı 8 cm’den küçük olan ağaç, ağaççık, çalı ve meyve ağaçlarının hiçbirisi çalışmaya dahil edilmemiştir. Ağaçların gövde boyu, gövde göğüs çapı, taç genişliği vb. ölçülebilir tüm bileşenler belirlenmiş ve değerlendirmeler bu yönde yapılmıştır.



Şekil 1. İstanbul ili Anadolu Yakası, Kartal Bölge Şefliği, Özgürlük Parkı (Mypacer, 2024)

Özgürlük Parkı'ndaki envanter çalışmasına göre 202 adet ağaç araştırmaya dahil edilmiştir. Bu ağaçlar, 5 adet iğne yapraklı ve 11 adet geniş yapraklı olmak üzere toplam 16 türden oluşmaktadır. Bu türler *Acer negundo* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl., *Cupressus arizonica*, Greene, *Cupressus sempervirens* L., *Fraxinus angustifolia* Vahl., *Ginkgo biloba* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Pinus nigra* J. F. Arnold, *Pinus pinea* L., *Platanus occidentalis* L., *Platanus orientalis* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Robinia pseudoacacia* L., *Tilia cordata*

Mill., *Tilia tomentosa* (Moench.) bireylerinden oluşmaktadır. Türlerin % dağılımı Şekil 2'de grafik halinde gösterilmiştir.



Şekil 2. Özgürlük Parkı'ndaki ağaç türlerinin yüzde (%) dağılımı

2.2 Yöntem

2.2.1 Kent ağaçlarında biyokütle ve karbon depolamanın hesaplanması (KARBİYOSİS)

Biyokütle, ağaçların toprak altı ve toprak üstü olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Toprak üstü biyokütle, gövde, dallar, yapraklar ve kabuktan oluşurken, toprak altı biyokütle ise ağacın köklerini içermektedir (Alemdağ, 1981; Ashton et al., 2010). Saha çalışması ile parktaki ağaçların toprak üstü ölçümleri yapılmış, bileşenlerinden (yaprak, dal, gövde ve kabuk) numuneler alınarak elde edilen veriler, ağaç envanter bilgi formuna kaydedilmiştir.

KARBİYOSİS programının bireysel envanter yapılması koşuluyla, tüm alandaki ağaçlar için uygulanabilir olduğu belirtilmiştir. Programa girilmek üzere kullanılan ağaç envanter bilgi formunda ise aşağıdaki şu başlıklar bulunmaktadır:

Latince tür adı: Envanter çalışması yapılan ağaçlara ait Latince isimlerin bulunduğu bölümdür. Latince tür adı çalışmanın ilerleyen aşamalarında kullanılmak üzere gereklidir.

Yaprak tipi: Geniş yapraklı türler için "1" kodu, iğne yapraklı türler için ise "2" kodu envanter formuna girilmektedir.

Tepe taç genişliği: Ağaçların taç genişliğini ifade eden bölümdür. Bu bölümde ağaçların taçlanma durumuna göre bir ya da birden fazla noktadan taç genişliği ölçülmüştür.

Gövde boyu (cm): Geniş yapraklı türlerde dallanma gövdeden ayrılarak başlıyor ise gövde boyu taban ile dallanmanın yani ağaç tacının başladığı nokta arası olarak belirlenmiştir. Dallanmanın gövde üzerinde olduğu özellikle iğne yapraklı türlerde ise gövde boyu tabanla gövdenin en uç kısmı olan nokta arası olarak belirlenmiştir. Ancak gövde boyu eğik ya da kıvrımlı yapıda olan ağaçlar için gövdenin yerden yüksekliği değil, gövde yüzeyinden eğrilik durumuna göre ölçülerek gövde yüksekliği belirlenmiştir.

Gövde dip çapı (cm): Gövdenin en alt kısmından ölçülen çap genişliğini ifade etmektedir. Bazı ağaçlarda gövdenin toprakla bulunduğu alt tabanında yüzeyde köklenme, şişkinlikler olabilmektedir. Bu durumda ölçüm, köklenmenin ve

şişkinliklerin bittiği toprağa en yakın ağaç gövdesinin başladığı yerden yapılmıştır.

Gövde uç çapı (cm): Gövdenin en üst kısmının çapını belirtmektedir. Ağaç gövde tiplerine göre gövdenin en uç kısmından ölçüm yapılmak suretiyle gövde üst çapı belirlenmektedir.

Kabuk kalınlığı (cm): Ağaç kabuk kalınlığı belirlenirken ağacın çeşitli noktalarından ve her bir ağaçtan en az 3 farklı yerden olacak şekilde bir kabuk ölçer yardımıyla tespit edilmiştir. Bu aşamada kalınlıkları ölçüldükten sonra ortalaması alınarak o ağaca ait kabuk kalınlığı belirlenmiştir.

Örnek alınan dal yüzdesi (%): Ağaçların dallanma yapısına örnek teşkil edecek şekilde en az 3 noktadan dal sayma yöntemi ile ağaç dalı örneği alınmıştır. Alınan örneklerin ağaçtaki dallanma sayısına göre yüzde oranı tahmin edilmiş, daha sonra yapraklarından sıyrılarak yaş ağırlıkları tartılmıştır.

Örnek alınan dal ağırlığı (g): Bu bölüm alınan dal örneklerinin yaprakları sıyrılarak tartılmasıyla elde edilen yaş ağırlığını belirten bölümdür.

Örnek alınan yaprak yüzdesi (%): Bu bölümde ağaçların yapraklı dallarından ağaç üzerinde örnek teşkil edecek en az 3 noktadan yapraklı ağaç dalı örneği alınmıştır. Alınan örneklerin ağaçtaki dallanma sayısına göre dal üzerindeki yaprak yüzde oranı tahmin edilmiş daha bu yapraklar dallardan sıyrılarak yaş ağırlıkları tartılmıştır.

Örnek alınan yaprak ağırlığı (g): Alınan yapraklı dal örneğinin yaprakların daldan sıyrılarak tartılmasıyla elde edilen yaş ağırlığını belirten bölümdür.

Ağaç taç genişliği (m): Ağaçların toprak yüzeyini kaplayan taç genişliğinin ölçülmesini ifade etmektedir.

Gövde göğüs çapı (cm): Ağaçların 1,30 m yüksekliğinden ölçülen gövde göğüs çap genişliğini ifade etmektedir.

Formdaki veriler, programın geliştiricisi (Tuğluer, 2019) tarafından karbon depolama ve biyokütle verileri sistemine (KARBİYOSİS) girilmiş ve hesaplanmıştır.

3. Bulgular

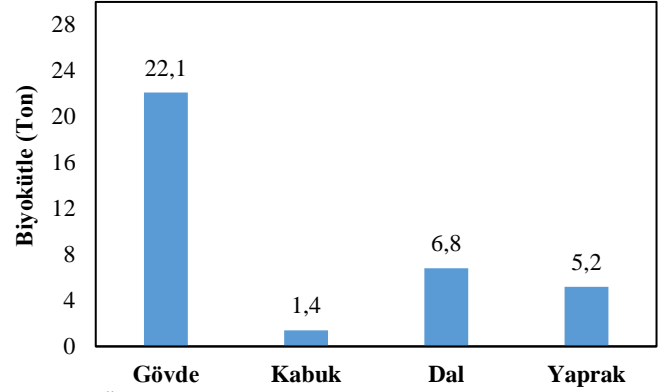
3.1 Ağaç envanter verileri

Çalışma alanı Özgürlük Parkı'nda 119 adet geniş yapraklı ve 83 iğne yapraklı ağaçta ölçüm yapılmıştır. Bu ağaçların tepe tacı genişliği en az 1,5 m ve en fazla 8 m olarak ölçülmüştür. Parktaki ağaçların gövde boyu 1,5 m ile 12 m, gövde göğüs çapı 11 cm ile 67 cm arasında, ağaçların gövde uç çapı 4 cm ile 35 cm arasında ve ağaçların kabuk kalınlığı ise 0,15 cm ile 2,1 cm arasında dağılım göstermiştir. Özgürlük Parkı'ndaki ağaçlardan alınan dal ve yaprak örneklerinin yüzdesinin %0,5 ile %7, dal ağırlığının 212 g ile 5695 g, yaprak ağırlığının ise 200 g ile 4700 g arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

3.2 Ağaçların toplam biyokütle ve karbon tutma miktarı

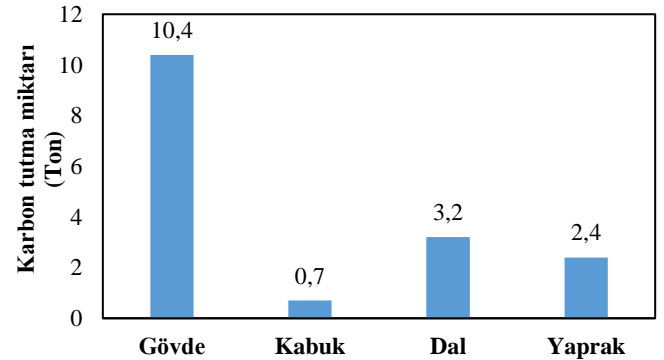
Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların hem toplam hem de ayrı ayrı bileşenlerine (gövde, gövde kabuğu, dal ve yaprak) ait biyokütle ve karbon tutma miktarları KARBİYOSİS programı ile

hesaplanmıştır. Elde edilen sonuç raporunda veriler gram cinsinden olup daha sonra tona çevrilmiştir. Buna göre; ağaçların gövde biyokütlesi 22,1 ton, gövde kabuğu biyokütlesi 1,4 ton, dal biyokütlesi 6,8 ton ve yaprak biyokütlesi 5,2 ton olarak hesaplanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Özgürlük Parkı'ndaki ağaç bileşenlerinin biyokütle dağılımı

Karbon tutma miktarlarına bakıldığında; ağaçların gövde biyokütlesinde 10,4 ton karbon, gövde kabuğunda 0,7 ton, dalda 3,2 ton ve yapraklarda 2,4 ton karbon tutabileceği hesaplanmıştır (Şekil 4).



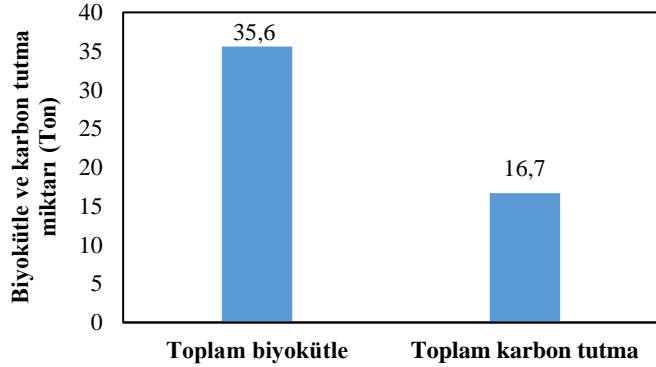
Şekil 4. Özgürlük Parkı'ndaki ağaç bileşenlerinin karbon tutma miktarı dağılımı

Tür bazında ele alındığında parkta 56 adet ile en fazla bulunan *Pinus pinea* 11,46 ton, *Acer negundo* 24 adet ile 4,39 ton ve 22 adet *Platanus orientalis* ise 6,16 ton biyokütleyle sahiptir ve bu üç tür, toplam biyokütle miktarının %56,9'unu oluşturmaktadır. Karbon tutma kapasiteleri değerlendirildiğinde ise *Pinus pinea* 5,57 ton, *Acer negundo* 2,02 ton ve *Platanus orientalis*'in 2,84 ton karbon tutabileceği hesaplanmıştır. Bu miktar da toplam miktarın %50,5'ine karşılık gelmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Özgürlük Parkı'nda en fazla bulunan 3 türe ait toplam biyokütle ve karbon tutma miktarı (KTM)

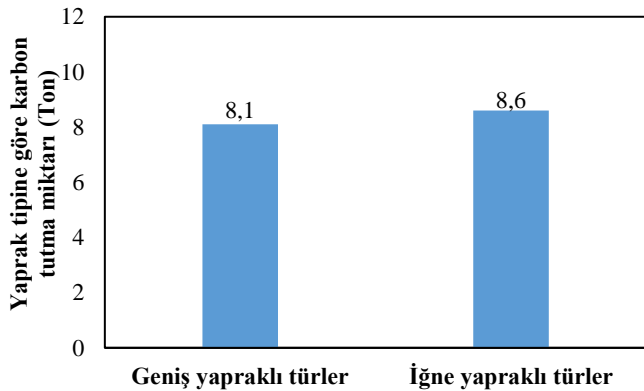
Tür Adı	Adet	Yüzde (%)	Gövde Biyokütlesi (Ton)	Gövde Kabuğu Biyokütlesi (Ton)	Dal Biyokütlesi (Ton)	Yaprak Biyokütlesi (Ton)	Toplam Biyokütle (Ton)	Gövde KTM (Ton)	Gövde Kabuğu KTM (Ton)	Dal KTM (Ton)	Yaprak KTM (Ton)	Toplam KTM (Ton)
<i>Pinus pinea</i>	56	27,7	4,51	0,57	3,24	3,14	11,46	2,28	0,29	1,54	1,46	5,57
<i>Acer negundo</i>	24	11,9	3,48	0,23	0,45	0,23	4,39	1,63	0,1	0,2	0,09	2,02
<i>Platanus orientalis</i>	22	10,9	4,75	0,15	0,85	0,41	6,16	2,2	0,07	0,39	0,18	2,84

Özgürlük Parkı'ndaki 202 adet ağacın toplam biyokütle miktarı 35,6 ton ve toplam karbon tutma miktarı ise 16,7 ton olarak hesaplanmıştır (Şekil 5).

**Şekil 5.** Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların toplam biyokütle ve karbon tutma miktarı

3.3 Ağaçların yaprak tipine göre toplam karbon tutma miktarı

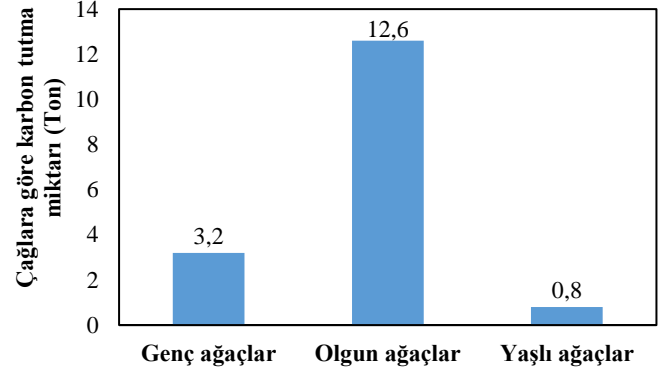
Ağaçların yaprak tipinin geniş yapraklı ve iğne yapraklı oluşuna göre toplam karbon tutma miktarları hesaplanmıştır. Özgürlük Parkı'nda geniş yapraklı ağaç sayısı 119 adet, iğne yapraklı ağaç sayısı ise 89 adettir. Geniş yapraklı ağaçların toplam karbon tutma miktarı 8,1 ton, iğne yapraklı ağaçların toplam karbon tutma miktarı ise 8,6 ton olarak hesaplanmıştır (Şekil 6).

**Şekil 6.** Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların yaprak tipine göre toplam karbon tutma miktarı

3.4 Ağaçların yaş sınıfına göre karbon tutma miktarı

Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların, artım burgusu yardımı ile yaş tespiti yapılmış olup, bir sınıflandırma oluşturulmuştur. Ağaçların genç, olgun ve yaşlı olarak sınıflandırılması artım burgusu yardımıyla belirlenen yaş tespitlerine göre yapılmıştır. Buna göre, parkta çalışmaya dahil olan; 89 adet genç ağaç, 110

adet olgun ağaç ve 3 adet yaşlı ağaç bulunmaktadır. Bu sınıflandırmanın %44,1'ini oluşturan genç ağaçlar 3,2 ton, %54,4'ünü oluşturan olgun ağaçlar 12,6 ton ve %1,5'ini oluşturan yaşlı ağaçlar 0,8 ton karbon tutmaktadır (Şekil 7).

**Şekil 7.** Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların yaş sınıfına göre toplam karbon tutma miktarı

4. Tartışma

Bu çalışmada ağaçların biyokütle ve karbon tutma miktarları yeni geliştirilen bir program olan KARBİYOSİS ile hesaplanmıştır. Program sayesinde ağaçların yaşamsal süreçlerine herhangi bir zarar verilmeden ve hasar bırakılmadan, tüm verilerin temini sağlanmış ve program geliştiricisi tarafından sunulan envanter bilgi formuna işlenmiştir. Saarinen et al., (2014) tarafından yapılan araştırmalar ağaç envanter çalışmasının, ağaçların kente sunduğu katkılar açısından önemli olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle öncelikli olarak yapılan bir envanter çalışması; ağaçların tür çeşitliliği, yaş grupları dağılımı ve genel sağlık durumlarının değerlendirilmesi açısından durumu ortaya koyabilmek adına gereklidir. Ancak bu aşamanın alanında uzman kişiler tarafından özenle yapılması önemlidir. Böylece diğer aşamalara geçildiğinde olası bir hata payı da en aza düşecektir. Nowak and Crane (2000) tarafından geliştirilen bir model olan UFORE (Kent Ormanı Etkileri Modeli) ile benzer bir hesaplama yapılabilir. Ancak bu hesaplamalar ABD (Amerika Birleşik Devletleri) Orman Birimi tarafından araştırmacılara iletilmekte ve bu da bir süreç gerektirmektedir. Ayrıca UFORE modeli birtakım parametreler yardımıyla ağaçların yalnızca yaprak biyokütlesi ve karbon depolama miktarı tahminlerine ulaşmaktadır. Kırteke ve Oğuz (2022) ise ArcGIS online ile web tabanlı olarak oluşturdukları bir ağaç bilgi sistemi sayesinde, bir bulvardaki tüm bitkilerin toplam 8020 kg yıllık karbon tuttuğunu hesaplamıştır. Çalışma kapsamındaki karbon tutma formülü sadece yol kenarlarında, bahçelerde ve parklarda dikilen bireysel ağaçlardaki karbon tutma oranının hesaplanması için geliştirilmiştir. Tuğluer (2019) tarafından geliştirilen KARBİYOSİS programı ise envanter bilgi formuna işlenmiş verilerin sisteme girilmesi ile birlikte

ağacın toprak üstü tüm bileşenlerine ait hesaplamaları bir rapor halinde kullanıcılara sunmaktadır.

Yapılan araştırmalar göstermiştir ki biyokütle ve karbon depolama tahminlerine yönelik, laboratuvar ortamı gerekmezsin yalnızca araziden alınan verilerin doğrudan bilgisayar ortamına aktarılarak hesaplamaların yapılabilirdiği bir sistem yetersizliği vardır. Bu program, laboratuvar imkanı kısıtlı olan ya da hiç olmayan kullanıcılar için işleyişi kolaylaştırmakta, zaman kazandırmaktadır. Tuğluer (2019) tarafından KARBİYOSİS programının toprak üstü biyokütle ve karbon depolama hesaplamaları yapabilen tek program olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle program, bu çalışmanın amacına uygunluk sağlamıştır.

Özgürlük Parkı'ndaki 202 adet ağacın biyokütle miktarı 35,5 ton, toplam karbon tutma miktarı ise 16,7 ton olarak hesaplanmıştır. Parkta en fazla bulunan 3 türe ait ağaçların toplam biyokütle miktarının 22,01 ton, toplam karbon tutma miktarının ise 10,43 tondur. Ancak parktaki tür dağılımı incelendiğinde, türlerin sayıca dağılımı düzensizdir. Örneğin; *Ginkgo biloba* türüne ait 1 adet ağaç var iken, *Pinus pinea* türüne ait 56 adet ağaç bulunmaktadır. Bu nedenle farklı türler tarafından depolanan karbon miktarları arasında bir ilişki olup olmadığı incelenememiştir.

Bulgular, ağaç bileşenleri arasında en fazla karbonun sırasıyla gövde, dal, yaprak ve gövde kabuğunda tutulduğunu göstermektedir. Özellikle büyük boyutlu ağaçların, budama kusurları nedeniyle olması gerekenden daha küçük taç yapısı oluşturması, o ağacın karbon tutma kapasitesini azaltmakta ve işlevini olumsuz yönde etkilemektedir. Ülkemizdeki park ve bahçelerde sıklıkla görülen ve kabak budama olarak da bilinen ağaç gövdesinin tüm dal ve sürgünlerinin kesilerek yok edilmesi ağaçların sağlıklarını tehlikeye sokmaktadır (Ata, 2015). Ayrıca park içi yaya yolu ve oturma alanlarının yakınındaki ağaçların alt dallarının kesilmesi ya da tek katlı yapı, duvar, vb. yerlere temas eden dalların zarar görmesi gibi faktörler de biyokütle miktarını azaltmakta ve karbon depolama miktarını yine olumsuz yönde etkilemektedir. Buradaki ve diğer kentlerimizdeki gözlemler, bilgi eksikliği ile yapılan ve doğru olmayan budama uygulamalarının, bir ağacın tutabildiği karbon miktarını önemli ölçüde etkileyebileceğini ortaya koymaktadır.

Araştırmalar göstermiştir ki, bir ağacın biyokütle miktarındaki artış, o ağacın tutabildiği karbon miktarını da arttırmaktadır. Bu da bir ağacın ilerleyen yaşına bağlı olarak artan gövde, dal, yaprak ve taç yapısının iyi bir gelişim göstermesi ile mümkün olmaktadır. Bu nitelikteki ağaçlar arttıkça ve mevcut ağaçlar korundukça çalışma amacına bağlı olarak fayda miktarının da artacağı söylenebilir. Parkta bulunan ağaçların karbon tutma miktarını etkileyen önemli faktörlerden birisi de türlerin biyolojisidir. *Ginkgo biloba* ve *Pinus pinea* gibi türlerde sağlık sorunu bulunmuyorsa form budaması gibi işlemler yapılmaz. Dolayısıyla toprak üstü kısımlarında daha büyük biyokütle oluşturabilir. Ancak yine çalışma alanında bulunan *Platanus orientalis*, *Platanus occidentalis*, *Fraxinus angustifolia*, *Acer negundo* vb. türlerin hızlı büyümesi ve ilerleyen zamanlarda bulunduğu alanın yeterli olmaması, etraftaki yapılara zarar vermesi durumunda uzman olmayan kişiler tarafından budama yapılabilmektedir. Bu da direkt ağaçların biyokütlesini, dolayısıyla karbon tutma miktarını etkilemektedir. Nowak and McPherson (1993) kentsel alanlardaki ağaçların, doğrudan karbon absorpsiyonu ve fosil

yakıtlar tarafından üretilen karbondioksit miktarının azaltılarak, hava kalitesinin yükseltilmesine katkı sağladığını ortaya koymuştur. Nowak and Crane (2002) ABD'nin 10 kentinde yapılan arazi çalışmaları ve ulusal kent ormanları verilerinin değerlendirmesini yayınlamıştır. ABD'nde yer alan kent ormanlarının 14,3 milyon dolar değerinde 700 milyon ton karbonu depoladığı belirlenmiştir. Yapılan araştırmada, ABD'nin kent ormanlarının ulusal karbon depolama ortalaması (25,1 ton C/ha) ile orman alanlarının ulusal karbon depolama ortalaması (53.5 tC/ha) karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, kent ormanlarının en baskın sera gazı olan CO₂'nin azaltılmasında ciddi bir rol üstlendiği vurgulanmıştır. Pregitzer et al., (2022) New York kent ormanlarında karbon depolama ile ilgili yaptığı çalışmada New York'taki doğal ormanların ortalama 263 ton C ha⁻¹ depoladığını ve kentin ormanlık alanlarında 1860000 ton C depolandığını hesaplamışlardır. Bu ormanların yılda ortalama 7,4 ton C ha⁻¹ y⁻¹ toplam 44000 ton karbon tuttuğunu tespit etmişlerdir. Sonuçların kentsel ormanlık doğal alanların, doğal iklim çözümlerinde önemli bir rol oynadığını ve kentlerin iklim ayak izini azaltmayı amaçlayan kentsel yeşillendirme politikalarının merkezinde yer alması gerektiğini belirtmişlerdir.

Özgürlük Parkı'nda yaş gruplarına göre yapılan sınıflandırmaya göre; 89 adet genç ağaç, 110 adet olgun ağaç ve 3 adet yaşlı ağaç bulunmaktadır. Bu sınıflandırmanın %44,1'ini oluşturan genç ağaçlar 3,2 ton, %54,4'ünü oluşturan olgun ağaçlar 12,6 ton ve %1,5'ini oluşturan yaşlı ağaçlar 0,8 ton karbon tutmaktadırlar. Çepel (1999) tarafından yapılan bir çalışmaya göre; 100 yaşında, iyi bir gelişim gösteren Kayın ağacının, fotosentez için 40 milyon m³ havayı yaprakları ile emerek, bu hava içinde yer alan 1200 m³ karbondioksit miktarını, 6 ton karbon olarak bağladığı belirtilmektedir. Ayrıca kentsel alanlarda atmosferdeki kirletici gazların, kırsal alanlara göre 5-25 kat, toz yoğunluğunun ise 10 kat daha fazla olduğu belirtilmektedir (Harris et al., 2004). Jo and McPherson (1995); Nowak (1994) Chicago'da radyal gövde büyüme sürecinde yıllık karbon tutma kapasitesine yönelik yaptıkları bir araştırmada, genç yaşlarda gövdede yılda 16 kg karbon tutulurken, ilerleyen yaşlarda yılda 360 kg'a kadar çıkabildiğini belirtmişlerdir. Parktaki ağaçların yaş sınıfları göstermektedir ki; en fazla ağaç sayısının bulunduğu yaş sınıfını temsil eden olgun ağaçlar, aynı zamanda en fazla miktarda karbon tutma kapasitesine sahiptir. 110 adet olgun ağaç yaş sınıflandırmasının %54,4'ünü oluşturmaktadır ve bu ağaçlar 12,6 ton karbon tutma kapasitesine sahiptir. 89 adet genç ağaç ise yaş sınıflandırmasının %44,1'ini oluşturmaktadır ve yalnızca 3,2 ton karbon tutma kapasitesine ulaşabilmektedir. Bulgular, olgun ağaçların karbon tutma miktarının, genç ağaçlardan daha yüksek olduğunu sayısal verilerle ifade etmektedir. Durkaya ve Durkaya (2008) yapmış oldukları çalışmada bazı ağaç türlerine ait biyokütle tahminlerine ulaşmışlardır. Yapılan hesaplamalar sonucu ortalama 20 cm gövde göğüs çapı olan ağaç türlerinin gövde biyokütlesinin 50-100 kg arasında olduğu, taç biyokütlesinin ise 10-50 kg olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuçlar itibariyle bu çalışmadaki ortalama 20 cm gövde göğüs çapına sahip türlerin gövde biyokütlesinin (kabuk ve gövde) yaklaşık 50-70 kg aralığında, taç biyokütlesinin (dal-yaprak) ise 20-60 kg aralığında olduğu belirlenmiştir. Parktaki genç ağaçların sık aralıklarla dikildiği, yaşları ilerledikçe ulaşması beklenen taç genişliklerinin dikkate alınmadığı görülmüştür. Taç gelişimi için yeterli aralık ve alanın

birakılmamış olması, taç biyokütlesinin (dal-yaprak) az ve dolayısıyla potansiyel karbon tutma miktarının da olması gerekenden daha az olacağını göstermektedir.

Yaprak tipi ile ilgili yapılan değerlendirmelere göre; iğne yapraklı türlerin, her dem yeşil olması sebebiyle, karbon tutma miktarı açısından geniş yapraklı türlere göre daha fazla fayda sağlayabileceği söylenebilmektedir. Bu parkta bulunan 119 adet geniş yapraklı ağaç 8 ton karbon tutarken, 89 adet iğne yapraklı ağaç ise 8,6 ton karbon tutmaktadır. Ancak bu, tüm ağaçlandırma çalışmaları sırasında iğne yapraklı türlerin kullanılması gerektiği yaklaşımını desteklememektedir. Bir ağaçlandırma çalışması yapılırken, her zaman için tüm koşullar ve diğer unsurlar birlikte değerlendirildiğinde, başarılı ve anlamlı sonuçlara ulaşmak mümkün olmaktadır. Genel olarak iyi bir gövde göğüs çapına ulaşmış ağaçlara ihtiyaç duyulduğu söylenebilmektedir. Çünkü bir ağacın tüm toprak üstü bileşenleri arasında en fazla karbon tutma kabiliyeti gövde kısmında görülmektedir. Gövde göğüs çapı ne kadar artarsa, karbon tutma miktarı da o derece artış göstermektedir. Ayrıca yeterli taç yapısı (dal-yaprak) oluşturabilmiş ve bu özellikleri ile biyokütle miktarı fazla olan ağaçların, karbon tutma miktarını arttırdığı da çalışma sonuçlarına yansımaktadır.

5. Sonuç ve Öneriler

İklim değişikliğinin hissedilir derecede artan olumsuz etkileri ile mücadele edebilmek için kentsel alanların fayda kapasitesi ortaya çıkarılmalı ve mücadeleye dahil edilmelidir. Kent ağaçları, insanlara yalnızca psikolojik ya da estetik açıdan keyif veren, hoş kokuları, farklı formları ve renkleri ile mutlu hissettiren özelliklerden ibaret değildir. Elbette ki bunlar da önemlidir ancak hesaplanabilir tüm işlev ve değerleri ile bir bütün olarak değerlendirilmeleri bir gerekliliktir. Bilimsel araştırmalar, olgun ve yaşlı ağaçların kentsel alanlarda karbon depolama, yağışı yavaşlatma, gürültü önleme, kirliliği azaltma, gölgeleme ve serinletme gibi birçok katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Bu çalışma sonuçları da kent ağaçlarının karbon depolama kapasitelerini sayısal verilerle ortaya koymaktadır. Yürütülecek park yapım çalışmalarında, kent içi ağaçlandırma vb. çalışmalar için bu verilerin bir altlık oluşturması hedeflenmektedir. Sonuçlar, ağaçların karbon depolama kapasitesine etki eden en önemli faktörler arasında kent ağaçlarının yaşam süreleri olduğunu göstermektedir. Parktaki yaşlı ağaçlar en az ağaç sayısının bulunduğu yaş sınıfını temsil etmelerine rağmen, çok sayıda genç ağaçlardan daha fazla karbon tutma kapasitesine sahiptirler. Özellikle olgun ve yaşlı ağaç sınıfına dahil olan tüm ağaçların, yüksek karbon tutma miktarının korunması ve maksimum faydanın sağlanması için bakım-koruma çalışmalarının aksatılmaması önerilmektedir. Genç ağaç sınıfında bulunan tüm ağaçların ise olası küçük kusurlarına yapılan iyileştirici müdahaleler, potansiyel faydaları açısından önemlidir.

Envanter sürecinde sahadaki gözlemler, budama uygulamalarında bilgi yetersizliği olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, genel ağaç hacmini ve sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Yetersiz dallanma yapısı oluşan ağaçların, dal ve yaprak biyokütlesi azalmakta, toplam karbon depolama miktarı ve fayda kapasitesi düşmektedir. Budama çalışmalarının bu konuda eğitimini almış, uzman kişilerce ve

teknikine uygun olarak yapılması önerilmektedir. Yeni dikimlerin yapılması elbette önemsenmelidir ancak yeni dikim yapılırken, mevcut olgun ve yaşlı ağaçlara zarar verilmemeli ve bakım çalışmaları ihmal edilmemelidir.

Kentsel alanlardaki parklar, iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasına ve kentin savunmasız, kırılğan durumuna karşı güçlü niteliklere sahiptir. Ancak parkların, bu niteliklerinin gücünü yansıtabileceği şekilde kurgulanmış olması, sağlayacağı hizmetlerden alınan verimi de yükseltir. Bu yaklaşımla, kentsel alanlardaki ağaç varlığının korunması, en yüksek verimin sağlanacağı şekilde park sayısının artırılması önerilmektedir. Ancak burada da açıklandığı üzere, kentsel alanlardaki parklara yalnızca sayı ve büyüklük olarak bakmak doğru değildir. Kentlere amaçlar ve ihtiyaçlar doğrultusunda tasarlanmış, en yüksek faydanın sağlanabileceği, iklim değişikliğine karşı dayanıklı, kent kimliğine, yetişme ortamı koşullarına uygun ve doğru ağaç türlerinin olduğu parklar ve yeşil alanlar kazandırılması önerilmektedir. Yalnızca bilimsel verilerin sunulması ve teknik yaklaşımlar tek başına yeterli olmamaktadır. Kent ağaçları yönetimi için stratejik çalışmalar yapmak, bunları eyleme dönüştürmek gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Düzce Üniversitesi'nin Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında 2021.02.02.1239 proje numarası ile desteklenmiştir. Teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Kaynaklar

- Alemdağ, İ., 1980. Aboveground-mas equations for six hardwood species from natural stands of the research forest at Petawawa. Canada. Environmental Science. No. PI-X-6. 1981.
- Ashton, S., L. McDonell, L., Barnes, K., 2010. Wood biomass desk guide ve toolkit. United State of America. U.S. Department of Interior and the USDA Forest Service.
- Ata, C., 2015. Kent Ağaçlarında Bakım ve Koruma Sorunları. I. Ulusal Ankara Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Kongresi, Ankara, pp. 182-195.
- Çepel, N., 1999. Orman ve Biz. *Tema Yayını*, s. 118, İstanbul.
- Dearborn, D.C., Kark, A.S., 2009. Kentsel biyoçeşitliliğin korunması için motivasyon. *Conservation Biology*, 24(2), 432-440.
- Dash, S.A., Pradhan, A., Behera, N., 2022. Estimation of above-ground biomass and carbon stock of tree species in public parks of Bhubaneswar, Odisha. *Arboricultural Journal*, 44(2), 72-83.
- Dirik, H., 2014. Arborikültür (Kentsel Ağaç Kültürü), İ.Ü. Yayın No: 5200, Orman Fakültesi Yayın No: 509., s. 566, İstanbul.
- Durkaya, B., Durkaya A., 2008. Türkiye Toprak Üstü Tek Ağaç ve Meşcere Biyokütle Tabloları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(13), 1-10.
- Gezer, A., Gül, A., 2009. Kent Ormanlığı, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını No: 86, Isparta.
- Görcelioğlu, E., 2000. Sera gazları emisyonlarının azaltılmasında ve bu gazların atmosferden alınıp depolanmasında ormancılık sektörüne düşen görevler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 50 (2), 35-50.

- Gül, A., Tuğluer, M., Akkuş, F.G., 2018. Kentsel Yol Ağaçları Envanteri ve Karbon Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 516-535.
- Gül, A., Topay, M., Örucü, Ö.K., 2012. CBS Yardımıyla Ağaç Envanteri Modelinin Oluşturulması. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Zonguldak, pp. 1-9.
- Harris, R.W., Clark, J.R., Matheny, N.P., 2004. *Arboriculture. Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines*. Pearson Education Inc., Upper Saddle River; New Jersey 07458 USA 578 p.
- Hertsgaard, M., 2001. Yeryüzü Gezini, Çevresel Geleceğimizin Peşinde Dünya Turu. TEMA Yayın No: 34, İstanbul.
- Jo, H.K., McPherson, E.G., 1995. Carbon Storage and Flux in Urban Residential Greenspace. *Journal of Environmental Management*, 45, 109-133.
- Kırteke, M., Oğuz, H., 2022. ArcGIS online ile web-tabanlı ağaç bilgi sisteminin geliştirilmesi: Turgut Özal Bulvarı-Malatya Örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(1), 286-309.
- Kuchelmeister, G., 2000. Trees for the urban millennium: urban forestry update. *UNASYLVA-FAO*, 49-55.
- Kadioğlu, M., 2001. Bildiğimiz Havaların Sonu. Küresel İklim Değişimi ve Türkiye. Güncel Yayıncılık, No: 110, İstanbul.
- McPherson, E.G., 2003. Benefits of urban forest. *The Journal of The Society of Municipal Arborists*, 39, 12-23.
- Mypacer, 2024. Mypacer-parks. <https://www.mypacer.com/parks/139011/kartal-ozguruluk-parki-istanbul> (Erişim tarihi: 07.07.2024).
- Nowak, D.J., 1994. Atmospheric Carbon Dioxide Reduction by Chicago's Urban Forest, Chapter. In: McPherson, E.G.; Nowak, D.J.; Rowntree, R. A., eds. *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. Forest Service, United States. Department of Agriculture, Chapter 6, 83-94.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., 2002. Carbon Storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116(3), 381-389.
- Nowak, D.J., McPherson, E.G., 1993. Quantifying the impact of trees: The Chicago Urban Forest Climate Project. *An International Journal of The Forestry and Food Endustries*, 44 (2), Unasylyva.
- Özdemir S., Özkan K., Mert A., 2020. Ekolojik Bakış Açısı ile İklim Değişimi Senaryoları, *Biological Diversity and Conservation*, December, 3(3), 361-371.
- Pregitzer, C.C., Hanna, C., Charlop-Powers, S., Bradford, M.A., 2022. Estimating carbon storage in urban forests of New York City. *Urban Ecosystems*, 25(2), 617-631.
- Saarinen, N., Vastaranta, M., Kankare, V., Tanhuanpaa, T., Holopainen, M., Hyppä, J., Hyypää, H., 2014. Urban Tree Attribute Update Using Multisource Single-Tree Inventory. *Forests*, 5 (5), 1032-1052.
- Steenberg, J.W., Ristow, M., Duinker, P.N., Lapointe-Elmrabti, L., MacDonald, J.D., Nowak, D.J., Samson, C., 2023. A national assessment of urban forest carbon storage and sequestration in Canada. *Carbon Balance and Management*, 18(1), 11.
- Strohbach, M.W., Haase, D., 2012. Above-ground carbon storage by urban trees in Leipzig, Germany: Analysis of patterns in a European city. *Landscape and Urban Planning*, 104(1), 95-104.
- Tuğluer, M., 2019. Bazı Kent Ağaçlarının Biyokütle ve Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Tuğluer, M., Çakır, M., 2019. UFORE Modelinin Kent Ekosistemine Hizmet Eden Bileşenlerinin İrdelenmesi. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD)*, 4(2), 193-200.
- Vonderach, C., Akontz, A., 2023. Learning from forest trees: improving urban tree biomass functions. *Forests*, 14(7), 1473.



Abies cilicica (Antoine et Kotschy) Carrière subsp. *cilicica*'nın aktüel meşcere kuruluşlarının bazı karakteristikleri

Orhan Gülseven ¹, Sezgin Ayan ^{2*}

¹Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Ormanlık Programı, Kastamonu, Türkiye

²Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, Kastamonu, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Received: 04/08/2024

Accepted: 25/09/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1528018>

*Corresponding author:

sezginayan@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler *Abies cilicica* (Antoine et Kotschy) Carrière subsp. *cilicica* Akdeniz Bölgesi orman ekosistemleri için kilit bir tür olan ve Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN)'nin kırmızı listesinde “yakın tehdit altında tür (*near threatened* ver. 3.1)” olarak değerlendirilen bir taksondur. Taksonun iklim değişikliğinin doğrudan ve/veya dolaylı etkilerinden nasıl etkilendiğini izleyebilmek için öncelikle mevcut aktüel meşcere kuruluşlarının ortaya koyulması, izleme çalışmalarına altlık ve başlangıç verisi oluşturması açısından gerekli ve öncelikli bir konudur.

Yöntem *A. cilicica*'nın yayılış sahasını kapsayan bütün planlama ünitelerinin son plan dönemi amenajman plan verileri ve ilgili haritalar esas alınarak, saf ve karışık meşcerelerin aktüel kuruluşları, karışıma giren türlerin meşcere karışımındaki oranı ve rolünün değişimi, meşcere kapalılık derecesi ile bakı, yükselti ve eğim derecesi gibi meşcere özellikleri analiz edilmeye çalışılmıştır.

Bulgular *A. cilicica*'nın saf ve karışımında baskın tür olduğu meşcerelerin oranı %63,67'dir. Türün, iğne yapraklılar ile karışım yaptığı meşcereler; %73,69'dur. Karışık meşcerelerinin %41,15'ini Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ile %16,45'ini ardıç (*Juniperus* sp.) türleri ve %4,95'ini geniş yapraklı türlerle oluşturmaktadır. Tür, yayılış alanının %94,45'lik kısmını optimal yayılış alanı olarak kabul edilen 1200-2000 m aralığında gerçekleştirmektedir. *A. c.* subsp. *cilicica* meşcerelerinin %57,49'u gölgeli, %42,23'ü ise güneşli bakılardadır. Ayrıca, Toros göknarının ağırlıklı olarak %41-70 arası kapalılık derecesine sahip meşcerelerinin var olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar İklim değişiminin doğrudan ve dolaylı etkilerinin yoğun bir şekilde gözleendiği Toros göknarı aktüel meşcere kuruluşlarının önceki plan dönemleri ile mukayeseli irdelenmesi ve meşcere kuruluş yapılarındaki değişimin izlenmesi önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Aktüel meşcere özellikleri, Toros göknarı, Türkiye

Some characteristics of current stands of *Abies cilicica* (Antoine Et Kotschy) Carrière subsp. *cilicica*

ABSTRACT

Background and Aims *Abies cilicica* (Antoine et Kotschy) Carrière subsp. *cilicica* is a key species for the forest ecosystems of the Mediterranean region and is classified as a “near threatened (ver. 3.1)” on the International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List. To monitor how the taxon is affected by the direct and/or indirect impacts of climate change, it is necessary and a priority to first determine the current actual stand status. This will provide a basis and initial data for monitoring studies.

Methods Based on the latest forest management plan data and relevant maps covering the distribution area of *A. c.* subsp. *cilicica*, an analysis was conducted of the current pure and mixed stand status, the change in the proportion and role of species involved in the mixture, stand crown closure, and site characteristics such as aspect, altitude, and slope degree.

Results The proportion of *A. c.* subsp. *cilicica* stands where in pure and mixed stands which is the dominant species, is 63.67%. The stands where this species mixes with conifers make up 73.69%. Of the mixed stands, 41.15% are mixed with Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.), 16.45% with juniper (*Juniperus* sp.) species, and 4.95% with broad-leaved species. The species spreads 94.45% of its range in the optimal distribution area, which is considered to be between 1200-2000 meters. The fir stands are located in 57.49% shaded aspect and 42.23% sunny aspect. In addition, it has been determined that the Taurus fir stands with a 41-70% closure mostly exist.

Conclusions It is important to comparatively examine and monitor the changes in the stand structures of current Taurus fir stands, where the direct and indirect effects of climate change are intensely observed, with those from previous planning periods.

Key Words: Actual stand characteristics, Taurus fir, Türkiye

Citing this article:

Gülseven, O., Ayan, S., 2024. *Abies cilicica* (Antoine et Kotschy) Carrière subsp. *cilicica*'nın aktüel meşcere kuruluşlarının bazı karakteristikleri. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 57-68.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

21. yüzyıl için öngörülen çevresel değişim oranı göz önüne alındığında, biyolojik çeşitliliğin devam eden erozyonunu yavaşlatmak için acil adaptasyon ve hafifletme çabaları daha da elzem hale gelmiştir. Biyolojik çeşitlilik ve nesli tehlike altında olan türler açısından bakıldığında neredeyse Dünya yüzeyinin %20'sini kapsayan Akdeniz biyomu, olağanüstü biyolojik çeşitliliğe sahiptir (Medail ve Quezel, 1997). Biyolojik çeşitliliğin bu kadar yüksek olduğu Akdeniz Havzasında önemli sıcaklık artışlarının paralelinde yağış miktarında azalmalar olduğu ifade edilmektedir (EEA, 2004). Bu durum özellikle nesli tehlike altında olan türlerin risk düzeyini de artırmaktadır. Akdeniz Havzasında, Türkiye'nin güneyinde yayılış gösteren taksonlardan biri olan *Abies cilicica* (Antoine et Kotschy) Carrière subsp. *cilicica* Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN) tarafından 1988 yılında katologlanmış ve *A. cilicica* kırmızı listede “*en az endişe verici tür (lower risk/least concern)*” olarak sınıflandırılmıştır. Yine aynı kuruluşun 2013 yılında yayınladığı kırmızı listede ise “*yakın tehdit altında tür (near threatened ver. 3.1)*” olarak değerlendirilmiştir (Gardner ve Kness, 2013). Bu bağlamda; Linares (2011) Akdeniz Havzasının orografik karmaşıklığının Akdeniz göknarlarının evriminde ve kalıcılığında kilit bir rol oynadığını, halen bazı kıyı dağlık bölgelerinde yüksek yağışa yol açan faktörlerin buzul döneminde de faaliyet göstererek bölgesel kuraklığın ağaç popülasyonları üzerindeki etkisini hafiflettiğini ancak, bugün bu sığınakların kalıntı türlerin kalıcılığındaki rolünün, hızlı iklim değişikliği ve insan kaynaklı bozulmalar nedenleriyle sınırlanabileceğini ifade etmektedir.

Bölge ekolojisi ve biyolojik çeşitliliği açısından *A. c.* subsp. *cilicica*; toprak nemi ve dengesini koruması, sis kuşağında bulunması, meşcerenin alt ve ara tabakasında yer alması sebebi ile yayılış yaptığı orman ekosistemlerinde büyük ekolojik öneme sahiptir. Gerek tabiat şartları gerekse insan faktörünün sebep olduğu; düzensiz ve aşırı faydalanma, son yıllarda iklim değişikliğinin etkisi ile belirgin artış gösteren böcek hasarları (Sarıkaya ve Avcı, 2002), kuraklık ve yangın (Göлтаş vd., 2017) gibi yıkıcı faktörlerin etkisi ile baskılanmış olan *A. c.* subsp. *cilicica* türünün yayılış alanlarının kısıtlandığı bilinmektedir (Aytaç ve Hızal, 2012). Ayrıca, Aytaç ve Hızal (2012) Akdeniz Bölgesi'ndeki yayılış tespit edilen *Pityokteines marketae* Knížek, 1998 (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) zararlısının *A. c.* subsp. *cilicica* meşcerelerinde önemli oranda ekonomik kayıplara sebebiyet verdiğini belirtmektedir.

Akdeniz Bölgesi orman ekosistemlerinde ışık noksanlığına tahammülü yüksek iki türden biri olan Toros göknarının Doğu Akdeniz'deki ana yayılış alanı Türkiye popülasyonlarının, M.Ö. 220 bin yıllarında meydana gelen Riss buzullaşması ile Suriye ve Lübnan'da yayılış gösteren marjinal popülasyonlardan ayrıldığı bilinmektedir (Beridze vd., 2021). M.Ö. 60 binlerde gerçekleşen son buzul döngüsü (Pleistosen'in serin dönemlerinde) ile de, alt türler olan *A. c.* subsp. *cilicica* ve *A. c.* subsp. *isaurica* türlerinin birbirinden ayrıldığı bilinmektedir (Beridze vd., 2021). Leroy ve Arpe, (2007) Batı Asya'daki Toros Dağları ve Lübnan dağlarında yayılış gerçekleştiren *A.*

cilicica'nın, izolasyon ve genetik farklılaşmasını Pleistosen sırasındaki güçlü kuraklığa maruz kalmanın da tetiklediğini belirtmektedir (Browicz ve Zieliński, 1984; Kaya ve Raynal, 2001). Katarzyna Şekiewicz vd. (2015) araştırmalarında; türün parçalı yayılışına rağmen, incelenen bütün popülasyonlarının nispeten yüksek bir genetik çeşitlilik seviyesini koruma eğiliminde olduğuna vurgu yapmışlardır.

Türkiye'nin Akdeniz Bölgesinde *A. cilicica*'nın alt türlerinin mevcut coğrafi dağılımı Mersin-Silifke'den denize dökülen Göksu Nehri ile ikiye ayrılmıştır. Göksu Nehri'nin doğusunda tomurcukları reçinesiz genç sürgünleri tüylü olan *A. c.* subsp. *cilicica* ve batısında yer alan tomurcukları reçineli ve genç sürgünleri tüysüz olan *A. c.* subsp. *isaurica* yer almaktadır (Browicz ve Zieliński, 1984; Kaya ve Raynal, 2001). Ana yayılışını Orta Toroslar ve Amanos Dağları üzerinde gerçekleştiren *A. c.* subsp. *cilicica*'nın diğer göknar türlerinin aksine kazık kök yapısı göstermesi Akdeniz Havzası gibi sıcak iklimlerde hayatta kalmasına olanak sunmaktadır (Bozkuş, 1987).

Avrupa Çevre Ajansı'nın değerlendirmelerine göre; 1900-2000 yılları arasında Akdeniz Havzası'nda yıllık yağış miktarında azalma olduğu belirtilmiştir. Yine Avrupa Çevre Ajansı'nın 2080 yılı projeksiyonlarında; yaz yağışlarında büyük kayıplar olacağı ve sıcaklık artışlarının devam edeceği ifade edilmiştir (EEA, 2004). Ayrıca, Akdeniz Havzasının iklim değişiminin etkisi altında ve hatta iklimin etkilerine karşı savunmasız bölgelerden biri haline gelebileceği düşünülmektedir (Hoerling vd., 2012; Spinoni vd., 2018).

Çalışmaya konu *A. c.* subsp. *cilicica* taksonunun değişen iklim koşulları altındaki varlığını sürdürebilmesi yanında iklim değişikliğinin doğrudan ve/veya dolaylı etkilerinden nasıl etkilendiğini izlemek maksadıyla aktüel durumunu ortaya koymak öncelikli ve önemli bir gerekliliktir. Beridze vd. (2021) tarafından yürütülen MaxEnt modellemesinde, türün gelecekteki olası dağılımının bu yüzyıl boyunca azalacağı ifade edilmiştir. Bu çalışmada; *A. c.* subsp. *cilicica* taksonunun Türkiye genelinde aktüel yayılış alanlarının bütünsel değerlendirmelerle detaylıca irdelenmesi, meşcere kuruluş özelliklerinin ortaya konulması, gelecekteki izleme çalışmalarına altlık ve başlangıç verisi oluşturulması amaçlanmıştır.

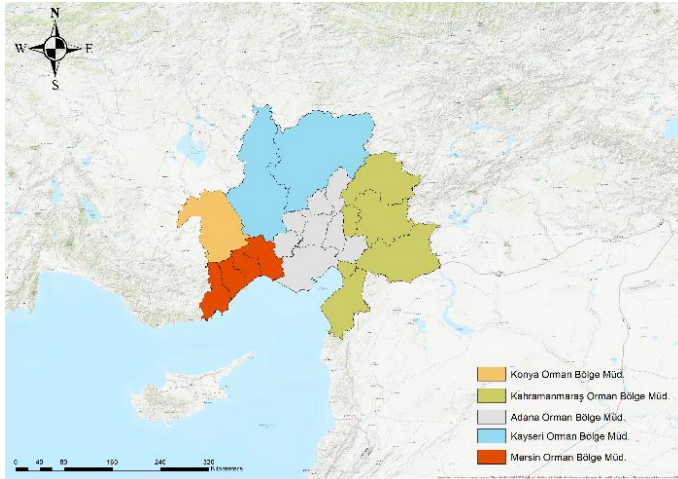
2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Browicz ve Zieliński (1984), Bozkuş (1987) ve Seçmen vd. (2000) *Abies cilicica* üzerine yürüttükleri çalışmalar incelenerek ve türün yayılışına ilişkin ilk bilgilere ulaşılmıştır. Literatür taramalarının ardından *A. cilicica* subsp. *cilicica*'nın son plan dönemi (1998-2018/2000-2020) itibarı ile beş Orman Bölge Müdürlüğünde (OBM) yayılış gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü OBM ve işletme müdürlükleri Çizelge 1'de ayrıca, *A. c.* subsp. *cilicica*'nın yayılış alanlarının yer aldığı OBM'leri Şekil 1'de sunulmuştur.

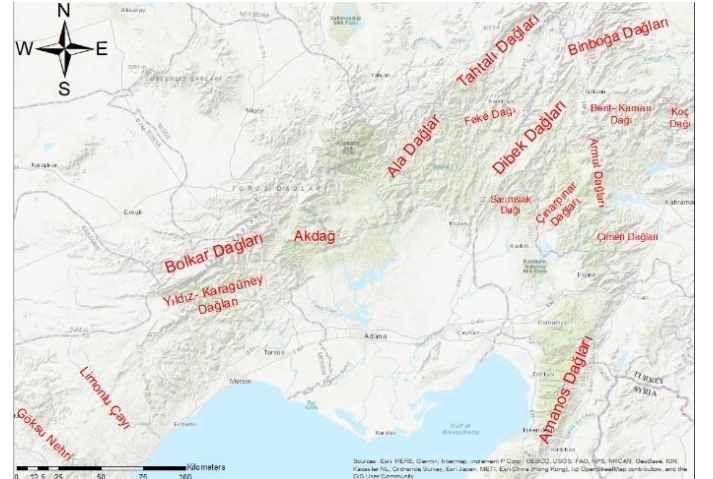
Çizelge 1. *A. c. subsp. cilicica* son plan dönemi verilerine göre yayılış yaptığı orman bölge müdürlükleri, orman işletme müdürlükleri ve plan adetleri

Orman Bölge Müdürlüğü	İşletme Müdürlüğü	Şeflik (Adet)	Toplam (Adet)
Adana	Feke	5	34
	Kadirli	2	
	Karaisalı	4	
	Kozan	2	
	Osmaniye	5	
	Pos	6	
	Pozantı	4	
Kayseri	Saimbeyli	6	9
	Niğde	3	
Kahramanmaraş	Kayseri	6	21
	Kahramanmaraş	7	
	Göksun	5	
	Dört Yol	2	
	Andırın	4	
Konya	Antakya	3	2
	Karaman	2	
Mersin	Mersin	3	12
	Tarsus	6	
	Erdemli	3	
Toplam			78 Şeflik



Şekil 1. *A. c. subsp. cilicica* alt türünün yayılış alanlarının yer aldığı OBM'leri

A. c. subsp. cilicica'nın yayılış alanları incelenerek beş OBM'nde; *A. c. subsp. cilicica*'nın saf ve karışım yaptığı meşcere kuruluşları belirlenmiştir. Yayılışını $38^{\circ} 21' 33'' - 36^{\circ} 26' 52''$ Kuzey enlemleri ile $36^{\circ} 57' 43'' - 33^{\circ} 30' 43''$ Doğu boylamları arasında gerçekleştiren *A. c. subsp. cilicica* coğrafi olarak; kuzeyde Tahtalı Dağ grubu içerisindeki Bey Dağı'na (3075 m), güneyde Amanos Dağları'nın en güneyindeki Susuz Tepe'ye (1794 m), doğuda Berit Dağı'nın doğusunda Koç Dağı'na (2562 m) ve batıda Göksu Nehri'nin doğusundaki Büyükeğri Dağı'na (2054 m) kadar uzanan bölge içerisinde varlığını sürdürmektedir. *A. c. subsp. cilicica*'nın orman bölge müdürlükleri ve işletme müdürlüklerindeki yayılış alanları topografik yapı (Dağ, Tepe, Akarsu, Plato vb.) ile ilişkilendirilmiştir. *A. c. subsp. cilicica*'nın yayılış alanlarının coğrafi sınırları Şekil 2'de arazi eğim sınıfları ise Çizelge 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. *A. c. subsp. cilicica* yayılış alanlarının coğrafi sınırları

Çizelge 2. Arazi eğim sınıfları (Genç, 2020)

Arazi Eğim Sınıfları		
Arazi Eğim Sınıfı	Eğim (derece)	Eğim (%)
Düz	00-02	0-3
Az eğimli	02-05	3-9
Orta eğimli	05-10	9-17
Çok eğimli	10-20	17-36
Dik	20-30	36-58
Sarp	30-45	58-100
Pek sarp	>45	>100

2.2 Yöntem

A. c. subsp. cilicica'nın son plan dönemi amanjman planı verilerine dayanarak aktüel saf ve karışık meşcere durumu, karışıma giren türlerin meşcere karışımındaki oranı ve rolünün değişimi, meşcere kapalılık derecesi ile meşcerelerin yayılış yaptığı alan özellikleri; bakı, yükselti ve eğim derecesi bakımından da analiz edilmeye çalışılmıştır. *A. c. subsp. cilicica*'nın son plan dönemi amanjman plan verileri herbir

kapalılık derecesinde incelenmiştir. *A. c. subsp. cilicica* alt türünün saf ve karışım yaptığı meşcereleri, karışım yaptığı meşcere kuruluşlarındaki yeri, aktüel kuruluşları içerisinde kapalılık derecelerine göre dağılımı, ibrelili ve geniş yapraklı türler ile karışım yaptığı alanlar ve karışım yaptığı türlerin dağılımları ve alansal verileri incelenmiştir.

A. c. subsp. cilicica'nın aktüel yayılış alanlarındaki değişimler incelenirken;

- Toros göknarının birincil tür olduğu; karışımında bulunduğu meşcerelerde baskın (ilk sırada) olduğu meşcere kuruluşlarını ifade etmektedir.
- Toros göknarının ikincil tür olduğu; karışımında bulunduğu meşcerelerde ilk sıra haricinde bulunduğu meşcere kuruluşlarını ifade etmektedir.

A. c. subsp. cilicica'nın aktüel meşcere kuruluşları kategorilere ayrılırken aynı yaşlı meşcere kuruluşları; Boşluklu kapalı (%0-10 kapalı), 1 kapalı (%11-40), 2 kapalı (%41-70) ve 3 kapalı (>%71) olarak tasnif edilmiştir. Ayrıca GSa0, GSA, SGArđ/a, SGa, Çkd/SGa, SGArđ/a-2 meşcere tipleri "a" ile sembolize edilen "genç meşcereler" olarak belirtilmiştir. Bununla birlikte; GScd/Sa0, GScd/Sa, GGncd/Sa0, GSArđ/Sa, GScd/Sa0, SGcd/Sa0, ArGcd/Sa0 meşcere tipi rumuzları ile gösterilen meşcereler ise "iki tabakalı meşcereler" olarak kategorize edilmiştir. İki tabakalı bu meşcerelerde üst tabakada kapalılığı kırılmış ince ağaçlık çağında (c çağı = göğüs çapı ($d_{1,3m}$) 20 ile 35.9 cm arasında bireylerin var olduğu meşcereler) ve orta ağaçlık çağındaki (d çağı = göğüs çapı ($d_{1,3m}$) 36 ile 51.9 cm arasında bireylerin var olduğu meşcereler) bireyler ile alt tabakada ise gençliğin var olduğu meşcerelerdir (OGM, 2017).

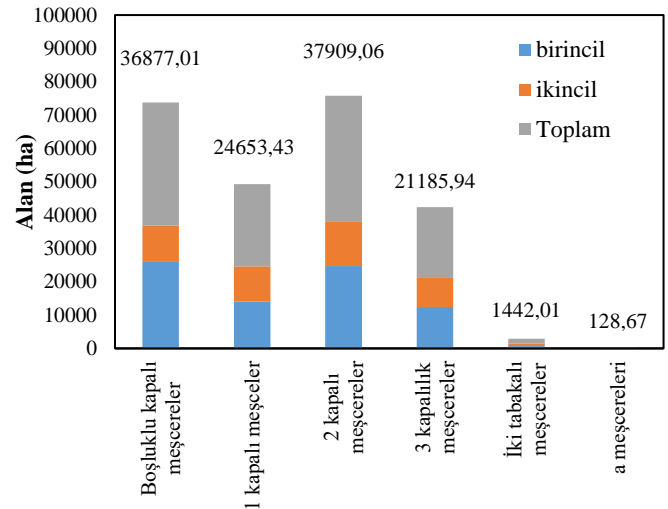
A. c. subsp. cilicica'nın aktüel yayılış alanlarındaki meşcere kuruluşlarının incelenmesinin yanında *A. c. subsp. cilicica* için; eğim, bakı (gölgeli ve güneşli bakı) ve yükseklik modelleri ile yayılış alanları eşleştirilerek aktüel yayılış alanlarının topografik durumu da değerlendirilmiştir. ArcGIS paket programı (10.8 sürümü) yardımı ile haritalar oluşturulmuş ve veriler dışa aktararak üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmada *A. c. subsp. cilicica* alt türü anlam karmaşası olmaması adına karışıma girdiği meşcere kuruluşlarında "*Cilicica* + " olarak ifade edilmiştir.

3. Bulgular

A. c. subsp. cilicica'nın aktüel orman alanı olan 122196,1 ha'lık yayılış alanı incelenmiş, farklı kapalılık seviyeleri ve karışımlarına ilişkin veriler Şekil 3'te sunulmuştur.

Şekil 3'de görüldüğü üzere; *A. c. subsp. cilicica*'nın son plan dönemi amenajman planlarındaki meşcere kuruluşlarının 122196,12 ha'lık yayılış içerisinde; *cilicica*'nın dominant tür olarak bulunduğu meşcereleri yani saf (24722,79 ha) ve karışımında birincil tür olduğu meşcereler; 77802,17 ha ile %63,67'lik kısmını oluştururken, *A. cilicica*'nın ikincil tür olarak karışıma girdiği meşcereleri ise 44 393,95 ha ile %36,33'ünü oluşturmaktadır. *A. cilicica* meşcere kuruluşlarının %20,23'ünü saf ve %79,77'sini karışım yaptığı meşcere

kuruluşları oluşturmaktadır. *A. c. subsp. cilicica*'nın son plan dönemine ait meşcere kuruluşları ve tür çeşitliliği dağılımı Çizelge 3'de verilmiştir.



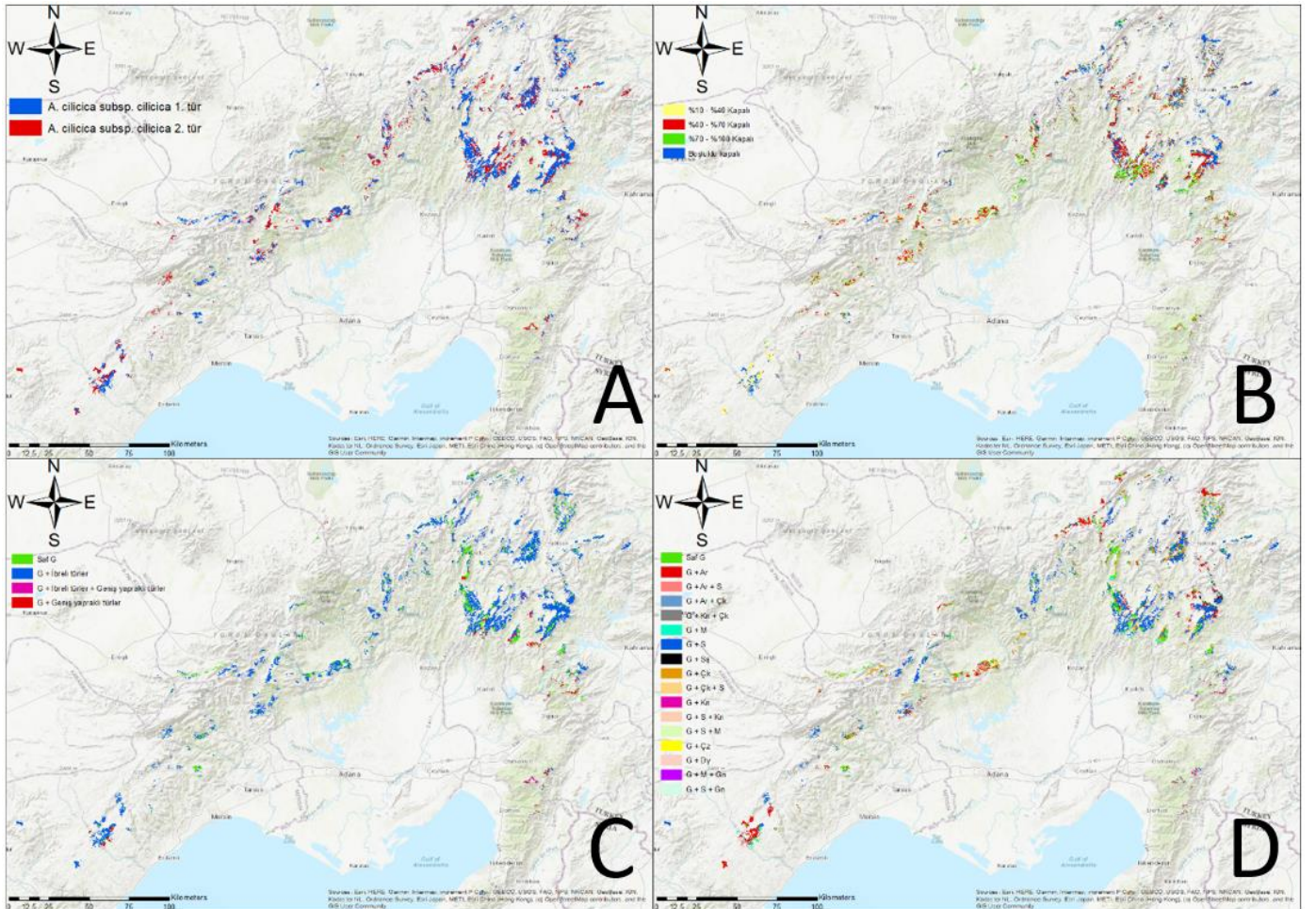
Şekil 3. *A. c. subsp. cilicica*'nın son planlama dönemine ait meşcerelerin alansal dağılımı

A. c. subsp. cilicica'nın karışık meşcereleri içerisinde; sadece iğne yapraklı türler ile karışım yaptığı meşcereler; %73,69'luk alanı oluşturmaktadır. İğne yapraklı türler ile yaptığı karışımların %41,15'ini Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ile %16,45'ini ardıç (*Juniperus* sp.) türleri ile gerçekleştirmektedir. *A. c. subsp. cilicica*'nın geniş yapraklı türlerle oluşturduğu karışık orman oranı ise %4,95 ve hem iğne yapraklı hem de geniş yapraklı türler ile karışım yaptığı meşcereler ise %1,13'lük alanı oluşturmaktadır. *A. c. subsp. cilicica*'nın aktüel meşcere kuruluşları içerisinde ağırlıklı olarak Toros sediri, ardıç türleri ve Anadolu karaçamı ile karışık meşcereler oluşturmaktadır. *A. c. subsp. cilicica*'nın karışım yaptığı meşcereler (A), kapalılık derecelerine göre dağılımı (B), iğne yapraklı ve geniş yapraklı türler ile karışımları (C) ve saf meşcereleri ile karışık meşcerelerde karışım yaptığı türlerin dağılımları (D) Şekil 4'de sunulmuştur. *A. c. subsp. cilicica*'nın aktüel kapalılık durumları ve tür çeşitliliği dağılımı Ek 1'de verilmiştir. Kapalılık açısından değerlendirildiğinde; göknarın baskın veya karışıma giren tür olarak var olduğu meşcereler oransal olarak sırasıyla "2 kapalı", "Boşluklu kapalı", "1 kapalı" ve "3 kapalı" orman kuruluşları olarak varlık göstermiştir.

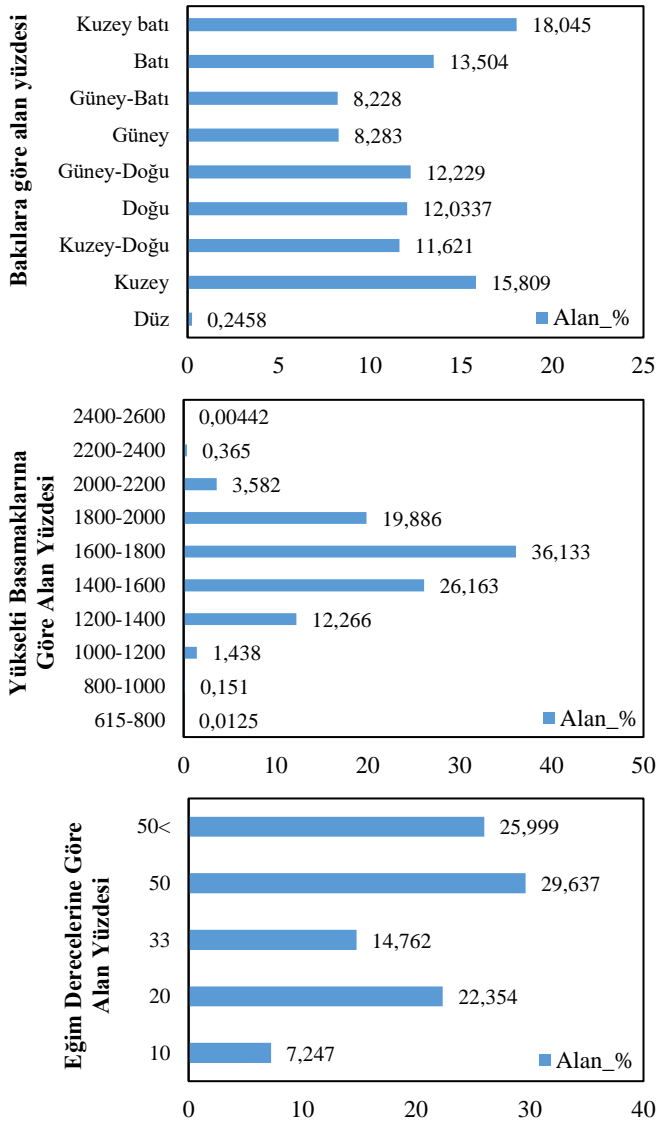
A. c. subsp. cilicica yayılış gösterdiği alanlardaki meşcerelerin bakı, yükselti basamakları ve eğim basamaklarına göre dağılımı ise Şekil 5 ve 6'da sunulmuştur. *A. c. subsp. cilicica*'nın bakılara göre; yayılış alanlarının %15,8'i Kuzey, %11,62'si Kuzey-Doğu, %18,04'ü Kuzey-Batı, %12,03'ü Doğu, %8,28'i Güney, %12,22'si Güney-Doğu, %8,23'ü Güney-Batı ve %13,5'i Batı bakılarda görülmektedir. Kısaca; türün meşcerelerinin %57,49 gölgeli bakılarda, %42,23 ise güneşli bakılardadır.

Çizelge 3. *A. c. subsp. cilicica*'nın saf ve karışık meşcereleri (Anonim, 2020a; 2020b; 2020c; 2020d; 2020e)

Saf ve Karışık Meşcereler	Göknarın Birincil Olduğu Meşcereler		Göknarın İkincil Olduğu Meşcereler		Toplam	
	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
G	24722,79	100	-	-	24722,79	20,23
GS	27874,79	55,43	22410,83	44,57	50285,62	41,15
GAr	12294,48	61,18	7802,7	38,82	20097,18	16,45
GÇk	4328,84	41,77	6033,76	58,23	10362,6	8,48
GÇkS	1422,05	35,86	2543,75	64,14	3965,8	3,25
GArS	1377,51	38,71	2181,27	61,29	3558,78	2,91
GM	1645,78	91,93	144,44	8,07	1790,22	1,47
GKn	731,3	43,36	955,4	56,64	1686,7	1,38
İki tabakalı meşcereler	646,78	44,85	795,23	55,14	1442,01	1,18
GKnÇk	324,41	29,31	782,45	70,69	1106,86	0,91
GDy	951,13	100	-	-	951,13	0,78
GSŞ	644,29	67,83	305,63	32,17	949,92	0,78
GArÇk	357,97	76,16	112,06	23,84	470,03	0,38
GÇz	119,47	33,44	237,84	66,56	357,31	0,29
GSKn	209,15	100	-	-	209,15	0,17
"a" meşcereler	74,33	57,77	54,34	42,23	128,67	0,11
GMGn	52,56	100	-	-	52,56	0,04
GSM	-	-	34,25	100	34,25	0,03
GSGn	24,54	100	-	-	24,54	0,02
Genel Toplam	77802,17	63,67	44393,95	36,33	122196,12	100,00

**Şekil 4.** *A. c. subsp. cilicica*'nın karışık meşcerelerdeki sıralaması (A), kapalılık derecelerine göre dağılımı (B), iğne yapraklı ve geniş yapraklı türler ile karışım yaptığı alanlar (C), saf ve karışık meşcerelerde karışım yaptığı türlerin dağılımları (D)

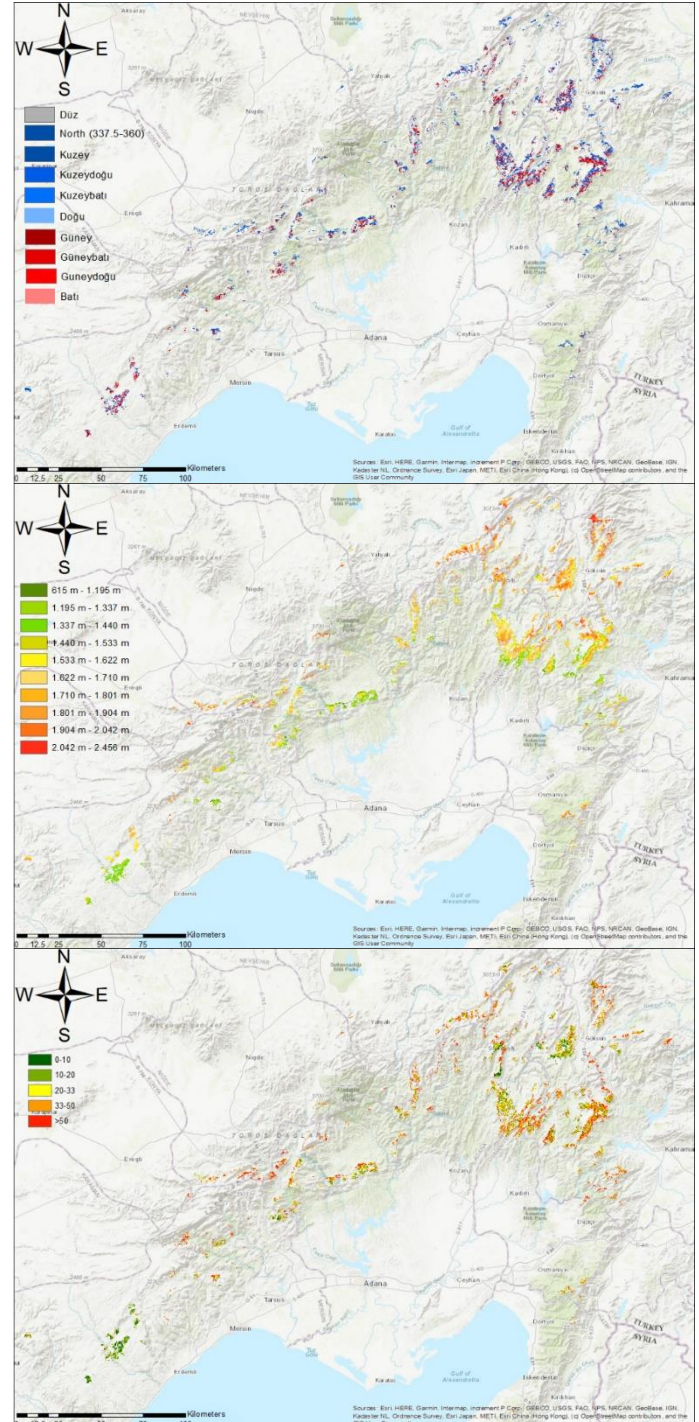
A. c. subsp. cilicica meşcerelerinin yükselti basamaklarına dağılımı incelendiğinde; yayılış alanlarının %0,0125'i 615-800 m, %0,151'i 800-1000 m, %1,438'i 1000-1200 m, %12,26'sı 1200-1400 m, %26,16'sı 1400-1600 m, %36,13'ü 1600-1800 m, %19,88'i 1800-2000 m, %3,582'si 2000-2200 m, %0,365'i 2200-2400 m ve %0,0044'ü 2400-2600 m aralığında yer



Şekil 5. *A. c. subsp. cilicica*'nın bakı, yükselti basamağı ve eğim derecelerine göre dağılımı

A. c. subsp. cilicica'nın eğim basamakları incelendiğinde; yayılış alanlarının %7,247'si 0-10 derece (düz, az, orta eğimli %17<), %22,354'ü 10-20 derece (çok eğimli, %17-36) %14,762'si 20-33 derece (dik, %36-58), %29,637'si 33-50 derece (sarp, %58-%100), %29,99'u 50< derece (pek sarp %100<) aralığında yer almaktadır. *A. c. subsp. cilicica* yayılış alanlarının eğimi en yüksek bölgesi 66,55 derece, eğimi en düşük bölgesi 0 derece (düz) ve ortalama eğim ise 19,83 (Çok eğimli, %36)'dür.

almaktadır. *A. c. subsp. cilicica* yayılış alanlarının en yüksek noktası Binboğa Dağlarının kuzeyinde 2456 m, en düşük noktası Limonlu Çayının doğusunda 615 m ve ortalama yükseltisi 1646,8 m dir. *A. c. subsp. cilicica* yayılışının %94,45'lik kısmı optimal yayılış alanı olarak kabul edilen (Bozkuş, 1987) 1200-2000 m aralığındadır.



Şekil 6. *A. c. subsp. cilicica* meşcerelerinin bakı, yükselti basamakları ve eğim basamakları

Yükseltinin 1400 m'nin altında olduğu Çimen Dağları kuzeyinde, Çınarınar ve Dibek Dağları güneyinde, Aladağlar'ın güneydoğu kesimlerinde, Karagüney Dağı'ndan Limonlu Çayı'na kadar yer aldığı bölgelerde; saf meşcere

kuruluşları görülürken yoğun olarak *Cilicica* + Toros sediri ve *Cilicica* + ardıç meşcere kuruluşları da görülmektedir. Yükseltinin 1400-1900 m aralığında olduğu Amanos Dağları kuzeyinde, Çimen Dağları güneyinde, Çınarpınar, Dibek, Berit ve Kaman Dağları'nda, Feke Dağı kuzeydoğusunda, Tahtalı Dağları, Aladağlar'ın kuzeyinde, Akdağ ve Bolkar Dağları'nın kuzeyinde yer aldığı bölgelerde; saf meşcere kuruluşları görülürken yoğun olarak *Cilicica* + Toros sediri ve *Cilicica* + Anadolu karaçamı meşcere kuruluşları da görülmektedir. Yayılışının üst sınırını oluşturan 1900- 2450 m aralığında olduğu Binboğa Dağları ve Tahtalı Dağları'nın yer aldığı bölgelerde; yoğun olarak *Cilicica* + Toros sediri ve *Cilicica* + ardıç meşcere kuruluşları görülmektedir. Meşe, kayın ve gürgen gibi geniş yapraklı türler ile karışım yaptığı alanlar yükselti olarak 1700 m'nin altındaki alanlardır. Aladağlar'ın güneybatısında, Akdağ, Yıldız ve Karagüney Dağları'ndan Limonlu Çayı civarına kadar rakımın 1400 m'nin altında olduğu alanlarda ve Tahtalı Dağları kuzeydoğusu ile Binboğa Dağları'nda 2000 metre üzerinde ardıç türü ile karışım yaptığı görülmektedir. Binboğa Dağları'nın kuzeyinde 2000 m'nin üzerinde saf meşcere kuruluşları da bulunmaktadır.

Eğimin 20 derecenin altında olduğu Dibek Dağı güneydoğusunda ve kuzeyinde, Feke Dağı kuzeydoğusunda, Aladağlar'ın güneybatısında, Akdağ ve civarında, Limonlu Çayı ve civarında yer aldığı bölgelerde; saf meşcere kuruluşları görülürken yoğun olarak *Cilicica* + Toros sediri ve *Cilicica* + Anadolu karaçamı, *Cilicica* + ardıç türleri, *Cilicica* + meşe türleri ve *Cilicica* + Doğu kayını meşcere kuruluşları da görülmektedir. Eğimin 20-50 derece aralığında olduğu alanlar neredeyse türün bütün yayılış alanı kaplamaktadır. Eğimin 50 derecenin üzerinde olduğu Çimen Dağı güneyinde, Çınarpınar Dağları güneydoğusunda ve kuzeyinde, Kaman ve Koç Dağları'nda, Tahtalı Dağları kuzeyinde, Aladağlar güney ve orta

kesimlerinde, Bolkar Dağları kuzeyinde ve doğusunda bulunan bölgelerde, Yıldız Dağları kuzeyinde yer alan bölgelerde *Cilicica* + sedir ve *Cilicica* + karaçam meşcere kuruluşları yoğun olarak bulunurken az miktarda da olsa saf ve *Cilicica* + ardıç meşcere kuruluşları görülmektedir. Eğimin yüksek olduğu karstik arazilerde yoğun olarak sedir türü ile karışım yaparken, *Cilicica* + Toros sediri + ardıç türleri, *Cilicica* + Toros sediri + Anadolu karaçamı türleri ile de karışım yaptığı alanlar bulunmaktadır. Bolkar Dağları'nın kuzeyinde 1700 m yükselti üzerinde ve eğimin 30 derecenin üzerinde olduğu alanlarda karaçam türü ile yoğun olarak karışım yaptığı görülmektedir. Eğimin düşük olduğu alanlarda yükselti 1400 m üzerinde sedir ve karaçam ile karışım yaptığı görülürken yükseltinin 1400 m altında olduğu alanlarda *Cilicica* + ardıç türleri + Toros sediri, *Cilicica* + meşe türleri ve *Cilicica* + Doğu kayını türleri ile karışım yaptığı görülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde *Cilicica*'nın; Çınarpınar Dağları, Dibek Dağları, Feke Dağı ve kuzeydoğusunda, Akdağ ve Karagüney Dağı'nda ve Limonlu Çayı civarında güneşli bakılarda belirgin bir yayılışı görülürken; Amanos Dağları'nın kuzeyinde, Binboğa Dağları'nda, Berit ve Kaman Dağları ile Koç Dağları'nda, Bolkar Dağları'nın kuzeyinde gölgeli bakılarda yayılış göstermektedir. Bütün yayılış alanı içerisinde yoğun olarak kuzeyli bakıları (kuzey %15,8; kuzey doğu %11,62 ve kuzey batı %18,04) (toplamda %45,47 oranında) tercih ettiği görülmektedir. Ayrıca genel olarak *Cilicica*; rakımın 1900 m'yi aştığı alanlarda ağırlıklı olarak güneşli bakılarda yayılış gözlenirken, rakımın 1900 m'nin altında olduğu alanlarda daha yoğun olarak gölgeli bakıları tercih etmektedir. Tahtalı ve Binboğa dağlarında yükseltinin fazla olduğu alanlarda ardıç ile yaptığı karışımlarda yoğun olarak kuzeybatı bakılarda yayılışını gerçekleştirmiştir. A. c. subsp. *cilicica*'nın meşcere kurduğu türler Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. A. c. subsp. *cilicica* meşcerelerinde meşcere kuruluşu oluşturduğu türler

Cins adı (Türkçe-Latince)	Alt Tür - Tür Adı (Türkçe)	Alt Tür - Tür Adı (Latince)	Kısaltması(OGM, 2019)
Göknar - <i>Abies</i>	Toros göknarı- <i>Abies cilicica</i>	<i>A. c. subsp. cilicica</i> <i>A. c. subsp. isaurica</i>	G
Karaçam - <i>Pinus</i>	Karaçam	<i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold	Çk
Kızılçam - <i>Pinus</i>	Kızılçam	<i>Pinus brutia</i> Ten.	Çz
Ardıç- <i>Juniperus</i>	Boylu ardıç Kokulu ardıç Diken ardıç Finike ardıç	<i>Juniperus excelsa</i> M. Bieb. <i>Juniperus foetidissima</i> Willd. <i>Juniperus oxycedrus</i> L. <i>Juniperus phoenicia</i>	Ar
Sedir - <i>Cedrus</i>	Toros sediri Toros sediri (form)	<i>Cedrus libani</i> A. Rich.	S Sş
Meşe - <i>Quercus</i>	Tüylü meşe	<i>Quercus pubescens</i> Willd.	Mt
	Palamut meşesi	<i>Quercus ithaburensis</i> Hedge & Yalt.	Mp
	Makedonya meşesi	<i>Quercus trojana</i> Webb	Mn
	Kermes meşesi	<i>Quercus coccifera</i> L.	Mkr
	Saçlı meşe	<i>Quercus cerris</i> L.	Ml
Pırnal meşesi	<i>Quercus ilex</i> L.	Mr	
Kayın- <i>Fagus</i>	Doğu kayını	<i>Fagus orientalis</i> Lipsky	Kn
Gürgen - <i>Carpinus</i>	Doğu gürgeni	<i>Carpinus orientalis</i> Mill.	Gn
Kavak- <i>Populus</i>	Karakavak	<i>Populus nigra</i> L.	Kv
	Akkavak	<i>Populus alba</i> L.	
	Titrek kavak	<i>Populus tremula</i> L.	
Diğer ibreli	----	----	Di
Diğer yapraklı	----	----	Dy

4. Tartışma ve Sonuç

A. c. subsp. cilicica türü üzerine bir çok çalışma mevcuttur; tür içi ve türler arası genetik farklılıklar (Korecký ve Vítámvas, 2011; Bergmann vd., 2013; Gülcü ve Dirlik, 2016; Deligöz ve Gur, 2017; Altunoğlu vd., 2021; Usta ve Tavşanoğlu, 2023), sıcak bitkisel yağ ile muamele edilen Toros göknarının odununun bazı fiziksel özellikleri (Bal, 2016), bünyesindeki uçucu yağlar üzerinde kimyasal analizler (Uçar vd., 2010; Tumen vd., 2011; Ucar vd., 2015; Pulatoğlu vd., 2023; Dalkılıç vd., 2023), Toros göknarında elde edilen reçinenin antioksidan ve sitotoksik aktiviteleri (Uçar vd., 2016), Toros göknarında yükselti boyunca toprak eklemecaklı komünitesindeki ve toprak biyolojik kalitesindeki değişim (Çakır ve Özata, 2020), Toros göknarı için uyumlu hacim ve gövde çapı modelleri (Alkan ve Özçelik, 2021), Türkiye'deki Toros göknarı tohumlarının morfolojik ve fizyolojik özellikleri (Yılmaz ve Yüksel, 2014), Türkiye'de türler arası melezleme (Ata ve Merev, 1987; Šindelář ve Beran, 2008; Kormuťák, 2008), biyotik canlılar ve zararlıları üzerine çalışmalar (Doğmuş-Lehtijärvi vd., 2006; Lehtijärvi vd., 2011) ve lokal bir bölge içerisindeki meşcere kuruluşları ve coğrafi yayılışı (Bozkuş, 1987; Boydak ve Erdoğan, 1999) üzerine çalışmalar yapılmıştır. Ancak, çok geniş bir alana sahip Akdeniz havzası göstermiş olduğu coğrafik yapılanma nedeni ile farklı ekoloji ve iklim özelliklerine sahiptir. Bununla birlikte; Doğu Akdeniz'de yayılış gösteren *A. c. subsp. cilicica*'nın yayılış alanlarına ilişkin detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Bölgede yer alan iki gölgeye tahammülü yüksek asli orman ağacından biri olan *A. c. subsp. cilicica*'nın meşcere kuruluş özellikleri farklı kapalılık seviyelerine ve topoğrafik özelliklerine göre incelenmiştir.

Çalışmada; artan kapalılık derecesine bağlı olarak Toros göknarının saf meşcere kuruluşlarının da arttığı görülmektedir. Bu bağlamda; Gülseven ve Ayan (2022; 2023) Adana Orman Bölge Müdürlüğü ve Göksun Orman İşletme Müdürlüğü için yürüttükleri çalışmalarında; Toros göknarının kuzeye doğru bir göç eğiliminde olduğuna ve saf meşcerelerin azalış, karışık meşcerelerin ise artış eğilimi gösterdiğine vurgu yapmaktadırlar. Tekin vd. (2022) iklim değişikliği etkisiyle *Abies cilicica*'nın varlığını sürdürebilmek için daha yüksek rakımlara doğru kayacağını belirtmektedir. Bozkuş (1997) Toros göknarının karışık meşcerelerinde; Toros sediri ve Anadolu karaçamı başta olmak üzere, meşeler, ardıçlar, kızılçam, servi, Doğu kayını, kayacak, titrek kavak, andız ve akçaağaç gibi çok sayıda tür ile karışıma katıldığını ancak, bütün yayılış alanlarında görülebilen ve ekonomik değere sahip karışımların Toros sediri ve karaçam ile yaptığı karışımlar olduğunu, en önemlisi de Toros göknarının, kendisi için çok uygun sınırlı ve lokal yetişme muhitleri dışında, daha ziyade karışık meşcereler kurmaya meyilli bir tür olduğunu, mevcut saf meşcerelerinin önemli bir kısmının da sedir ve karaçam gibi kıymet türlerinin tahribiyle "Saflaştırılmış" meşcereler olduğunu vurgulamaktadır. Avşar (1999) tarafından Kahramanmaraş - Başkonuş Dağındaki Toros sediri meşcerelerinde yürütülen bir araştırmada, göğüs yüzeyine göre karışım oranı bakımından, araştırma alanında saf Toros sediri, Toros sediri + Toros göknarı, Toros göknarı + Toros sediri, Toros göknarı + Anadolu karaçamı + Toros sediri ve Toros sediri + Toros göknarı + Anadolu karaçamı karışık meşcerelerinin var olduğu, Ayyıldız ve Avşar (2007) tarafından

Yavşan dağında yürütülen araştırmada ise saf sedir ve Toros sediri + Toros göknarı karışık meşcerelerinin Başkonuş dağında da bulunduğu; ancak, diğer ikili ve üçlü karışımlarda türlerin karışıma katılma oranlarına göre meşceredeki konumlarının daha farklı olduğu belirtilmektedir.

Yayılışında; düşük kapalılık seviyelerinde (0-10 ve 11-40) Toros sediri ve ardıç türleri ile karışım yaptığı görülürken, yüksek kapalılık derecelerinde (41-70 ve 71-100) Toros sediri ve Anadolu karaçamı türleri ile karışım yaptığı tespit edilmiştir. Geniş yapraklı orman ağacı türleri ile yaptığı karışımlar (%4,95) oransal olarak az olmakla birlikte, yoğun olarak %71-100 gibi yüksek yapalılık derecelerinde gerçekleşmektedir. *A. c. subsp. cilicica*'nın yayılış alanlarının %30,6'sı "boşluklu kapalı", %20,4'ü "1 kapalı", %31,4'ü "2 kapalı" ve %17,6'sı "3 kapalı" meşcere kuruluşlarından oluşmaktadır.

A. c. subsp. cilicica'nın Türkiye geneli için aktüel planlara göre; Boşluklu kapalı (%0-10) meşcerelerinin %18,5'ini saf meşcereler, %39,3'ünü *Cilicica* + Toros sediri, %34,5'ini *Cilicica* + ardıç türleri ve %4,9'unu *Cilicica* + Anadolu karaçamı meşcereleri oluşturmaktadır. *A. c. subsp. cilicica*'nın geniş yapraklı meşcereler ile oluşturduğu kuruluşlar; Çınarınar Dağı güneyinde ve Limonlu Çayı doğusunda düşük eğimli ve yükseltinin 1400 m altında kaldığı alanlardır. *A. c. subsp. cilicica*'nın 1900 m altı rakımlarında daha çok Toros sediri ve ardıç türleri ile karışım yaptığı alanlar görülürken 1900 m üzeri yayılış alanlarında (Binboğa dağları kuzey kesimleri, Tahtalı dağları kuzeyinde, Aladağların kuzeyinde yer alan bölgelerde ve Çınarınar Dağları kuzey batısında) yoğun olarak ardıç, Toros sediri ve Anadolu karaçamı ile karışım yaptığı görülmektedir. Ünalı (2007) Orta Toroslar'da Aladağlar'ın güney yamaçlarında 1300 m ile 2300 m'ler arasında *A. c. subsp. cilicica*'nın Toros sediri, karaçam ve boylu ardıç ile birlikte Akdeniz dağ kuşağı yarı nemli orman formasyonunu oluşturan ana elementler olduğunu belirtmektedir. Bu formasyonun birincil hakim türleri karaçam ve boylu ardıç iken ikincil hakim türlerin Toros sediri ve Toros göknarı olduğu ifade edilmektedir. Kantarcı (1991) tarafından Beyşehir ve Şarkikaraağaç Devlet Orman İşletmeleri'nin sınırlarında alınan arazi kesitlerine göre, Beyşehir gölü'nün batısında kıyıda meşe (*Quercus coccifera* L., *Q. pubescens* Willd.) ve ardıçların (*Juniperus foetidissima* Willd., *J. excelsa* M. Bieb., *J. oxycedrus* L.) çoğunlukta olduğu Meşe-Ardıç kuşağı 1150-1200 m arasında yer almaktadır. Meşe-Ardıç kuşağında 1200-1400 m arasında Mazı meşesi (*Quercus infectoria* Oliv.), Saçlı meşe (*Quercus cerris* L.) ve karaçam yer almaktadır. Bakıya bağlı olarak 1400 m ve daha yukarıda Karaçam veya Sedir, ile Toros Göknarı orman kurmaktadır. Sedir ile Göknarın kurduğu ormanlara Makedonya Meşesi (*Quercus trojana* Webb.), karışmaktadır. Gölün güneyinde de Sedir-Göknar ormanlarına Saçlı meşe, Mazı Meşesi, Makedonya Meşesi karışmaktadır. Burada da bakıya göre Karaçam hakim olmaktadır. Karaçam ormanları kuzey bakılı yamaçlarda, Sedir ve Göknar ormanları ise güney bakılı yamaçlarda yayılmaktadır. Gölün doğusundan kalan Sultan dağları bölümünde ise, çalılışmış Pınal Meşesi artıkları ile, murt çalılıkları yer almaktadır. Şarkikaraağaç'ın güneyinde Kızıldağ'da mevcut Sedir ormanının tür bileşimi Dedegöl Dağı'nın doğu bakılı yamaçlarından daha sade ve fakirdir (Kantarcı, 1991).

Boşluklu kapalı meşcere kuruluşlarında saf meşcereler genel olarak 1200 m – 2000 m aralığında görülmektedir. *A. c. subsp.*

cilicica üst rakımını oluşturduğu 2450 m ile Binboğa ve Tahtalı Dağlarındaki yayılışını yoğun olarak ardıç türleri ile gerçekleştirirken, Limonlu Çayı civarında 615 m’de en düşük rakımlı yayılışını ardıç, karaçam ve sedir meşcere kuruluşları oluşturmaktadır. %11-40 kapalı meşcerelerinin %19,2’sini saf meşcereler, %41,5’ini *Cilicica* + Toros sediri, %28,9’unu *Cilicica* + ardıç türleri ve %4,9’unu *Cilicica* + Anadolu karaçamı meşcere kuruluşlarının oluşturduğu görülmektedir. *A. c. subsp. cilicica*’nın geniş yapraklı türler ile oluşturduğu meşcereler Dibek Dağı batısında Sarımsak Dağında 33-50 eğimli, Limonlu Çayı doğusunda 0-20 eğimli ve yükseltinin 1500 m rakımın altında kaldığı alanlardır.

Son plan dönemine ait aktüel plan verilerinde; %41-70 kapalı meşcerelerinin %21,7’sini saf meşcereler, %48,6’sını *Cilicica* + sedir, %10,1’ini *Cilicica* + karaçam ve %6,2’sini *Cilicica* + ardıç + sedir meşcere kuruluşlarının oluşturduğu görülmektedir. *A. c. subsp. cilicica*’nın geniş yapraklı meşcereler ile oluşturduğu kuruluşlar Amanos Dağı’nın kuzeyinde ve Dibek Dağı’nın kuzey doğusunda 20-50 eğimli ve yükseltinin 1600 m rakımın altında kaldığı alanlardır. *A. c. subsp. cilicica*’nın 1900 m altı rakımlarında daha çok sedir, karaçam ve ardıç ile karışım yaptığı alanlar görülürken 1900 m üzeri yayılış alanlarında (Binboğa Dağları kuzey kesimleri, Tahtalı Dağları kuzeyi, Dibek Dağları kuzeyi) saf meşcere ve sedir ile karışım yaptığı kuruluşlar görülmektedir.

A. c. subsp. cilicica’nın son plan dönemi amenajman planlarında %71-100 kapalı meşcerelerinin %23,4’ünü saf meşcereler, %33,7’sini *Cilicica* + sedir, %16,7’sini *Cilicica* + karaçam ve %9,1’ini *Cilicica* + karaçam + sedir meşcere kuruluşlarının oluşturduğu görülmektedir. Bozkuş (1987) sedir ve göknarın birlikte kurduğu karışık meşcerelerde göknar sedirinkine eşit veya çok yakın ağaç sayısına sahip olduğunu ancak, bu meşcerelerde göğüs yüzeyi bakımından sedirin mutlak bir hakimiyetinin var olduğunu, ağaç sayısı bakımından üst ve orta ağaç tabakalarında sedir, alt ağaç tabakasında ise göknarın hakim olduğunu, doğal durumunu koruyabilen sedir + göknar karışık meşcerelerinde üst tabakayı sedir, ara ve alt tabakayı ise oldukça yoğun haldeki göknarın oluşturmakta olduğunu ve nihayet terminal safhada göknarın bir miktar üst tabakaya sızmakta olduğunu ifade etmektedir (Bozkuş, 1987). Kahramanmaraş-Başkonuş dağındaki sedir meşcerelerinde yapılan bir araştırmada, göğüs yüzeyine göre karışım oranı bakımından, araştırma alanında saf sedir, sedir + göknar, göknar + sedir, göknar + karaçam + sedir ve sedir +göknar + karaçam karışık meşcerelerinin var olduğu belirlenmiştir (Avşar, 1999). Buna göre, Yavşan Dağ’ında bulunan saf sedir ve sedir+göknar karışık meşcerelerinin Başkonuş Dağ’ında da bulunduğunu; ancak, diğer ikili ve üçlü karışımlarda türlerin karışıma katılma oranlarına göre meşceredeki konumlarının daha farklı olduğu görülmektedir (Ayyıldız ve Avşar, 2007)

A. c. subsp. cilicica’nın geniş yapraklı meşcereler ile oluşturduğu kuruluşlar Amanos Dağı kuzeyinde, Ceyhan Nehri civarında ve Dibek Dağı doğusunda, Çınarınar Dağı güneyinde 20-50 eğim dereceli ve yükseltinin 1600 m rakımın altında kaldığı alanlardır ve %10’unun üzerindedir. *A. c. subsp. cilicica*’nın 1900 m altı rakımlarında daha çok sedir, karaçam ve kayın ile karışım yaptığı alanlar görülürken 1900 m üzeri yayılış alanlarında (Aladağların kuzeyinde yer alan bölgeler, Binboğa dağları kuzeyinde, Aladağların kuzeyinde ve Bolkar dağları kuzey batısında) saf meşcere kuruluşları, sedir ve karaçam ile

karışım yaptığı kuruluşlar görülmektedir. Son plan dönemi planlarında %71-100 kapalı meşcere kuruluşlarında saf meşcereler genel olarak 1400 - 2200 m aralığında ve 20-50 eğim derecesinde görülmektedir. *A. c. subsp. cilicica* yayılışının en üst rakımlarında ve yayılışının en düşük rakımlarında Toros sediri ile karışım oluşturmaktadır. Yücedağ ve Carus (2005) Anadolu karaçamı + Toros göknarı karışık meşcerelerinde karaçamın genellikle üst tabakada, Toros göknarının ise alt ve orta tabakada yer aldığını belirtmiştir. Karaçamda yapılan kontrolsüz müdahalelerin ve regenerasyon kapasitesi yüksek olan Toros göknarının alana hakim olmasına sebep olduğunu, doğru müdahaleler uygulanmadıkça bu karışık ormanların saf göknar kuruluşlarına evrileceğini belirtmektedirler. Bu bağlamda; Yücedağ ve Carus (2005) Toros göknarı ve Anadolu karaçamı meşcerelerinde biyoçeşitliliğin bozulması durumunda; yapay gençleştirmelere gidilmesi önerisinde bulunmuşlardır. Sonuç olarak; iklim değişim etkilerinin doğrudan ve dolaylı etkilerinin daha yoğun gözlemlendiği son birkaç plan dönemini baz alan ve türün geçmişe yönelik dağılım ve meşcere kuruluş özelliklerindeki değişimini ortaya koyabilecek retrospektif analiz, türün geleceğine yön vermek için büyük önem arz etmektedir.

Teşekkür

Orhan GÜLSEVEN, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sürdürülebilir Ormanlık Programında Yükseköğretim Kurulu’nun 100/2000 bursuyla desteklenmiştir. Çalışmaya altlık oluşturan veri setlerinin temininde desteklerini esirgemeyen Orman Genel Müdürlüğü Planlama Daire Başkanlığına ve personeline; ayrıca, makaleye verdikleri kıymetli katkıları için Çankırı Karatekin Üniversitesi’nden Doç. Dr. Ender BUĞDAY ve Dr. Öğr. Üyesi Seda ERKAN BUĞDAY’a çok teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alkan, O., Özçelik, R. (2021). Toros göknarı için uyumlu hacim ve gövde çapı modelleri. *Turkish Journal of Forestry*, 22(4), 408-416.
- Altunoglu, Y.C., Güney, K., Baloglu, P., Baloglu, M. (2021). Genetic Diversity Analysis of cpDNA in Turkish *Abies* Taxa. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 21(1), 41-54.
- Anonim (2020a). Orman Genel Müdürlüğü, Adana Orman Bölge Müdürlüğü 2020 yılı orman amenajman planları.
- Anonim (2020b). Orman Genel Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü 2020 yılı orman amenajman planları.
- Anonim (2020c). Orman Genel Müdürlüğü, Kayseri Orman Bölge Müdürlüğü 2020 yılı orman amenajman planları.
- Anonim (2020d). Orman Genel Müdürlüğü, Mersin Orman Bölge Müdürlüğü 2020 yılı orman amenajman planları.
- Anonim (2020e). Orman Genel Müdürlüğü, Konya Orman Bölge Müdürlüğü 2020 yılı orman amenajman planları.
- Ata, C., Merev, N. (1987). A new fir taxon in Turkey Chataldag fir: *Abies x olcayana* Ata and Merev. *The Commonwealth Forestry Review*, 223-238.
- Avşar, M.D. (1999). Kahramanmaraş-Başkonuş Dağı Ormanlarında Başlıca Meşcere Kuruluşları ve Silvikültürel

- Öneriler. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 212 s. (Yayımlanmamış).
- Aytar, F., Hizal, E. (2012). Toros Göknarı, *Abies cilicica* (Antoine et Kotschy) Carrière'nin endemik bir zararlısı; *Pityokteines marketae* Knížek, (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). Turkish Journal of Entomology, 36(2), 277-286.
- Ayyıldız, V., Avşar, M. D. (2007). Kahramanmaraş-Yavşan dağındaki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) meşcerelerinde türlerin karışım oranları ve ağaç tabakalarına dağılımları üzerine bir araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, 2, 23-31.
- Bal, B. C. (2016). Sıcak bitkisel yağ ile muamele edilen Toros göknarı (*Abies cilicica*) odununun bazı fiziksel özellikleri. KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(2), 20-26.
- Bergmann, F., Hosius, B., Leinemann, L. (2013). Genetic differentiation and phylogenetic relationships among six *Abies* species from European and Turkish areas. Research in Plant Biology, 3(4), 27-32.
- Beridze, B., Walas, Ł., Iszkuło, G., Jasińska, A. K., Kosiński, P., Sękiewicz, K., Dering, M. (2021). Demographic history and range modelling of the East Mediterranean *Abies cilicica*. Plant and Fungal Systematics, 66(2), 122-132.
- Boydak, M., Erdoğan, İ. (1999). A new variety of cilician fir (*Abies cilicica* Carr.) from Anatolia. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 49(2), 17-26.
- Bozkuş, F. (1987). Toros Göknarı (*Abies cilicica* Carr.)'nın Türkiye'deki Doğal Yayılış ve Silvikültürel Özellikleri, Yayın No:660, Seri No:60, Ankara.
- Bozkuş, F. (1997). Toros göknarı (*Abies cilicica* Carr.)'nın saf meşcereleri ile sedir (*Cedrus libani* Link.) ve karaçam (*Pinus nigra* subs. *pallasiana* Lamb.) karışık meşcerelerinde hacim ilişkileri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 47(2), 59-72.
- Browicz, K., Zieliński, J. (1984). Chorology of trees and shrubs in South-West Asia and adjacent regions 1, 5, 8, 9. PWN, Poznań.
- Çakır, M., Özata, M. A. (2020). Toros Göknarı ormanında yükselti boyunca toprak eklembecaklı komünitesindeki ve toprak biyolojik kalitesindeki değişim. Turkish Journal of Forestry, 21(4), 388-395.
- Dalkılıç, S., Dalkılıç, L. K., Küçüktüfekçi, M. C., Ateşşahin, D. A., Çelik, A., Gülaçar, Ö., Çil, A. (2023). Determination of cytotoxic, apoptotic, necrotic, antimicrobial and antioxidant activities of *Aloe vera* and *Abies cilicica* subsp. *cilicica*. International Journal of Plant Based Pharmaceuticals, 3(2), 165-175.
- Deligoz, A., Gur, M. (2017). Studies on tissue water relations and soluble sugars in Cilician Fir (*Abies cilicica*) seedling during bud dormancy. Journal of Environmental Biology, 38(1), 1-6.
- Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Lehtijärvi, A., Korhonen, K. (2006). *Heterobasidion abietinum* on *Abies* species in western Turkey. Forest Pathology, 36(4), 280-286.
- EEA (European Environment Agency) (2004), "Impacts of Europe's Changing Climate: An Indicator-Based Assessment", EEA Report, No.2/2004, http://www.eea.europa.eu/publications/climate_report_2_2004/impacts_of_europes_changing_climate.pdf 22.04.2020.
- Gardner, M., Knees, S. (2013). *Abies cilicica*. The IUCN red list of threatened species. Version 2014.2. www.iucnredlist.org
- Genç, D. M. (2020). Silvikültür Tekniği: "Silviculture Technique". Musa Genc Kitaplığı.
- Göldaş, M., Demirel, T., Çağlayan, İ. (2017). Visibility Analysis of Fire Watchtowers Using GIS; A Case Study in Dalaman State Forest Enterprise. European Journal of Forest Engineering, 3(2), 66-71.
- Gülcü, S., Dirlik, S. (2016). Toros Göknarı'nda (*Abies cilicica* Carr.) bazı fidelik ve fidan karakterleri bakımından genetik varyasyonlar. Turkish Journal of Forestry, 17(1), 1-6.
- Gülseven, O., Ayan, S. (2022). The Change In The Distribution Area of *Abies cilicica* subsp. *cilicica* In The Last 20 Years due to Climate Change (Case Study: Adana Regional Directorate of Forestry, Turkey). International Scientific and Practical Conference (Online) "SEIFULLIN READINGS - 18: Youth and Science, April 12, 2022, Proceeding Book, 92-95, Nursultan, Kazakhstan.
- Gülseven, O., Ayan, S. (2023). Change in Stand Characteristics of Taurus Fir (*Abies cilicica* subsp. *cilicica*) in the Last 20 Years under The Effect of Climate Change (The Example of Kahramanmaraş-Göksun Forest Enterprise). Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan NJSC Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University, International Scientific and Practical Conference (Online) "Seifullin readings dedicated to the 110th anniversary of M.A. Gendelman", March 17, 2023, Proceeding Book, 263-267, Astana, Kazakhstan.
- Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T., Pegen, P. (2012). On the Increased Frequency of Mediterranean Drought. Journal of Climate, 25, 2146-2161.
- Kantarci, M. D. (1991). Akdeniz Bölgesi'nin Yetiştirme Ortamı Bölgesel Sınıflandırılması. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı OGM Yayınları, Sıra No: 668, Seri No: 64, Ankara.
- Kaya, Z., Raynal, D. J. (2001). Biodiversity and conservation of Turkish forests. Biological conservation, 97(2), 131-141.
- Korecký, J., Vítámvás, J. (2011). Somatic embryogenesis of the hybrid *Abies cilicica* × *Abies cephalonica*. Journal of Forest Science, 57(9), 401-408.
- Kormuřák, A., Lee, S. W., Hong, K. N., Yang, B. H., Hong, Y. P. (2008). Crossability relationships between Korean firs *Abies koreana*, *A. nephrolepis* and *A. holophylla* and some other representatives of the genus *Abies*. Biologia, 63(1), 94-99.
- Lehtijarvi, H. D., Lehtijarvi, A., Oskay, F., Aday, A. G., Karadeniz, M. (2011). Incidence of Annosum Root and but Rot on *Abies bornmulleriana* and *Abies cilicica*. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 9(1), 111-120.
- Leroy, S.A.G., Arpe, K. (2007). Glacial refugia for summer-green trees in Europe and southwest Asia as proposed by ECHAM3 time-slice atmospheric model simulations. J. Biogeogr. 34, 2115-2128.
- Linares, J. C. (2011). Biogeography and evolution of *Abies* (Pinaceae) in the Mediterranean Basin: the roles of long-term climatic change and glacial refugia. Journal of Biogeography, 38, 619-630.
- Medail, F., Quezel, P. (1997). Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean

- Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 84(1), 112-127.
- OGM (2019). Ormanlarımızda yayılış gösteren asli ağaç türleri. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.
- OGM (2017). Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajmanı Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar (Yeni). Tebliğ No: 299 Sayı: 91296092-010.05-E.1110411, Ankara.
- Pulatoğlu, A. Ö., Güney, K., Çeter, T., Yılmaz, E. S. (2023). Chemical Composition of Essential Oils Obtained from *Abies* taxa in Türkiye and Investigation of Antimicrobial Activities. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 23(1), 31-46.
- Sarıkaya, O., Avcı, M., (2002). Batı Akdeniz Toros Göknarı (*Abies cilicica* Carr.) Ormanlarında Ağaç Ölümleri. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 39 (9-10), 20-24.
- Seçmen, Ö., Gemici, Y., Görk, G., Bekat, L., Leblebici, E., (2000). Tohumlu Bitkiler Sistematigi. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, 394s, İzmir.
- Katarzyna Sękiewicz, K., Dering, M., Sękiewicz, M., Boratyńska, K., Iszkuło, G., Litkowiec, M., Ok, T., Dagher-Kharrat, M.B., Boratyński, A. (2015). Effect of geographic range discontinuity on species differentiation—East-Mediterranean *Abies cilicica*: a case study. *Tree Genetics & Genomes*, 11, 810.
- Šindelář, J., Beran, F. (2008). Comparison of some exotic species of *Abies* genus with chosen silver fir provenances on the plots of town Písek. *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae*, 24, 99-113.
- Spinoni, J., Vogt, J. V., Naumann, G., Barbosa, P., Dosio, A. (2018). Will drought events become more frequent and severe in Europe? *International Journal of Climatology*, 38, 1718–1736.
- Tekin, O., Cetin, M., Varol, T., Ozel, H.B., Sevik, H., Zeren Cetin, İ, (2022). Altitudinal Migration of Species of Fir (*Abies* spp.) in Adaptation to Climate Change. *Water Air Soil Pollution*, 233, 385.
- Tumen, I., Akkol, E. K., Süntar, I., Keleş, H. (2011). Wound repair and anti-inflammatory potential of essential oils from cones of Pinaceae: preclinical experimental research in animal models. *Journal of ethnopharmacology*, 137(3), 1215-1220.
- Uçar, E., Şahin-Bölükbaşı, S., Ulu, M., Akpulat, H. A. (2016). Toros Göknarı (*Abies cilicica* (Antoine & Kotschy) Carrière)'ndan Elde Edilen Reçinenin In vitro Antioksidan ve Sitotoksik Aktivitelerinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1503-1509.
- Uçar, G., Uçar, M. B., Özdemir, H., Atıcı, E. (2010). Chemical Characterization of Volatile Needle Oils from Anatolian Fir Species: *Abies nordmanniana* (Stev.) Mattf., *A. bornmülleriana* Mattf., *A. equi-trojani* Aschers et Sint. and *A. cilicica* Carr. *Journal of Essential Oil Research*, 22(6), 548-554.
- Ucar, M. B., Ucar, G., Ozdemir, H. (2015). Composition of essential oils from fir (*Abies*) wood species grown in Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 51, 356-358.
- Ünalı, Ü. E. (2007). Aladağlar'da Bitki Formasyonları ve Dağılımları. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(2), 227-240.
- Usta, N., Tavşanoğlu, Ç. (2023). Anadolu endemiği Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *equi-trojani* (Aschers. & Sint. ex Boiss) Coode et Cullen): Bildiklerimiz ve araştırma gereksinimleri. *Turkish Journal of Forestry*, 24(3), 329-345.
- Yılmaz, M., Yüksel, T. (2014). Morphological and Physiological Seed Characteristics of Taurus Fir (*Abies cilicica* /Ant. et Kotschy/Carrière) in Turkey. *Şumarski list*, 11–12, 583–592.
- Yücedağ, C., Carus, S. (2005). Kovada Gölü Milli Parkı ormanlarının meşcere kuruluşları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, (2), 62-77.

Ek 1. A. c. subsp. *cilicica* meşcerelerinin kapalılığa göre durumu (Anonim, 2020a; 2020b; 2020c; 2020d; 2020e)

Boşluklu kapalı meşcereler	Saf ve Karışık Meşcereler	Gökınarın Birincil Olduğu Meşcereler		Gökınarın İkincil Olduğu Meşcereler		Toplam	
		Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
%11 - %40 Kapalı meşcereler	G	6819,62	100,00	-	-	6819,62	18,49
	GS	9985,36	68,90	4507,04	31,10	14492,40	39,30
	GAr	7458,16	58,74	5237,92	41,26	12696,08	34,43
	GÇk	830,93	46,41	959,31	53,59	1790,24	4,85
	GM	591,71	80,38	144,44	19,62	736,15	2,00
	GDy	212,78	100,00	-	-	212,78	0,58
	GÇz	14,72	13,30	95,98	86,70	110,70	0,30
	GKn	-	-	19,04	100,00	19,04	0,05
	Toplam	25913,28	70,27	10963,73	29,73	36877,01	100,00
	%41 - %70 kapalı meşcereler	G	4724,00	100,00	-	-	4724,00
GS		3934,36	38,42	6307,14	61,58	10241,5	41,54
GAr		3740,60	61,03	2388,30	38,97	6128,90	24,86
GÇk		519,88	43,16	684,61	56,84	1204,49	4,89
GSş		551,49	64,34	305,63	35,66	857,12	3,48
GArS		28,74	4,93	553,97	95,07	582,71	2,36
GM		507,34	100,00	-	-	507,34	2,06
GKnÇk		-	-	245,83	100,00	245,83	1,00
GArÇk		32,19	22,32	112,06	77,68	144,25	0,59
GÇkS		-	-	17,29	100,00	17,29	0,07
Toplam	14038,60	56,94	10614,83	43,06	24653,43	100,00	
%71 - %100 kapalı meşcereler	G	8217,33	100,00	-	-	8217,33	21,68
	GS	10731,80	58,27	7684,41	41,73	18416,21	48,58
	GÇk	1445,70	37,63	2395,98	62,37	3841,68	10,13
	GArS	1348,77	57,02	1016,73	42,98	2365,50	6,24
	GÇkS	507,49	25,11	1513,50	74,89	2020,99	5,33
	GAr	1037,85	85,47	176,48	14,53	1214,33	3,20
	GKn	517,40	83,62	101,33	16,38	618,73	1,63
	GArÇk	325,78	100,00	-	-	325,78	0,86
	GÇz	104,75	42,48	141,86	57,52	246,61	0,65
	GSKn	209,15	100,00	-	-	209,15	0,55
GM	176,96	100,00	-	-	176,96	0,47	
GKnÇk	-	-	128,74	100,00	128,74	0,34	
GSş	92,80	100,00	-	0,00	92,80	0,24	
GSM	-	-	34,25	100,00	34,25	0,09	
Toplam	24715,78	65,20	13193,28	34,80	37909,06	100,00	
Genç meşcereler & İki tabakalı meşcereler	G	4961,84	100,00	-	-	4961,84	23,42
	GS	3223,27	45,17	3912,24	54,83	7135,51	33,68
	GÇk	1532,33	43,46	1993,86	56,54	3526,19	16,64
	GÇkS	914,56	47,45	1012,96	52,55	1927,52	9,10
	GKn	213,90	20,39	835,03	79,61	1048,93	4,95
	GDy	738,35	100,00	-	-	738,35	3,49
	GKnÇk	324,41	44,30	407,88	55,70	732,29	3,46
	GArS	-	-	610,57	100,00	610,57	2,88
	GM	369,77	100,00	-	-	369,77	1,75
	GAr	57,87	100,00	-	-	57,87	0,27
GGMn	52,56	100,00	-	-	52,56	0,25	
GSGn	24,54	100,00	-	-	24,54	0,12	
Toplam	12413,40	58,59	8772,54	41,41	21185,94	100,00	
GENEL TOPLAM	77802,17	63,66	44393,95	36,33	122196,12	100,00	

G: Gökınar, S: Sedir, Ar: Ardıç, Çk: Karaçam, M: Meşe, Dy: Diğer yapraklılar, Çz: Kızılçam, Kn: Kayın, Sş: Şamdan sediri (Form), Gn: Gürgen (OGM, 2019).



Türkiye orman fidanlıklarında yetiştirilen Karaçam ve Sahilçamı türlerine yönelik gerçekleştirilen bitki besleme faaliyetlerinin incelenmesi

Hakan Leventoğlu^{1*}

Dr. Ziraat Yüksek Mühendisi, Serbest Meslek, Sakarya, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Received: 30/08/2024

Accepted: 13/11/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1541083>

*Corresponding author:

hleventolu@gmail.com

ÖZ

Giriş ve Hedefler Türkiye Orman Fidanlık üretim tesislerinde üretilen iğne yapraklı fidanlara yönelik, üretim aşamasında gerçekleştirilen bitki besleme faaliyetleri ve gübre kullanımının hangi seviyede olduğunu anlamaya yöneliktir. Ülkemizdeki orman fidanlıkları içinde coğrafik olarak seçilen, 8 Orman fidanlığından fidan örnekleme çalışması yapılmıştır.

Yöntemler Fidanlıklarda yaygın olarak üretilen Karaçam ve Sahilçamı fidanlarının gelişim ve beslenme durumlarının tespiti amacıyla, fidan örnekleri üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Araştırmaya dâhil edilen fidanlıkların seçiminde, Karaçam ve Sahilçamı fidan yetiştiriciliğinin yoğun olduğu bölgelerdeki fidanlıkların yer almasına ve bu fidanlıklarda üretilen bu türlerin üretim miktarları bakımından kapasitesinin yüksek olmasına dikkat edilmiştir.

Bulgular İbrelü türlerin yapraklarındaki besin elementi konsantrasyonlarının 100 birim N için oransal dağımlarına göre, 100 birim N'a karşılık olarak 11-25 birim P, 33-66 birim K, 8-13 birim Mg, 28-87 birim Ca ve 6-11 birim S olduğu, 4.8- 13 birim Fe, 0.5-1.0 Zn, 0.2-1.8 birim Cu, 0.6-1.8 Mn ve 0.6-7.6 birim Na olduğu görölmektedir.

Sonuçlar Araştırma neticesinde fidan setlerinin (her bir set 20 adet fidan) topraktan kaldırmış olduğu besin miktarları, birim alandaki fidan sayısı ile eşleştirilerek toplam birey sayısının topraktan kaldırmış olduğu miktar ve sökümler işlemi akabinde tekrar ne kadar besin ilave edilmesi sonucuna ulaşılabilir. Üretim aşamasında, besleme faaliyetlerinde bilhassa gübre kullanımı, maalesef toprak tahlil sonuçlarının dan ziyade büyük oranda alışıl geleneği anlayışla yapıldığı görölmektedir.

Anahtar Kelimeler: Orman fidanlıkları, fidan morfolojisi ve fizyolojisi, bitki besleme, bitki besin maddeleri, gübreleme, iğne yapraklı ağaç türleri

Investigation of feeding activities for *Pinus pinaster* and *Pinus nigra* species grown in Turkish forest nurseries

ABSTRACT

Background and aims This study aim to understand the level of plant nutrition activities and fertilizer use during the production phase for coniferous seedlings produced in forest nursery production facilities in Turkey. Saplings were sampled from 8 forest nurseries, which were geographically selected among the forest nurseries in our country.

Methods In order to determine the development and nutritional status of larch and coast pine seedlings produced in nurseries, evaluations were made on seedling samples. In the selection of the nurseries included in the study, attention was paid to the fact that the nurseries were located in the regions where larch and coastal pine sapling cultivation is intensive and that the production capacity of these species produced in these nurseries was high in terms of production quantities.

Results According to the proportional distribution of nutrient concentrations in the leaves of coniferous species for 100 units of N, 11-25 units of P, 33-66 units of K, 8-13 units of Mg, 28-87 units of Ca and 6-11 units of S, 4.8- 13 units of Fe, 0.5-1.0 units of Zn, 0.2-1.8 units of Cu, 0.6-1.8 units of Mn and 0.6-7.6 units of Na for 100 units of N.

Conclusions As a result of the research, the amount of nutrients removed from the soil by the seedling sets (each set of 20 seedlings) can be matched with the number of seedlings per unit area, and the amount of nutrients removed from the soil by the total number of individuals and how much nutrients should be added again after the uprooting process can be concluded. During the production phase, especially the use of fertilizers in feeding activities, unfortunately, it is seen that the use of fertilizers is largely based on the usual traditional understanding rather than the results of soil analysis.

Key Words: Forest nurseries, sapling morphology and physiology, plant nutrition, plant nutrients, fertilization, coniferous tree species

Citing this article:

Leventoğlu, H., 2024. Türkiye orman fidanlıklarında yetiştirilen Karaçam ve Sahilçamı türlerine yönelik gerekleştirilen bitki besleme faaliyetlerinin incelenmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 69-77.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Bitkisel üretimin sürekli değişkenlik gösterdiği ve birçok üretim uygulamalarının güncellendiği günümüz üretim metotlarındaki temel amaç en kaliteli materyali en son teknik ve ekonomik yöntemlerle elde etmektir. Bu da milli tarımsal ekonomimizin ana hedefi haline gelmiştir. Tarımsal faaliyetlerde, üretim maliyetini arttıran ana kalemlerden biri de gübre ve gübreleme faaliyetleridir. Yapılan araştırma ve çalışmalarda gerek özel gerekse kamu alanlarındaki üretimlerin büyük çoğunluğunun gelenekçi anlayışa bağlı bilimsel yöntem ve metotlardan uzak olarak uygulandığı gözlemlenmekte ve bilinmektedir. Gübre hammadde anlamında tamamen dışa bağlı olduğumuz bir emtiadır. Her yıl bütçemizden milyonlarca dolar gübre hammadde tedarigi için yurtdışına gitmektedir. Öz kaynaklarımızın ön plana çıkartılarak besleme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi ve kullanılan gübre miktarlarının ihtiyaç olduğu kadar kullanılmasını sağlamak milli görevimiz ve temel hedefimiz olmalıdır. Dolayısıyla Türkiye Orman Fidanlıklarında üretilen fidanlara uygulanan aşırı ve bilinçsiz gübre tüketiminin önüne geçmek ve bilimsel metotlarla bu faaliyetlerin yapılmasını sağlamaktır.

Ülkemiz 7 farklı coğrafi bölgeye sahip olması nedeniyle bitkisel üretim aşamasında bu farklı bölgelerin mikroklima yapısı ve ekolojik şartlarına göre hareket edilmesini zorunlu kılmıştır. Coğrafi bölgelerimizin gerek toprak gerekse iklim şartlarındaki bu çeşitlilik bitkisel üretimdeki yöntem ve metotları da kendine özgü bir şekilde uygulamaya neden olmuştur. Yetiştirme şartlarında farklı türlerin besin ihtiyaçları ve topraktan kaldırmış olduğu besin madde miktarları aynı oranda farklılık oluşturmaktadır, dolayısıyla bu miktarlar tam olarak bilinmemektedir. Özellikle bitki besin maddeleri ve bitki besleme konusunda yeterince bilgi ve tecrübe sahibi olunamadığı için, çalışmaya dayanak teşkil eden fidan üretimi, kalitesi ve sonuçları üzerinde ciddi etkisi olabilmekte ve bilinçsizce yapılan uğraşlar gereksiz işgücü ve maliyete neden olabilmektedir. Yetiştiricilik kapsamında gerek ticari gerekse ticari olmayan her türlü faaliyette mevcut tüm girdiler bir bütündür ve aynı çerçevede değerlendirilmesi gerekmektedir. İster endüstriyel anlamda kurulacak olan bir meşçereye ait fidan üretimi olsun, ister sebze ihtiyacını karşılamak üzere kapalı bir sera ortamında yapılan her türlü faaliyetlerde temel girdileri bir bütün olarak değerlendirmekte fayda vardır. Çünkü ana materyalimiz birinci derecede toprak (yetiştirme ortamı), ikinci derecede ise yetiştirilen bitki materyalinin istekleridir. Tohum aşamasından fidan oluncaya kadar geçen süreç içerisinde geçilecek olan merhaleler ve süreçler aynıdır. Burada tek fark uğraştığımız çeşidin morfolojik yapısına göre farklı ekolojik isteklerinin olmasıdır.

Orman Genel Müdürlüğün bağlı fidanlıklarda üretilen fidan türlerinin çeşitliliğinin çok fazla olması bu konudaki çalışmaların daha doğru yöntemlerle yapılmasını gerekli kılmıştır. Dolayısıyla bu çalışmada Orman fidanlıklarında bilhassa fidan üretim aşamasında uygulanan bitki besleme yöntemlerinin tespiti, bu faaliyetleri teknik, ekonomik ve bilimsel yöntemlerle kıyaslama ve farklı coğrafik bölgelerde bulunan fidanlıklarda yapılan tek tip besleme yöntemlerinin önüne geçme ile yeni besleme yöntemlerinin tespiti ve önerilmesini amaç olarak hedeflenmektedir (Leventoğlu, 2024).

Günümüzde OGM'ye bağlı 28 bölge ve bu bölgelere bağlı 84 işletme müdürlüğü ve nezdinde 102 orman fidanlıklarında OGM ve diğer kurum kuruluş ve özel müteşebbislerin tohum ve fidan taleplerini karşılayacak üretim gerçekleştirilmektedir.

Orman fidanlıkları "Belirli bir amaç doğrultusunda, daha sonra başka yerlere aktarılacak ve dikilmek üzere, ihtiyaç duyulan fidanları yetiştirmeye yarayan açık ve/veya kapalı arazi parçası" diye tanımlanmaktadır (Yahyaoğlu, 1993; Anonim, 1996). OGM bünyesinde, sabit ve geçici orman fidanlıkları olmak üzere iki farklı kamuya bağlı fidanlıklar bulunmaktadır (Ürgeç, 1991). Devlet Orman Fidanlık İşletmeleri'nin orman ağacı fidanı üretiminde önemli bir rolü mevcuttur. Dolayısıyla üretim aşamasında uygulanan besleme faaliyetlerinin günümüz modern faaliyetlerle olan paralelligi uyumu önem arz etmektedir (Ayan, 2007).

DOFİ'lerde gerçekleştirilen faaliyetler neticesinde, hem ağaçlandırma çalışmalarına istinaden fidan üretilirken, hem de üretim aşamasında türlere özgü morfolojik ve fizyolojik çeşitliliğin bilinirliği sağlanmıştır. (Gültekin, 2005). Üretim aşamasında her bakımdan uygun özellikleri olan kaliteli fidan üretmek önem arz etmektedir. Ancak fazla sayıda fidan üretmekten ziyade standartlara uygun sağlıklı fidan üretmek asıl amaç olmalıdır (Kalıpsız, 1970). Tolay (1983)'e göre, ağaçlandırma çalışmalarının başarısı, üretilen fidan kalitesi ile derecelendirilmektedir. Kalitenin elde edilmesinde birçok faktörün ve özellikle çevre şartlarının da etkileşimi söz konusudur.

Morfolojik özellikler, Çap, boy, kök ağırlığı, gövde ve yaprak ağırlığı, tüm fidan, gövde ağırlığının kök ağırlığına oranı ve yaprak ağırlığının tüm fidan ağırlığına oranı değerlerini içermektedir. Fizyolojik özellikler ise öncelikli olarak bitki vejetatif organlarında bulunan bitki besin elementlerin içeriği ve miktarları dikkate alınır.

Bitki beslemenin temelini oluşturan ana unsur, bitkilerin ihtiyacı olan bitki besin elementlerinin bitkilerin ihtiyacı olduğu dönemlerde çeşitli yollarla bitkiye ulaştırılmasıdır. Toprakta yetiştirilen bitkilerin ihtiyacını karşılayacak yeterli miktarda besin elementleri mevcut değil ise bunun besleme faaliyetlerinden biri olan gübreleme vasıtasıyla toprağa verilmesi gerekmektedir. Aksi durumda verim kayıpları yaşanır. Bu nedenle yeterli ve kaliteli fidanlar yetiştirilmesi için toprağın beslenmesi gerekmektedir (Karaöz, 1992). Gezer (1986)'a göre, gübrelemenin açık alan orman meşçerelerine her anlamda uyum sağlayacak ve gelişme oranı yüksek fidan yetiştirmek için gerekli işlemler arasında önemli bir yeri bulunmaktadır. Yetiştirme aşamasında milyonlarca fidanın tükettiği toprakta mevcut bitki besin maddesi yetersizliği, benzer oran ve miktarda gübre vermekle sağlanabilir. Doğru zaman ve dozajda yapılan gübreleme işlemi ile yetiştirilen fidanların beklentilere uygun fizyolojik özellikler kazandırdığı ve dolayısıyla arazi şartlarında da daha başarılı olabileceği belirtilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, fidan üretim aşamasında yapılan gübreleme işleminde, uygulanan dozaj miktarlarının, 1+0 fidanların büyümesi esnasında, toprak birim alanından ne kadarının kaldırıldığı, vejetatif organları tarafından hangi elementlerin ne kadarının biriktirildiğini tespit etmek, bir sonraki üretim döneminde uygulanabilecek element ve/veya kombinasyonlarını miktarsal bazda önerebilmektir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Örnek alınan fidanlıklar

Fidanlıklarda yaygın olarak üretilen Karaçam ve Sahilçam fidanlarının gelişim ve beslenme durumlarının tespiti amacıyla, fidan örnekleri üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Araştırmaya dâhil edilen fidanlıkların seçiminde, Karaçam ve Sahilçam fidan yetiştiriciliğinin yoğun olduğu bölgelerdeki fidanlıkların yer almasına ve bu fidanlıklarda üretilen bu türlerin üretim miktarları bakımından kapasitesinin yüksek olmasına dikkat edilmiştir. Ülkemizdeki orman fidanlıkları içinde coğrafik olarak seçilen, Şekil 1’de belirtilen 8 Orman fidanlığında fidan örnekleme çalışması yapılmıştır.



Şekil 1. Fidan örnekleme yapılan fidanlıkların ülkemiz coğrafi bölgelerindeki dağılımı

2.2 Yöntem

Çalışmanın gerçekleştirilmiş olduğu Orman fidanlıklarında üretilen türler içerisinde en fazla üretilen türlerden olan 1+0 yaşlı Karaçam ve Sahilçam fidanları tercih edilmiştir. Fidan örnekleme çıplak köklü, tüplü ve enso-kaplı fidan olarak yapılmıştır. Tür seçiminde ve örneklerin alınacağı fidanlıklar belirlenirken, kendi ekolojik şartları içerisinde en yaygın ve fazla miktarda üretilen tür olmasına dikkat edilmiştir. Veriler 2019 yılı Orman Genel Müdürlüğü fidan stokları veri tabanı (<https://fidanstoklari.ogm.gov.tr/>) kullanılmıştır. Karaçam için 3, Sahilçam için 5 ayrı fidanlıktan örnekleme çalışması yapılmıştır.

2.2.1 Fidan örnekleme

Araştırmada yer alan Orman fidanlıklarında en yaygın üretilen bu 2 türe ait fidan örnekleri alınarak morfolojik ve fizyolojik özelliklerine yönelik ölçümler ve değerlendirmeler yapılmıştır.

a. Fidan morfolojik ölçümleri: Araştırmada yer alan 1+0 ibreli fidanların bazı morfolojik ölçümlerine 2019 yılı itibarı ile başlanmıştır. Örnekleme ibreli türlerin tam olgunluğa ulaştığı ağustos-eylül aylarında yapılmıştır. Karaçam fidanları için 3, Sahilçamı fidanları için 5 fidanlıktan 20’şer bitki örneği toplanmıştır. Çıplak köklü fidanlar bel küreği ile fidan köklerine zarar vermeden en az 25-30 cm derinlikten sökülme çalışılmıştır. Sökülen fidanlar telhislere konularak ölçüm için analiz laboratuvarına gönderilmiştir. Tüplü ve enso pot örneklerde de üretim yastığından 20’şer adet alınarak laboratuvara gönderilmiştir. Toplamda 2 türe ait 320 adet fidan örneğinde morfolojik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Gübre

Fabrikaları A.Ş. Samsun Bölge Tesisi laboratuvarlarında toplanan bitki örnekleri orta tazyikli su ile yıkanarak toprak ve harç kalıntılarından temizlenmeleri sağlanmıştır. Örnekler dijital kumpas ile kök boğazı çapı ölçümleri 0.1 mm hassasiyetle ölçülmüştür (Şekil 2). Bitkinin gövde boyu metrik düzeneği içerisinde ölçülerek belirlenmiştir. Yapraklar gövdeden el yordamıyla ayrılarak tartım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Morfolojik ölçümlerden sonra, fidan örnekleri, kuru ağırlıkları tespit etmek için kurutmaya tabii tutulmuştur. Kurutma dolabında 65°C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar yaklaşık 48 saat kurumaları sağlanmıştır (Yahyaoglu ve Genç, 2007).



Şekil 2. Analiz öncesi fidanların morfoloji ölçüm işlemlerine ait görseller

- Fidan boyu = Kök boğazı ile tepe tomurcuğu arasındaki uzunluk (cm)
- Kök boğazı çapı= Gövdeye en yakın kökün hemen üstündeki noktada ölçülen çap (mm),
- Gövde kuru ağırlığı= Fidanın toprak üstü organlarının fırın kurusu (65°C’de 48 saat) ağırlığı (g),
- Kök kuru ağırlığı= Kök boğazı çapı hizasından kesilerek gövdeden ayrılan kök kısımlarının fırın kurusu (65°C’de 48 saat) ağırlığı (g),
- Yaprak kuru ağırlığı= Yaprakın fırın kurusu (65°C’de 48 saat) ağırlığı (g)
- Tüm fidan kuru ağırlığı= Gövde kuru ağırlığı +Kök kuru ağırlığı+ yaprak kuru ağırlığı toplanarak tüm fidan kuru ağırlığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlara binaen gövde kuru ağırlığının, kök kuru ağırlığına oranı, yaprak kuru ağırlığının tüm fidan kuru ağırlığına oranı tespit edilerek kayıt altına alınmıştır.

b. Fidan besin analizleri: Morfolojik ölçümleri yapılmış olan kök, gövde ve yaprak örnekleri öğütme işlemi sonrasında ağız kapalı plastik poşetlere konularak etiketlenilmiş ve analizlerinin yapılması için Eskişehir Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarına sevk edilmiştir. Her bir türe ait 20 adet fidanın kök, gövde ve yapraklarında bulunan besin elementi analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz neticesinde elde edilen sonuçlar o fidana ait vejetatif aksamın kütleli değeriyle çarpılarak, her bir örnekteki kök, gövde ve yaprak kısımları tarafından alınan besin içeriği miktarı tespit edilmiştir. Kök, gövde ve yaprakta bulunan besin içerikleri toplanarak tüm fidanın topraktan kaldırdığı olduğu besin maddesi miktarları element bazında hesaplanmıştır. Çizelge 1’de yer alan bitki analiz yöntemleri şu şekilde yapılmaktadır.

Çizelge 1. Bitki analiz yöntemleri

Kısaltma	Analiz Adı	Analiz Metodu
N	Azot	Kjeldahl Metodu
		Spektrofotometrede Amonyum
P	Fosfor	Meta Vanadat Sarı Renk Yöntemi
K	Potasyum	Flame Fotometrik Metod
Ca	Kalsiyum	AAS Metodu
Mg	Magnezyum	AAS Metodu
S	Kükürt	Türbidimetrik baryum sülfat yöntemi

c. Veri analizi ve değerlendirme: Fidan morfolojik ölçümlerinden elde edilen verilere göre, farklı ambalaj tiplerine sahip fidanlar arasındaki farklılığın belirlenmesinde SPSS paket programı kullanılarak varyans analizi tekniğinden yararlanılmıştır. Varyans analizi sonrasında farklı ambalaj tipine (çıplak kök, polietilen tüplü ve enso kaplı) sahip türlerin aralarındaki kıyaslama çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Tukey testi kullanılarak $p<0,05$ önem düzeyinde belirlenmiştir. Farklılıklar ortalamalar üzerinde Latin harfleriyle gösterilmiştir (Kalıpsız, 1981; Özdamar, 2002, 2004).

Çizelge 2. Karaçam fidanına ait morfolojik özellikler

Tür	Ambalaj	Fidanlık	Adet	Çap	Boy	Kök	Gövde	Yaprak	Tüm Bitki	Gövde/kök	Yaprak oranı
Karaçam	Çıp.Kök	A.madeni	20	0,89	20,2	1,13	1,16	1,28	3,57	1,03	0,36
Karaçam	Çıp.Kök	Eğirdir	20	1,23	26,45	1,19	1,16	1,3	3,65	0,98	0,36
Karaçam	Çıp.Kök	Eskişehir	20	0,94	24,1	1,16	1,18	1,25	3,59	1,02	0,35
Karaçam	Tüplü	A.madeni	20	1,05	30,3	1,28	1,23	1,19	3,69	0,96	0,32
Karaçam	Tüplü	Eğirdir	20	1,15	31,1	1,41	1,33	1,29	4,03	0,94	0,32
Karaçam	Tüplü	Eskişehir	20	0,95	27	1,26	1,22	1,25	3,73	0,97	0,33
Karaçam	Enso	A.madeni	20	1,66	33,1	1,65	1,24	1,68	4,56	0,76	0,37
Karaçam	Enso	Eskişehir	20	2,03	28,15	1,9	1,43	1,93	5,26	0,76	0,37

Sahilçam fidan türüne ait ortalama morfolojik verilerin yer aldığı Çizelge 3'te çap ve boy bakımından en yüksek değer 2,52 mm ile Kocaeli fidanlığından alınmış olan tüplü fidan ile, yine aynı ambalaj tipine sahip 41,15 cm ile Çobançeşme fidanlığından alınmış olan fidanlarda ölçülmüştür. Kök ağırlığı bakımından Göktürk fidanlığından alınmış olan enso kaplı fidan 1,86 g ile en yüksek değere sahip iken, bu özellik bakımından en düşük değer aynı fidanlıktan elde edilmiş olan, çıplak kök ambalaj tipli fidanda ölçülmüştür (1,04 g).

Çizelge 3. Sahilçamı fidanına ait morfolojik özellikler

Tür	Ambalaj	Fidanlık	Adet	Çap	Boy	Kök	Gövde	Yaprak	Tüm Bitki	Gövde/kök	Yaprak oranı
Karaçam	Çıp.Kök	A.madeni	20	0,89	20,2	1,13	1,16	1,28	3,57	1,03	0,36
Karaçam	Çıp.Kök	Eğirdir	20	1,23	26,45	1,19	1,16	1,3	3,65	0,98	0,36
Karaçam	Çıp.Kök	Eskişehir	20	0,94	24,1	1,16	1,18	1,25	3,59	1,02	0,35
Karaçam	Tüplü	A.madeni	20	1,05	30,3	1,28	1,23	1,19	3,69	0,96	0,32
Karaçam	Tüplü	Eğirdir	20	1,15	31,1	1,41	1,33	1,29	4,03	0,94	0,32
Karaçam	Tüplü	Eskişehir	20	0,95	27	1,26	1,22	1,25	3,73	0,97	0,33
Karaçam	Enso	A.madeni	20	1,66	33,1	1,65	1,24	1,68	4,56	0,76	0,37
Karaçam	Enso	Eskişehir	20	2,03	28,15	1,9	1,43	1,93	5,26	0,76	0,37

Araştırmada yer alan farklı ambalaj tipine sahip türlerin Tukey test sonuçlarının yer aldığı Çizelge 4'te, aynı harfe sahip olmayan türler birbirinden farklı görülmüş iken, aynı harf dizilimine sahip türler arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli görülmediği açıklanmıştır. Çap boy, kök ve tüm fidan bakımından incelendiğinde çıplak kök, enso-pot ve tüplü ambalaj tiplerine sahip fidanlar arasındaki farklar istatistiksel

3. Bulgular

3.1 Karaçam ve Sahilçam fidan türleri analiz bulguları

3.1.1 Morfoloji sonuçları

Karaçam fidan türüne ait ortalama morfolojik verilerin yer aldığı Çizelge 2'de çap ve boy bakımından en yüksek değer 2,03 mm ve 33,1 cm ile Eskişehir ve Akdağmadeni fidanlığından alınmış olan enso-pot fidanlarda ölçülmüştür. Kök ağırlığı bakımından enso-pot fidan ağırlıklarının, çıplak kök ve tüplü fidanlara nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gövde ağırlığı bakımından incelendiğinde Eskişehir fidanlığından alınmış olan enso kaplı Karaçam fidanı (1,43 g) ile, Eğirdir fidanlığından elde edilmiş olan tüplü Karaçam fidanının (1,33 g) ile diğer fidanlardan daha fazla ağırlığa sahip oldukları görülmektedir. Yaprak ağırlığı olarak en yüksek değer, 1,93 g ile Eskişehir fidanlığından alınmış olan, enso kaplı Karaçam olduğu tespit edilmiştir. Morfolojik sonuçlara göre enso-pot ambalaj tipine sahip, fidanların tüplü ve çıplak kök fidanlara nazaran nispeten daha yüksek değerler içerdiği anlaşılmaktadır.

Gövde ağırlığı bakımından incelendiğinde en yüksek değerlerin Göktürk fidanlığından alınmış olan enso-pot tipine sahip Sahilçam fidanı ile, aynı fidanlıktan elde edilmiş olan tüplü ambalaj tipindeki fidanının olduğu görülmektedir. Yaprak ağırlığı olarak en yüksek değer, (2,65 g) ile aynı fidanlıkta ölçülmüş olup, bu fidan türünde de enso kaplı fidanların diğer ambalaj tipindeki fidanlara nazaran daha yüksek morfolojik değerlere sahip olduğu görülmektedir.

olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Gövde bakımından incelendiğinde farklı harf dizilimine sahip ambalaj tipine sahip fidanlar arasındaki farklar istatistiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Yaprak organları açısından incelendiğinde, farklı tüm ambalaj tipindeki fidanların arasındaki farklar istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Tukey testine tabii tutulan Karaçam ve Sahilçamı fidan

türlerinden toplamda 320 fidan ile ölçümlene yapılmıştır. Çıplak kök ve enso-pot ambalaj tipine sahip 100'er, tüplü 120'şer örnekleme gerçekleştirilmiştir. Fidanlık bazında incelendiğinde Akdağmadeni, Eskişehir ve Göktürk fidanlıklarından 60'ar adet, Çobançeşme ve Eğirdir

fidanlıklarından 40'ar, Bahçeköy, Kocaeli ve Seydan fidanlıklarından ise 20'şer adet olmak üzere toplamda 320 adet fidan türü ile analiz verileri elde edilmiş ve harflendirme yapılmıştır.

Çizelge 4. Farklı ambalaj tipindeki fidan ortalamalarının Tukey test sonuçları

TukeyHSD ^{a,b,c}			Çap			Tukey HSD ^{a,b,c}			Gövde					
Ambalaj	Adet	Altküme	Ambalaj	Adet	Altküme	Ambalaj	Adet	Altküme	Ambalaj	Adet	Altküme			
		1			2			3			1		2	3
Çıplak	100	1,07c				Çıplak	100	1,13c						
Tüplü	100				1,25b	Tüplü	120						1,24b	
Enso-pot	120					Enso-pot	100							1,34a
TukeyHSD ^{a,b,c}			Boy			Tukey HSD ^{a,b,c}			Yaprak					
Ambalaj	Adet	Altküme	Ambalaj	Adet	Altküme	Ambalaj	Adet	Altküme	Ambalaj	Adet	Altküme			
		1			2			3			1		2	3
Çıplak	100	26,27c				Çıplak	100	1,33b						
Enso-pot	100				29,91b	Tüplü	120						1,76b	
Tüplü	120					Enso-pot	100							1,85a
TukeyHSD ^{a,b,c}			Kök			Tukey HSD ^{a,b,c}			TümFidan					
Ambalaj	Adet	Altküme	Ambalaj	Adet	Altküme	Ambalaj	Adet	Altküme	Ambalaj	Adet	Altküme			
		1			2			3			1		2	3
Çıplak	100	1,14c				Çıplak	100	3,61c						
Tüplü	120				1,32b	Tüplü	120						4,33b	
Enso-pot	100					Enso-pot	100							4,73a

3.1.2 Analiz bulguları

Çalışmada bulunan Karaçam ve Sahilçam türlerinin ortalama değerleri üzerinden, yapraklarında bulunan bitki besin maddeleri miktarları Çizelge 5'te yer almaktadır. Yapraklarında N elementini en fazla miktarda bulunduran tür Sahilçamı'dır. P bakımından tüplü ambalaj tipine sahip, Sahilçam türünün yaprakları tarafından en fazla miktarda alınmış olduğu görülmektedir. K bakımından en yüksek miktarda alan fidan ise (17,26 g/1000 fidan) ile aynı tür olduğu görülmektedir. Mg elementi bakımından incelendiğinde bu türün yaprakları tarafından en fazla (4,06 g/1000 fidan) ile bulundurduğu tespit edilmiştir. Ca bakımından araştırmada yer alan her 2 türünde yaprakları tarafından farklı ambalaj tiplerinde birbirine yakın seviyelerde bulundurduğu görülmüştür. Kükürt elementini yaprakları tarafından en fazla miktarda almış olan türün tüplü

Çizelge 5. Karaçam ve Sahilçam yapraklarında bulunan ortalama bitki besin maddesi miktarları (g/1000 fidan)

Ambalaj	Tür	Organ	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Zn	Cu	Mn	Na
Çıp.Kök	Karaçam	Yaprak	20,28	2,17	6,77	2,6	17,73	1,17	2,63	0,18	0,24	0,21	0,13
Tüplü	Karaçam	Yaprak	18,74	2,00	9,09	2,21	12,16	1,57	2,37	0,19	0,34	0,25	0,14
Enso-pot	Karaçam	Yaprak	29,97	4,08	11,64	2,48	7,78	2,4	1,42	0,15	0,07	0,53	3,09
Çıp.Kök	Sahilçamı	Yaprak	18,06	4,59	11,96	1,95	14,28	2,05	2,01	0,13	0,07	0,18	0,74
Tüplü	Sahilçamı	Yaprak	36,26	7,26	17,26	3,09	22,81	3,86	2,95	0,23	0,09	0,23	2,06
Enso-pot	Sahilçamı	Yaprak	27,41	3,91	14,25	4,06	18,91	3,68	1,62	0,12	0,13	0,39	1,25

Türlerin ortalama değerleri üzerinden, gövdelerinde bulunan bitki besin madde miktarları Çizelge 6'de yer almaktadır. Gövdesinde N elementini en fazla miktarda bulunduran türler sırasıyla, enso kaplı Karaçam ve tüplü ambalaj tipine sahip Sahilçamı'dır. P bakımından tüplü Sahilçamı ve enso kaplı Karaçam türlerinin yaprakları tarafından en fazla miktarda alınmış olduğu görülmektedir. K bakımından en yüksek miktarda alan türler ise (9,35 g/1000 fidan) tüplü Sahilçamı ve (8,26 g/1000 fidan) ile enso-pot ambalaj tipine sahip Karaçam

ambalaj tipine sahip Sahilçamı olduğu görülmektedir (3,86 g/1000 fidan). Mikro elementler bakımından yapılan analiz sonuçlarında, özellikle Fe elementinin farklı ambalaj tipindeki fidanların yapraklarında bulunan miktarlar bakımından ayrıştığı gözlemlenmektedir (1,42 g/1000 fidan)- (1,62 g/1000 fidan)- (2,01 g/1000 fidan)- (2,37 g/1000 fidan)- (2,63 g/1000 fidan) ve (2,95 g/1000 fidan). Na haricinde diğer mikro elementler bakımından türlerin birbirine yakın değerler içerdiği gözlemlenmiştir. (Zn 0,12 g/1000 fidan)- (0,23 g/1000 fidan)- (Cu 0,13 g/1000 fidan)- (0,24 g/1000 fidan) - (Mn 0,18 g/1000 fidan)- (0,21 g/1000 fidan) -(0,23 g/1000 fidan). Sodyum bakımından farklı ambalaj tipine sahip türlerin yaprak organlarında bulundurduğu miktarlar arasında belirgin farklar gözlemlenmektedir (0,13 g/1000 fidan) -(2,06 g/1000 fidan)- (3,09 g/1000 fidan gibi).

olduğu görülmektedir. Magnezyum elementini gövde organında en fazla miktarda bulunduran tür (3,16 g/1000 fidan) ile çıplak köklü Karaçam iken, en fazla Ca ve S elementlerini gövde organında bulunduran türün yine çıplak kök ambalaj tipine sahip Karaçam olduğu belirlenmiştir. Mikro elementler bakımından, türlerin gövde organında bulunan elementlerin miktar itibarıyla, yaprak organlarındaki durum söz konusu olup, Fe elementi diğer mikrolara nazaran nispeten daha fazla miktarda depolanmış gözükmektedir.

Çizelge 6. Karaçam ve Sahilçam gövdelerinde bulunan ortalama bitki besin maddesi miktarları (g/1000 fidan)

Ambalaj	Tür	Organ	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Zn	Cu	Mn	Na
Çıp.Kök	Karaçam	Gövde	10,83	2,04	4,91	3,16	19,14	1,58	4,50	0,27	0,48	0,26	0,27
Tüplü	Karaçam	Gövde	12,27	2,42	6,88	2,71	12,49	1,33	3,61	0,13	0,20	0,22	0,51
Enso-pot	Karaçam	Gövde	20,78	3,31	8,26	1,97	3,42	1,18	0,89	0,09	0,05	0,09	1,82
Çıp.Kök	Sahilçamı	Gövde	7,45	2,72	6,65	2,04	12,29	0,77	6,64	0,13	0,13	0,24	0,43
Tüplü	Sahilçamı	Gövde	14,01	4,57	9,35	1,26	5,93	1,27	4,89	0,21	0,22	0,13	1,01
Enso-pot	Sahilçamı	Gövde	13,47	2,45	7,77	2,00	9,16	1,51	5,72	0,23	0,34	0,29	0,86

Türlerin ortalama değerleri üzerinden, köklerinde bulunan bitki besin madde miktarları Çizelge 7’de yer almaktadır. Kök organında N elementini en fazla miktarda bulunduran türler sırasıyla, enso-pot ambalaj tipine sahip Karaçam ve tüplü Sahilçamı’dır. P bakımından incelendiğinde, tüplü Sahilçamı ve enso kaplı Karaçam’ın birbirine yakın seviyelerde bulundurduğu tespit edilmiştir. K bakımından en yüksek miktarda alan tür ise (9,04 g/1000 fidan)ile tüplü ambalaj tipine sahip Sahilçamı olduğu tespit edilmiştir. Magnezyum elementini kök organında en fazla miktarda (3,39 g/1000 fidan) bulunduran tür çıplak köklü Sahilçamı iken, en fazla Ca elementini kök organında bulunduran türünde çıplak köklü Karaçam olduğu görülmektedir. Benzer durumun S elementi bakımından incelendiğinde köklerinde en fazla miktarda bulunduran türün (3,29 g/1000 fidan) ile enso-pot ambalaj tipine sahip Karaçam olduğu tespit edilmiştir. Mikro elementler bakımından incelendiğinde kök organlarında en fazla miktarda Fe elementini bulunduran türün (9,61 g/1000 fidan) ile çıplak kök yapısına sahip Sahilçamı olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum Zn elementinde ise (0,27 g/1000 fidan) ile çıplak kök yapısına sahip Karaçam türünde tespit edilmiştir. Aynı türün Cu elementinde (0,27 g/1000 fidan) ile en fazla miktarda bulundurduğu görülmüş olup, Mn ve Na elementlerinde farklı türlerin, 1000 fidan için bulundukları değerlerin farklı olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 7. Karaçam ve Sahilçam gövdelerinde bulunan ortalama bitki besin maddesi miktarları (g/1000 fidan)

Ambalaj	Tür	Organ	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Zn	Cu	Mn	Na
Çıp.Kök	Karaçam	Kök	11,36	2,06	5,97	2,91	17,21	2,23	6,39	0,27	0,44	0,22	0,35
Tüplü	Karaçam	Kök	12,83	1,89	7,10	3,08	17,14	2,36	7,90	0,14	0,25	0,22	0,50
Enso-pot	Karaçam	Kök	27,12	4,63	7,99	2,37	4,11	3,29	2,75	0,09	0,06	0,06	4,41
Çıp.Kök	Sahilçamı	Kök	8,66	2,76	7,26	3,39	7,32	1,09	9,61	0,11	0,15	0,43	0,76
Tüplü	Sahilçamı	Kök	12,90	4,67	9,04	2,58	7,87	1,80	7,22	0,12	0,14	0,23	1,83
Enso-pot	Sahilçamı	Kök	11,71	2,53	7,99	3,13	9,70	2,00	6,53	0,12	0,17	0,37	1,51

3.1.3 Karaçam ve Sahilçamı yapraklarında bulunan besin element oranları

Karaçam ve Sahilçam türlerinin yapraklarındaki besin element konsantrasyonu oranları Çizelge 8’de yer almaktadır. Çizelgedeki değerler 100 birim N baz alınarak hesaplanan element oranlarıdır. Tüm fidanlıklar ve türlerin genelinde 100 birim N’a karşılık yapraklarda 8-31 birim P, 29-71 birim K, 4-38 birim Mg, 8-129 birim Ca ve 5-28 birim S bulunmaktadır. Mikro elementler bakımından incelendiğinde, 100 birim azota karşılık en fazla miktarda Fe elementini yaprak organlarında bulunduran türün tüplü ambalaj yapısına sahip Eğirdir fidanlığından alınan Karaçam (27,8 birim) olduğu tespit edilmiştir. Bu değer Zn’de Eğirdir fidanlığından elde edilen çıplak köklü Karaçam’da 1,4 birim, Cu elementinde ise 3,8 birim olarak Eskişehir fidanlığından alınan tüplü ambalaj yapısına sahip Karaçam’da ölçülmüştür. En yüksek Mn değeri birim olarak 3,3 ile enso kaplı Eskişehir fidanlığından alınan Karaçam’da görülmüşken, sodyum elementini yaprak organlarında farklı ambalaj tipindeki Sahilçamı fidanlarının, Karaçam fidanlarına nazaran daha yüksek miktarlarda bulundurduğu tespit edilmiştir. Bu durum Akdağmadeni fidanlığından elde edilen enso kaplı Karaçam fidanları için geçerli değildir. Bu fidanlıktan elde edilen enso-kaplı Karaçam fidanının yaprak organlarında bulunan Na değeri 15,8 birim olarak tespit edilmiştir ki, farklı ambalaj türünde ve farklı fidanlıklardan elde edilmiş olan Karaçam fidanlarının biriktirmiş olduğu miktarlardan çok daha fazla olduğu görülmektedir. Sahilçam’ında ise benzer durum Kocaeli fidanlığından alınmış olan tüplü ambalaj tipine sahip fidan için geçerlidir.

Çizelge 8. Karaçam ve Sahilçam ortalama yapraklarındaki besin element konsantrasyon oranları

Fidanlık	Ambalaj	Fidan	Organ	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Zn	Cu	Mn	Na
Eğirdir	Çıp.Kök	K.çam	Yaprak	100	13	40	19	129	6	17,6	1,4	2	1,5	1,4
Eskişehir	Çıp.Kök	K.çam	Yaprak	100	11	29	17	111	6	20,6	0,9	1,3	1,3	0,6
A.madeni	Çıp.Kök	K.çam	Yaprak	100	9	33	5	42	6	3,9	0,6	0,7	0,5	0,2
Eğirdir	Tüplü	K.çam	Yaprak	100	12	34	13	84	5	27,8	0,6	0,2	1,5	0,8
A.madeni	Tüplü	K.çam	Yaprak	100	8	60	6	59	7	4,3	0,8	1,5	0,8	0,6
Eskişehir	Tüplü	K.çam	Yaprak	100	14	47	19	55	14	9,4	1,7	3,8	1,9	0,9
Eskişehir	Enso	K.çam	Yaprak	100	15	52	16	56	11	7,1	0,5	0,3	3,3	1,1
A.madeni	Enso	K.çam	Yaprak	100	13	31	4	8	6	3,4	0,5	0,2	0,8	15,8
Göktürk	Çıp.Kök	S.çamı	Yaprak	100	31	71	9	25	13	10,4	0,7	0,2	0,7	5,4
Seydan	Çıp.Kök	S.çamı	Yaprak	100	19	61	13	31	10	12	0,8	0,7	1,3	2,6
Kocaeli	Tüplü	S.çamı	Yaprak	100	18	51	9	43	11	6,2	0,5	0,2	0,5	10,7
Göktürk	Tüplü	S.çamı	Yaprak	100	21	58	11	32	12	11,9	0,7	0,2	0,8	6,8
Ç.Çeşme	Tüplü	S.çamı	Yaprak	100	20	35	6	37	9	6	0,7	0,3	0,6	0,6
Bahçeköy	Enso	S.çamı	Yaprak	100	14	45	7	18	7	4,2	0,3	0,3	0,7	2,1
Ç.Çeşme	Enso	S.çamı	Yaprak	100	10	54	10	31	13	7,5	0,5	0,6	1,5	8,5
Göktürk	Enso	S.çamı	Yaprak	100	22	63	38	90	28	6,9	0,5	0,5	2,8	3,2

Çizelge 9. Karaçam ve Sahilçam yapraklarındaki besin elementi konsantrasyonları oransal dağılımları (100 birim N için)

Tür	Ambalaj	Organ	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Zn	Cu	Mn	Na
Karaçam	Çip.Kök	Yaprak	100	11	33	13	87	6	13,0	0,9	1,2	1,0	0,6
Karaçam	Tüplü	Yaprak	100	11	48	12	65	8	12,6	1,0	1,8	1,3	0,7
Karaçam	Enso	Yaprak	100	14	39	8	26	8	4,8	0,5	0,2	1,8	7,6
Sahilçamı	Çip.Kök	Yaprak	100	25	66	11	28	11	11,1	0,7	0,4	1,0	4,1
Sahilçamı	Tüplü	Yaprak	100	20	48	9	37	11	8,1	0,6	0,2	0,6	5,7
Sahilçamı	Enso	Yaprak	100	19	50	9	30	10	7,7	0,6	0,3	1,1	5,9

Besin elementi konsantrasyonlarının 100 birim N için oransal dağılımlarının yer aldığı Çizelge 9'da, 100 birim N'a karşılık olarak 11-25 birim P, 33-66 birim K, 8-13 birim Mg, 26-87 birim Ca ve 6-11 birim S olduğu, 4,8- 13,0 birim Fe, 0,5-1,0 Zn, 0,2-1,8 birim Cu, 0,6-1,8 Mn ve 0,6-7,6 birim Na olduğu görülmektedir.

4. Tartışma

Ormanların geliştirilmesi, farklı türlere ait populasyonların arttırılması için yapılan her türlü ağaçlandırma faaliyetleri ve bunun ilk aşaması olan fidan üretim çalışmaları çok önem arz etmektedir. Ve son derece önemli yatırımlardır. Bu anlamda fidanlıklarımızın bilimsel ve teknik düzey farkındalıklarının arttırılması gerekmektedir. Çalışmada fidan örneklerinin temin edildiği fidanlıkların üretim aşamasında gübre kullanım miktarları gözlemlendiğinde, bilhassa azotlu gübrelerin ihtiyaç olan miktarların çok üstünde dozajlarda kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu fidanlıkların toprak analiz sonuçları ile kullanılan gübre çeşit ve miktarlarının birbiriyle çeliştiği tespit edilmiştir. Yapılan görüşme ve anketlerde araştırmaya katılan fidanlık şeflik personeli tarafından fidanlıklarına ait toprak tahlil sonuçlarının uyguladıkları gübreleme programları üzerine etkin oldukları belirtilse de analiz sonuçlarından bu kurala uyulmadığı anlaşılmaktadır.

Reich vd. (1997) topraktaki alınabilir azot (N) miktarının, orman ağaçlarının gelişiminde çok önemli sınırlayıcı faktör olduğunu ispatlamışlardır. Bu çalışması, araştırmamızı destekler nitelikte bilgi içermektedir. Fidanların organlarında bulunan makro-mikro elementler tablosundan da görüleceği üzere azot miktarı ile farklı ambalaj tipindeki fidan morfolojik sonuçları büyük ölçüde paralellik taşımaktadır. Özellikle N miktarı morfolojik özellikler üzerine direkt olarak etkili olduğu söylenebilir.

Kurtaran (2012) tarafından yapılan bir çalışma, klasik gübreleme yöntemlerinin bazen istenilen sonucu vermeyebileceğini göstermiştir. Toprağa uygulanan gübrelerdeki bazı besin maddeleri toprakta mevcut olan Ca tarafından bağlanmakta ve alınamaz hale geçmektedir. Bu durum, uygulanan gübrelerin işlevselliğini yitirmesine neden olmaktadır. Mikro element alımının güç olduğu alkali topraklarda besin elementlerinin yaprakta uygulanması daha doğrudan, pratik ve çabuk netice veren bir alternatif yöntem olmaktadır.

Türkiye topraklarının büyük bir bölümü organik maddece fakirdir. Bunun verimlilik üzerine olumsuz bir etkisi söz konusudur. Organik madde bakımından yetersiz toprakların verimliliğini arttırmak için organik madde bakımından zenginleştirilmesi zaruridir. Bu durum fidan üretim aşamasında maliyeti arttıracak unsurlar arasında yer almaktadır (OGM, 1986).

Bergman (1992)'ye göre aşırı K seviyesi ile Ca ve Mg arasındaki antagonistik ilişkiden bahsetmektedir. Yüksek miktardaki K'nın Ca ve Mg elementlerin alımını olumsuz etkileyebileceği ve noksanlık ortaya çıkaracağından, neticede fidan gelişiminin ve kalitesini olumsuz etkileceğini belirtmektedir. Araştırmada yer alan veriler bu çalışmayı destekler niteliktedir. Sahilçam ve Karaçam fidanlarının organlarında bulunan K miktarı arttıkça, Mg ve Ca miktarları da aynı oranda düşüş göstermiştir. Ancak Bu durum özellikle gövde ve köklerde gerçekleşmiştir. Yapraklarda bulunan Ca ve Mg miktarları antagonistik özellikten dolayı çok etkilenmemiş görülmektedir.

Akgül (1985), tarafından yapılan bir çalışmada mümkün olduğunca yapay gübre yerine kompost, yeşil gübre ve diğer organik bileşenli gübrelerin tercih edilmesi gerektiği üzerinde durulmuş, özellikle organik atıklardan oluşturulan kompostun tercih edilmesinin fidanlıkarda verimliliği arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Moshki ve Lamersdorf (2011), tarafından yaprak besin elementi içerikleri ile fidan gelişimi arasındaki ilişkilerinin incelendiği bir araştırmada, fidanlarda belirlenen K içeriğinin bölgelere göre değişmekle farklılık göstermesinin yanı sıra yaprakta %0,6 ile 1,6 arasında, gövdede ise %0,06 ile 0,1 arasında depolandığı ve ölçüldüğü belirlenmiştir. Araştırmada yer alan fizyolojik ölçümler neticesinde çıplak kök ambalaj tipindeki Sahilçamı'nın yapraklarında K %0,70-0,98, tüplü Sahilçamı %0,59-0,70, enso kaplı fidanda %0,59-0,86 olduğu tespit edilmiştir. Ancak gövdede bulunan değerler araştırmacının bulmuş olduğu değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Araştırmamızda yer alan Karaçam fidanlarının gövde organlarında biriken K değerleri, çıplak köklüde %0,36-0,45, tüplü fidanda %0,45-0,70, enso-pot ambalaj tipli fidanda ise %0,54-0,70 olarak ölçülmüştür.

Cu elementinin özellikli ibrelili fidanlarda 3-5 ppm arasında olması yeterli görülmektedir (Proe,1994). Karaçam fidanlarında Güner ve ark. (2008) gövdede 3-6 ppm, kökte ise 7- 12 ppm arasında bakır belirlemişlerdir. Araştırmada yer alan Karaçam ve Sahilçamı fidanlarının farklı organlarında bulunan Cu miktarları ppm seviyesinde (Proe, 1994), ve (Güner ve ark., 2008) isimli araştırmacıların belirtmiş olduğu değerlerin çok üzerinde tespit edilmiştir. Bunun birden fazla nedeni olabilir. Fidanlıkların yapmış olduğu besleme faaliyetlerinden, toprak özelliklerine ekolojik şartlardan sulama durumuna kadar her faktörün sebep olabileceği düşünülmelidir.

Ayık ve ark, (1990), tarafından Karaçam üzerine yapılan bir araştırmada, organik ve inorganik ürünlerin karıştırılması ile 17 değişik harç uygulanmış ve tüplü fidanların yarısına N, P, K ve Fe ile gübreleme işlemlerine tabi tutulmuştur. Morfolojik veriler üzerindeki etkileri için yapılan analizlerde kök, gövde ve çap gelişiminde kontrol ortamında, ilaveten besin takviyesi yapılmayan fidanlarda düşük sonuçlar elde edilmiştir. Gübreleme işlemleri sonrasında fidanlardaki morfolojik

özellikler üzerine ciddi olumlu etkilerin olduğu belirlenmiştir. Çalışmada yer alan fidanlıkların gübreleme programları organik+inorganik besleme üzerine kurulu olması nedeniyle, bitki organlarında bulunan makro ve mikro elementlerin miktarlarının yüksek değerler içerdiği sonuçlardan gözlemlenebilmektedir. Diğer araştırmacıların fizyolojik ölçüm sonuçlarından daha yüksek değerlere ulaşmamız bu hipotezi kanıtlar niteliktedir.

5. Sonuç

Fidan üretim aşamasında jenerik olarak tanımlanan kimyasal içerikli gübrelerden ziyade, organik gübrelerin tercih edilmesi gerekmektedir. Aşırı tuzluluğa sebebiyet veren kimyasal gübrelerin hem fiziksel hem de kimyasal yapı üzerine olumsuz etkileri toprak analiz sonuçlarından görülmektedir. Fidanlıklar bilindik ve gelenekçi anlayışa bağlı olarak kullandıkları gübre çeşit ve formülasyonlardan vazgeçememektedirler. Yeni jenerasyon gübreler, yavaş salınımlı, organomineral, suda erir kompozeler gibi ürünlerin kullanımı teşvik edilmeli ve pilot bölgeler nezdinde ürün deneme alanları oluşturulmalıdır.

Ekolojik şartlara göre fidanlık uygulamaları da farklı farklı olabilmektedir. Bu yüzden standart bir besleme ve gübreleme yerine, her fidanlığın kendi ürettiği türler ve bu türlerde hedeflenen kalite özelliklerine bağlı olarak farklı besleme programları uygulaması yapılmalıdır.

Üretilen fidanın türüne geniş yapraklı veya ibrelili olma durumuna ve aynı zamanda ambalaj tipine enso-pot, çıplak köklü veya polietilen tüplü olma durumuna göre de besleme ihtiyacı değişecektir. Bu ihtiyacı belirlerken toprak analizi yanında yaprak analizi de gerekmektedir.

Araştırmada neticesinde ulaşılan sonuçlar üreticilere ve üretim yapan fidanlıklara Karaçam ve Sahilçamı fidan türlerinin yetiştirilmesinde, ne kadar gübre verilmesi gerektiği konusunda en azından kısmi bir bilgi verecektir. Araştırma neticesinde fidan setlerinin (her bir set 20 adet fidan) topraktan kaldırmış olduğu besin miktarları, birim alandaki fidan sayısı ile eşleştirilerek toplam birey sayısının topraktan kaldırmış olduğu miktar ve sökülme işlemleri akabinde tekrar ne kadar besin ilave edilmesi sonucuna ulaşılabilir.

Teşekkür

Çalışmalarında bana desteklerini esirgemeyen Orman Genel Müdürlüğü Fidanlık ve Tohum İşleri Dairesi Başkanlığı'na, fidan örneklerimizin analizlerini gerçekleştiren Eskişehir Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne, çalışmalarım esnasında, güncel verileri elde etmemde bana yardımcı olan ve çalışmaya ilişkin her konuda benden yardımlarını esirgemeyen Değerli hocam Prof. Dr. Atilla Gül'e fidanlık ziyaretlerim sırasında örnek toplama, ayıklama, temizleme, tasnif hatta ölçüm çalışmalarına kadar birçok konuda gerek laboratuvar ortamında gerekse yazım aşamasında bana güç, destek, moral ve motivasyon sağlayan kıymetli eşim Tuğba Leventoğlu'na sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım. Makale ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uygundur.

Kaynaklar

- Anonim, 1996. Orman fidanlıklarında teknik çalışma esasları, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Yayınları, Çeşitli Yayınlar Serisi No:1, 331 s., Ankara.
- Akgül, E., 1985. Bazı fidanlıklarda Karaçamın (*Pinus nigra* Arnold) ekimi sırasında toprağa verilen azotlu ve fosforlu gübrelerin fidan gelişimine olan etkileri. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi, Teknik Bülten Serisi No: 136, s. 55- 81.
- Ayan, S., 2007. Kaplı fidan üretimi, fidan standardizasyonu, standart fidan yetiştiriminin biyolojik ve teknik esasları. In Fidan Standardizasyonu. (pp. 301-352).
- Ayık, C., Yılmaz, H., ve Zengin, M., 1990. Orman Fidanlıklarında Kullanılabilecek En Uygun Tüplü, Fidan Toprağı ile Tür ve Yaşa Göre En Uygun Tüp Boyutlarının Tayini Konusunda Yapılan Çalışmalar, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı tür Orman Ağacları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kocaeli, Türkiye.
- Bergmann, W., 1992. Nutritional Disorders of Plants: Development, Visual and Analytical Diagnosis. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York.
- Gezer, A., 1986. Doğu Karadeniz Goknarı (*Abies nordmanniana* Spach.)'nın Fidanlıklarda Yetiştirilme Tekniği Üzerine Araştırmalar. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tur Orman Ağacları Araştırma Enstitüsü, 26s. İzmit.
- Gültekin, H. C., 2005. Değişik Yetiştirme Ortamlarının Boylu Ardıç'ın (*Juniperus excelsa* Bieb.) Bazı Morfolojik Fidan Kalite Kriterlerine Olan Etkileri. Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Güner, Ş.T., Çömez, A., Karataş, R. ve Genç, M., 2008. Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nda yetiştirme sıklığının bazı morfolojik ve fizyolojik fidan özellikleri ile dikim başarısına etkisi, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Çeşitli Yayınları Serisi, No: 1, 55 s., Eskişehir.
- Kalipsiz, A., 1970. Orman Ağaçlama Yatırımlarının Planlanması Esasları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Kutulmuş Matbaası.
- Kalipsiz, A., 1981. İstatistik Yöntemler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Karasar, N., 1995. *Araştırmalarda rapor hazırlama* (8.bs). Ankara: 3A Eğitim Danışmanlık Ltd.
- Karaöz, M., 1992. Gübreler ve peyzaj uygulamalarında gübreleme teknikleri. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 42(3-4), 49-60.
- Kurtaran, A., 2012. Toros Sediri Fidanlarının Beslenmesi ve Gelişimi Üzerine Mikro elementlerin Etkileri. (Yüksek Lisans Tez, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Leventoğlu, H., 2024. 'Türkiye Orman Fidanlıklarında Yetiştirilen Bazı Geniş Yapraklı Türlerin Büyüme ve Bitki Beslenme Durumu' Doktora Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Isparta, Türkiye.
- Moshki, A. ve Lamersdorf, N., 2011. Growth and nutrient status of introduced black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) afforestation in arid and semi arid areas of Iran, Research Journal of Environmental Sciences, 5(3), 259-268.

- OGM, 1986. Fidanlık alışmaları, OGM Eğitim Dairesi Başkanlığı ve Tanıtma Şube M¼d¼rl¼đ¼ Yayınları, Ankara.
- OGM, 2021. Orman Genel M¼d¼rl¼đ¼ 2021 Yılı İdare Faaliyet Raporu. Őubat 2022 Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı Ankara.
- Özdamar, K., 2002. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi 1. Kaan Kitabevi.
- Özdamar, K., 2004. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi. Kaan Kitabevi.
- Proe, M., 1994. Plant Nutrition, In: Forest Nursery Practice., Eds: Aldhous JR, M. W., London: Forestry Comission Bulletin p. 37-65.
- Reich, P., B., D., F., Grigal, J., D., Aber and S., Gower, T., 1997. Nitrogen Mineralization and Productivity in 50 Hardwood and Conifer Stands on Diverse Soils. Ecology, 78(2), pp. 335-347.
- Tolay, U., 1983. Hendek orman fidanlığında Uludağ G¼knarı (*Abies bornm¼lleriana* Mattf.)'nın yetiştirme tekniği ile fidan kalitesi ve dikim başarısı arasındaki ilişkiler üzerine araştırmalar. Kavak ve Hızlı Gelişen T¼r Orman Ağaçları Araştırma Enstit¼s¼ Yıllık B¼lten, 19, 349-439.
- ¼rge, S., 1991. Ağaç ve S¼s Bitkileri, Fidanlık ve Yetiştirme Tekniği. İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Yahyaog¼lu, Z., 1993. Fidanlık Tekniği. KT¼ Orman Fak¼ltesi, Ders Teksirleri Serisi, 70, Trabzon.
- Yahyaog¼lu, Z., & Genç, M., 2007. Kalite Sınıflaması alışmaları ve T¼rkiye için neriler. In Fidan Standardizasyonu, Standart Fidan Yetiştirmenin Biyolojik ve Teknik Esasları. pp. 467-491.



Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak saf kavak meşcerelerinde meşcere hacmi ve göğüs yüzeyinin tahmin edilmesi

Sultan Demir¹, Alkan Günlü^{2*}

¹Orman Genel Müdürlüğü, Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü, Erzurum, Türkiye

²Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Uluyazı Kampüsü, Merkez, Çankırı, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 30/09/2024
Kabul Tarihi : 15/11/2024
<https://doi.org/10.53516/ajfr.1558255>
*Sorumlu Yazar:
alkangunlu@karatekin.edu.tr

ÖZ

Giriş ve Hedefler Meşcere hacmi ve göğüs yüzeyi gibi meşcere özellikleri orman kaynaklarını değerlendirmek için önemlidir. Bu nedenle, sürdürülebilir bir şekilde ormanların planlanmasında meşcere özelliklerinin doğru ve güvenilir bir şekilde belirlenmesi kritik öneme sahiptir. Geleneksel olarak, meşcere özellikleri arazide envanter aşamasında yersel ölçümlerle belirlenmektedir. Ancak geniş ormanlık alanlarda meşcere özelliklerinin belirlenmesi oldukça emek isteyen, maliyetli ve zaman alıcı olmaktadır. Son yirmi yılda gelişen uzaktan algılama teknolojisinde meydana gelen

Araştırma Makalesi

değişmelerle birlikte uzaktan algılama verileri kullanılarak meşcere özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar sürekli artmaktadır.

Yöntemler Çalışmada toplam 121 adet örnek alandan elde edilen veriler kullanılmıştır. Her bir örnek alan için meşcere hacmi ve göğüs yüzeyi değerleri hesaplanmıştır. Bununla birlikte, her bir örnek alan için Sentinel-2 uydu görüntüsünden elde edilen bant reflektans ve vejetasyon indis değerleri hesaplanmıştır. Meşcere hacmi ve göğüs yüzeyi ile uydu görüntüsünden elde edilen değişkenler arasındaki ilişkiler çoğul regresyon analizi ile modellenmiş ve toplam 6 adet model geliştirilmiştir.

Bulgular Çalışmadan elde edilen bulgular incelendiğinde meşcere hacmi için en iyi model başarısı bant reflektans ve vejetasyon indislerinin birlikte bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde, meşcere göğüs yüzeyi için ise sadece vejetasyon indislerinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modelde bulunmuştur.

Sonuçlar Geliştirilen model başarıları incelendiğinde en iyi model belirtme katsayısı, meşcere hacmi için ($R^2_{düz}=0,569$; $Sy.x=0,49989$ m³/ha) ve meşcere göğüs yüzeyi için ise ($R^2_{düz}=0,420$; $Sy.x=0,47304$ m²/ha) olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Meşcere parametresi, uzaktan algılama, modelleme

Estimating stand volume and basal area using Sentinel-2 satellite image in pure poplar stands

ABSTRACT

Background and aims Stand characteristics, such as stand volume and basal area, are important for assessing forest resources. Therefore, accurately and reliably determining stand characteristics is critical for sustainable forest planning. Traditionally, stand characteristics are determined through ground measurements during the inventory phase in the field. However, determining stand characteristics over large forested areas is labor-intensive, costly, and time-consuming. With advancements in remote sensing technology over the past two decades, studies on determining stand characteristics using remote sensing data have been continuously increasing.

Methods In the study, data from a total of 121 sample plots were used. For each sample plot, stand volume and basal area values were calculated. Additionally, band reflectance and vegetation index values obtained from Sentinel-2 satellite imagery were calculated for each sample plot. Relationships between stand volume, basal area, and the variables derived from satellite imagery were modeled using multiple regression analysis, and a total of 6 models were developed.

Results When the study findings were examined, the best model performance for stand volume was found in the model where band reflectance and vegetation indices were included as independent variables. For basal area, the best performance was achieved in the model where only vegetation indices were used as independent variables.

Conclusions Upon examining the performance of the developed models, the best coefficient of determination was found to be $R^2_{adj}=0,569$; $Sy.x=0,49989$ m³/ha) for stand volume and $R^2_{adj}=0,420$; $Sy.x=0,47304$ m²/ha for basal area.

Key Words: Stand parameters, remote sensing, modeling

Bu makaleye atf:

Demir, S., Günlü, A. 2024. Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak saf kavak meşcerelerinde meşcere hacmi ve göğüs yüzeyinin tahmin edilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 78-86.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Ormanlar, dünya yüzeyinin yaklaşık üçte birini kaplamakta ve küresel karbon depolamanın en önemli bileşeni olarak bilinmektedir (Dixon et al. 1994). Bununla birlikte ormanlar topluma sunmuş olduğu ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel fonksiyonlarla birlikte sürdürülebilir kalkınmaya önemli katkılar sağlamaktadır (FAO 2010). Ormanlar çeşitli ekosistem hizmetleri sağlamaktadır. Biyolojik çeşitliliğin korunması ve iklim değişikliğinin azaltılması için önemli olmakla birlikte aynı zamanda çeşitli endüstriyel amaçlar için odun üretimi sağlamakta, dinlenme ve rekreasyon yeri olarak işlev görmektedirler. Ormanlardan bu çeşitli hizmetlerin sağlanması için planlı olarak yönetilmesi gerekmektedir. Ormanların etkili bir şekilde planlanmasının yapılabilmesi için ormanın mevcut durumuna ilişkin bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ormanların planlanması ve yönetilmesinde, gerekli niceliksel ve niteliksel özellikler hakkında bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır (Lu et al. 2004, Zahriban et al. 2019). Tüm orman alanının ölçümü genellikle imkânsız olduğundan, genellikle, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı ve meşcere hacmi vb. gibi meşcere özelliklerini tahmin etmek için ormanlık alanlar üzerinde belirli aralık mesafeler ile örnekleme yapılarak envanter çalışması gerçekleştirilmektedir. Göğüs yüzeyi ve meşcere hacmi gibi meşcere parametreleri orman amenajman planlarının hazırlanmasında ve sürdürülebilir orman yönetiminde önemli meşcere özellikleri olarak kabul edilmektedir (Zahriban et al. 2015).

Orman amenajman planlarının hazırlanmasında envanter aşamasında alınan örnek alanlardaki bireysel ağaçlarda ölçümler yapılarak örnek alanlara ilişkin hacim ve göğüs yüzeyi gibi meşcere özellikleri hesaplanmaktadır. Geleneksel olarak bu verilerin envanter aşamasında elde edilmesi oldukça maliyetli olmakla birlikte zaman almaktadır (Hyypa et al. 2000). Son çeyrek yüzyılda yapılan çalışmalarda uzaktan algılama verileri, geniş orman alanlarında meşcere özelliklerinin tahmin edilmesinde kullanılmaya başlanmıştır (Hyypa et al. 2000, Özdemir and Karnieli 2011, Günlü et al. 2014, Günlü et al. 2021, Bulut et al. 2023).

Meşcere hacmi ve meşcere göğüs yüzeyi gibi meşcere özelliklerinin tahmin edilmesine yönelik yapılan çalışmalarda aktif (Long et al. 2020, Günlü and Ercanlı, 2020) ve pasif (Kayitakire et al. 2006, Ghahramany et al. 2012, Günlü et al. 2015, Bulut 2021, Demirel 2022, Aksoy 2023) olmak üzere birçok farklı uydu görüntüsü kullanılmaktadır. Farklı uydu görüntülerinden elde değişkenler ile meşcere hacmi, meşcere göğüs yüzeyi, meşcere ağaç sayısı, meşcere orta çapı, topraküstü biyokütle, topraküstü karbon gibi meşcere özelliklerinin tahmin edilmesinde hem parametrik hem de parametrik olmayan modelleme teknikleri kullanılmaktadır (Zhu and Liu, 2015). Konu ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde; meşcere özelliklerinin tahmin edilmesinde genellikle regresyon analizi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Gama et al. 2010, Günlü et al. 2014, Sakıcı and Günlü, 2018, Günlü et al. 2021). Bununla birlikte, son yıllarda meşcere özelliklerinin tahmin edilmesinde parametrik olmayan yapay sinir ağları ve derin öğrenme gibi modelleme teknikleri de kullanılmaktadır (Günlü and Ercanlı, 2020, Bulut et al. 2023, Aksoy, 2024).

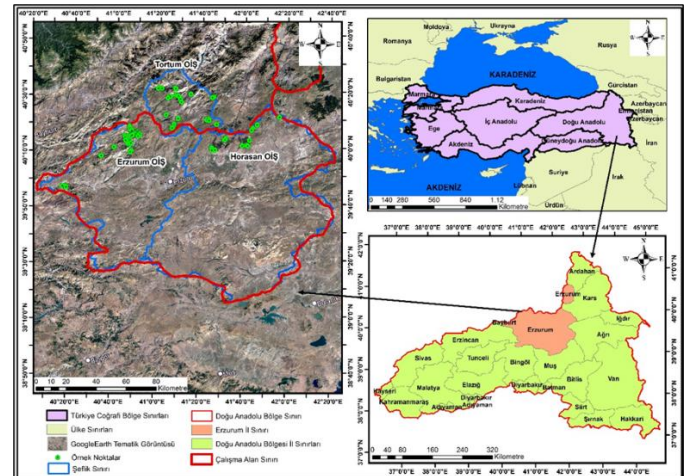
Bu çalışmada, Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü (OBM), Erzurum Orman İşletme Müdürlüğü (OİM)'ne bağlı Erzurum, Horasan ve Tortum Orman İşletme Şeflik (OİŞ)'lerinde 2021

yılında amenajman planlarının yenilenmesi aşamasında gerçekleştirilen envanter çalışması kapsamında doğal saf kavak meşcerelerinden alınan 121 adet örnek alan verilerinden yararlanılmıştır. Bu çalışmada; her örnek alan için elde edilen hektardaki meşcere hacmi ve göğüs yüzeyi ile Sentinel-2 bant reflektans ve vejetasyon indis değerleri arasındaki ilişkiler çoğul regresyon analizi ile modellenmiştir. Göğüs yüzeyi ve meşcere hacmi için geliştirilen modellerde: (i) bant reflektans değerleri, (ii) vejetasyon indisleri ve (iii) bant reflektans ile vejetasyon indisleri birlikte bağımsız değişken olarak yer almıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma alanı

Çalışma alanları Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü, Erzurum Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Erzurum, Horasan ve Tortum Orman İşletme Şeflikleri (OİŞ) sınırlarında yer alan saf kavak meşcerelerinden oluşmaktadır. Çalışma alanları genel olarak 39° 50' 00"- 40° 50' 00" kuzey enlemleriyle, 40° 20' 00"- 42° 20' 00" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Erzurum OİŞ'nin yükseltisi 1500 m ile 3176 m arasında, Horasan OİŞ'nin yükseltisi 1505 m ile 3193 m ve Tortum OİŞ'nin ise yükseltisi 1200 m ile 3239 m arasında değişmektedir. Erzurum, Horasan ve Tortum OİŞ'de yıllık ortalama yağış 406,1 mm ve ortalama sıcaklık 5,6°C'dir (Anonim 2022). Çalışma alanının lokasyonu Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumsal haritası

2.2 Materyal

Bu çalışmada, Erzurum, Horasan ve Tortum Orman İşletme Şefliklerinin meşcere tipleri haritaları, 09.09.2021, 10.09.2021 ve 11.9.2021 tarihli Sentinel-2 uydu görüntüleri ile orman amenajman planlarının yenilenmesi aşamasında envanter çalışmalarında saf kavak meşcerelerinden farklı gelişim çağı, kapalılık ve bonitet sınıflarından alınan 121 adet örnek alanla ilişkin envanter karnesi verileri materyal olarak kullanılmıştır.

2.3 Yöntem

2.3.1 Envanter verilerine ilişkin değerlendirmeler

2021 yılında Erzurum, Horasan ve Tortum OİŞ'lerinin orman amenajman planlarının yenilenmesi çalışmalarında

alınan envanter karne verileri içerisinde saf kavak meşcerelerine ait 121 adet örnek alan verisi Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı'ndan temin edilmiştir. Her örnek alan için envanter karne verisi içerisinde yer alan ağaçların göğüs çapı (d1.3) verileri kullanılarak her bir ağaç için meşcere hacmi (m³) ve göğüs yüzeyi (m²) hesaplanmıştır. Her bir ağacın dikili gövde hacminin hesaplanmasında, Bayburtlu (2007) tarafından saf kavak meşcereleri için geliştirilen tek girişli ağaç hacim denklemi kullanılmıştır. Örnek alandaki ağaçların dikili gövde hacimleri toplanarak, her bir örnek alanın toplam hacmi hesaplanmıştır. Örnek alan büyüklüğü (400, 600 ve 800 m²) dikkate alınarak örnek alan için hesaplanan hacim değerleri kullanılarak hektardaki hacim miktarları hesaplanmıştır.

$$\text{LogV} = -3.483 + 1.0931 \times \text{LogD} + 0.969 \times (\text{LogD})^2 - 0.135 \times (\text{LogD})^4 \quad (1)$$

Denklemin; R²=0,98, ortalama mutlak hata yüzdesi %13,2 ve toplam hata yüzdesi ise %1,99'dur. V (m³): bir ağacın dikili gövde hacmi, D: örnek alan içindeki her bir ağacın göğüs yüksekliğindeki çapı (cm)

Örnek alanlardaki her bir ağacın göğüs yüzeyi Denklem (2) kullanılarak hesaplanmıştır. Örnek alandaki ağaçların göğüs

yüzeyleri toplanarak, her bir örnek alanın toplam göğüs yüzeyi hesaplanmıştır. Örnek alan büyüklüğü (400, 600 ve 800 m²) dikkate alınarak örnek alan için hesaplanan göğüs yüzeyi değerleri kullanılarak hektardaki göğüs yüzeyi miktarları hesaplanmıştır.

$$GY = \frac{\pi}{4} d_{1.3}^2 \quad (2)$$

GY (m²): bir ağacın göğüs yüzeyi, d1.3= örnek alan içindeki her bir ağacın göğüs yüksekliğindeki çapı(cm)

2.3.2 Sentinel-2 uydu görüntüsüne ilişkin değerlendirmeler

Sentinel-2 uydu görüntüsü <https://apps.sentinel-hub.com/> web adresinden ücretsiz olarak indirilmiştir. Sentinel-2 görüntüsüne ait ve konumsal çözünürlüğü 10 m olan Bant 2, Bant 3, Bant 4 ve Bant 8, konumsal çözünürlüğü 20 m olan Bant 5 (B5), Bant 6 (B6), Bant 7 (B7), Bant 8A (B8A), Bant 11 (B11) ve Bant 12 (B12) kullanılmıştır. Sentinel-2 görüntüsüne ilişkin bazı bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Sentinel-2 uydu görüntüsüne ait bazı bilgiler

	Bantlar	Dalga boyu (nm)	Konumsal çözünürlük(m)
Sentinel-2	B2	458 – 523	10
	B3	543 – 578	10
	B4	650 – 680	10
	B5	698 – 713	20
	B6	733 – 748	20
	B7	773 – 793	20
	B8	785 – 900	10
	B8A	855 – 875	20
	B11	1565 – 1655	20
	B12	2100 – 2280	20

2.3.3 Sentinel-2 uydu görüntüsünden bant reflektans değerlerinin hesaplanması

Sentinel-2 uydu görüntüsü analize hazır hale getirilmek için bazı ön işlemlere (atmosferik düzeltme) tabi tutulmuştur. Sentinel-2 uydu görüntüsü QGIS Desktop 3.8.1 programı kullanılarak kalibre edilmiş ve reflektans görüntüleri elde edilmiştir. Sentinel-2 uydu görüntüsüne ait bantlar üzerine örnek alanlar atılarak her bir örnek alan için bantlara ilişkin reflektans değerleri hesaplanmıştır. Örnek alanların reflektans değerleri örnek alanın büyüklüğü dikkate alınarak atılan buffer zon (400 m² için 11,28 m, 600 m² için 13,82 ve 800 m² için 15,96 m) içerisine düşen piksellerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bu işlem ArcGIS 10.6.1 programı ile yapılmıştır.

2.3.4 Sentinel-2 uydu görüntüsünden vejetasyon indislerine ilişkin değerlerin hesaplanması

Çalışmada kullanılan Sentinel-2 uydu görüntüsünün her bir bant için hesaplanan bantlara ilişkin reflektans değerleri dikkate alınarak örnek alanlara ilişkin Çizelge 2'deki vejetasyon indisleri hesaplanmıştır.

2.3.5 İstatistiksel analiz

Örnek alanlara ilişkin göğüs yüzeyi ve meşcere hacmi değerleri ile Sentinel-2 bant reflektans ve vejetasyon indis değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler çoğul regresyon analizi ile modellenmiştir. Meşcere hacmi ve göğüs yüzeyini, Sentinel-2 görüntüsünden elde edilen değişkenlere göre tahmin eden çoğul regresyon model yapısı Denklem (3) yer almaktadır.

$$\text{Meşcere hacmi} / \text{Göğüs Yüzeyi} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (3)$$

Denklemden; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ denklem parametrelerini, $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ Sentinel-2 uydu görüntüsü için her örnek alan için elde edilen bant reflektans ile vejetasyon indis değerlerini ve ε ise model hatasını ifade etmektedir.

Modellerin geliştirilmesinde SPSS istatistik paket programı kullanılmıştır (SPSS 27.0 Inc. 2007). Çalışmada 121 adet örnek alan verisi kullanılmıştır. Bu veriler rastgele ikiye ayrılmıştır. Örnek alan verisinin %75'i (n=91) modellerin geliştirilmesinde ve %25'i (n=30) ise modellerin test edilmesinde kullanılmıştır. Sentinel-2 uydu görüntüsünden elde edilen verilere bağlı olan farklı bağımsız değişkenlerden, %95 güvenle anlamlı değişkenlerin belirlenmesinde, Aşamalı (Stepwise) değişken seçimi yöntemi kullanılmıştır.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan vejetasyon indisleri

Vejetasyon İndisi	Formül	Kaynak
MSI	B11/B8	Hunt and Rock (1989)
NBR	(B8-B12) / (B8+B12)	Key and Benson (2006)
GNDVI	(B8-B3) / (B8+B3)	Gitelson <i>et al.</i> (1996)
EVI	2.5x(B8-B4) / (B8+6.0x B4-7.5x B2)+1.0)	Liu and Huete (1995)
CCCI	(B8-B5)/(B8+B5)/(B8-B4)/(B8+B4)	El-Shikha <i>et al.</i> (2008)
GEMI	(0,3125-B4)/(1-B4)	Pinty and Verstraete (1992)
GOSAVI	(B8-B3)/(B8+B3+0,16)	Rondeaux <i>et al.</i> (1996)
MCARI	(B5-B4)-0,2x(B5-B3) x B5/B4	Daughtry <i>et al.</i> (2000)
PVR	(B3-B4)/(B3+B4)	Metternicht (2003)
SARVI2	2,5 x(B8-B4)/(1+B8+6B4-7,5x B2)	Huete <i>et al.</i> (1997)
SARVI	(1,0+0,487)x(B8-0,8723)/((B8-(0,8723)+L))	Kaufman and Tanre (1992)
GARI	(B8-(B3-(B2-B4)))/(B8-(B3+(B2-B4)))	Gitelson <i>et al.</i> (1996)
WDVI	B8-0,46x B4	Clevers (1989)
GVMi	((B8+0,1)-(B12+0,02))/((B8+0,1)+(12+0,02))	Ceccato <i>et al.</i> (2002)
GRVI	(TM2-TM3)/(TM2+TM3)	Tucker (1979)
SCI	(B11-B8)/(B11+B8)	Zarco-Tejada <i>et al.</i> (2001)
ARVI2	-0,18+1,17x(B8-B4)/(B8+B4)	Kaufman and Tanre (1992)
LCI	(B8-B5)/(B8+B4)	Thenkabail <i>et al.</i> (1999)

Meşcere hacmi ve göğüs yüzeyinin Sentinel-2 uydu görüntüsünden elde edilen değişkenlerle birlikte tahmin edilmesinde istatistiksel olarak anlamlı model seçenekleri belirlenmiştir. Model başarılarının değerlendirilmesinde düzeltilmiş R^2 ($R_{düz}^2$) Denklem (4) ve standart hata ($Sy.x$) ölçütleri Denklem (5) dikkate alınmıştır. Bu ölçütlere ilişkin formüller aşağıda verilmiştir.

Model Belirtme Katsayısı:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_g - y_t)^2}{\sum_{i=1}^n (y_g - y_{og})^2} \quad (4)$$

Tahminin Standart Hatası:

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum (V/GY_i - V/GY_t)^2}{N-p}} \quad (5)$$

İlgili formüllerde; y_g ; gözlem, y_t ; tahmin, y_{og} ; ortalama gözlem, $V/GY = i$. gözlem meşcere hacmi/göğüs yüzeyi, $V/GY_t = i$. tahmin meşcere hacmi/göğüs yüzeyi, V =meşcere hacmi, GY =göğüs yüzeyi, N =gözlem sayısı ve p =parametre sayısı

Bu çalışmada geliştirilen modellerden, düzeltilmiş R^2 ($R_{düz}^2$) ve standart hata ($Sy.x$) ölçütlerine göre en başarılı model belirlendikten sonra, bu modelin çalışma alanındaki meşcerelere uygunluğunun denetimi, toplam örnek alan verisinin %25'ni oluşturan 30 örnek alan yardımıyla yapılmıştır. Seçilen en iyi modelin denetiminde kullanılan örnek alanların (30 adet) arazide ölçülen meşcere hacmi ve göğüs yüzeyi ile geliştirilen modellerle tahmin edilen meşcere hacmi ve göğüs yüzeyi değerleri İki Eş Arasındaki Farkın Önemlilik Testi (Paired t test) kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır (Batu 1995, Kalıpsız 1988). Elde edilen meşcere hacmi ve göğüs yüzeyi değerleri arasında iki farklı yöntemle yapılan karşılaştırmalardan, eğer ilkinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoksa ($p > 0,05$), modelin çalışma alanı için geçerli olduğu, ikinci durumda ise meşcere hacmi ve göğüs yüzeyi değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark varsa ($p < 0,05$), modelin geçerli olmadığı sonucuna varılabilir.

3. Bulgular

Her bir örnek alan için hesaplanan meşcere hacmi ve meşcere göğüs yüzeyi değerleri ile Sentinel-2 bant reflektans ve vejetasyon indis değerleri arasındaki ilişkiler modellenmiştir. Toplam 6 adet regresyon modeli geliştirilmiştir. Bu modeller meşcere göğüs yüzeyi ve meşcere hacmi için M1: Sentinel-2 bant reflektans, M2: Sentinel-2 vejetasyon indisleri ve M3: bant reflektans ve vejetasyon indisleri şeklindedir. Çoğul regresyon modellerine ilişkin bilgiler Çizelge 3-Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 3. Göğüs yüzeyini Sentinel-2 bant reflektans değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsavıları	Standart hata	t-istatistiği	p
	2,519	0,261	9,666	0,001
B5	-31,426	5,834	-5,387	0,001
B8	5,415	1,404	3,858	0,001
B12	10,896	3,505	3,109	0,003
$R_{düz}^2=0.342$ $Sy.x=0.56861$				

Çizelge 3 incelendiğinde Sentinel-2 bant reflektans değişkenlerinin yer aldığı modelde, modelin belirtme katsayısı $R_{düz}^2=0,342$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4 incelendiğinde Sentinel-2 vejetasyon indis değişkenlerinin yer aldığı modelde, modelin belirtme katsayısı $R_{düz}^2=0,420$ olarak bulunmuştur. Bant reflektans değerlerine ilişkin elde edilen model belirtme katsayısı ile karşılaştırıldığında, vejetasyon indislerinin yer aldığı modelde daha başarılı sonuç elde edilmiştir.

Çizelge 4. Göğüs yüzeyini Sentinel-2 vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart hata	t-istatistiği	P
GNDVI	-33,858	6,408	-5,284	0,000
EVI	-3,057	1,526	-2,003	0,009
CCCI	1,727	0,890	1,939	0,006
CCCI	3,378	0,883	3,825	0,000
GEMI	33,214	6,314	5,260	0,000
GVMİ	-2,112	0,990	-2,133	0,036
SARVI	0,013	0,004	3,088	0,003

$$R_{düz}^2=0,420 \text{ Sy, } x=0,47304$$

Çizelge 5. Göğüs yüzeyini Sentinel-2 bant reflektans ve vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart hata	t-istatistiği	P
	2,608	0,297	8,773	0,000
B5	-23,712	4,618	-5,135	0,000
SARVI	0,011	0,003	3,682	0,000
GOSAVI	4,462	1,442	3,095	0,003
B12	7,210	3,364	2,143	0,035

$$R_{düz}^2=0,392 \text{ Sy, } x=0,53994$$

Çizelge 5 incelendiğinde Sentinel-2 bant reflektans ve vejetasyon indislerinin yer aldığı modelde, model belirtme katsayısı $R_{düz}^2=0,392$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 6. Meşçere hacmini Sentinel-2 bant reflektans değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart hata	t-istatistiği	P
	4,065	0,308	13,179	0,000
B3	12,206	3,860	3,163	0,002
B5	-42,669	7,148	-5,970	0,000
B8A	5,761	1,536	3,750	0,000
B12	11,439	3,927	2,913	0,005

$$R_{düz}^2=0,385 \text{ Sy, } x=0,56777$$

Çizelge 6 incelendiğinde Sentinel-2 bant reflektans değişkenlerinin yer aldığı modelde, modelin belirtme katsayısı $R_{düz}^2=0,385$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 7. Meşçere hacmini Sentinel-2 vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart hata	t-istatistiği	P
	1,617	0,940	1,721	0,045
MSI	1,301	0,631	2,062	0,043
CCCI	4,222	0,964	4,379	0,000
GARI	-2,769	0,511	-5,424	0,000
SARVI2	24,228	4,262	5,685	0,000
WDVI	-39,308	6,236	-6,304	0,000

$$R_{düz}^2=0,405 \text{ Sy, } x=0,55822$$

Çizelge 7 incelendiğinde Sentinel-2 vejetasyon indislerinin yer aldığı modelde, modelin belirtme katsayısı $R_{düz}^2=0,405$ olarak bulunmuştur.

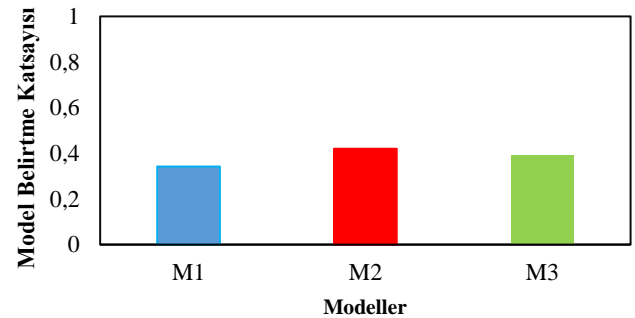
Çizelge 8. Meşçere hacmini Sentinel-2 bant reflektans ve vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart hata	t-istatistiği	P
	68,026	6,844	5,918	0,000
B2	-106,127	7,312	-3,569	0,001
B5	-81,781	4,142	-3,700	0,000
B7	-22,019	6,173	-3,217	0,002
B8A	20,690	3,713	2,830	0,006
NBR	17,894	5,969	4,320	0,000
MCARI	-12,428	1,410	-2,013	0,048
CCCI	18,922	31,945	5,096	0,000
GVMİ	-36,716	11,955	-6,151	0,000
GARI	-7,467	3,126	-5,296	0,000
GOSAVI	-189,141	11,363	-5,921	0,000
LCI	-59,335	2,541	-4,963	0,000
PVR	-15,900	3,107	-5,086	0,000
SARVI2	62,959	9,199	5,541	0,000
SCI	-9,278	6,844	-3,652	0,001
WDRVI	14,572	7,312	4,690	0,000
ARVI2	44,084	4,142	4,792	0,000

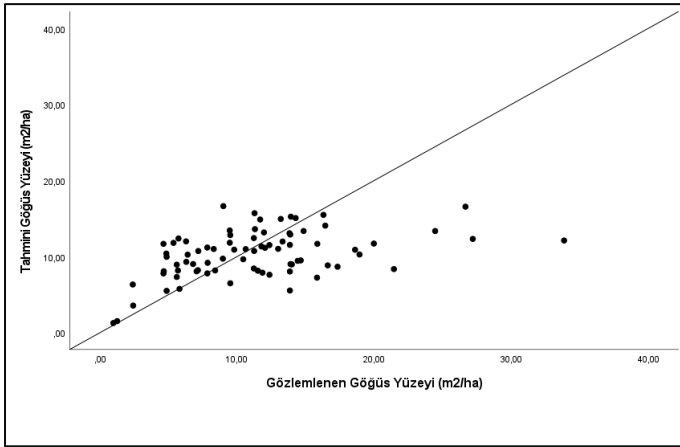
$$R_{düz}^2=0,569 \text{ Sy, } x=0,49989$$

Çizelge 8 incelendiğinde Sentinel-2 bant reflektans ve vejetasyon indislerinin birlikte yer aldığı modelde diğer bir ifadeyle bu çalışmada elde edilen en başarılı modelin, model belirtme katsayısı $R_{düz}^2=0,569$ olarak bulunmuştur.

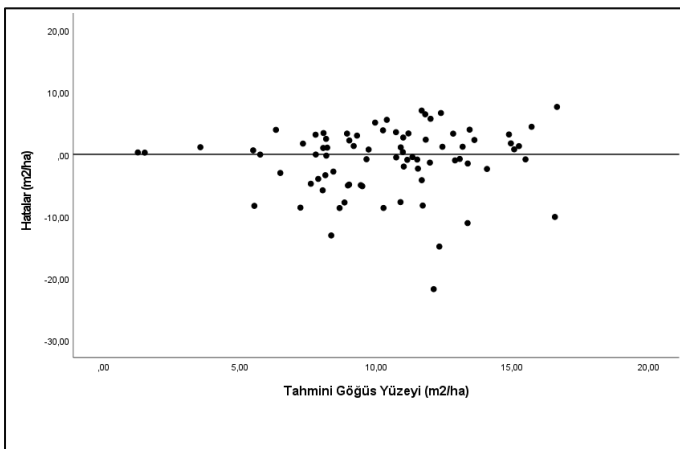
Çalışma kapsamında göğüs yüzeyi için 3 farklı regresyon modelinin başarı düzeylerini gösteren grafik Şekil 2'de verilmiştir. Çalışmada göğüs yüzeyi için geliştirilen 3 farklı regresyon modeli arasında en iyi tahmin sonucunu veren 2 (M2) nolu modeldir (Çizelge 4). Bu modele göre tahmin edilen göğüs yüzeyinin envanter karnelerinden hesaplanan göğüs yüzeyine göre değişimi Şekil 3'te verilmiştir. En başarılı göğüs yüzeyi modeli ile elde edilen hataların, tahmin edilen göğüs yüzeyine göre değişimi Şekil 3'te verilmiştir.

**Şekil 2.** Regresyon modellerine göre model başarıları (göğüs yüzeyi için)

Göğüs yüzeyini en iyi tahmin eden modele (Çizelge 4) ilişkin hataların, tahmini göğüs yüzeyine göre değişimi Şekil 4'te verilmiştir.



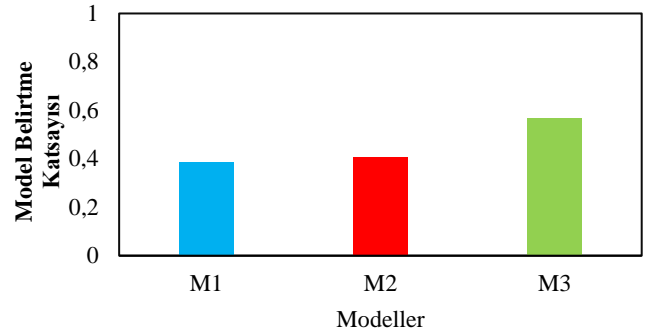
Şekil 3. En iyi regresyon modeline (Model 2) göre hesaplanan göğüs yüzeyi ile tahmin edilen göğüs yüzeyi ilişkisi



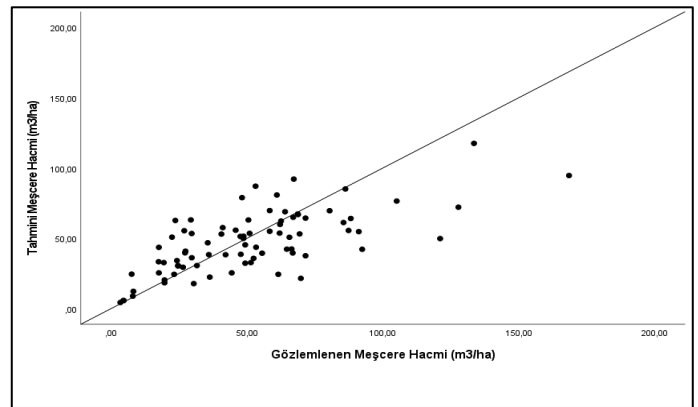
Şekil 4. En iyi regresyon modelini (Model 2) esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini göğüs yüzeyi ilişkisi

Göğüs yüzeyini tahmin etmek amacıyla geliştirilen modeller arasında en başarılı sonuçların elde edildiği göğüs yüzeyi modelinin, örneklenen topluma uygunluğu bağımsız bir veri setiyle test edilmiştir. Bu regresyon modeliyle elde edilen tahminler ile gözlem değerleri arasındaki farkı değerlendirmek için Eşleştirilmiş t testi (Paired t test) kullanılmıştır. Eşleştirilmiş t testi sonuçlarına göre (en başarılı regresyon modeli için $t=1,285$, $p=0,209$), tahmin edilen ve gözlenen göğüs yüzeyi değerleri arasında $\alpha=0,05$ önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Başka bir deyişle, bu çalışma kapsamında geliştirilen en iyi regresyon modelinin, verilerin elde edildiği saf kavak meşcereleri için geçerli olduğu söylenebilir.

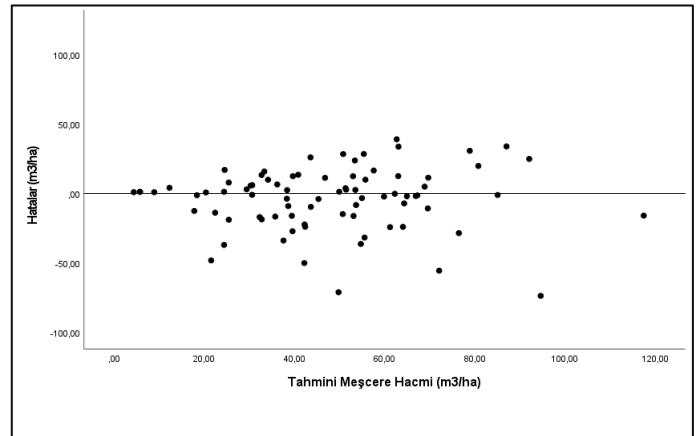
Çalışma kapsamında meşcere hacmi için geliştirilen 3 farklı regresyon modelinin başarı düzeylerine gösterir grafik Şekil 5'te verilmiştir. Meşcere hacmi için geliştirilen 3 farklı regresyon modeli arasında en iyi tahmin sonucunu veren model 3 (M3)'tür (Çizelge 8). Bu modele göre tahmin edilen meşcere hacminin envanter karnelerinden hesaplanan meşcere hacmine göre değişimi Şekil 6'da verilmiştir. En başarılı meşcere hacmi modeli ile elde edilen hataların, tahmin edilen meşcere hacmine göre değişimi Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 5. Regresyon modellerine göre model başarıları (meşcere hacmi için)



Şekil 6. En iyi regresyon modeline (Model 3) göre hesaplanan meşcere hacmi ile tahmin edilen meşcere hacmi ilişkisi



Şekil 7. En iyi regresyon modelini (Model 3) esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini meşcere hacmi ilişkisi

Meşcere hacminin tahmin edilmesi amacıyla geliştirilen modeller arasında en başarılı sonuçları veren meşcere hacmi modelinin, örneklenen topluma istatistiksel olarak uygunluğu bağımsız bir veri setiyle test edilmiştir. Bu regresyon modeliyle elde edilen tahminler ve gözlem değerleri arasındaki farkın değerlendirilmesinde Eşleştirilmiş t testi (Paired t test) kullanılmıştır. Eşleştirilmiş t testi sonuçlarına göre (en başarılı regresyon modeli için $t=0,394$, $p=0,696$), tahmin edilen ve gözlenen meşcere hacmi değerleri arasında $\alpha=0,05$ önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$). Başka bir deyişle, bu çalışma kapsamında geliştirilen en iyi regresyon modelinin, verilerin elde edildiği saf kavak meşcereleri için geçerli olduğu söylenebilir.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Erzurum OBM, Erzurum OİM'ne bağlı Erzurum, Horasan ve Tortum OİŞ'lerinde yayılış gösteren Saf kavak meşcerelerinden alınan örnek alanlardan hesaplanan meşcere göğüs yüzeyi ve meşcere hacmi ile Sentinel-2 bant reflektans ve vejetasyon indis değişkenleri arasındaki ilişkiler çoğul regresyon analizi ile modellenmiştir. Meşcere göğüs yüzeyi için 3 ve meşcere hacmi için 3 olmak üzere toplam 6 adet çoğul regresyon modeli geliştirilmiştir. Elde edilen modellerin başarıları $R^2_{düz} = 0,342$ ile $R^2_{düz} = 0,569$ arasında değişmektedir. Meşcere göğüs yüzeyi için en başarılı model sonucu (M2) ($R^2_{düz} = 0,420$), Sentinel-2 vejetasyon indis değişkenlerinin yer aldığı modelde elde edilmiştir. Meşcere hacmi için ise en başarılı model sonucu (M3) ($R^2_{düz} = 0,569$) Sentinel-2 bant reflektans ve vejetasyon indislerinin birlikte yer aldığı modelde elde edilmiştir.

Konu ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalar incelendiğinde; Sentinel-2 ile saf kavak meşcerelerinde meşcere parametrelerinin tahminine yönelik herhangi bir çalışma bulunamamıştır. Bununla birlikte özellikle de Türkiye'de Sentinel-2 ile meşcere parametrelerinin tahminine yönelik yapraklı ağaç türlerinde herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Türkiye'de Sentinel-2 ile ibrelili bazı ağaç türlerinde meşcere parametrelerinin tahminine yönelik yapılmış çalışmalar vardır. Bulut (2021) tarafından saf karaçam meşcerelerinde yapılan çalışmada Sentinel-2 bant reflektans değerleri ve vejetasyon indisleri ile göğüs yüzeyi arasındaki ilişkiler modellenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde reflektans değerleri için model belirtme katsayısı $R^2=0,41$ ve vejetasyon indisleri için ise $R^2=0,45$ düzeyinde bulunmuştur. Bizim çalışmamıza göre model belirtme katsayıları biraz daha yüksek bulunmuştur. Aksoy (2023) tarafından saf sarıçam meşcerelerinde yapılan çalışmada ise Sentinel-2 bant reflektans değerleri ve vejetasyon indisleri ile göğüs yüzeyi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde reflektans değerleri için model belirtme katsayısı $R^2=0,45$ ve vejetasyon indisleri için ise $R^2=0,42$ düzeyinde bulunmuştur. Bizim çalışmamızla karşılaştırıldığında vejetasyon indisleri için benzer sonuçların elde edildiği görülmüştür. Demirel (2022) tarafından saf sarıçam meşcerelerinde yapılan çalışmada meşcere göğüs yüzeyi ile Sentinel-2 reflektans değerleri arasında ilişkiler modellenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde model belirtme katsayısı $R^2=0,344$ bulunmuşken saf karaçam meşcerelerinde ise göğüs yüzeyi için herhangi bir model elde edilememiştir. Bununla birlikte çalışmada kullandığımız Sentinel-2 uydu görüntüsünün konumsal çözünürlüğüne yakın çözünürlükte olan uydu görüntüleri kullanılarak meşcere göğüs yüzeyinin tahmine yönelik çalışmalarda literatürde mevcuttur. Bu çalışmaların bazıları incelendiğinde; Özgün (2014) Landsat TM uydu görüntüsü ile göğüs yüzeyini tahmin etmiştir. Bant parlaklık değerleri ile model belirtme katsayısı $R^2=0,519$ bulunmuşken vejetasyon indisleri ile $R^2=0,575$ düzeyinde bulunmuştur. Çil vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada göğüs yüzeyi ile Landsat 8 dijital parlaklık değerleri ile vejetasyon indisleri arasındaki ilişkiler incelenmiş ve çalışmada model belirtme katsayısı $R^2=0,67$ olarak bulunmuştur.

Yukarıda da ifade edildiği gibi Türkiye'de yapraklı ağaç türlerinde Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak meşcere hacminin tahminine yönelik çalışmalara literatürde

rastlanılmamıştır. Buna karşın ibrelili ağaç türlerinde Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak meşcere hacminin tahminine yönelik bazı çalışmalar mevcuttur. Bulut (2021) tarafından saf karaçam meşcerelerinde gerçekleştirdiği çalışmada Sentinel-2 bant reflektans ve vejetasyon indisleri ile meşcere hacmi tahmin edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; bant reflektans değerleri ile $R^2_{düz}=0,44$ ve vejetasyon indisleri ile $R^2_{düz}=0,47$ olarak bulunmuştur. Demirel (2022) tarafından saf sarıçam ve saf karaçam meşcerelerinde gerçekleştirilen çalışmada Sentinel-2 uydu görüntüsünden elde edilen değişkenler kullanılarak meşcere hacminin tahminine yönelik tahmin modelleri geliştirmiştir. Geliştirilen modellerin model belirtme katsayıları incelendiğinde; saf karaçam meşcerelerinde başarılı modeller elde edilememiştir ($R^2_{düz}=0,095$ ve $R^2_{düz}=0,083$). Buna karşın saf sarıçam meşcerelerinde ise saf karaçam meşcerelerinden elde edilen modellere göre daha başarılı model belirtme katsayıları ($R^2_{düz}=0,10$ ve $R^2_{düz}=0,123$) elde edilmiştir. Aksoy (2023) tarafından saf sarıçam meşcerelerinde gerçekleştirdiği çalışmada ise Sentinel-2 bant reflektans ve vejetasyon indisleri ile meşcere hacmi arasındaki ilişkiler modellenmiştir. Bant reflektans ile $R^2_{düz}=0,49$ ve vejetasyon indisleri ile $R^2_{düz}=0,60$ olarak bulunmuştur. Bununla birlikte Sentinel-2 uydu görüntüsünün konumsal çözünürlüğüne yakın çözünürlükte olan uydu görüntüleri kullanılarak meşcere hacminin tahmine yönelik çalışmalar literatürde mevcuttur. Bu çalışmaların bazıları incelendiğinde; Bulut (2021) tarafından yapılan çalışmada Landsat 8 bant reflektans ve vejetasyon indisleri kullanılarak meşcere hacmi tahmin edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; bant reflektans değerleri ile $R^2_{düz}=0,40$ ve vejetasyon indisleri ile $R^2_{düz}=0,47$ olarak bulunmuştur. Bununla birlikte Aksoy (2023) tarafından yapılan Landsat 8 bant reflektans ve vejetasyon indisleri kullanılarak meşcere hacmi tahmin edilmiştir. Çalışmada, Landsat 8 reflektans değerleri ile $R^2_{düz}=0,55$ ve vejetasyon indisleri ile $R^2_{düz}=0,54$ olarak bulunmuştur. Günlü vd. (2013) tarafından saf kayın meşcerelerinde yaptıkları çalışmada Landsat 7 ETM+ bant parlaklık değerleri ile meşcere hacmi arasındaki ilişkiler modellenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuç incelendiğinde $R^2_{düz}=0,545$ düzeyinde model belirtme katsayısı elde edilmiştir. Günlü *et al.* (2015) gerçekleştirilen çalışmada Spot-4 uydu görüntüsü ile meşcere hacmi tahmin edilmiştir. Meşcere hacmi için en başarılı model ($R^2_{düz}=0,67$) uydu görüntüsünden elde edilen bant reflektans ve vejetasyon indislerinin birlikte yer aldığı modelde elde edilmiştir.

5. Öneriler

Özellikle çalışma kapsamında meşcere hacmi için elde edilen en başarılı model çalışma alanına yakın saf kavak meşcerelerinde kullanılabilir. Çalışmadan elde edilen modellerin başarıları farklı uydu görüntüleri ve farklı modelleme teknikleri kullanılarak artırılabilir. Bu nedenle konu ile ilgili gelecekte yapılacak çalışmalarda; Landsat, Alos-Palsar, İnsansız hava aracı, LİDAR vb. uydu görüntülerinden elde edilecek değişkenlerle birlikte derin öğrenme, yapay sinir ağları, çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri, destek vektör makineleri vb. modelleme tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla tahmin gücü daha yüksek modeller geliştirilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma kapsamında, gerekli verilerin (envanter verileri ve orman amenajman planı) sağlanmasında katkı sağlayan Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı'na çok teşekkür ederiz.

Yazar Katkıları

Bu makale; Prof. Dr. Alkan GÜNLÜ danışmanlığında Orman Yüksek Mühendisi Sultan DEMİR tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Sultan DEMİR: Verilerin temin edilmesi ve makalenin yazım aşamasında katkı sağlamıştır. Alkan GÜNLÜ: Uydu görüntülerinin temin edilmesi, analiz edilmesi ve makalenin yazımında katkı sağlamıştır.

Kaynaklar

- Aksoy, H. 2023. Sinop Orman Bölge Müdürlüğü saf sarıçam meşcerelerinde farklı uzaktan algılama verileri kullanılarak bazı meşcere parametrelerinin modellenmesi. Doktora Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, 160 sayfa, Çankırı.
- Aksoy, H. 2024. Estimation stand volume, basal area and quadratic mean diameter using Landsat 8 OLI and Sentinel-2 satellite image with different machine learning techniques. *Transactions in GIS*, 0, 1-18.
- Anonim 2022. Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü, Erzurum Orman İşletme Müdürlüğü, Erzurum, Horasan ve Tortum orman işletme şeflikleri, fonksiyonel orman amenajman planı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi, Ankara.
- Ateşoğlu, A. 2009. Farklı Uydu görüntü verileri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkilerin araştırılması (Bartın-Mugada Örneği). Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, 134 sayfa, Bartın.
- Batu, F. 1995. Uygulamalı istatistik yöntemler, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No:179, Fakülte Yayın No: 22, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Bayburtlu, Ş. 2007. Titrek kavak (*Populus tremula* L.) hacim ve bonitet endeks tablolarının düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61 sayfa, Trabzon.
- Bulut, S. 2021. Ankara Orman Bölge Müdürlüğü saf karaçam meşcerelerinde net birincil üretim ve yaprak alan indeksinin uzaktan algılama teknikleri ile modellenmesi. Doktora Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, 161 sayfa, Çankırı.
- Bulut, S., Günlü, A., Çakır, G. 2023. Modelling some stand parameters using Landsat 8 OLI and Sentinel-2 satellite images by machine learning techniques: a case study in Türkiye. *Geocarto International*, 38(1), 2158238.
- Bulut, S., Günlü, A., Keleş, S. 2016. Estimation of some stand parameters using Göktürk-2 satellite image. *Ist International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016)*, Bursa.
- Ceccato, P., Gobron, N., Flasse, S., Pinty, B., Tarantola, S. 2002. Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data: Part 1: Theoretical approach. *Remote Sensing of Environment*, 82(2-3), 188-197.
- Clevers, J. G. P. W. 1989. Application of a weighted infrared-red vegetation index for estimating leaf area index by correcting for soil moisture. *Remote Sensing of Environment*, 29(1), 25-37.
- Çil, B. 2014. Bazı meşcere parametrelerinin farklı uydu görüntüleri yardımıyla tahmin edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 86 sayfa, Trabzon.
- Daughtry, C. S., Walthall, C. L., Kim, M. S., De Colstoun, E. B., McMurtrey III, J. E. 2000. Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. *Remote sensing of Environment*, 74(2), 229-239.
- Demirel, D. 2022. Saf karaçam ve sarıçam meşcerelerinde sentinel-1 ve sentinel-2 uydu görüntüleri yardımıyla bazı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi (Karadere Orman İşletme Müdürlüğü örneği). Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, 278 sayfa, Kastamonu.
- Dixon R K., Brown S., Houghton R A., Solomon A M. Trexler M C., Wisniewski J. 1994. Carbon Pools and flux global forest ecosystems. *Science*, 263, 185-190.
- El-Shikha, D. M., Barnes, E. M., Clarke, T. R., Hunsaker, D. J., Haberland, J. A., Pinter Jr, P. J., Waller, P. M., Thompson, T. L. 2008. Remote sensing of cotton nitrogen status using the canopy chlorophyll content index (CCCI). *Transactions of the ASABE*, 51(1), 73-82.
- FAO. 2010. Global Forest Resources Assessment 2010 – main Report. FAO Forestry Paper No. 163. Rome.
- Gama, F. F., Santos, J. R., Mura, J. C. 2010. Eucalyptus biomass and volume estimation using interferometric and polarimetric SAR data. *Remote Sensing*, 2(4), 939-956.
- Ghahramany, L., Fatehi, P., Ghazanfari, H. 2012. Estimation of basal area in west oak forest of Iran using remote sensing imagery. *International Journal of Geosciences*, 3, 398-403.
- Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., Merzlyak, M. N. 1996. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 289-298.
- Günlü, A., Ercanlı, I., Başkent, E. Z., Çakır, G. 2014. Estimating aboveground biomass using Landsat TM imagery: A case study of Anatolian Crimean pine forests in Turkey. *Annals of Forest Research*, 57(2), 289-298.
- Günlü, A., Ercanlı, İ. 2020. Artificial neural network models by ALOS PALSAR data for aboveground stand carbon predictions of pure beech stands: a case study from northern of Turkey. *Geocarto International*, 35(1), 17-28.
- Günlü, A., Ercanlı, İ., Başkent, E.Z., Şenyurt, M. 2013. Qıckbird ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri kullanılarak Ayancık-Göldağ Kayın (*Fagus Orientalis* Lipsky) meşcerelerinde hacim tahmini. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 14, 24-30.
- Günlü, A., Ercanlı, İ., Keleş, S., Anlar, H.C. 2015. Modelling of stand volume and tree density using Spot-4 satellite image: a case Study in Devrez Planning unit. *Int. J. Global Warming*, 7(4), 454-465.
- Günlü, A., Ercanlı, İ., Sönmez, T., Başkent, E.Z. 2014. Prediction of some stand parameters using pan-sharpened Ikonos Satellite image. *European Journal of Remote Sensing*, 47, 329-342.
- Günlü, A., Ercanlı, İ., Şenyurt, M., Keleş, S. 2021. Estimation of some stand parameters from textural features from WorldView-2 satellite image using the artificial neural

- network and multiple regression methods: a case study from Turkey. *Geocarto International*, 36(8), 918-935.
- Huete, A.R., Liu, H. Q., Batchily, K. V., Van Leeuwen, W. J. D. A. 1997. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote sensing of environment*, 59(3), 440-451.
- Hunt Jr, E.R., Rock, B. N. 1989. Detection of changes in leaf water content using near-and middle-infrared reflectances. *Remote Sensing of Environment*, 30(1), 43-54.
- Hyyppä, J., Hyyppä, H., Inkinen, M., Engdahl, M., Linko, S., Zhu, Y.H. 2000. Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes. *For Ecol Manage.* 128(1-2), 109–120.
- Kalpırsız, A. 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3194, O.F. Yayın No:354, İstanbul, 407 s.
- Kaufman, Y. J., Tanre, D. 1992. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30(2), 261-270.
- Kayitakire, F., Hamel, C., Defourny, P. 2006. Retrieving forest structure variables based on image texture analysis and Ikonos-2 imagery. *Remote Sensing of Environment*, 102,390–401.
- Key, C. H., Benson, N. C. 2006. Landscape assessment: ground measure of severity, the composite burn index; and remote sensing of severity, the normalized burn ratio. Editors: D. C. Lutes, R. E. Keane, J. F. Caratti, C. H. Key, N. C. Benson, S. Sutherland & L. J. Gangi, FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System. Ogden: USDA Forest Service.
- Liu, H.Q., Huete, A.R. 1995. A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33, 457-465.
- Long, J., Lin, H., Wang, G., Sun, H., Yan, E. 2020. Estimating the growing stem volume of the planted forest using the general linear model and time series quad-polarimetric SAR images. *Sensors*. 20(14), 3957.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E. 2004. Relationships between forests stand parameters and Landsat TM spectral response in the Brazilian Amazon Basin. *Forest Ecology Management*, 198, 149-167.
- Metternicht, G. 2003. Vegetation indices derived from high-resolution airborne videography for precision crop management. *International Journal of Remote Sensing*, 24(14), 2855-2877.
- Ozdemir, I., Karnieli A. 2011. Predicting forest structural parameters using the image texture derived fromWorldView-2 multispectral imagery in a dryland forest. Israel. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(5),701–710.
- Özdemir, İ., Mert, A. 2007. Düzlerçamı kızılçam ormanında Qickbird uydu verileri kullanılarak gövde hacminin tahmini. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 107-118.
- Özgün, M. 2014. Landsat TM uydu görüntüsü yardımıyla bazı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi*, 80 sayfa, Çankırı.
- Özkal, M.K. 2017. Models of forest inventory for Istanbul forest using air borne Lidar and space borne imagery. PhD Thesis, Michigan Technological University.
- Pinty, B. And Verstraete, M. M. 1992. GEMI: a non-linear index to monitor global vegetation from satellites. *Vegetatio*, 101(1), 15-20.
- Rondeaux, G., Steven, M., Baret, F. 1996. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 55(2), 95-107.
- SPSS Institute Inc., 2007. SPSS Base 270 User's Guide, 770 s.
- Thenkabail, P.S., Smith, R. B., De Pauw, E. 1999. Hyperspectral vegetation indices for determining agricultural crop characteristics. New Heaven: Yale University, Center for Earth Observation.
- Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127–150.
- Zahriban Heasari, M., Fallah, A., Shataee, S., Kalbi, S., Persson, H. 2019. Estimating the forest stand volume and basal area using pleiades spectral and auxiliary data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 1131-1136.
- Zarco-Tejada, P. J., Miller, J. R., Noland, T. L., Mohammed, G. H., Sampson, P. H. 2001. Scaling-up and model inversion methods with narrowband optical indices for chlorophyll content estimation in closed forest canopies with hyperspectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39(7), 1491-1507.
- Zhu, X., Liu, D. 2015. Improving forest aboveground biomass estimation using seasonal Landsat DVI time-series. *ISPRS J Photogram Remote Sensing*. 102, 222-231.



Uluabat Gölü (Bursa) alansal değişim analizi (1987-2023)

İmren Kuşcu *1

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 02/10/2024

Kabul Tarihi : 14/11/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1559998>

*Sorumlu Yazar:

imrenn.16@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Uluabat Gölü, Türkiye'nin önemli tatlı su kaynaklarından biri olarak hem doğal güzellikleri hem de ekosistem hizmetleri açısından büyük bir değere sahiptir. Ancak, göl, küresel iklim değişikliği ve insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle olumsuz etkilenmektedir. Bu çalışmanın amacı, Bursa ili sınırları içerisinde yer alan Uluabat Gölü'nde, 1987-2023 yılları arasındaki 36 yıllık dönem boyunca meydana gelen alansal değişimi NDWI, MNDWI, NDPI, WRI

ve AWEInsh indekslerini kullanarak ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda 1987 ile 2023 yıllarındaki alansal değişim, Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak incelenmiş ve çalışma sonucunda gölün 1987 ve 2023 yılları arasında 12,60 km² (%6) alan kaybettiği tespit edilmiştir.

Yöntemler Çalışmada NDWI, MNDWI, NDPI, WRI ve AWEInsh su çıkarım indeksleri kullanılarak Uluabat Gölü'nün alansal değişim ve doğrulama analizleri yapılmıştır.

Bulgular NDWI, MNDWI, NDPI ve WRI indekslerinde 1987 ve 2023 yılları arasındaki alansal değişim farkının orijinal Landsat uydu görüntüleriyle aynı yüzdelik (%6) dilime sahip olduğu tespit edilirken AWEInsh indeksinde diğer indekslerden farklı olarak %4 olduğu tespit edilmiştir.

Sonuçlar Bu çalışma, farklı indeksler kullanılarak göl alanının belirlenmesi ve bu indekslerden hangilerinin çalışma alanı için daha uygun sonuçlar sağladığını belirlemek açısından büyük önem taşımaktadır. Böylelikle ekosistemlerin korunması ve yönetimi için yerel halkın da katılımıyla sürdürülebilir koruma stratejileri geliştirilmesinde iklim değişikliği ve insan kaynaklı tehditlere karşı temel bir dayanak oluşturacaktır. Bu bağlamda, su kaynaklarının bilinçli kullanımı ve etkili denetim sistemlerinin oluşturulması, gölün sağlığının korunması için kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: AWEInsh, CBS, NDWI, MNDWI, NDPI, Uluabat Gölü, WRI

Uluabat Lake (Bursa) Spatial Change Analysis (1987-2023)

ABSTRACT

Background and aims Uluabat Lake, as one of Türkiye significant freshwater resources, great value both for its natural beauty and its ecosystem services. However, the lake is negatively impacted by global climate change and human activities. The aim of this study is to reveal the area changes that have occurred in Uluabat Lake, located within the borders of Bursa Province, over a 36-year period from 1987 to 2023, using the NDWI, MNDWI, NDPI, WRI, and AWEInsh indices. For this purpose, the areal change between 1987 and 2023 was analyzed using Geographical Information Systems and as a result of the study, it was determined that the lake lost 12.60 km² (6%) between 1987 and 2023.

Methods In the study, areal change and validation analyses of Lake Uluabat were conducted using NDWI, MNDWI, NDPI, WRI and AWEInsh water extraction indices.

Results The study found that the difference in areal change between 1987 and 2023 in NDWI, MNDWI, NDPI and WRI indices had the same percentile (6%) as the original Landsat satellite imagery, while the AWEInsh index was found to be 4% different from the other indices.

Conclusions This study is of great significance in determining the lake area using different indices and identifying which of these indices provides more suitable results for the research area. Thus, it is evident that it will serve as a fundamental basis for developing sustainable conservation strategies against climate change and human-induced threats, with the participation of local communities in the protection and management of ecosystems. In this context, the conscious use of water resources and the establishment of effective monitoring systems are critical for maintaining the health of the lake.

Key Words: AWEInsh, CBS, NDWI, MNDWI, NDPI, Uluabat Lake, WRI

Bu makaleye atf:

İmren, K., 2024. Uluabat Gölü (Bursa) alansal değişim analizi (1987-2023). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 87-93.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Göller, tarih boyunca insanlığın hayatta kalması, yaşam alanı ve temel yaşam kaynaklarına erişimi için vazgeçilmez bir temel olmasının yanı sıra, önemli bir çevresel kaynak olmuştur. Doğal ekosistemlerin temel parçaları olan göller, sundukları farklı ekosistem hizmetleriyle hem çevreyi hem de insan yaşamını korur ve geliştirir (Kopar ve Sevindi, 2013).

Dünya üzerinde 1971 yılında İran'ın Ramsar şehrinde imzalanan ve Türkiye'nin 1994 yılında taraf olduğu Ramsar Sözleşmesi ile sulak alanlara verilen önem artmıştır (URL 1). Bu sözleşme, göllerin korunmasına yönelik çalışmaları da desteklemektedir, zira göller hem doğal ekosistemlerin hem de insan yerleşimlerinin evrimiyle yakından ilişkilidir. Gölün oluşumu ve evrimi, şehrin oluşumu ve evrimiyle yakın bir bağ içerisindedir. Şehirde bulunan göller diğer göllerden oldukça farklıdır. Çünkü göl kıyıları zengin doğal süreçlere sahiptir ve içme suyu kaynağı olarak kullanılabilir. Balıklar ve su kuşları gibi birçok canlıya yaşam alanı sağlar. Oksijen-karbon dioksit dengesi üzerinde rol oynar. Nemi ve sıcaklığı düzenlemesi nedeniyle şehrin iklimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Birch ve McCaskie, 1999; Martinez-Arroyo ve ark., 2000; Naselli-Flores, 2008; Snehal ve Unnati, 2012; Özdemir ve ark., 2020). Örneğin, Durusu Gölü, İstanbul'un su ihtiyacının bir kısmını karşılayan önemli bir kaynaktır. Bir diğeri ise Beyşehir Gölü'nün suları Çarşamba Suyu kanalı aracılığıyla Konya Ovası'nda geniş bir alanda tarım sulaması için kullanılmaktadır (Hoşgören, 2018).

İnsanlığın suya olan doğal gereksinimi nedeniyle şehirlerin ortak başlangıç noktası olan göl kıyıları, insan faaliyetleri ve kentsel antropojenik müdahalelerden etkilenmektedir (Wu ve Xie, 2011). Şehirsel göller diğer doğal göllere göre kentleşme ve insan faaliyetlerine karşı daha savunmasızdır. Yapılan müdahaleler, bazı çevresel sorunun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu etkiler, göl alanının azalması gibi sorunlar şeklinde kendini göstermektedir. Son yıllarda göller üzerine yapılan çalışmaların odak noktalarından biri, göl alanlarındaki değişimlerin incelenmesi olmuştur (Bayrak, 2018; Coşkun ve Minaz, 2024; Çağlayan ve ark., 2020; Kaya ve Kaplan, 2021; Kale ve Erişmiş, 2024; Mert ve ark., 2024). Bu çalışmalarda, göl alanındaki değişikliklerin izlenmesi için Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yaygın olarak kullanılmakta, farklı dönemlere ait görüntüler analiz edilerek göllerin zaman içindeki alansal değişimleri ortaya konulmaktadır (Cao ve ark., 2015). Bu sayede gelecekteki koruma ve planlama çalışmalarında önemli bir girdi sağlanmaktadır. Örneğin, Isparta ile Burdur illeri arasında bulunan Burdur Gölü'nün 2009 ile 2019 yılları arasındaki alansal değişimi, uzaktan algılama teknikleri kullanılarak incelenmiş ve çalışma sonucunda 2009-2019 yılları arasında 17 km² alan kaybettiği tespit edilmiştir (Kaya ve Kaplan, 2021). Bir diğeri ise, Konya ve Afyonkarahisar il sınırları içerisinde yer alan Akşehir Gölü'nün uzun yıllar boyunca seviyesinde ve alanında meydana gelen değişimlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama verileri ile incelenmesidir. Çalışmanın sonucunda, 1985 yılında gölün sınırınının 366.6 km² iken, 2020 yılında 36.9 km²'ye düştüğü tespit edilmiştir (Çağlayan ve ark., 2020). Yapılan çalışmalarda su yüzeylerinin belirlenmesinde birbirinden farklı su çıkarım indeksleri kullanarak alansal değişim analizleri yapılmıştır. Yang ve ark., (2018), MNDWI ve AWEI, Worden ve Beurs

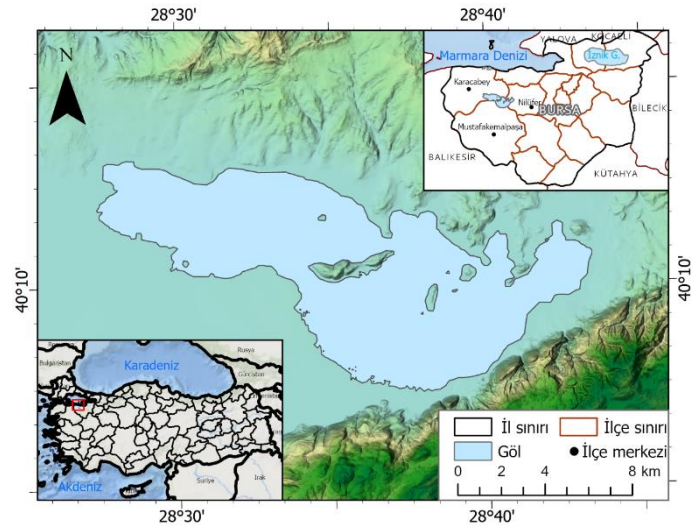
(2020), NDWI, MNDWI, AWEI_{sh} ve AWEI_{nsh}, Zhai ve ark., (2015), NDVI, NDWI, MNDWI ve AWEI indekslerini kullanarak su yüzeylerini analiz etmiştir.

Bu çalışmada Bursa ili sınırları içinde bulunan Uluabat Gölü'ndeki 1987-2023 yılları arasındaki 36 yıllık dönem boyunca gerçekleşen alansal değişimin ortaya çıkartılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda geçmişe yönelik kıyaslamaya imkân veren 1987 ve 2023 yıllarına ait Landsat uydusundan elde edilen görüntüler; Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), Modifiye Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (MNDWI), Normalize Fark Gölet İndisi (NDPI), Su Oran İndisi (WRI) ve Otomatik Su Yüzeyi Çıkarım İndisi (AWEI_{nsh}) indeksleriyle değerlendirilerek göldeki değişim ortaya konulmuştur. Çalışmanın son aşamasında doğruluk kontrolünden, Kappa doğruluk analizinden yararlanarak indekslerin doğrulukları hesaplanmıştır. Bu çalışma, farklı indeksler kullanılarak göl alanının belirlenmesi ve bu indekslerden hangilerinin araştırma sahası için daha uygun sonuçlar sağlayacağını belirlemek açısından önem taşımaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma alanı

Çalışma alanı, sanayi, tarım ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğu Bursa ili sınırları içinde bulunan Uluabat Gölü (Apoliyont Gölü)'nü kapsamaktadır. Uluabat Gölü, Mustafakemalpaşa, Karacabey ve Nilüfer ilçelerinin kesişim noktasındadır. Göl 28° 27' ile 28° 40' doğu boylamları ve 40° 07' ile 40° 12' kuzey enlemleri arasındadır (Şekil 1). Bursa kent merkezine yaklaşık 25 km batıda, Marmara Denizi'ne 20 km güneyde, Manyas Gölü'ne ise 35 km doğuda konumlanan bir göldür. Güney Marmara'da yer alan depresyonun doğu tarafındaki çukurlukta bulunmaktadır.



Şekil 1. Uluabat Gölü lokasyon haritası

Göl, doğu-batı yönünde uzanmaktadır ve deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 9 metredir (Karacaoğlu, 2000). Doğu-batı doğrultusundaki uzunluğu 24 km, kuzey-güney doğrultusundaki genişliği ise 12 km'dir. Uluabat Gölü, doğal ötrofik ve dışa akışı sayesinde tatlı suya sahip sığ bir göldür (Dalkıran ve ark., 2006; Hacısalihoğlu ve Karaer, 2020). Gölün ortalama derinliği 2,5

metre olup, bu derinlik yıllara ve mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. Yaz aylarında kuraklık nedeniyle yer yer 1 metreye kadar düşen derinlik, kış mevsiminde yağışların etkisiyle 4,5 metreye kadar çıkabilmektedir (Çevre Etik Değerlendirme Raporu, 2015).

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Uzaktan Algılama Merkezi tarafından, Landsat-5 TM uydusundan alınan 1984 ve 1993 yıllarının haziran ayına ait görüntüler üzerinde yapılan çalışmada, gölün yüzey alanının 1984'te 133,1 km², 1993'te 120 km², 1998'de 116,8 km² olarak değiştiği tespit edilmiştir (Katip, 2010).

Gölü besleyen en önemli su kaynağı Orhaneli ve Emet çaylarının birleşmesiyle oluşan Mustafakemalpaşa Çayı'dır (İnan ve ark., 1999). Göl, ayrıca çevresindeki dirençsiz kayalardan ve yağışlı mevsimlerde göle akan küçük derelerden de beslenmektedir. Gölü Marmara Denizi'ne drene eden başlıca akarsu Susurluk Çayı ile birleşen Kocasu Çayı'dır.

Uluabat Gölü'nün jeolojik evrimi, Saroz Körfezi, Orta Marmara, Karacabey ve Bursa Ovası'ndan Adapazarı'na kadar uzanan bölgede meydana gelen kuvvetli çökme tektoniği olayları sonucunda gerçekleşmiştir (Artüz ve Korkmaz, 1981). Göl, tektonizma etkisiyle oluşan bir ova içerisinde alüvyal set gölü olarak şekillenmiştir. Tektonik hareketler sonucu oluşan göl havzası III. zaman (Tersiyer) sonlarında IV. zaman (Kuvaterner) başlarında meydana gelmiştir (Akbulut, 2004). Kuvaterner'e ait alüvyonlar Uluabat gölü boyunca geniş alana yayılmıştır.

Uluabat Gölü, tek bir iklim tipine bağlı kalmayan, Akdeniz, Karadeniz ve Karasal iklimlerin etkilerinin birleştiği Marmara ikliminin geçiş özelliklerini taşımaktadır. Bu iklim çeşitliliği, göl çevresinde bazı kuş ve yaban hayvan türlerine hem beslenme hem de kışlama imkânı sunan ideal koşullar sağlamaktadır (Mert ve Acarer, 2018; Mert ve Acarer, 2021; Acarer, 2024; Acarer ve Mert, 2024). Besin maddeleri açısından zengin, biyolojik çeşitliliği barındıran ve önemli bir kuş göç yolunda yer alan Uluabat Gölü, ülkemizin hem ekolojik hem de kültürel açıdan değerli sulak alanlarından biridir (Arı, 2003). En yaygın bitki örtüsü kamış ve sazlık olup, Türkiye'nin en geniş nilüfer yataklarına da ev sahipliği yapmaktadır. Hem Türkiye hem de Avrupa için büyük önem taşıyan bu göl, 1998 yılında ekolojik özellikleri nedeniyle Ramsar Sözleşmesi kapsamında koruma altına alınmış, 2000 yılında ise Yaşayan Göller Ağı'na dahil edilmiştir. Bursa'nın turizm potansiyeli yüksek ve benzersiz doğal güzelliklerine sahip olan Uluabat Gölü hem doğal cazibesi hem de çevresindeki yerleşim yerlerinin zengin tarihi ve kültürel değerleriyle keşfedilmeye değer bir turistik destinasyon olarak öne çıkmaktadır (Şekil 2).

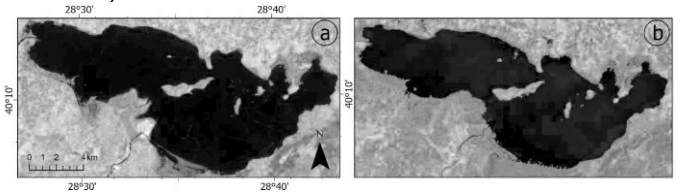
2.2 Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Uluabat Gölü'nün 1987 ve 2023 yılları arasındaki alansal değişimi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve ArcGIS Pro programı kullanılarak analiz edilmiştir. Uluabat Gölü'nün lokasyon haritası hazırlanırken HGM tarafından 1:25000 ölçekli topografya haritalarından üretilen 10 m çözünürlüklü SYM verisi kullanılmıştır. Uluabat Gölü'ne ait uydu görüntüleri USGS Earth Explorer veri kaynağından alınarak 1987 yılı için Landsat 4-5 TM uydusundan, 2023 yılına ait görüntüler için ise Landsat 8-9 OLI uydusundan yararlanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 2. Uluabat Gölü'nün genel görünümü

Uydu görüntülerinin seçiminde, atmosferdeki bulutluluk oranı, göldeki ötrofikasyonun artışı ve bahar aylarında eriyen kar sularının göl seviyesini yükseltmesi gibi faktörler dikkate alınmıştır. Bu nedenle, her iki yıl için de yakın aylara sahip görüntüler tercih edilmiştir. Bu doğrultuda, 1987 yılına ait 15 Haziran ve 2023 yılına ait 7 Temmuz uydu görüntüleri kullanılmıştır.



Şekil 3. 1987(a) ve 2023(b) yıllarına ait orijinal Landsat uydu görüntüsü

Çalışmada NDWI, MNDWI, NDPI, WRI ve AWEI_{nsh} su çıkarım indeksleri kullanılarak Uluabat Gölü'nün alansal değişim ve doğrulama analizleri yapılmıştır. Kara ve su alanlarının ayrımını yapmak için geliştirilen bu indekslere ait formül, açıklama ve referanslar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Uluabat Gölü'ndeki alansal değişimin belirlenmesinde kullanılan indeksler

İndeks	Formül	Açıklama	Referans
NDWI	$\frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)}$	Green: Yeşil bant NIR: Yakın kızılötesi bant	McFeeters, 1996
MNDWI	$\frac{(Green - SWIR1)}{(Green + SWIR1)}$	Green: Yeşil bant SWIR1: Kısa dalga kızılötesi bant	Xu, 2006
NDPI	$\frac{(SWIR2 - Green)}{(SWIR2 + Green)}$	SWIR2: Kısa dalga kızılötesi bant Green: Yeşil bant	Lacaux ve ark., 2007
WRI	$\frac{Green + Red}{(NIR + SWIR2)}$	Green: Yeşil bant Red: Kırmızı bant NIR: Yakın kızılötesi bant SWIR2: Kısa dalga kızılötesi bant	Shen ve Li 2010
AWEInsh	$4x(Green-SWIR1)-(0,25xNIR+2,75xSWIR2)$	Green: Yeşil bant SWIR1: Kısa dalga kızılötesi bant NIR: Yakın kızılötesi bant SWIR2: Kısa dalga kızılötesi bant	Feyisa ve ark., 2014

Su yüzeylerinin tespitinde birçok yöntem kullanılsa da indeksler kullanılarak su yüzeylerinin belirlenmesi diğer yöntemlere kıyasla daha pratik bir yaklaşımdır (Ji ve ark., 2009). İndeksler kullanılarak yapılan analizlerin doğruluk analizi, sınıflandırma işlemi sonrasında elde edilen tematik harita üzerindeki kesin bir piksel veya piksel grubu ile bu piksellere atanan sınıfların karşılaştırılması yoluyla gerçekleştirilmektedir (Aydın ve Durduran, 2021). Bu süreç, sınıflandırma sonuçlarının doğruluğunu değerlendirmek için kritik bir adımdır. Belirlenen pikseller gerçek sınıflarıyla analiz edilerek, haritanın güvenilirliği ve geçerliliği hakkında önemli bilgiler sağlar. Böylece, haritanın kalitesi ve sınıflandırma yönteminin etkinliği daha iyi anlaşılabilir.

Çalışmada Uluabat Gölü'ne uygulanan indekslerin geçerliliği, Kappa doğruluk analizi ile değerlendirilmiştir. Cohen (1960) tarafından geliştirilen Kappa katsayısı, yüzey örtüsü ve yüzey kullanımı verilerinin doğruluğunu ölçmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu analizde, genel doğruluk (GD) yüzdesi ve 0 ile 1 arasında bir değere sahip olan Kappa katsayısı olmak üzere iki temel sonuç elde edilmektedir. Kappa katsayısının 1'e yaklaşması, sınıflandırmanın doğruluğunun arttığını ve sonuçların daha güvenilir olduğunu göstermektedir (Elbir ve ark., 2019). Bu süreçte, kullanılan uydu görüntüsünün çözünürlüğü, oluşturulan kontrol noktalarının sayısı ve arazi yüzeyinin özellikleri gibi çeşitli faktörler, bu doğruluk analizleri üzerinde doğrudan etki yapmaktadır (Sakaoğlu, 2021). Doğrulama sırasında saha, su yüzeyi ve su olmayan yüzey olmak üzere iki örnek alanına ayrılmış, her iki gruba da toplamda 300 nokta atanarak su yüzeyi değişiminin doğruluğu değerlendirilmiştir (Çizelge 2). Bu aşamada atılan noktaların, her birinin doğruluğu Google Earth Pro ve Landsat uydu görüntüleri karşılaştırılarak kontrol edilmiştir. Böylece

belirlenen su yüzey alan sınırları, Google Earth Pro'daki su yüzey alanlarıyla uyumlu hale getirilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar Kappa doğruluk analizi kullanılarak test edilmiş ve araştırmada kullanılan indeksler karşılaştırılarak çalışmanın son aşamasında çizelge halinde sunulmuştur

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, Uluabat Gölü'nün 1987-2023 yılları arasındaki 36 yıllık dönemdeki değişimleri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bu kapsamda 1987 ve 2023 yıllarına ait NDWI, MNDWI, NDPI, WRI ve AWEInsh'den oluşan 5 indeks, değer aralıkları ve alansal değişim değerlendirme sonuçlarına göre sırasıyla açıklanmış ve performansları karşılaştırılmıştır.

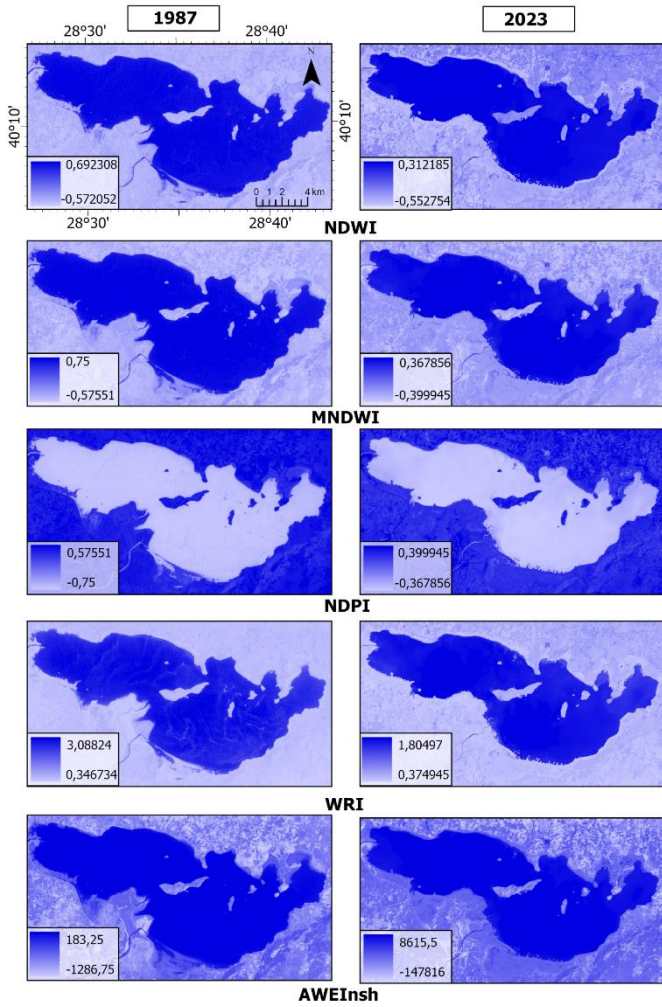
Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI): McFeeters, tarafından ilk olarak 1996'da sulak ortamlardaki yüzey sularını tespit etmek ve alanının ölçülmesine olanak sağlamak için kullanılmıştır. Uydu görüntülerinde, açık su yüzeylerinin bitki örtüsünden etkili bir şekilde ayrıştırılmasında kullanılan NDWI indeksi (Laonamsai ve ark., 2023), su yüzeyindeki yansımaya artırırken, karasal bitki örtüsü ve toprak özelliklerini minimize eder. NDWI, -1 ile 1 arasında değer alır; 1 su kütlelerini veya yüksek nemi, -1 ise kurak alanları veya nem eksikliğini simgeler (McFeeters, 1996). Bu çalışmada, NDWI hesaplamaları ArcGIS programının raster calculator aracı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, NDWI değerleri 1987 yılında -0,57 ile 0,69 arasında, 2023 yılında ise -0,55 ile 0,31 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4).

Modifiye Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (MNDWI): Uydu görüntülerinde su kütlelerini kentsel alanlardan daha etkin bir şekilde ayırt etmek için kullanılan MNDWI indeksi, sulak alanlardaki değişimlerin tespitinde de etkili bir araçtır. Piksel değerleri -1 ile +1 arasında değişen MNDWI, -1 ile 0 arasındaki değerleri su, 0 ile +1 arasındaki değerleri ise su içermeyen alanlar (toprak, bitki örtüsü, yerleşim) olarak sınıflandırır (Xu, 2006). Bu çalışmada, 1987 yılına ait MNDWI değerlerinin -0,57 ile 0,75 arasında, 2023 yılına ait değerlerin ise -0,39 ile 0,36 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4).

Normalize Fark Gölet İndisi (NDPI): Havuz ve gölet gibi küçük ölçekli su kütlelerinin tespitinde kullanılmaktadır (Lacaux ve ark., 2007). Bu indeks, su kaynaklarının durumunu değerlendirmek için özellikle tarım arazileri ve doğal ekosistemlerin yönetiminde yararlıdır. Pozitif değerler, su varlığını gösterir. Bu durum, su havzalarının veya göletlerin varlığına işaret eder. Negatif değerler su varlığının az olduğunu veya yok olduğunu gösterir. Çalışmada NDPI değerleri 1987 yılında -0,75 ile 0,57, 2023 yılında ise -0,36 ile 0,39 arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4).

Su Oran İndisi (WRI): Suyun baskın spektral yansıtma özelliklerini dikkate alan bir yöntemdir. Su yüzeyleri için WRI değeri genellikle 1'den büyük olduğunda, bu alanın su olduğunu gösterir. Çalışmada WRI değerleri 1987 yılında 0,34 ile 3,08, 2023 yılında ise 0,37 ile 1,80 arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4).

Otomatik Su Yüzeyi Çıkarım İndisi (AWEInsh): Su dışı maddeleri etkili bir şekilde ortadan kaldırmak için formüle edilmiş bir indekstir (Feyisa ve ark., 2014).

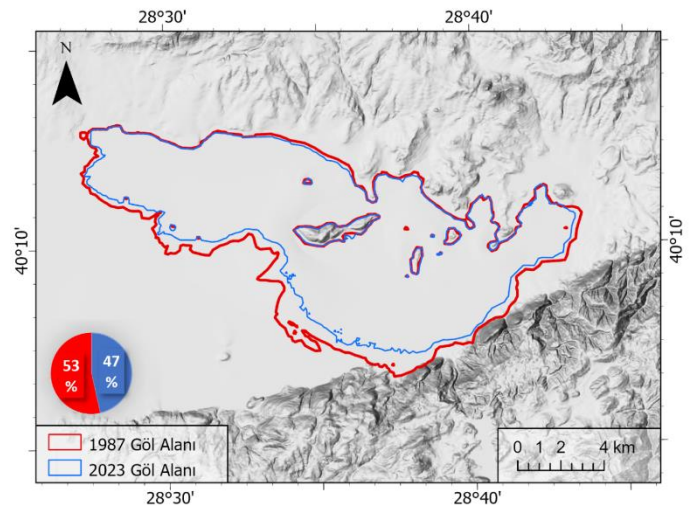


Şekil 4. Uluabat Gölü'nün 1987 – 2023 yıllarına ait su indeksleri sonuç haritaları

İndeşte “nsh” alt simgesi, gölgelerin önemli bir sorun olmadığı durumlarda uygun olduğunu belirtmek için dahil edilmiştir. Çalışmada AWEInsh 1987 yılında -1286 ile 183, 2023 yılında ise değerlerin -147816 ile 8615 arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4).

Bu çalışmada, 1987 ve 2023 yıllarına ait orijinal Landsat uydu görüntüleri kullanılarak 36 yıllık bir dönem için alansal değişim analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda, 1987 yılında 122,47 km² olan göl alanının, 2023 yılında 109,87 km²'ye gerilediği tespit edilmiştir. Bu veriler, göl alanında 12,60 km²'lik (%6) önemli bir küçülmeyi işaret etmektedir (Şekil 5). Göl yüzeyinde gözlemlenen bu alansal kayıp hem doğal süreçlerin hem de antropojenik etkilerin uzun vadede su kaynakları üzerindeki olumsuz etkisini vurgulamakta, sürdürülebilir su yönetimi stratejilerinin önemini ortaya koymaktadır.

Çalışmada ayrıca NDWI, MNDWI, NDPI, WRI ve AWEInsh indekslerinin de alansal değişim analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, NDWI, MNDWI, NDPI ve WRI indekslerinde, 1987 ve 2023 yılları arasındaki alansal değişim farkı, orijinal Landsat uydu görüntülerinde tespit edilen %6'lık küçülme ile aynı orandadır. Ancak AWEInsh indeksinde bu farkın %4'e düştüğü gözlemlenmiştir (Çizelge 3).



Şekil 5. Uluabat Gölü'nde 36 yılda meydana gelen alansal değişim

Çizelge 3. Uluabat Gölü'ne uygulanan indeks sonuçlarına göre alansal değişim

İndeks	Yıl	Su yüzeyleri (km ²)	Yıllar arası değişim (%)
NDWI	1987	125,58	%6
	2023	110,23	
MNDWI	1987	124,26	%6
	2023	111,26	
NDPI	1987	124,67	%6
	2023	111,68	
WRI	1987	126,64	%6
	2023	111,46	
AWEInsh	1987	119,98	%4
	2023	109,34	

Çalışma kapsamında su yüzeyi çıkarmada 0,916 ve üzeri Kappa değeriyle NDWI, MNDWI, NDPI ve WRI indekslerinin başarılı olduğuna AWEInsh indeksinin ise 0,686 Kappa değeriyle bu çalışma için başarısız olduğuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak doğruluk değerlendirmesinde en düşük performansı, 2023 yılına ait 0,686 değeriyle AWEInsh indeksi göstermiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Farklı indekslere göre Uluabat Göl su çıkarım indekslerinin doğruluk analizi sonuçları

İndeks	Yıl	GD (%)	Kappa
NDWI	1987	0,963	0,916
	2023	0,983	0,962
MNDWI	1987	0,99	0,979
	2023	0,996	0,992
NDPI	1987	0,966	0,929
	2023	0,99	0,978
WRI	1987	0,976	0,951
	2023	0,993	0,984
AWEInsh	1987	0,98	0,957
	2023	0,694	0,686

4. Tartışma ve Sonuç

Herhangi bir bölgedeki yüzey sularının tespiti ve izlenmesi, su kaynaklarının etkin yönetimi için son derece kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışma, sulak alan ekosistemi olan Uluabat

Gölü'ndeki alansal değişimi ortaya koymak, bu değişime neden olan faktörleri belirlemek ve değişimin olası etkilerine yönelik öngörüler sunmak açısından önem taşımaktadır. Uluabat Gölü'ndeki alansal değişimin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak analiz edildiği bu çalışmada elde edilen bulgular değerlendirildiğinde; çalışmada, 1987 ve 2023 yıllarına ait 36 yıllık bir dönemin alansal değişim analizi yapılmış ve 1987 yılında 122,47 km² olan göl alanının 2023 yılında 109,87 km²'ye düştüğü tespit edilmiştir. Göl alanında 12,60 km² (%6)'lık bir alansal kayıp ortaya çıkmıştır. Çalışmada aynı zamanda NDWI, MNDWI, NDPI, WRI ve AWEInsh indekslerinin de alansal değişim analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda NDWI, MNDWI, NDPI ve WRI indekslerinde 1987 ve 2023 yılları arasındaki alansal değişim farkının orijinal Landsat uydu görüntüleriyle aynı yüzdellik (%6) dilime sahip olduğu tespit edilirken AWEInsh indeksinde diğer indekslerden farklı olarak %4 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç NDWI, MNDWI, NDPI ve WRI indekslerini güvenilirlik ve doğruluk açısından AWEInsh indeksinden daha ön plana çıkarmaktadır. Aynı zamanda su yüzeyini çıkarmada 0,916 ve üzeri Kappa değeriyle NDWI, MNDWI, NDPI ve WRI indekslerinin başarılı olduğuna AWEInsh indeksinin ise 0,686 Kappa değeriyle bu çalışma için başarısız olduğuna ulaşılmıştır. Çalışmada elde edilen veriler, göl çevresindeki tarımsal sulama ve tarım arazilerinin genişlemesi, kaçak çekim, yerleşim alanlarının artışı, kuraklık ve iklim krizi gibi sebeplerden dolayı su yüzeyinin ve ekosisteminin önemli değişimler geçirdiğini göstermektedir. Bu anlamda çalışma, göl çevresindeki doğal ve insan kaynaklı faktörlerin zaman içindeki etkilerini ortaya koymuştur. Bu faktörlerin detaylı incelenmesi, ekosistemin dinamiklerinin daha iyi anlaşılmasına olanak sağlamış ve gelecekte benzer çalışmaların farklı sulak alanlarda da uygulanması gerektiğini göstermiştir. Uluabat Gölü gibi hassas ekosistemlerin korunması ve yönetimi için, yerel halkın da dahil olduğu sürdürülebilir koruma stratejilerinin geliştirilmesi ve bu stratejilerin uygulanabilirliğinin sürekli izlenmesi önemlidir. Ayrıca, iklim değişikliği ve insan faaliyetlerinin etkilerini azaltmak amacıyla, su kaynaklarının bilinçli kullanımı ve etkin denetim sistemlerinin oluşturulması tavsiye edilmektedir.

Kaynaklar

- Acarer, A., 2024. Will cinereous vulture (*Aegypius monachus* L.) become extinct in the forests of Türkiye in the future? *Şumarski List*, 148(7-8), 375-387.
- Acarer, A., Mert A., 2024. 21st century climate change threatens on the Brown bear. *Cerne*, 30: e-103305.
- Arı, Y., 2003. Manyas Gölü'nün kültürel ekolojisi: tarihi süreçte adaptasyon ve değişim. *Türk Coğrafya Dergisi*, 40(1), 75-97.
- Artüz, İ., Korkmaz, K., 1981. Su kirlenmesi açısından Apolyont Gölü'nde yapılan araştırmalara ilişkin ön rapor. Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü Su Kirlenmesi Araştırmaları Kısım, 50.
- Aydın, T. K., Durduran, S. S., 2021. Ereğli-Bor alt havzasında arazi kullanımı/örtüsü'nün uzaktan algılama yöntemleriyle zamansal değişimi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(3), 629-641.
- Bayrak, M., 2018. Marmara gölü (Manisa) alansal değişiminin UA ve CBS ile analizi. VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2018), 18-21 Eylül 2018, Eskişehir.
- Birch, S., McCaskie, J., 1999. Shallow urban lakes: a challenge for lake management. *Hydrobiologia*, 395(0), 365-378.
- Cao, B., Kang, L., Yang, S., Tan, D., Wen, X., 2015. Monitoring the dynamic changes in urban lakes based on multi-source remote sensing images. In *Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem: Second International Conference, GRMSE 2014*, Ypsilanti, MI, USA, October 3-5, 2014. *Proceedings 2* (pp. 68-78). Springer Berlin Heidelberg.
- Cohen J., 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *educational and psychological measurement*, 20(1), 37-46.
- Coşkun, M., Minaz, D., 2024. Suğla Gölü (Konya) alansal değişiminin (1984/2022) uzaktan algılama ve CBS teknikleriyle analizleri. *International Journal of Geography and Geography Education*, (52), 141-158.
- Çağlayan, E. B., Erel, F., Samur, E. B., Deniz, M., Mobariz, M. A., Kaplan, G., 2020. Uzaktan algılama teknikler ile Akşehir Gölü'ndeki alansal değişiminin izlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 70-76.
- Çevre Etik Değerlendirme Raporu, 2015. Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Dere, Ş., Şentürk, E., Torunoğlu, T., 2006. Factors affecting the current status of a eutrophic shallow lake (Lake Uluabat, Turkey): Relationships between water physical and chemical variables. *Chemistry and Ecology*, 22(4), 279-298.
- Elbir, M., Alp Topbaş, Ö., Bayad, S., Kocabaş, T., Topak, O. Z., Çetin, Ş., Özdel, O., Ateşçi, F., Aydemir, Ö. 2019. DSM-5 bozuklukları için yapılandırılmış klinik görüşmenin klinisyen versiyonunun Türkçeye uyarlanması ve güvenilirlik çalışması. *Türk Psikiyatri Derg.* 30(1), 51-56.
- Feyisa, G., Meilby, H., Fensholt, R., Proud, S., 2014. Automated water extraction index: a new technique for surface water mapping using landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 23-35.
- Hacisalihoğlu, S., Karaer, F., 2020. GIS-based assessment for trace metal pollution: case study on Lake Uluabat. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 4(2), 142-148.
- Hoşgören, M.Y., 2018. Hidrografya'nın Ana Çizgileri II. Göller. 5. Baskı. Çantay Kitabevi. İstanbul.
- İnan, M., Bektaş, R., Ergün, B., 1999. Environmental Status Report Uluabat Lake. Bursa Valiliği İl Çevre Müdürlüğü, Bursa.
- Ji, L., Zhang, L., Wylie, B., 2009. Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(11), 1307-1317.
- Kale, M. M., Erişmiş, M., 2024. Eğirdir Gölü alansal değişiminin uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla analizi. *International Journal of Geography and Geography Education*, 52, 122-140.
- Karacaoğlu, D., 2000. Uluabat Gölü'nün (Bursa) fitoplanktonunun mevsimsel değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Katip, A., 2010. Uluabat Gölü su kalitesinin izlenmesi (Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi (Türkiye)).

- Kaya, Ö. A., Kaplan, G., 2021. Uzaktan algılama yöntemleri ile Burdur Gölü'ndeki alansal değişiminin belirlenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 1-12.
- Kopar, İ., Sevindi, C. (2013). Tortum Gölü'nün (Uzundere-Erzurum) güneybatısında aktüel sedimantasyon ve siltasyona bağlı alan-kıyı çizgisi değişimleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (60), 49-66.
- Lacaux, J. P., Tourre, Y. M., Vignolles, C., Ndione, J. A., Lafaye, M., 2007. Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal. *Remote sensing of environment*, 106(1), 66-74.
- Laonamsai, J., Julphunthong, P., Saprathet, T., Kimmany, B., Ganchanasuragit, T., Chomcheawchan, P., Tomun, N., 2023. Utilizing NDWI, MNDWI, SAVI, WRI, and AWEI for estimating erosion and deposition in Ping River in Thailand. *Hydrology*, 10(3), 70.
- Martínez-Arroyo, A., Jáuregui, E., 2000. On the environmental role of urban lakes in Mexico City. *Urban ecosystems*, 4, 145-166.
- McFeeters, S. K., 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, 17(7), 1425-1432.
- Mert, A., Acarer, A. 2018. Wildlife diversity in reed beds around beyşehir lake. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(1), 110-119.
- Mert, A., Acarer, A. 2021. Usage Rates of Reed Beds in Beyşehir Lake of Some Wild Mammals. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(2), 845-852.
- Mert, A., Tavuç, İ., Özdemir, S., Uluşan, M. D., 2024. Future Responses of the Burdur Lake to Climate Change and Uncontrolled Exploitation. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 1-12.
- Naselli-Flores, L., 2008. Urban lakes: ecosystems at risk, worthy of the best care. In *Proceedings of Taal 2007: the 12th world lake conference*, Ministry of Environment, Government of India, 1333-1337.
- Özdemir, S., Özkan, K., Mert, A., 2020. Ekolojik bakış açısı ile iklim değişimi senaryoları. *Biological Diversity and Conservation*, 13(3), 361-371.
- Sakaoğlu, E., 2021. Türkiye'nin Ramsar sahalarından olan tektonik göllerin yüzey alanlarındaki zamansal değişimin analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, Karabük.
- Shen, L., Li, C., 2010. Water body extraction from Landsat ETM+ imagery using adaboost algorithm. *18th International Conference on Geoinformatics*, 1-4.
- Snehal, P., Unnati, P., 2012. Challenges faced and solutions towards conservation of ecology of urban lakes. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 3(10), 170-183.
- URL 1. Spring Water.
<https://www.springwater.com.tr/blog/icerik/ramsar-sozlesmesi-ve-turkiye-de-bulunan-ramsar-alanlari> (11.09.2024)
- Worden, J., de Beurs, K. M., 2020. Surface water detection in the Caucasus. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 91, 102159.
- Wu, J., Xie, H., 2011. Research on characteristics of changes of lakes in Wuhan's main urban area. *Procedia Engineering*, 21, 395-404.
- Xu, H., 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025-3033.
- Yang, X., Qin, Q., Grussenmeyer, P., Koehl, M., 2018. Urban surface water body detection with suppressed built-up noise based on water indices from Sentinel-2 MSI imagery. *Remote Sensing of Environment*, 219, 259-270.
- Zhai, K., Wu, X., Qin, Y., Du, P., 2015. Comparison of surface water extraction performances of different classic water indices using OLI and TM imageries in different situations. *Geo-Spatial Information Science*, 18(1), 32-42.



Orman işletme depolarında mevcut durum ve ürünlerde meydana gelen kayıpların değerlendirilmesi: Marmara Bölgesi örneği

Tülay Yılmaz¹, Coşkun Köse², Taner Okan³, Mehmet Arslan¹, Murat Köse⁴, Muvaffak Osman Engür^{2*}

¹ Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İstanbul

² İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul

³ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, İstanbul

⁴ Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa

MAKALE KÜNYESİ

Received: 07/10/2024

Accepted: 21/11/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1562792>

*Corresponding author:

engur@iuc.edu.tr

ÖZ

Giriş ve hedefler Ormandan çıkarılan odun hammaddesinin teslim alındığı, depolandığı ve alıcılara satışının gerçekleştirilerek teslim edildiği yer olan orman işletme depolarında yapılması gereken işlemler, tomruk ürün çeşidi başta olmak üzere orman emvalinin kalitesini ve buna bağlı olarak değerini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Bu çalışmada, Marmara Bölgesi Devlet Orman İşletmeleri depolarının durumu ve karşılaşılan depolama kayıpları tespit edilmiştir.

Yöntemler İstanbul, Bursa, Sakarya ve Çanakkale Orman Bölge Müdürlükleri'ni (OBM) temsil edecek şekilde her bir OBM'ye ait 3'er adet depoda çalışılmıştır. Burada, 310 sayılı tebliğde depolama konusunda aranan özellikler ve konuyla ilgili literatür esas alınarak satış depo yerlerinin seçimi, satış deposu bina ve tesislerinin durumu, oluşan depolama kayıpları ve satış partilerinin durumunu belirlemek amacıyla gözlem, tespit ve değerlendirmelerde bulunulmuştur. Arazi çalışmaları farklı zaman dilimlerini karşılaştırabilmek için 2016 ve 2023 yıllarında gerçekleştirilmiştir.

Bulgular İnceleme yapılan depolarda bulunan tomruklarda sonradan oluşan çatlaklar ve kayın odunlarında görülen ardaklanmalar başlıca depolama kayıpları olarak tespit edilmiştir. Tüm depolarda satışa kadar geçen depolama süresinin sıcak aylarda en aza indirilmesinin buna bağlı kalite kayıplarını azaltacağı belirlenmiştir. Depolama kayıplarının en aza indirilmesi için çalışan personel sayısı ve niteliği de oldukça önemlidir. Ayrıca birçok depoda elektrik ve iletişim imkânlarının olmaması önemli sorunlar arasında görölmektedir.

Sonuçlar Depolarda çalışanların depolama kayıpları, odun kalitesi, depolama teknikleri ve standardizasyonuna yönelik birikimlerinde farklılıklar bulunmaktadır. Kayın ve meşe türlerinin yoğun olduğu yerlerde sulu depolama uygulamaları planlanmalı ve doğru tekniklerle depolanması için kaynaklar yaratılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Orman işletme depoları, depolama teknikleri, depolama kayıpları, standardizasyon

Araştırma Makalesi

Evaluation of current situation and product losses in forest enterprise depots: A case study from the Marmara Region

ABSTRACT

Background and aims The operations to be carried out in forest enterprise depots, where the wood raw material extracted from the forest is received, stored, and sold to the buyers, are one of the important factors affecting the quality and value of forest goods, especially the log product variety. This study aims to determine the status of the Marmara Region State Forest Enterprise depots, and the storage losses encountered. This study aims to determine the status of depots of the Marmara Region State Forest Enterprises and the storage losses encountered. For this purpose, studies were conducted in three depots belonging to each Forest Regional Directorate, representing the Istanbul, Bursa, Sakarya, and Çanakkale Forest Regional Directorates.

Methods The study was carried out in 3 depots affiliated to each Regional Forestry Directorate (RFD), representing the Istanbul, Bursa, Sakarya, and Çanakkale RFD. Based on the characteristics sought in the subject of storage in the circular numbered 310 and the relevant literature, observations, detections, and evaluations were made in order to determine the selection of sales depot locations, the status of sales depot buildings and facilities, storage losses and the status of sales parties. Field studies were carried out in 2016 and 2023 in order to compare different periods.

Results Cracks that subsequently formed in the logs in the depots where the logs were examined and the alternations seen in the beech log were identified as the main storage losses. It was determined that minimizing the storage period until sale in all depots in the warm months would reduce the quality losses related to this. The number and quality of the personnel working are very important in minimizing storage losses. In addition, the lack of electricity and communication facilities in many depots is seen as an important problem.

Conclusions There are differences in the knowledge of those working in the depots regarding storage losses, wood quality, storage techniques, and standardization. In places where beech and oak species are dense, wet storage applications should be planned, and resources should be created for storage with the proper techniques.

Key Words: Forest enterprise depots, timber storage techniques, storage losses, standardization

Citing this article:

Yılmaz, T., Köse, C., Okan, T., Arslan, M., Köse, M., Engür, M.O., 2024. Orman İşletme Depolarında mevcut durum ve ürünlerde meydana gelen kayıpların değerlendirilmesi: Marmara Bölgesi örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 94-107.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Türkiye’de, toplumun odun ve odun dışı orman ürünlerine olan ihtiyaçlarını karşılamak üzere kurulan ve bu faaliyetlerini sürekli olarak gerçekleştiren devlet orman işletmeleri odun hammaddesinin en önemli arz kaynağı durumundadır. Türkiye’de orman ürünleri endüstrisinin odun hammaddesi talebinin önemli bir kısmı (%84,2) Orman Genel Müdürlüğü (OGM) üretimi ile karşılanmaktadır. OGM, odun hammaddesi üretiminde pazarlama karmasının unsurlarından mala ilişkin kalite ve standardizasyon sorunları yaşamaktadır. Buna göre; orman ürünlerinin taze olarak piyasaya verilmediği, uzun süren pazarlama sürecine bağlı olarak ürünlerde çatlama, renklenme, araklanma, böcek, mantar gibi etkenlerden kaynaklanan kalite ve değer kayıplarının yaşandığı, kalifiye ve yeterli eleman olamaması nedeniyle standardizasyon hatalarının görüldüğü, bozulan ve kalitesi düşen ürünlerin değerlendirme imkânlarının azalması sonucu satış gelirlerinin azaldığı ifade edilmektedir (Gümüşkaya, 1978; Akyüz ve ark., 2003; Kaplan, 2007; Öztürk, 2010; Komut, 2013; Bakır ve İmamoğlu, 2014). Standardizasyon, ölçü ve boyutlar ile birlikte fiziksel dağıtımın unsurlarından biri olan depolama konusunda müşteri tatmininin gerçekleşmediği anlaşılmaktadır (Türker, 1996; Ay ve Güller, 1997; Daşdemir, 2003; Kaplan, 2007; Dilsiz, 2008; Komut ve ark., 2010; Öztürk 2010; Komut ve ark., 2013; Özen ve Alkan, 2020).

Başta tomruk ürün çeşidi olmak üzere orman emvalinin kalitesini ve buna bağlı olarak değerini etkileyen önemli faktörlerden biri depolama işlemleridir. Orman işletme depoları, ormandan gelen odun hammaddesinin teslim alındığı, depolandığı ve alıcılara satışının gerçekleştirilerek teslim edildiği alanlardır. Bu alanlarda istiflenen yuvarlak ya da yarma odunlar; sınıflarına, ürün çeşitlerine ve türlerine göre istiflenmekte ve alıcıların beğenisine sunulmaktadır. Bu arada organik bir malzeme olan odun hammaddesinin, orman endüstrisi tüccarlarına satılmak üzere bekletilirken değer kaybına uğramasını önlemeye yönelik korunması hizmetleri de önemlidir (Engür, 2022). Depolardaki emvalin en uygun şekilde pazara arz edilme sürecinde; depo yer seçimi, üretim mevsimi, emvalin depoya nakli ve depoda istiflenmesi gibi birçok faktör etkili olmaktadır (Komut ve ark., 2013). Depolama alanlarının yapısı, kullanılan istif şekilleri, depolama süreleri, bu süreler içinde herhangi bir koruyucu önlemin alınıp alınmadığı ve alınan önlemin etki derecesi ürün kalitesi ve değerini şekillendirmektedir (Komut, 2011).

Orman işletmelerinde orman depoları olarak da adlandırılan daimi satış depoları ürünün pazara sunulduğu yerlerdir. Ana veya son depolar olarak da adlandırılan bu depoların en önemli fonksiyonları sırasıyla; teslim alma, depoya boşaltma, sınıflandırma, odunların sınıflarına uygun şekilde istif alınması, koruma, satış partilerini hazırlama, teslim etme ve stok hareketlerini izleme şeklinde sıralanmaktadır (Kantay ve Köse, 2009; Engür, 2022). Türkiye’de orman işletme depolarının odun hammadesi satışında önemli bir yeri bulunduğu farklı çalışmalarda ortaya konulmuştur (Komut ve ark., 2013; Çok ve ark., 2017; Yılmaz ve ark., 2020). Türkiye’de 2023 yılı itibarıyla 472 adet orman işletme deposu bulunmaktadır (OGM, 2024). Dikili satış uygulamasının yaygınlaşmasıyla birlikte, depo sayısının düşmesine rağmen, yıl boyunca endüstrinin ihtiyaç duyduğu odun hammaddesinin ihtiyacının düzenli olarak

karşlanması ve ürüne değer katan faaliyetlerin yerine getirilmesi nedeniyle depoların tedarik zincirindeki önemi halen sürmektedir (Engür, 2022). OGM, inşaat sektöründeki büyüme potansiyeli ve sanayinin kapasite artışını göz önüne alarak üretimini son yıllarda ciddi bir biçimde artırmıştır. 2002 öncesi 7 milyon m³ düzeyindeki endüstriyel odun üretimi 2023 yılında 22,6 milyon m³’e ulaşmıştır. Son 20 yılda endüstriyel odun üretimi % 323 artış göstermiştir. Türkiye’de odun üretiminin yaklaşık üçte biri (10 milyon m³) dikili satışa konu olmaktadır. Endüstriyel odun üretimi içinde ilk iki sırayı lif yonga odunu (8.982.151 m³) ve tomruk (8.276.631 m³) ürün çeşidi almaktadır. İki ürünün endüstriyel odun içindeki toplam oranı % 77’dir. Ülkemizde 2023 yılında yakacak odun üretimi 3.907.000 m³ olmuştur. OGM 2023 yılı bilanço verilerine göre; Dikili Kabuklu Gövde Hacmi (DKGH) itibarıyla ibrelili ağaç türleri % 68 ve geniş yapraklı ağaç türleri %32 oranında bulunmaktadır (OGM, 2024).

Orman ürünleri uzun süre depolarda bekletildiğinde miktar ve kalite bakımından büyük kayıpların olduğu tespit edilmiştir (Kantay ve Köse, 2009). Uzun depolama süreçlerinde odunda meydana gelen başlıca kayıplar; çürüklük, renklenmeler (hem kimyasal hem de biyolojik), böcek zararları ve kurumayla meydana gelen derin çatlaklardır. Çürümeyle oluşan kayıp miktarı; çürüklük mantarlarının aktivitesine, depolanma süresine, bölgenin özelliklerine, ağaç türlerine, mevsimlere ve son kullanım yerine göre değişim göstermektedir. Böcek delikleri ve buna bağlı odun dokusundaki renk değişiklikleri kaplamalık tomruklarda büyük hasara yol açarken, selüloz elde edilecek odunlar için ise o kadar da önemli olmamaktadırlar (Kantay, 2002; Kantay ve Köse, 2009).

Oduna Dayalı Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliğ 2019 yılında yenilenmiş ve 01.01.2020 tarihinden itibaren odun üretimi iş ve işlemleri 310 sayılı tebliğe göre yürütülmektedir (OGM, 2019). Bu tebliğde oduna dayalı orman ürünlerinin kesilmesi, bölmeden çıkarılması, yüklenmesi, taşınması ve istifine ait iş ve işlemlerin nasıl yapılacağı ile ilgili bilgiler yer almaktadır. 310 sayılı tebliğ ile birlikte 288 sayılı tebliğ ve ekleri (OGM, 1996) yürürlükten kaldırılmıştır.

Orman işletme depoları; yapısı, mülkiyet durumları, kullanma süreleri, depolanacak odunun cinsi ve sınıfı gibi temel özellikler göz önünde bulundurularak yapılmakta ve uygun depolama şartlarının belirli tekniklerde ve kriterlerde olması beklenmektedir (Gümüşkaya, 1978; Kantay, 1988; Kantay ve Köse, 2009). Kalite kayıplarının yaşanmaması için hammaddenin depolanma aşamasının kısa tutulması ya da uygun koşullar ve şartlar altında depolanması gerekmektedir (Kantay, 1995; Kantay ve Köse, 2009; Bakır ve İmamoğlu, 2014). Depolama sürecinde gerçekleştirilen faaliyetlerin kalite kayıpları ile doğrudan ilişkili olduğu Doğu Karadeniz Bölgesi, Batı Karadeniz Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi’nde yapılan çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuştur (Acar ve ark., 2008; Gök, 2010; Daşdemir, 2003; Dilsiz, 2008; Komut ve ark., 2013; Öztürk, 2010; Türker, 1996). Endüstriyel alıcılara yapılan çalışmalarda “depolardan yapılan satışlarda önemli sorunlarla karşılaşıldığı, orman işletmelerinin odun depolama ve satışı ile ilgili önemli sorunları olduğu belirtilmiştir (Gümüşkaya, 1978; Özen ve Alkan, 2023; Öztürk, 2010; Yılmaz ve ark., 2020). Batı Karadeniz Bölgesi’nde altı farklı ilde (Bolu, Düzce, Zonguldak, Karabük, Bartın ve Kastamonu) bulunan tomruk depolarındaki orman ağacı türlerine (kayın, meşe, gürgen, sarıçam ve göknar)

ait ürünlerde çürüklük mantarları belirlenmiştir (Yalçın ve ark., 2019). Yalçın (2020) ise tomruk depolarında karşılaşılan problemler ve alınması gereken önlemleri açıklamıştır. Diğer yandan, Marmara Bölgesi orman işletme depolarında depolama kayıplarını değerlendiren ve bu kayıpların azaltılmasına yönelik çözüm önerileri sunan bir çalışma yapılmadığı görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı; Marmara Bölgesi orman işletme depolarının mevcut durumunu ortaya çıkarmak, depolama kayıplarını (çürüklük, mavi renklenme, böcek zararı ve çatlama) Oduna Dayalı Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliğde belirtilen özellikleri esas alarak belirlemek ve farklı zaman dilimlerinde (2016 ve 2023 yılları) gerçekleştirilen gözlem ve değerlendirmeler sonucu elde edilen bulguları karşılaştırmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma alanı

Çalışma alanını Sakarya, Bursa, İstanbul ve Çanakkale Orman Bölge Müdürlükleri (OBM) oluşturmaktadır. Yapılan belirlemelere göre, 2016 yılı sonu itibarıyla Türkiye’de toplam 468 adet satış deposu bulunmaktayken, 2023 yılı sonu itibarıyla ise bu sayı 472’dir (OGM, 2024). Çalışma alanında, 2016 yılı itibarıyla 15’i Sakarya, 16’sı Çanakkale, 35’i Bursa ve 16 tanesi İstanbul OBM’nin faaliyet alanlarında yer almak üzere toplam 84 satış deposu bulunmakta ve bu sayı Türkiye’deki toplam depo sayısının %18’ine karşılık gelmekteyken, 2023 yılı sonu itibarıyla 17’si Sakarya (SOBM), 17’si Çanakkale (ÇOBM), 31’i Bursa (BOBM) ve 14 tanesi İstanbul (İOBM)’nin faaliyet alanlarında yer almak üzere toplam 79 satış deposu bulunmakta

ve bu sayı Türkiye’deki toplam depo sayısının %16,7’sine karşılık gelmektedir (OGM, 2024).

Çalışma için bu bölgenin seçilmesinin üç nedeni bulunmaktadır. Birincisi; çalışmanın yapıldığı Marmara Bölgesinde bulunan 4 Orman Bölge Müdürlüğü toplam 4.067.000 m³ endüstriyel odun üretimiyle Türkiye endüstriyel odun üretiminin %21,3’ünü karşılamaktadır. Bölge Müdürlüklerinden üçünün endüstriyel odun üretimi 1 milyon m³’den fazladır (OGM, 2024). İkincisi; odun kökenli mamül ve yarı mamül ürünlere olan yüksek talep nedeniyle Marmara Bölgesinin büyük bir pazar olmasıdır. Üçüncü neden ise; araştırma bölgesinin çok sayıda ve büyük ölçekli orman endüstrisi kuruluşlarına sahip olması ve bunların odun hammaddesi ihtiyacının zamanında karşılanmasının büyük önem taşımasıdır. Bu tedarik zincirinde, odun üretimi yoğun olan bölge müdürlükleri içinde orman endüstri kuruluşlarına yakın ve Türkiye genelindeki orman depolarını da büyüklük, yapılan işler, ürün çeşitliliği itibarıyla temsil edebilecek 13 orman deposu belirlenmiştir. Bunun yanında çalışmayı yapan araştırmacıların Marmara Bölgesinde görev yapması ve depolara yapacakları çok sayıda saha ziyaretlerini hızlı, kolay ve ekonomik bir biçimde gerçekleştirebilmeleri de Marmara Bölgesindeki çalışmaya konu depoların seçimlerinde etkili olmuştur. Marmara Bölgesi sınırları içerisinde gözlem ve incelemelerin yapıldığı satış depolarının isimleri, bağlı oldukları OBM, orman işletme müdürlükleri (OİM) ve orman işletme şeflikleri (OİŞ) Çizelge 2’de gösterilmiştir. Son yıllarda odun üretiminde yaşanan artışlar nedeniyle çalışma alanında İOBM hariç depo kapasitesinin arttığı anlaşılmaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışma alanında orman işletme müdürlüğü ve depo sayıları (2016-2023)

OBM	OİM sayısı (adet)		Depo sayısı toplam (adet)		Depo kapasitesi(m ³)	
	2016	2023	2016	2023	2016	2023
Sakarya	7	8	14	17	94.500	206.050
Bursa	7	11	36	30	221.200	334.500
İstanbul	11	10	18	14	170.000	166.500
Çanakkale	8	9	16	17	335.000	565.000

Çalışmada, her iki inceleme döneminde de (2016 ve 2023) SOBM, BOBM, İOBM ve ÇOBM’ye bağlı 13 adet depoda (İOBM: 3, ÇOBM: 4, BOBM: 3, SOBM: 3) gözlem ve incelemelerde bulunulmuştur (Çizelge 2). Burada, 2016 yılındaki incelemelerde ziyaret edilen Hendek OİM’ye bağlı Kurtköy Deposu kapatılmış ve yerine Akallık Deposu kurulmuştur. Bu nedenle 2023 yılındaki ziyaret Akallık Deposuna yapılmıştır.

2.2 Yöntem

Bu çalışma, Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 310 sayılı Tebliğde (OGM, 2019) depolama konusunda yer alan özelliklere göre oluşturulan “depo formu”nun doldurulmasına ve depolarda yapılan gözlem ve incelemelere dayanmaktadır. Depo formu dört bölümden oluşmaktadır. Depo formunun ilk iki bölümünün doldurulmasında depo sorumluları ile görüşmeler yapılmış, ayrıca gözlem ve incelemelerde bulunulmuştur. Depo formunun üçüncü bölümünün doldurulması işlemi için depolarda gözlem ve incelemeler yapılmıştır. Bu kapsamda, başlıca depolama kayıplarının (çürüklük, mavi renklenme,

böcek zararı ve çatlama) belirlenmesi, geniş yapraklı ağaç odunlarının (meşe, kayın, kestane, gürgen) depolanması, özellikle ardaklanmaya karşı alınan önlemler ve sulu depolama tekniklerini uygulama olanakları, iğne yapraklı ağaç odunlarının depolanması konularını içeren yorum, tavsiye ve değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 2. İncelenen orman işletme depoları (2016-2023)

OBM	Satış Depoları	OİM	OİŞ-2016	OİŞ-2023
İstanbul	İ-1: Kurtkemerli	Bahçeköy	Kurtkemerli	Bahçeköy
	İ-2: Gümüşalan	Kırklareli	Kirazpınar	Dereköy
	İ-3: Karayokuş	Demirköy	Karacadağ	Demirköy
Çanakkale	Ç-1: Etili	Çan	Çan	Etili
	Ç-2: Yaykın	Yenice	Yenice	Yenice
	Ç-3: Dallık	Kalkım	Kalkım	Eybekli
	Ç-4: Kalkım	Kalkım	Kalkım	Eybekli
Bursa	B-1: Arapoturağı	İnegöl	Tahtaköprü	İnegöl
	B-2: Muratdere	Bilecik	Bozuyük	Bozuyük
	B-3: Devecikonak	Mustafa kemalpaşa	Devecikonak	Devecikonak
Sakarya	S-1: Yuvacık	Gölcük	Yuvacık	Yuvacık
	S-2: Kurtköy	Hendek	Kurtköy	Akallık
	S-3: Doğanstepe	Geyve	Geyve	Geyve

Depo formunun dördüncü bölümünün doldurulması işlemi için depolarda gözlem ve incelemeler yapılarak satış partilerinde aranan özellikler üzerinde durulmuştur. Depolarda ürünlerde kusur ve sınıf tespitleri makroskopik olarak çıplak gözle yapılmıştır. Bu anlamda araştırma ekibi, orman endüstri ve ormancılık disiplinlerindeki çalışma alanlarından gelmeleri nedeniyle depolama sürecinde ortaya çıkan değişiklikleri ve değer kayıplarını kolaylıkla gözlemleyerek tespit ve incelemelerini yapmışlardır.

Depo formunun birinci bölümü; Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliğde yer alan “Daimi Satış Depo Yerlerinin Seçimi” (SDYS) kapsamında aranan özelliklere göre oluşturulmuştur (OGM, 2019). Bu bölüm altı maddede değerlendirilmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Daimi satış depo yerlerinin seçimine ilişkin aranan özellikler (OGM, 2019)

SDYS	Açıklama
SDYS-1	Depo yeri arazisi seçilirken öncelikle mülkiyeti OGM'ye ait araziler, orman içi açıklık ve boşluklar tercih edilecektir. Bu mümkün olmadığı takdirde sırasıyla Hazine, Belediye, Özel İdare, Köy tüzel kişiliği gibi mülkiyeti devlete ait arazilerden temin edilmeye çalışılacaktır. Bunun da mümkün olmaması halinde gerçek veya tüzel kişilerden satın alınacak veya kiralanacaktır.
SDYS-2	1 m ³ veya 1 ster ürün için 2 m ² yer gerektiği göz önünde tutulacak ve asgari 10.000 m ³ /ster emvali depolayabilecek kapasitede yerler seçilecektir. Mecbur kalmadıkça bu miktarın altına düşülmeyecektir.
SDYS-3	Seçilecek depo yeri her mevsim taşımaya müsait olacak, yakınında ihtiyaca cevap verebilecek nitelik ve kapasitede başka faal bir satış deposu bulunmayacaktır.
SDYS-4	Sel ve heyelan tehlikesi bulunan sahalar depo yeri olarak seçilmeyecektir
SDYS-5	Mümkün olduğu nispette az meyilli ve yüklü araçların kolaylıkla giriş çıkışına elverişli yapıya sahip araziler seçilecektir
SDYS-6	Depo yeri, suyun bol olduğu veya en az içme suyunun ve elektriğin kolaylıkla temin edilebileceği, haberleşme imkânının olduğu yerlerden seçilecektir.

Depo formunun ikinci bölümü; Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 310 sayılı Tebliğde yer alan “Satış Deposu Bina ve Tesisleri” (SDBT) kısmına ilişkin aranan özellikler kapsamında oluşturulmuştur. Bu bölüm on maddede değerlendirilmektedir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Satış deposu ve bina tesislerine ilişkin aranan özellikler (OGM, 2019)

SDBT	Açıklama
SDBT-1	İdare binası, hizmet evi, işçi pavyonu, malzeme deposu bulunacaktır
SDBT-2	İstif yeri vaziyet planına göre üst yapısı ve sanat yapıları ile birlikte depo dâhili yolları inşa edilecektir
SDBT-3	Satış deposunun çevresi mutlaka ihata edilecektir. Deponun görünüşünün ve korunmasının önemli olduğu yerlerde ihata, duvar veya galvanizli kafes tel ile düzgün bir şekilde yapılacaktır. Depolar için güvenlik ihtiyaç durumuna göre kameralarla izleme imkânları da değerlendirilecektir.
SDBT-4	Gereken yerlerde tekniğine uygun istinat duvarı yapılacaktır
SDBT-5	Depoda çıkması muhtemel yangının söndürülmesi, personelin kullanma ve içme suyu ihtiyaçlarının karşılanması için depo sahasına su getirilecektir.
SDBT-6	Geceleri depo sahasının iyi bir şekilde aydınlanması ve binaların ışıklandırılması için elektrik tesisatı yapılacaktır.
SDBT-7	Satış depolarında telefon tesisatı mutlaka yapılacaktır.
SDBT-8	İstiflerin altına konulmak üzere beton ızgara yapılacak veya ürünlerin toprakla temasını kesecek uygun boyutta yuvarlak odunlar ızgara olarak kullanılacaktır. Beton ızgaralar 300 dozlu demirsiz betonla yapılacaktır.
SDBT-9	Depoların girişine tanıtım levhası ve ikaz levhası konulacaktır
SDBT-10	Her depo için “Depo Yeri Planı” düzenlenip depo binasına asılacaktır.

Depo formunun üçüncü bölümünde “Depolama Kayıpları” (DK) için belirlenen (Kantay, 1995, Kantay, 1988; Kantay, 2002; Komut, 2011; Komut ve ark., 2013) özellikler kapsamında Çizelge 5’teki kontrol listesi oluşturulmuştur. Bu bölüm on maddede değerlendirilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Depolama kayıpları bakımından aranan özellikler

Depolama Kayıpları	Açıklama
DK-1	İğne yapraklı yuvarlak odunlarda renklenme sorunu yaşanmıyor
DK-2	Renklenmeye ve çürümeye karşı koruyucu kimyasal madde uygulanıyor
DK-3	Yuvarlak odunlar 3 aydan fazla depoda kalmıyor
DK-4	Kayın emvalde ardaklanmaya karşı sulu depolama yapılıyor
DK-5	Kayın emvalin depolanması için gölge alanlar bulunuyor
DK-6	Böceklerden kaynaklı zarar görünmüyor
DK-7	Böceklere karşı koruyucu kimyasal madde uygulanıyor
DK-8	Bekleme kaynaklı çatlak kusurları bulunmuyor
DK-9	Çatlama kusurlarını önleme amaçlı enine kesitlere kimyasal madde sürülüyor
DK-10	Özel depolama teknikleri kullanılıyor

Depo formunun dördüncü bölümünde “Satış Partilerinde Aranan Özellikler” (SP) (Kantay ve Köse, 2009) üzerinde durulmuştur ve aranan özellikler Çizelge 6’da sunulmuştur.

Çizelge 6. Satış partilerinde aranan özellikler

Açıklama	
SP-1	Satış partisi aynı çap gruplarından oluşuyor
SP-2	Satış partisi aynı boy gruplarından oluşuyor
SP-3	Satış partisi aynı ağaç türünden oluşuyor
SP-4	Satış partisi aynı kalite sınıfından oluşuyor
SP-5	Satış partisi aynı ürün çeşidinden oluşuyor

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Satış depo yerlerinin seçimi

Çalışma kapsamında ele alınan orman işletme depoları, “Daimi Satış Depo Yerinin Seçim” kriterleri çerçevesinde incelenmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 7’de gösterilmiştir. Mülkiyet durumu bakımından depolar işletmenin kendi mülkiyetinde olan ve kiralanmış depolar olarak ikiye ayrılmaktadır (Kantay ve Köse, 2009). 2016 yılındaki ziyarette orman işletme depoları mülkiyet açısından (SDYS-1) incelendiğinde, İstanbul OBM Gümüşalan Deposunda (İOBM,

İ-2) tapu sorunundan kaynaklı yasal bir süreç olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7). Ardından, 2023 yılında yapılan depo ziyaretinde Gümüşalan (İOBM, İ-2) Deposu için devam eden yasal sürecin karşı taraf lehine sonuçlandığı ve bir kısmının mülkiyetinin el değiştirdiği öğrenilmiştir. Diğer tüm depoların SDYS-1 açısından uygun durumda olduğu ve mülkiyet sorunu yaşanmadığı belirlenmiştir (Çizelge 7). İşletmenin mülkiyetinde olan depoların daimi karakterde ve alt yapı tesisleri ile araç-gereç bakımından ihtiyaçlara cevap verebilecek nitelikte olması beklenmektedir (Kantay ve Ünsal, 2002).

Orman işletme depoları, 1 m³ veya 1 ster ürün için 2 m² alanın olduğu ve asgari 10.000 m³/ster emvali depolayabilecek kapasitede yerlerden seçilmelidir. Mecbur kalınmadıkça bu miktarın altına düşülmemelidir (OGM, 2019). Orman işletme depoları, SDYS-2 özelliği açısından değerlendirildiğinde, tüm depolarda 1 m³ veya 1 ster ürün için 2 m² yer gerekliliğinin göz önüne alındığı ve depoların asgari 10.000 m³/ster emvali depolayabilecek kapasitede oldukları belirlenmiştir. SDYS-3 (depolar her mevsim taşımaya müsait olmalı) açısından yapılan gözlem ve incelemelerde bütün depoların uygun durumda olduğu görülmüştür.

Çizelge 7. Daimi satış depo yerinin seçim özelliklerine göre satış depolarının durumu

Özellikler	Yıl	İOBM			ÇOBM				BOBM			SOBM		
		İ-1	İ-2	İ-3	Ç-1	Ç-2	Ç-3	Ç-4	B-1	B-2	B-3	S-1	S-2	S-3
SDYS-1	2016	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SDYS-2	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SDYS-3	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SDYS-4	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-
	2023	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-
SDYS-5	2016	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
	2023	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
SDYS-6	2016	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓

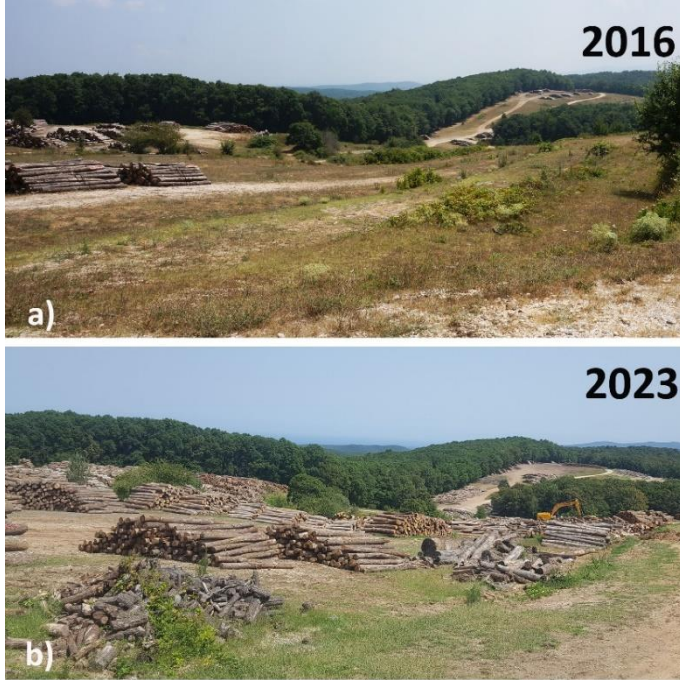
(✓): 310 sayılı tebliğde yer alan ilgili özelliğin karşılandığını ifade etmektedir. (-): 310 sayılı tebliğde yer alan ilgili özelliğin karşılanmadığını ifade etmektedir

Orman işletme depo yerleri seçilirken dikkat edilecek hususlardan biri de depo yeri olarak uygun bir alanın mevcut olmasıdır (Menemencioğlu, 2009). Özellikle sel, heyelan vb. doğa olaylarına karşı deponun uygun yerlerde konumlandırılması gerekmektedir. Sel ve heyelan tehlikesi bakımından (SDYS-4) değerlendirme yapıldığında 30 yıl önce Dallık Deposunun (ÇOBM-3) sele maruz kaldığı öğrenilmiştir. Çalışma alanında Doğantepe Deposunun (SOBM-3) baraj alanında kaldığı görülmüştür (Şekil 1). Yakın zaman önce, 2021 yılında Ayancık Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı tomruk deposunun taşkın sahası içerisinde bulunması ve yaşanan sel felaketi ile birlikte depodan selle taşınan tomrukların akarsu yatağını daha da daraltması, köprüleri yıkması ve tıkaması afetin boyutlarını artırıcı bir etki yapmıştır (Kaya ve ark., 2022). Ayrıca, sele kapılan tomrukların kaybolması orman işletmeleri ve ülke ekonomisi için de büyük maddi kayıplar oluşturmuştur. Bu bağlamda tomruk depolarının sel ve taşkın riskinin olduğu alanlarda olmamasına dikkat edilmelidir.

**Şekil 1.** Geyve baraj alanına yakın depo (Doğantepe deposu)

Orman işletme depoları, mümkün olduğu nispette az meyilli ve yüklü araçların kolaylıkla giriş çıkışına elverişli yapıya sahip arazilerde yapılmalıdır (OGM, 2019). Depolar arazi meyil durumu (SDYS-5) bakımından incelendiğinde, Karayokuş Deposunun (İOBM-3) uygun olmadığı, depo sahasının büyük

kısımının orman içinde kaldığı ve depo sınırlarının belirli olmadığı görülmüştür (Şekil 2a, 2b). Doğanentepe Deposunun (SOBM-3) ise meyilli bir alanda bulunduğu fakat buna karşın istiflerin yapılabileceği parsellerin oluşturulmuş olduğu belirlenmiştir. Diğer depoların ise ilgili kritere uygun olarak seçildiği görülmüştür.



Şekil 2. Karayokuş Deposu a) 2016 yılı görseli ve b) 2023 yılı görseli

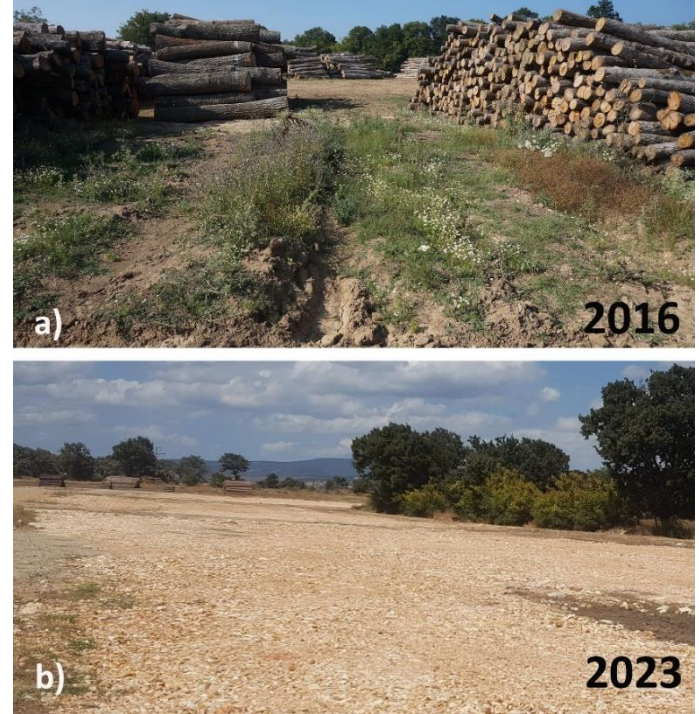
Orman işletme depoları, su temini, elektrik temini ve haberleşme olanakları (SDYS-6) açısından incelendiğinde, Gümüşalan Deposunda (İOBM-2) telefon hattının olmadığı, suyun kuyudan temin edildiği ve elektrik ihtiyacının askeri birlikten karşılandığı görülmüştür. Karayokuş Deposunda su ve elektrik şebekelerinin olmadığı anlaşılmaktadır. Daha önce 2016 yılındaki ziyarette Arapoturağı Deposunda (BOBM-1) telefon hattının olmadığı, suyun orman içinde bulunan bir kaynaktan depoya taşındığı ve elektrik hattının bulunmadığı belirlenmişken, 2023 yılı ziyaretinde bu eksikliklerin giderildiği anlaşılmıştır. İncelemelerde bulunan diğer depoların kriterlere uygun olarak su temini, elektrik temini, haberleşme olanakları açısından uygun durumda olduğu gözlemlenmiştir.

3.2 Satış deposu bina ve tesisleri

Çalışma alanına giren 13 adet deponun 310 sayılı Tebliğde yer alan "Satış Deposu Bina ve Tesisleri" özelliklerine göre durumları Çizelge 8'de verilmiştir. SDBT-1 özelliğine göre, Etili Deposunda (ÇOBM-1) ayrı bir idare binası bulunmamakta, Etili İşletme Şefliği binası bu amaçla kullanılmaktadır. Devecikonak Deposunda (BOBM-3) ise depo yeri değiştiğinden idari bina depoya uzakta kalmış durumdadır. Arapoturağı Deposunda (BOBM-1) ise idare binası olarak yapılmamış eski bir yapı kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu kriter açısından uygun değildir. Diğer depolarda ise gerekli özellikler mevcuttur.

Depo vaziyet planına göre üst yapısı ve sanat yapılarıyla depoda dâhili yollar inşa edilmiş olmalıdır (SDBT-2) (OGM,

2019). Tüm depolarda yolların bulunduğu ancak Gümüşalan Deposunda (İOBM-2) zeminin uygun olmadığı ve dolgu maddesine ihtiyaç olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3a). Etili deposunda 2016 yılında tespit edilen zeminin dolgu maddesi ihtiyacının giderildiği 2023 yılındaki ziyaretten anlaşılmaktadır (Şekil 3b).



Şekil 3. a) Gümüşalan Deposu 2016 yılı uygun olmayan zemin görseli, b) Etili Deposu 2023 yılı dolgu maddesi uygulanmış depo zemini

2016 ve 2023 yıllarında yapılan incelemelerde; Gümüşalan Deposu (İOBM-2) ile Arapoturağı depolarında (BOBM-1) SDBT-3 kriteri karşılanmamaktadır (Şekil 4a-c). Devecikonak Deposunda (BOBM-3) 2016 yılındaki ziyarette görülen olumsuzluğun 2023 yılındaki ziyarette giderildiği görülmüştür. Doğanentepe Deposunun (SOBM-3) içinden köy yolu geçtiği ve geçen yol ihata edilmediği için SDBT-3 kriteri açısından güvenlik zayıf bulunmaktadır (Şekil 4d). Depolarda güvenlik amacıyla kayıt yapan kamera sisteminin (SDBT-3 kriteri) çoğunda kurulmuş olduğu görülmekle birlikte sistemin çalışmadığı depoların olduğu gözlemlenmiştir. Muratdere (BOBM-2) ve Doğanentepe (SOBM-3) depolarında güvenlik amacıyla kayıt yapan kamera sisteminin kurulduğu ve çalışır durumda olduğu görülmüştür (Şekil 4e).



Şekil 4. Depoların SDBT-3 kriterine göre durumları; a) Gümüşalan Deposu duvar ve galvanizli tel mevcut değil, b) Arapoturağı Deposu duvar ve galvanizli kafes tel mevcut değil, c) 2016 yılı Devecikonak Deposu duvar ve çit mevcut değil, d) Doğantepe Deposu ortasından köy yolu geçiyor, e) 2023 yılı

Muratdere Deposu nizami güvenlik panoları ve kamera takip levhaları, f) yenilenmiş duvar ve teller

“Satış Deposu Bina ve Tesislerine ilişkin kriterlerden SDBT-4 ve SDBT-5 maddelerinde belirtilen hususlar açısından tüm depolar uygun durumdadır. 2016 yılında “Gece deponun aydınlatılması ve binaların ışıklandırılması için elektrik tesisatının mevcut olması” (SDBT-6 kriteri) Muratdere (BOBM-2), Yuvacık (SOBM-1) Doğantepe (SOBM-3) dışında hiçbir depoda sağlanamamıştır. Bu eksikliğin, 2023 yılında, Kurtkemer (İOBM-1), Dallık (ÇOBM-3), Muratdere (BOBM-2), Devecikonak (BOBM-3), Yuvacık (SOBM-1), Kurtköy (SOBM-2) ve Doğantepe (SOBM-3) depoları dışında giderilmediği görülmüştür. Diğer yandan, telefon tesisatı bulunması açısından (SDBT-7) orman işletme depoları incelendiğinde, sadece Gümüşalan (İOBM-2) ve Arapoturağı (BOBM-1) depolarında telefon tesisatı bulunmamaktadır (Çizelge-8).

SDBT-8 kriterine göre; istiflerin altına konulmak üzere beton ızgara yapılacak veya ürünlerin toprakla temasını kesecek uygun boyutta yuvarlak odunlar ızgara olarak kullanılacaktır (OGM, 2019). Beton ızgaralar depoların tamamında kullanılmamaktadır. Depoların tamamında tebliğdeki bu koşul yerine getirilmemektedir. “Ürünlerin toprakla temasını kesecek uygun boyutta yuvarlak odunların ızgara olarak kullanımı” da uygulanmayan bir kriterdir. Bununla birlikte, istifi oluşturan ürünlerin ikisinden ya da daha fazlasından tesis edilen kendinden altlık uygulamasının yapıldığı görülmektedir (Şekil 5). Öte yandan, Gümüşalan (İOBM-2), Karayokuş (İOBM-3) ve Arapoturağı (BOBM-1) depolarında kendinden altlık uygulamasının yapılmadığı her iki ziyarette de görülmüştür (Çizelge 8).

Çizelge 8. “Orman İşletme Deposu Bina ve Tesisleri” kriterlerine göre satış depolarının durumları

Özellikler	Yıl	İOBM			ÇOBM				BOBM			SOBM		
		İ-1	İ-2	İ-3	Ç-1	Ç-2	Ç-3	Ç-4	B-1	B-2	B-3	S-1	S-2	S-3
SDBT-1	2016	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	✓
SDBT-2	2016	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SDBT-3	2016	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	-
	2023	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	-
SDBT-4	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SDBT-5	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SDBT-6	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	✓
	2023	✓	-	-	-	-	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
SDBT-7	2016	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
SDBT-8	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SDBT-9	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SDBT-10	2016	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-	✓
	2023	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓

(✓): 310 sayılı tebliğde yer alan ilgili özelliğin karşılandığını ifade etmektedir. (-): 310 sayılı tebliğde yer alan ilgili özelliğin karşılanmadığını ifade etmektedir.



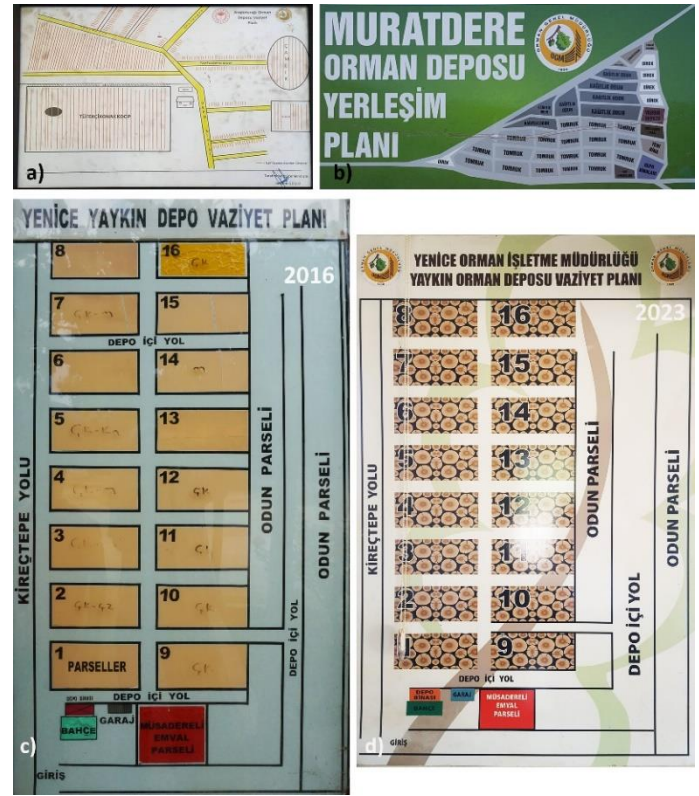
Şekil 5. a) Doğanatepe Deposu 2016 yılı kullanılmayan beton altlıklar, b) Yaygın Deposu 2023 yılı kullanılmayan beton altlıklar, c) Devecikonak Deposu kendinden altlıklı istif, d) Etili Deposu kendinden altlıklı istif, e) Dalık kendinden altlıklı istif, f) Muratdere kendinden altlıklı istif ve istif bilgisi yazım

Depo tanımlama tabelalarının (SDBT-9) 2016 yılında tüm depolarda bulunduğu tespit edilmiştir. 2023 yılında ise sadece Karayokuş Deposunda (İOBM-3) olmadığı görülmüştür. Ancak kullanılan tanımlama tabelalarının birçoğunun eski olduğu, belirli bir standarda göre olmadığı, her depoda farklı boyut ve içerikte kullanıldığı görülmüştür. Diğer bir taraftan, 2016 yılında Gümüşalan (İOBM-2), Arapoturağı (BOBM-1), Muratdere (BOBM-2), Devecikonak (BOBM-3) ve Kurtköy (SOBM-2) depolarında yapılan incelemelerde vaziyet planının (depo yeri planı) (SDBT-10) depo binası içine asılmadığı belirlenmiştir. 2023 yılında Arapoturağı (BOBM-1) ve Muratdere (BOBM-2) depolarının eksik olan vaziyet planını hazırladıkları görülmüştür (Şekil 6a, Şekil 6b). Muratdere Deposunun (BOBM-2) vaziyet planı diğer depolardan farklı olarak dışarıda levha halinde konulmuştur. 2023 yılında, Gümüşalan (İOBM-2), Karayokuş (İOBM-3) ve Kurtköy (SOBM-2) depolarında yapılan incelemelerde vaziyet planının (SDBT-10) mevcut olmadığı belirlenmiştir. Yaygın Deposunun (ÇOBM-2) vaziyet planı ise görsel olarak güncellenmiştir (Şekil 6c ve 6d). Vaziyet planı olan bazı depolarda ise ilgili planların çok eski olduğu ve güncel durumu tam olarak yansıtmadığı görülmüştür.

3.3 Depolama kayıpları

Depolarda uzun gövde odunlarında görülen depolama kayıplarından bir tanesi renklenmelerdir (Kantay ve Köse, 2009). DK-1 açısından bakıldığında Gümüşalan (İOBM-2), Etili (ÇOBM-1), Arapoturağı (BOBM-1), Muratdere (BOBM-2) ve Yuvacık (SOBM-1) depolarında renklenme sorunu her iki inceleme döneminde de görülmemiştir (Çizelge 9). Karayokuş (İOBM-3), Yaygın (ÇOBM-2), Kalkım (ÇOBM-4), Devecikonak (BOBM-3) ve Kurtköy (SOBM-2) depolarında ise

renklenme sorunu 2016 yılında görülmüş ancak 2023 yılı ziyaretinde rastlanılmamıştır (Çizelge-9).



Şekil 6. a) Arapoturağı Deposu vaziyet planı, b) Muratdere Deposu vaziyet planı, (c)Yaygın Deposu 2016 yılı vaziyet planı, (d) Yaygın Deposu 2023 yılını güncellenmiş vaziyet planı

Kurtkemerli (İOBM-1), Dalık (ÇOBM-3) ve Doğanatepe (SOBM-3) depolarında her iki ziyaret döneminde de renklenme sorunları görülmüştür. İğne yapraklı yuvarlak odunların bulunduğu depolarda genel olarak renklenme sorunu (DK-1) yaşanmamaktadır. Bu nedenle, depolarda renklenmeye karşı koruyucu kimyasal madde uygulanmadığı gözlenmiştir (DK-2). Kayın uzun gövde odunlarında ardaklanmanın önemli depolama kayıplarına neden olduğu görülmüştür (Şekil 7e, 7f). Depolama sürecinde ardaklanma dışında çürüklükler nedeniyle oluşan depolama kayıplarına rastlanılmamıştır. Çürüklüklere karşı tüm depolarda koruyucu kimyasal madde uygulaması görülmemiştir. DK-3 açısından depolar incelendiğinde, kayın yuvarlak odunların depolama süresinin 3 ayı geçmediği belirlenmiştir. Yapılan görüşmelerde iğne yapraklı yuvarlak odunların da 3 aydan fazla depoda kalmadığı anlaşılmıştır. Bununla birlikte, Etili Deposunda (ÇOBM-1) maden ve tel direklerin 4-5 ay, Muratdere Deposunda (BOBM-2) ise iş yoğunluğu ve pazarlığa kalma nedenleriyle zaman zaman 5-6 ay ürünlerin beklediği 2023 yılındaki ziyarette ifade edilmiştir. 310 sayılı tebliğe göre kayın emvalde ardaklanmaya karşı sulu depolama yapılması tavsiye edilmektedir (DK-4) (OGM, 2019). Kayın emvalde ardaklanmaya karşı sulu depolama uygulamasının hiçbir depoda gerçekleştirilmediği fakat geçmişi yıllarda Devecikonak Deposunda (BOBM-3) belli dönemlerde havuzlama yapıldığı görüşmelerde not edilmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 9. Depolama kayıpları açısından satış depolarının durumları

Özellikler	Yıl	İOBM			ÇOBM				BOBM			SOBM		
		İ-1	İ-2	İ-3	Ç-1	Ç-2	Ç-3	Ç-4	B-1	B-2	B-3	S-1	S-2	S-3
DK-1	2016	-	✓	-	✓	-	-	-	✓	✓	-	✓	-	-
	2023	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
DK-2	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DK-3	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DK-4	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DK-5	2016	-	✓	✓	-	-	✓	-	✓	✓	-	-	-	-
	2023	-	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-	-
DK-6	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DK-7	2016	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓
	2023	-	-	-	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓
DK-8	2016	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-
	2023	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-
DK-9	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DK-10	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(✓): İlgili özelliğin karşılandığını ifade etmektedir. (-): İlgili özelliğin karşılanmadığını ifade etmektedir.

Kayın emvalin depolanması için doğrudan güneş ışınlarına maruziyetin engellendiği gölge alanların yeterli olup olmadığı incelendiğinde (DK-5), Gümüşalan (İOBM-2), Dallık (ÇOBM-3), Arapoturağı (BOBM-1), Muratdere (BOBM-2) depolarında gölgeli alanların yeterli olduğu, Yaykın Deposunda (ÇOBM-2) ise kısmen gölgeli alanların bulunduğu, diğer depolarda gölgeli alanların yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Karayokuş Deposunda (İOBM-3) 2016 yılı ziyaretinde görülen olumsuzluğun 2023 yılı ziyaretinde giderildiği anlaşılmıştır. Kurtkemerli (İOBM-1), Kalkım (ÇOBM-4), Yuvacık (SOBM-1), Kurtköy (SOBM-2), Doğantepe (SOBM-3) depolarında ise her iki ziyaret döneminde de ilgili kriter karşılanmamıştır. Gümüşalan (İOBM-2), Dallık (ÇOBM-3), Arapoturağı (BOBM-1) ve Muratdere (BOBM-2) depolarında her iki ziyaret döneminde ilgili kriterin karşılandığı görülmüştür (Şekil 7a, 7b).

Böceklerden kaynaklı zararlar (DK-6) incelendiğinde, böcek zararı hiçbir depoda tespit edilmemiştir (Çizelge 9). Böceklerden kaynaklanan depolama kayıplarını önlemek (DK-7) adına 2016 yılında Kalkım Deposunda (ÇOBM-4), 2023 yılında ise Etilli (ÇOBM-1), Yaykın (ÇOBM-2), Dallık (ÇOBM-3) ve Doğantepe (SOBM-3) depolarında feromon tuzağı ile önlem alınmaya çalışıldığı tespit edilmiştir (Şekil 7c, 7d).



Şekil 7. a) Arapoturağı Deposu gölgeli alan toprakla temaslı kayın istifleri, b) Gümüşalan Deposu gölgeli alan kayın istifleri, c) Arapoturağı Deposu kayın ardaklanma, d) Gümüşalan Deposu kayın ardaklanma, e) Etilli Deposu meşe tomruklarında öz, halka ve derin çatlaklar, f) Yuvacık Deposu kayın tomruklarında derin çatlaklar



Şekil 8. a) Kalkım Deposu feromon tuzağı, b) Dallık Deposu feromon tuzağı

Çatlaklar odun hammaddesinde doğal mukavemeti veya yapısal bütünlüğü bozmakta, kalite sınıfını düşürmektedir (Bozkurt ve Göker, 1981; Bozkurt ve Erdin, 2011). Elde edilen ürünlerde fiziksel mekanik özellikler azalabilirken elde edilen ürünlerde ya da kaplamalarda görsel bütünlük kaybolmaktadır. Çatlak oluşan bölgeler uzaklaştırıldığında ise ürün verimliliği düşmektedir. Yapılan incelemelerde 2016 yılında Dallık (ÇOBM-3) ve Kalkım (ÇOBM-4) depolarında, gölgeli alanlar çok olduğu için, çatlaklardan kaynaklanan depolama kayıplarına (DK-8) rastlanılmamışken, diğer depolarda görülmüştür. 2023 yılında da Gümüşalan (İOBM-2) ve Kalkım (ÇOBM-4), depolarında çatlak gözlemlenmemiştir. Kurtkemer (İOBM-1), Karayokuş (İOBM-3), Etili (ÇOBM-1), Yaygın (ÇOBM-2), Dallık (ÇOBM-3), Muratdere (BOBM-2), Devecikonak (BOBM-3), Yuvacık (SOBM-1), Kurtköy (SOBM-2), Doğantepe (SOBM-3) depolarında yapraklılarda çatlaklar nedeniyle önemli kayıpların olduğu görülmüştür. Arapoturağı Deposunda (BOBM-1) ise göknarda çatlakların yoğun olduğu tespit edilmiştir. Hiçbir depoda çatlama karşı enine kesitlere

kimyasal madde sürülmesi uygulamasının yapılmadığı (DK-9) tespit edilmiştir. Yapılan inceleme ve görüşmelerde orman işletme depolarında özel depolama tekniklerinin kullanılmadığı (DK-10) belirlenmiştir.

3.4 Satış partileri

Satış partileri ile ilgili elde edilen bulgular Çizelge 10'da gösterilmiştir. Ülkemizde çap grupları itibarıyla 21-29 cm ince, 30-39 cm orta, 40-49 cm kalın ve 50 ve üstü ise çok kalın olarak gruplandırılmasına rağmen (Kantay ve Köse, 2009) incelenen depolarda 21-29 cm ince, 30 cm ve üstü kalın olarak bulunmaktadır (SP-1). İnce çaplı ve kalın çaplı emvaller aynı satış partisinde karışık olarak (paçal), kâğıtlık odun hariç, depolarda görülmemiştir. Dallık Deposunda (ÇOBM-3) nispeten az gelen yapraklı türler paçal olarak depolanmış (SP-2), Kalkım Deposunda (ÇOBM-4) ise kâğıtlık odun hariç boy paçal olarak çok az düzeyde görülmüştür (SP-2). Depolarda ürünler genellikle 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 - 4,0 m boylarda hazırlanmaktadır. 2,5 m. ve altı kısa, 3,0 - 6,0 m arası normal boy, 6,0 m'den fazla olanlar uzun boy olarak istiflere ayrılmaktadır. 5,0 m boyunda emvale çok az rastlanmıştır, Arapoturağı (BOBM-1) ve Muratdere depolarında (BOBM-2) 6 m boyunda tomrukların çok az da olsa satışa çıkarıldığı görülmüştür. Satış partileri içerisinde farklı boylardan (boy paçalı) emvalin bulunduğu partiler de tespit edilmiştir. Kısa boy ve normal boy paçalı olarak partilerin yapıldığı belirlenmiştir (SP-2). Devecikonak Deposunda (BOBM-3) kısa boy paçalı olarak 2,5 m'ye kadar olan boylar; normal boy paçalı olarak da 3 m ve yukarısı görülmüştür. Karayokuş Deposunda (İOBM-3) ise 1,5- 2-2,5 m 3-3,5-4 m boyutlarda boy paçalı görülmüştür (SP-2).

Çizelge 10. Satış partileri açısından depoların değerlendirilmesi

Özellikler	Yıl	İOBM			ÇOBM				BOBM			SOBM		
		İ-1	İ-2	İ-3	Ç-1	Ç-2	Ç-3	Ç-4	B-1	B-2	B-3	S-1	S-2	S-3
SP-1	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SP-2	2016	✓	✓	-	✓	✓	-	-	✓	✓	-	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	-	✓	✓	-	-	✓	✓	-	✓	✓	✓
SP-3	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SP-4	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SP-5	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2023	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

(✓): 310 sayılı tebliğde yer alan ilgili özelliğin karşılandığını ifade etmektedir. (-): 310 sayılı tebliğde yer alan ilgili özelliğin karşılanmadığını ifade etmektedir.

İncelenen depolarda düzenlenen satış partilerinin hepsi aynı ağaç türünden (SP-3), aynı kalite sınıfından (SP-4) ve aynı ürün çeşidinden (SP-5) oluştuğu tespit edilmiştir. Bu konuda işletme depolarında satış istiflerinin istenilen niteliklerde olduğu görülmüştür.

Hemen hemen bütün depolarda ebat kontrolleri eleman yetersizliği nedeniyle ancak istifte yapılabilmektedir. Son yıllarda depolar için orman ve orman endüstri mühendislerinden hizmet alımı yapılmasına rağmen incelenen depolarda yetersiz personel nedeniyle sınıflandırma kepçe operatörünün

inisiyatifinde gerçekleşmektedir. Bazı depolarda kepçe operatörlerinin uzun yılların getirdiği deneyim ve bilgi birikimi ile kendini istifleme konusunda olumlu anlamda geliştirdiği de bir saha gerçeğidir. Bu anlamda müşteri şikâyetleri nispeten çok az yaşanmaktadır.

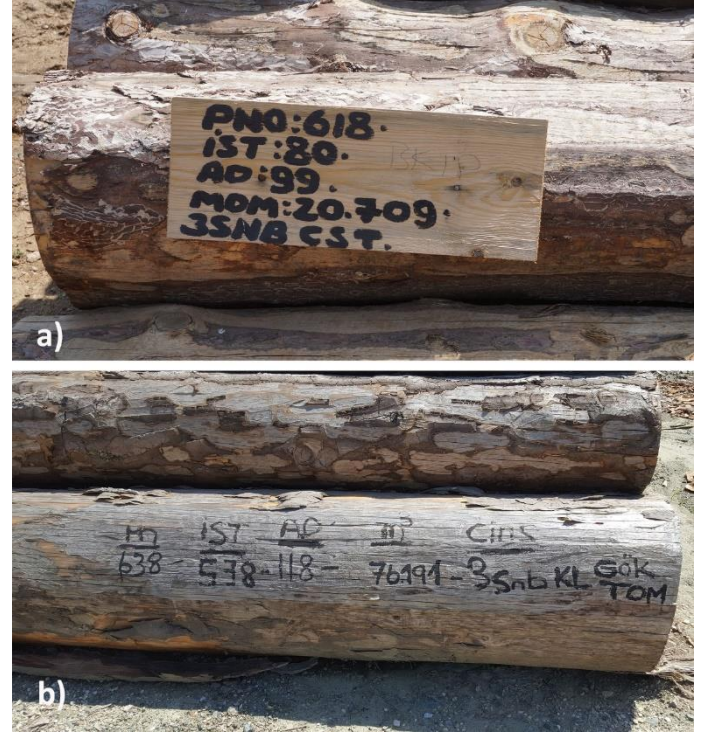
Arapoturağı Deposunda 2016 yılı ziyaretinde enine kesitlere yazılmış istif bilgileri görülmüştür (Şekil 9a). Aynı depoda 2023 yılı ziyaretinde standarda uygun bir biçimde çekilmiş şeritler ve bilgiler olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9b). Devecikonak Deposunda 2016 yılı ziyaretinde enine kesitlere yazılmış istif

bilgileri Şekil 9c'de görülmektedir. Aynı depoda, 2023 yılı istif bilgileri Şekil 9d'de gösterilmiştir. Etili Deposunda 2016 yılı ziyaretinde görülen otlu zemin ve istif bilgileri Şekil 9e'de, 2023 yılı ziyaretinde görülen istif bilgilerin yazım durumu Şekil 9f'de gösterilmiştir. Dallık Deposuna 2016 yılında yapılan ziyarette istifi bilgilerinin yazım durumu Şekil 9g'de, 2023 yılındaki durum ise Şekil 9h'deki gibi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 9. a) Arapoturağı Deposu 2016 yılı enine kesitlere yazılmış istif bilgileri, b) Arapoturağı Deposu 2023 yılı standartta belirtildiği gibi çekilmiş şeritler ve bilgiler; c) Devecikonak Deposu 2016 yılı enine kesitlere yazılmış istif bilgileri, d) Devecikonak Deposu 2023 yılı istif bilgileri; e) Etili Deposu 2016 yılı otlu zemin ve istif bilgileri, f) Etili Deposu 2023 yılı istif ve bilgilerin yazımı; g) Dallık Deposu istif bilgileri: 2016 yılı, h) Dallık deposu istif bilgileri: 2023 yılı

Satış partisi ve istif bilgilerinin yazılmasında, istif üzerinde yazılım yeri ve şekli bakımından depodan depoya önemli farklılıklar görülmektedir. Eleman yetersizliğine bağlanan bu sorunun acil olarak ele alınarak düzeltilmesi gerekmektedir. Özellikle alıcılar açısından gerekli bilgilerin istiflerdeki tomruk enine kesitlerine yazılması ya da bu bilgilerin ayrı bir plakaya yazılarak istiflerin üzerine konulması önemli bir sorundur. Aşağıda 2023 yılı ziyaretinde Muratdere Deposunda doğru şekilde yapılan istif yazısı görülmektedir (Şekil 10a, 10b).



Şekil 10. Muratdere Deposu a) 2016 yılı istif bilgileri yazım durumu, b) 2023 yılı istif bilgileri yazım durumu.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, orman işletme depolarında odun hammaddesi üretiminin son aşaması olan depolama durumu ve depolamadan kaynaklı kalite kayıpları incelenmiştir. Orman işletme depolarında, depolama aşamasında uygun şartlarda istif edilmemiş, açık hava koşullarına maruz kalmış uzun gövde odunlarında abiyotik ve biyotik faktörlerin sonucu çatlaklar, renklemeler ve bozunmalar meydana gelmektedir. Bu etkenlere bağlı oluşan depolama kayıpları, uzun gövde odunlarında kalite sınıfının düşmesine, hacim kayıplarının yaşanmasına ve dolayısıyla satış gelirlerinin azalmasına neden olmaktadır. Odun kalitesinin nihai ürün kalitesini doğrudan etkilemesi nedeniyle, tomruk işleyen işletmelerde de ürün verimliliğinin düşmesine yol açmaktadır. Orman işletme depolarındaki durumun ortaya konulması bu kalite kayıplarının azaltılması yönünde önemli bir adımdır. Bu kapsamda çalışmadan elde edilen sonuç ve değerlendirmeler aşağıda sıralanmıştır:

- Hızlı ve uygulama kolaylığı açısından hem ülkemizde hem de odun üretiminin yoğun yapıldığı ülkelerde, yuvarlak gövdelerde odun sınıflarının belirlenmesi ve kalitenin ortaya konulması kullanımında olan standartlara bağlı olarak uzman kişilerin temel bilgileri ve çıplak gözle (makroskopik) yaptıkları değerlendirme ile gerçekleştirilmektedir. Çalışanların bu konudaki bilgi birikimi ve deneyimi ne kadar etkili olursa olsun değerlendirme odun hammaddesi standartlarında belirtilmiş ve tanımlanmış nesnel kriterler üzerinden yapılmaktadır. Burada eğitim, deneyim süresi ve denetim gibi faktörler ortaya çıkacak hataların minimize edilmesinde önemli faktörler olmaktadır.

- İnceleme yapılan depolarda başlıca depolama kayıplarını çeşitli çatlaklar oluşturmaktadır. Kayın odunlarında görülen ardaklanma ise diğer bir önemli depolama kaybı olarak belirtilebilir. Ardaklanma dışında depolarda oluşabilen çürüklüklere rastlanılmamıştır. Renk değişiklikleri yer yer görülmekle birlikte bu değişikliklerin sadece depolama süreciyle ilişkilendirilmesi doğru değildir.
- Depolama kayıplarının oluşmasında en önemli faktör depolama süresidir. Her zaman amaç kısa süreli depolama olmalıdır. Bunun dışında, ağaç türü, kalite sınıfı ve mevsimler depolamada dikkate alınacak diğer faktörlerdir. Yapılan incelemelerde tüm depolarda satışa kadar geçen depolama süresinin genellikle üç ayı geçmediği belirtilmiştir. Bu durum depolama kayıplarının en aza indirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Özellikle sıcak mevsimlerde bu sürenin en aza indirilmesi depolamadan kaynaklanan kalite kayıplarının azalmasını sağlayacaktır. Ülkemiz şartlarında sert ağaçlar için Mayıs ile Ekim ayları arası, yumuşak ağaçlar için Mart ile Ekim ayları arasında depolama süresi oldukça kısa tutulmalıdır.
- Depo yerlerinin seçimi depolama kayıplarının önlenmesinde kritik kök nedeni oluşturmaktadır. Şiddetli rüzgâra açık yerlerde depolama yapmak değer kayıplarını hızlandırmaktadır. Bu nedenle depolama alanları rüzgârdan doğal olarak korunaklı alanlarda (örneğin; vadi tabanları gibi) oluşturulmalıdır. Yumuşak rüzgârların olduğu, korunaklı ve gölgeli (meşçere içinde ya da komşu) yerler ile kuzey yamaçlar bu konuda daha uygun olmaktadır. Depolama alanları odunu tahrip eden böceklerin istila ettiği bir ormandan uzak olmalıdır.
- Ülkemizde zaman zaman orman afetleri (yangın, böcek zararları, fırtına devrikleri) yaşanmaktadır. Afet sonrası süreçlerde depo faaliyetlerinin yoğunlaşacağı öngörülerek Bölge Müdürlükleri'nce gerekli planlama yapılmalıdır.
- Yapılan incelemelerde satışı gerçekleşmiş istiflerin uzun süreler (2-3 yıl) depoda bekletildiği görülmüştür. Depolama kayıplarının tespit edilmesinde bu istifler esas alınmamıştır. Bu durumu sınırlayıcı cezai uygulamalar bilinmekle birlikte bu uygulamaya hiçbir depoda gidilmediği belirlenmiştir. Bu durum ve müsadereleli istifler depolama alanının rasyonel kullanımı ve güvenlik açısından sorun yaratmaktadır.
- Tüm depolarda gözlemlenen ortak sorunların başında nitelikli personel yetersizliği gelmektedir. Yapılan incelemelerde istiflerin ve satış partilerinin oluşturulmasından sorumlu elemanların birçoğunun yeterli odun kalitesi ve standardizasyonu bilgisine sahip olmadığı anlaşılmıştır. Bu nedenlerle, depoya gelen emvalin sınıflandırma ve istif işlemlerinde genellikle mevsimlik olarak çalışan kepçe operatörlerinin görev yaptığı görülmüştür.
- Ayrıca ziyaretler sırasında nerdeyse tüm depolarda depoya giriş yapan emvalin eleman eksikliği ve yeterli zaman olmaması nedeniyle ancak istiflerde kontrol edilebildiği gözlemlenmiştir. Bu kısıttan kaynaklanan diğer bir problem depo zeminlerinin yeterince temizlenememesidir. İstiflerin yapılacağı parsellerde zeminin araç giriş çıkışına uygun olarak zaman zaman bakımının yapıldığı görülmekle birlikte yabancı ot mücadelesi gibi bakım faaliyetlerinin yerine getirilemediği görülmüştür. Bu durum depolarda yangın olasılığını artırmaktadır. Depolarda görevli personel sayısı depodan depoya farklılık göstermektedir. İncelenen depolarda personel sayısı 2 ve 5 arasında değişmektedir. Bunlar 1 memur ve 1 işçi olmak üzere toplam 2, ya da 1 memur, 2 işçi ve 2 geçici işçi olmak üzere toplam 5 kişinin yeterli olmadığı görülmüştür.
- Orman depolarındaki görevlilerin depolama kayıpları, odun kalitesi, depolama teknikleri ve ürün standardizasyonuna yönelik birikimleri de depodan depoya değişiklik göstermektedir. Bu alanda işlevlendirilen personelin farklı görevlerden bu işe atanmaları, kısa süreli aynı yerde çalışıyor olmaları ve görevleri ile ilgili hizmet içi eğitim almamaları nedeniyle gerek standardizasyon gerek depolama teknikleri bakımından verim sağlanamamaktadır. Bu alanda görev yapan personelin sayısının artırılması yanında ilgili alanda bilgi sahibi ya da belli eğitim programları ile alanlarında uzmanlaşmış kişilerin atandığı bir personel politikası benimsenmelidir. Tüm bu değerlendirmeler açıkça göstermektedir ki uzun gövde odunlarının piyasa istekleri de dikkate alınarak gerçek kalite sınıflarına göre sınıflandırılmaları ve depolama kayıplarının en aza indirilmesi çalışan personel sayısı ve birikimiyle doğrudan ilgilidir. Kalite sınıflarının gerçeği yansıtmasının altında yetersiz veya niteliksiz personelin sonradan oluşabilecek kalite kayıplarını öngörerek ürünü daha alt sınıflarda yer vermesi ya da kepçe operatörlerinin daha hızlı işlem yapma isteği nedeniyle mümkün olduğunca az sınıf oluşturma gibi davranışlar yatmaktadır.
- Yeterli eleman bulunmayışı depoların güvenliği bakımından da sorunlar yaratmaktadır. İnceleme yapılan depolarda gündüz saatlerinde personel bulunurken, geceye denk gelen saatlerde görevli herhangi bir kişi bulunmamaktadır. Bazı depolarda kamera sistemi kurulmuş olmakla birlikte sistemin takibi gerçekleşen olaylara göre yapılmaktadır. Sürekli bir izleme durumu söz konusu değildir. Birçok depoda elektrik ve iletişim imkânlarının olmaması güvenlik açısından gece aydınlatması gibi olanakları kısıtladığından güvenlik sorununu büyüten diğer bir kısıttır. Ayrıca depoların birçoğunda mevcut duvar veya çitler eski fonksiyonunu yitirmiş durumdadır. Bazı depoların içinden köy yolları geçmektedir. Bu durum da güvenlik açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır. Depoların etraflarını çeviren duvar veya çitlerin yenilenmesi bakımının yapılması gerekmektedir. Genel olarak depo alanı duvar veya çitlerle çevrelenmiş olsa bile depolar (işletme bahçelerinde yer alanlar hariç) rahatlıkla girilebilen, otlama yapılabilen alanlara dönüşmüştür.
- 2016 yılında yapılan depo ziyaretlerinde tespit edilen bazı olumsuz uygulamaların, 2023 yılındaki depo ziyaretlerinde olumlu yönde değiştiği görülmüştür. İhaleden sonra, satışı yapılan partilerde numaraların kullanılması örnek olarak verilebilir.
- 2016 yılında depolarda tespit edilen bazı olumlu uygulamaların, 2023 yılındaki depo ziyaretlerinde devam ettirilmediği görülmüştür. Bunlara örnek olarak; depolarda vaziyet planlarının birçoğunun yenilenmemesi hatta kaldırılması, telefon, su, elektrik ihtiyaçlarının iyileştirilmemesi ve beton altlık uygulamasının tamamen terkedilerek kendinden (istifi oluşturan ürünlerden) altlık uygulamasına geçilmesi gösterilebilir.

- Diğer bir taraftan, 2022 yılında tüm Türkiye’de 50 adet Orman Endüstri Mühendisinin OGM’de depo sorumlusu olarak görevlendirilmesine karşın 2023 yılı Marmara Bölgesindeki depo ziyaretleri sırasında çok az yerde depo şefliğinin kurulmuş olduğu (Arapoturağı ve Devecikonak) görülmüştür. Yeni atanan orman endüstri mühendislerinin yapısal ve idari olarak birçok sorun ile karşılaştıkları ve depo ile ilgili hizmet içi eğitim almadıkları tespit edilmiştir. Ataması yapılan orman endüstri mühendisleri ile kıymetli orman emvalinin üreticilere, uygun depolama ve koruma teknikleri ile kalite ve kantite kayıpları yaşanmadan ulaştırılması mümkün olacaktır. Böylece, yaratılan yüksek katma değer ile ulusal ekonomiye doğrudan ve dolaylı olarak katkı sağlanacaktır.
- Depo memuru olarak görevlendirilen orman muhafaza memurları -özellikle göreve yeni başlamış olanlar- standardizasyon pratiği için hem görev başlangıcında ve hem de görevi süresince düzenli hizmet içi eğitimlerle eğitilmelidir. Bu durum, eski depo memurları ile birlikte oryantasyon ya da çalışma imkânı bulamayan yeni atanan memurlar için bilgi ve deneyim eksikliğini ortadan kaldıracaktır. Yüksekokul programlarında odun kalitesi, standardizasyon ve depolama teknikleri konularına daha fazla ağırlık verilmelidir. Bir başka alternatif de bu konularla ilgili yeni programların açılması ya da mevcut programlar içindeki derslerin içeriğinin güncellenmesi ve uygulamalara daha fazla yer verilmesidir.
- Uygulamadan kalkan 288 sayılı tebliğ ve bugün kullanılan 310 sayılı “Oduna Dayalı Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliğ”in her ikisinde de tavsiye edilen beton ayak ve empenyeli altlıkların incelenen depolarda uygulamasının olmadığı ve hiçbir şekilde kullanılmadığı tespit edilmiştir. Bu tür nedenlerle tebliğlerin hazırlanması ya da güncellenmesi, üniversitelerden ve araştırma enstitülerinden konuyla ilgili uzmanlar ile sahadaki uygulayıcıları bir araya getiren mekanizmalar ile yapılmalıdır.
- OGM 2023 bilanço verilerine göre kayın ve meşe üretim miktarı yapraklı türlerde sırasıyla %17 ve %12 üretim oranı ile toplam odun hammaddesi üretiminin %29’unu oluşturmaktadır. Bu türlerin yoğun olduğu yerlerde sulu depolama uygulamaları planlanmalı ve doğru tekniklerle depolanması için kaynaklar yaratılmalıdır.

Kaynaklar

- Acar, H., Ay, N., Ünver, S., 2008. Doğu Karadeniz Bölgesindeki orman depolarının özellikleri ve depolama sırasında ürünlerde meydana gelen kayıpların değerlendirilmesi. Doğu Karadeniz Ormancılık Enstitüsü Dergisi, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No:316, DKOYA Yayın No:28. 32-41.
- Akyüz, K.C., Serin, H., Akyüz, İ., Cındık, H., 2003. Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki orman ürünleri sanayi işletmelerinin hammadde tercihleri ve tedarik sorunları, Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 1-2, 68-75.
- Ay, N., Güller, B., 1997. Artvin orman işletme müdürlüğü istifi ve satış yerleri (depolar) ile ilgili görüş ve öneriler, Kafkas Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 6 (1-2), 1-10.
- Bakır, D., İmamoğlu, S., 2014. Artvin Hamamlı ve Ardanuç orman depolarında bulunan tomrukların Fakkop 3d Akustik Tomografi (Odun Tomografi) Cihazı ile incelenerek kalite sınıflarının belirlenmesi. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Isparta, pp. 189-197.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., 1981. Orman Ürünlerinden Faydalanma. Orman Fakültesi Yayın No: 2840/297, 432 sayfa, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Erdin, N. (2011). Ağaç Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 5029/445, İstanbul.
- Çok, N., Öztürk, A., Okur, A., Polat, O., Pak, M., Doğaner, A., 2017. Odun işleyen firmaların endüstriyel odun hammadde temin sürecinin araştırılması (Güneydoğu Anadolu Bölgesi örneği). Ormancılık Araştırma Dergisi, 4(1), 61-76.
- Daşdemir, İ., 2003. Asli Orman Ürünlerinde Fiyat Analizi (Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Örneği), Bartın Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 12, 119 s., Bartın.
- Dilsiz, K., S., 2008. Devlet orman işletmelerinde müşteri tatmininin ölçümü ve pazarlama yönetimi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Engür, M.O., 2022. Orman işletme depolarında iş kazalarının önlenmesi: teknik ve yönetsel çözümler. Ergonomi, 5(3), 153-166.
- Gök, G., 2010. Orman işletmelerinin odun hammaddesine ilişkin müşteri profilinin ve talep yapısının belirlenmesi: Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Gümüşkaya, İ., 1978. Orman İşletme Depolarının Pazarlamadaki Rolü ve Türkiye’deki Uygulama. Doktora Tezi, İ.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul.
- Kantay, R., 1995. Tomruk depolama teknikleri. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü Araştırma Dergisi, 1995/1(22), 75-83.
- Kantay, R., 1988. Depolama Teknikleri Yüksek Lisans Ders Notu. İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.
- Kantay, R., 2002. Türkiye’de tomrukların depolanması konusunda bugüne kadar yapılan çalışmalar ve kritiği, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri B, Cilt.52(1), 1-13.
- Kantay, R., Ünsal, Ö., 2002. Kayın tomruklarının depolanmasında optimal çözümler. II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildirileri Kitabı III. Cilt, Artvin, 959-964.
- Kantay, R., Köse, C., 2009. Orman işletme depoları ve depolama teknikleri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri B, Cilt.59(1), 75-92.
- Kaplan, E., 2007. Türkiye’de orman ürünleri talebi ile arz kaynaklarının değerlendirilmesi ve endüstriyel plantasyonların yeri. Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler, Türkiye Ormancılık Eğitiminin 150. Yılında Uluslararası Sempozyum, İstanbul, 17-19.
- Kaya, M., Yılmaz, C., Bağcı, H. R., 2022. Afet riski olan bölgelerde yerleşim yeri seçiminin önemi: Ayancık Babaçay köyü örneği. Ege Coğrafya Dergisi, 31(1), 193-206.
- Komut, O., İmamoğlu, S., Öztürk, A., 2010. Orman işletmeleri satış depolarında etkili olan zararlar ve alınabilecek önlemler. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Artvin, cilt: I, sayfa: 270-278.

- Komut, O., 2011. Sarıçam tomruklarında mavi renklenme zararı ve satış fiyatı üzerine etkileri. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 87 sayfa, Artvin.
- Komut, O., İmamoğlu, S., Öztürk, A., 2013. Sarıçam tomruklarında mavi renklenme zararı ve satış fiyatı üzerine etkileri. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 14(2), 283-291.
- Menemencioğlu, K., 2009. Orman Depolarının Kuruluş Yeri ve Diğer Özellikleri Bakımından Değerlendirilmesi (Çankırı Örneği). Bartın Orman Fakültesi Dergisi I. Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı, Özel Sayı, Bartın, Cilt II, sf. 389-395.
- OGM, 1996. Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 288 Sayılı Tebliğ, Orman Genel Müdürlüğü İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM, 2019. Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 288 Sayılı Tebliğ, Orman Genel Müdürlüğü İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM, 2024. İşletme Pazarlama Şube Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.
- Özen, M., Alkan, H., 2020. Devlet orman işletmelerinde müşteri memnuniyetinin belirlenmesi (Isparta orman bölge müdürlüğü örneği). Turkish Journal of Forestry, 21(3), 267-278.
- Özen, M., Alkan, H., 2023. Orman işletmelerinde pazarlama fonksiyonunun yapısı üzerine görüşler. Turkish Journal of Forestry, 24(2), 111-121.
- Öztürk, A., 2010. Artvin orman bölge müdürlüğü açık artırmalı satışlarına katılan müşterilerin talep ve beklentilerinin belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 11(2), 61-73.
- Türker, M.F., 1996. Açık Artırmalı Orman Ürünleri (Tomruk) Satışlarında Fiyat Oluşumunun Araştırılması (Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği), KTÜ Araştırma Fonu 93.115.002.1 Kod numaralı Proje, 106 sayfa, Trabzon.
- Yalçın, M., Doğan, H. H., Akçay, Ç., 2019. Identification of wood-decay fungi and assessment of damage in log depots of Western Black Sea Region (Turkey). Forest pathology, 49(2), e12499.
- Yalçın, M., 2020. Problems encountered in log depots and measures to combat them: A review. BioResources, 15(1), 2082-2095.
- Yılmaz, T., Köse, M., Arslan, M., Okan, T., Köse, C. 2020. Orman bölge müdürlükleri açık artırmalı satışlarına katılan alıcıların beklentileri: Marmara bölgesi örneği. Eurasian Journal of Forest Science, Ek Sayı 8(4), 338-352.



Antalya-Yeşilvadi yöresinde yayılış yapan kızılçam meşcereleri için yeni bir ağaç hacim modelinin geliştirilmesi

Ferhat Bolat ^{1*}

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Uluyazı Kampüsü, Merkez, Çankırı, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 13/10/2024
Kabul Tarihi: 24/11/2024
<https://doi.org/10.53516/ajfr.1566540>
*Sorumlu Yazar:
 fbolat@karatekin.edu.tr

ÖZ

Giriş ve Hedefler Ormanların planlanması aşamasında, ağaç serveti ve artımı önemli ölçütlerdendir. Bu çalışmada Antalya-Yeşilvadi yöresinde yayılış yapan saf Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcereleri için yeni bir ağaç hacim denkleminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. *Yöntemler* Söz konusu amacı gerçekleştirmek için ilgili meşcerelerden farklı çap basamakları dikkate alınarak seçilen toplam altmış beş ağaçta ölçümler yapılmıştır. Ağaç hacim denklemini geliştirilmek için üssel model formu esas alınmıştır. Önerilen yeni model, hata ölçütleri dikkate

Araştırma Makalesi

alınarak literatürdeki alternatifleriyle kıyaslanmıştır. Ayrıca, yanlılık ve eğrisellik ölçütleri ile söz konusu modellerin tahmin davranışları açısından kararlı bir yapıda olup olmadıkları analiz edilmiştir.

Bulgular Alternatif model, hata ölçütleri bakımından küçük farklarla geliştirilen yeni modelden daha başarılı olsa da tahmin davranışı açısından belirsizlikler içermektedir. Geliştirilen yeni model, hata ölçütleri bakımından kabul edilebilir tahminler üretmiş ve kararlı bir tahmin davranışı sergilemiştir.

Sonuçlar Elde edilen sonuçlara bağlı olarak, gerçekçi ve güvenilir ağaç hacim tahminleri elde etmek için model davranış analizinin dikkate alınması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Allometrik ilişkiler, yanlılık analizi, parametre etkili eğrisellik, yeniden örnekleme

Developing a new tree volume equation for *Pinus brutia* distributed in the Yeşilvadi region of Antalya

ABSTRACT

Background and aims Growing stock and timber increment are crucial factors to consider during the planning stage of forest management. This study aimed to develop a new tree volume equation for Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands located in the Yeşilvadi region of Antalya.

Methods To achieve the mentioned goal, measurements were conducted on sixty-five trees selected from these stands, categorized into different diameter classes. The power-type equation was employed to develop the tree volume equation. The proposed new model was compared with its counterparts, considering error metrics. Additionally, the stability of these models in terms of estimation behavior was analysed using bias and curvature measures.

Results The alternative model resulted in significant uncertainty in tree volume predictions, although it outperformed the proposed model in terms of error metrics. The proposed model provided acceptable tree volume predictions and exhibited a stable estimation behavior.

Conclusions Based on the results, it is recommended to consider the model's estimation behavior to ensure realistic and reliable tree volume predictions.

Key Words: Allometric relationships, bias analysis, parametric nonlinearity, bootstrap

Bu makaleye atıf:

Bolat, F. 2024. Antalya-Yeşilvadi yöresinde yayılış yapan kızılçam meşcereleri için yeni bir ağaç hacim modelinin geliştirilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 108-113.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Ormanlar, karasal ekosistemlerin en önemli doğal kaynaklarından birisidir. Odun kökenli ürünler başta olmak üzere, erozyon önleme, su kalitesini iyileştirme, karbon depolama ve rekreasyon gibi önemli ihtiyaçların karşılanmasında ormanlar anahtar bir rol oynamaktadır. Kızılcām, ülkemiz ormanlık alanlarının önemli bir bölümünü (%23) oluşturmakla birlikte, en fazla verimli orman alanına sahip olan asli türümüzdür (OGM, 2023). Ağaç serveti bakımından önemli bir potansiyele sahip olan bu asli türümüzün etkili bir şekilde işletilebilmesi için servet ve artım gibi özelliklerinin güçlü analitik yöntemlerle belirlenmesi önem arz etmektedir.

Ormanların sahip olduğu ağaç serveti miktarı ağaç hacim denklemleri yardımıyla hesaplanmaktadır. Ağaç hacimlerinin tahmin edilmesi amacıyla ülkemizde genellikle doğrusal (Baytaş ve Seki, 2023; Kahriman et al., 2023) ya da üssel yapıdaki (Kahriman ve ark., 2017) denklemler kullanılmaktadır. Ancak, doğrusal modeller allometrik ilişkilerin açıklanmasında negatif tahminler verebilmektedir (Vatandaşlar et al., 2024). Üssel modeller çap-hacim ve çap-biyokütle arasındaki allometrik ilişkilerin modellenmesinde büyüme kanuniyetleri açısından gerçekçi tahminler üretebilmektedir. Bununla birlikte günümüzde yüksek bir öncelik kazanan orman ekosistemlerinde ağaç bitkisel kütlesi tarafından depolanan karbon miktarı genellikle bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme katsayıları üzerinden hesaplanmaktadır (Tolunay, 2011). Söz konusu katsayıların üretilmesinde ağaç hacimlerinden faydalanılmaktadır. Bu bakımdan, olası tüm çap sınıflarına ait karbon hesaplamalarının tutarlı tahmin edilebilmesi için de doğrusal olmayan model yapılarının kullanılması önem arz etmektedir.

Doğrusal olmayan modeller tek ağaç ve meşcere özelliklerinin modellenmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Alkan and Özçelik, 2020; Bolat et al., 2022; Seki and Sakıcı, 2022a, Bolat et al., 2023; Bulut et al., 2024). Paine et al. (2012) ve Archontoulis and Miguez (2015) örnek uygulamalarla, doğrusal olmayan modellerin artım ve büyüme konusundaki kabiliyetlerini göstermişlerdir. Bununla birlikte, geliştirilen doğrusal olmayan modelin kararlı yapıda olup olmadığının bilinmesi oldukça önemlidir. Bunun için de hata kaynaklarının belirlenmesi gerekmektedir. Model tahminlerindeki kararsızlığın başlıca sebepleri; (i) yanlış model seçimi ya da modelin uygun olmayan şekilde düzenlenmesi, (ii) ölçüm hataları, (iii) hata terimlerindeki değişen varyans ve (iv) model parametre tahminindeki hata ve yanlışlıktır. Model sonuçlarını etkileyen söz konusu faktörlerden ilk üçü ulusal ve uluslararası literatürde yeterince araştırılmıştır. Ancak model davranış analizine yönelik az sayıda çalışma olmakla birlikte ülkemiz modelleme süreçlerinde henüz bu konuda bir çalışma bulunmamaktadır (McRoberts and Westfall, 2014). Model parametrelerinin dağılımsal özelliklerinin incelenmesi model değerlendirme süreçlerine önemli katkılar sağlamaktadır. Bunun için yeniden örneklem yöntemi oldukça uygun bir seçenektir (Ratkowsky, 1986; Fischer and Schönfelder, 2017; Bolat, 2023). Yeniden örneklem veri setine bağılı olarak model parametre davranışı ya da güven aralıkları değerlendirilerek modelin ne kadar kararlı olduğu belirlenebilmektedir (Hall et al., 2020). Mevcut çalışmada, model davranışıyla ilgili analizler

değerlendirmeye alınarak, ülkemiz modelleme çalışmalarındaki bilgi birikimine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla,

- (1) Ağaç hacim tahminleri için üssel yapıda olan yeni bir model geliştirilecek,
- (2) Geliştirilen yeni model, literatürdeki alternatifleriyle hata ölçütleri bakımından karşılaştırılacak,
- (3) Her iki modelin tahmin davranışları analiz edilecektir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma alanı

Bu çalışmada kullanılan veriler, 2023 yılı yaz aylarında Serik Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağılı Yeşilvadi Orman İşletme Şefliği'nden elde edilmiştir (Şekil 1). Şeflik alanında saf Kızılcām meşcereleri ile Kızılcām'ın, Sedir, Karaçam ve Servi ile oluşturduğu karışık meşcereler de bulunmaktadır. İlgili şeflikte yaklaşık 3600 hektar verimli ormanlık alan bulunmakla birlikte, bu alanın 2497 hektarı (\cong %70) saf Kızılcām meşcerelerinden oluşmakta iken geri kalan 1103 hektar alanda karışık meşcereler yer almaktadır. Yeşilvadi Orman İşletme Şefliği'nin denizden ortalama yüksekliği 100-2004 m arasında değişmektedir. Şeflik sınırları içerisindeki yıllık ortalama hava sıcaklığı 20,3°C iken, yıllık toplam yağış ortalaması 1060 mm'dir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu (OBM: Orman Bölge Müdürlüğü)

2.2 Veriler

Çalışma kapsamında kullanılan veriler, farklı çap kademelerinden rasgele seçilen 65 ağaçtan elde edilmiştir. Veriler, düzgün gövdeli, gövdesinde belirgin bir zarar bulunmayan (kovuk gibi) ve iyi bir tepe çatısına sahip sağlıklı ağaçlardan toplanmıştır. Ağaç hacimlerinin hesaplanabilmesi amacıyla, kesilen ağaçlarda öncelikle 0,30 metredeki dip kütük çapı, daha sonra 1,3 metredeki çap ve bunu takiben her iki metre arayla gövde boyunca diğerk yüksekliklerdeki çaplar kumpas yardımıyla 0,1 cm hassasiyetle ölçülmüştür. Bu şekilde, farklı yüksekliklerden toplam 693 adet çap değeri not edilmiştir. Çap ölçümü tamamlandıktan sonra, çelik şerit metre yardımıyla her bir ağacın toplam boyu 0,1m hassasiyetle ölçülmüştür.

Büro aşamasında, öncelikle her bir ağacın dip kütük (Denklem 1) ve uç parça hacimleri (Denklem 2) hesaplanmıştır.

Daha sonra, uçlardaki yüzeyler ortalaması formülü (Smalian formülü) kullanılarak ağaçların gövde hacimleri hesaplanmıştır (Denklem 3). Elde edilen veriler daha sonra model (n=50 ağaç) ve test (n=15 ağaç) verisi şeklinde iki bölüme ayrılmıştır. Bu verilere ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1’de verilmiştir.

$$\pi/4 \times (d_{0,3(m)})^2 \times 0,3 \quad (1)$$

$$\pi/4 \times 1/3 \times (d_{up(m)})^2 * l \quad (2)$$

Çizelge 1. Ağaç hacimlerine ilişkin açıklayıcı özet bilgiler

Değişken	Model verisi (n=50 ağaç)			Test verisi (n=15 ağaç)		
	Ortalama	Değişim Aralığı	Standart Sapma	Ortalama	Değişim Aralığı	Standart Sapma
Çap (cm)	32,56	9 - 74	13,86	30,80	20-44	8,10
Boy (m)	17,93	8 - 28,9	4,86	16,50	11-22,2	4,04
Hacim (m³)	0,974	0,032 - 4,845	0,99	0,87	0,230-1,885	0,56

2.3 Modelleme

Bu çalışmada, ağaç hacimleri çap ve boyun fonksiyonu olarak tahmin edilmiştir. Bu amaçla, genç ağaçlar için negatif tahminler verebilen doğrusal modeller yerine, üssel formdaki allometrik denklemler dikkate alınmıştır (Denklem 4-5). Söz konusu denklemler, devam eden sayfalarda sırasıyla Model 1 (M1) ve Model 2 (M2) olarak ifade edilecektir. M1 mevcut çalışma kapsamında geliştirilen yeni bir model olup, M2 ağaçların hacim ve biyokütle değerlerinin tahmin edilmesinde sıklıkla kullanılan bir modeldir. Söz konusu modeller sigmoid bir yapı göstermeyip ağaçların boyutlarındaki artışa bağlı olarak hacim artışının sabit bir oranla devam ettiğini varsaymaktadır (Paine et al., 2012).

$$V = D^{\beta_{11}} \exp(\beta_{12} + \beta_{13}H) \quad (4)$$

$$V = \beta_{21} D^{\beta_{22}} H^{\beta_{23}} \quad (5)$$

Bu eşitliklerde, V: ağaç hacmini, D: göğüs yüksekliği çapını ve H: ağaç boyunu temsil etmektedir. β_{11-23} model parametrelerini ifade etmektedir.

2.4 Model değerlendirme

Geliştirilen model öncelikle ortalama hata— \bar{e} , ortalama mutlak hata— $|\bar{e}|_{\%}$ ve toplam hata yüzdesi— $\sum e_{\%}$ kriterleri kullanılarak değerlendirilmiş ve söz konusu ölçütler ile alternatifleriyle kıyaslanmıştır (Sırasıyla, denklem 6, 7 ve 8). Bununla birlikte, geliştirilen modellerin davranışı ileri istatistikî yaklaşımlar ile detaylıca araştırılmıştır. Hata ölçütlerinin geçerli olabilmesi için, model davranışının yansız olması gerekmektedir. Aksi takdirde, modelin güvenilirliği şüpheli duruma düşmektedir (Ratkowsky, 1986). Bu amaçla, Bates ve Watts (1980) tarafından geliştirilen parametre etkili eğrisellik değeri—PE ile Box (1971) tarafından geliştirilen model yanlılık

$$\pi/4 \times \left(\frac{d_{0(m)}^2 + d_{n(m)}^2}{2} \right) \times l \quad (3)$$

Bu eşitliklerde, l seksiyon/uç parça uzunluğunu ifade etmektedir. d_0 ve d_n herhangi bir yükseklikteki gövde seksiyonunun uç çaplarını göstermektedir. “up” uç parça anlamına gelmektedir.

değeri— $\varepsilon_{\%}$ dikkate alınmıştır. PE değerinin 1,0’dan ve $\varepsilon_{\%}$ değerinin %1’den küçük olması beklenmektedir. Söz konusu ölçütlerin elde edilmesinde, SAS® programı kullanılmıştır. Bununla birlikte, 10.000 adet yeniden örneklem verisi üretilmiş ve model parametrelerinin dağılımsal özellikleri ve çarpıklık değerleri incelenmiştir (Diel et al., 2019). Bu analiz bir bakıma modelin içsel karakteristiğinin analizi anlamına gelmektedir. Yeniden örneklem verilerinin üretilmesinde R yazılımının “nlstools” paketinden yararlanılmıştır.

$$\bar{e} = \frac{1}{n} \sum \frac{V_G - V_T}{V_G} \quad (6)$$

$$|\bar{e}|_{\%} = 100 \frac{1}{n} \sum \left| \frac{V_G - V_T}{V_G} \right| \quad (7)$$

$$\sum e_{\%} = 100 \sum \frac{(V_G - V_T)}{V_G} \quad (8)$$

Bu eşitliklerde, n: veri sayısını, V_G : gözlemlenen (ölçülen) ağaç hacimlerini ve V_T : tahmin edilen ağaç hacimlerini ifade etmektedir.

3. Bulgular

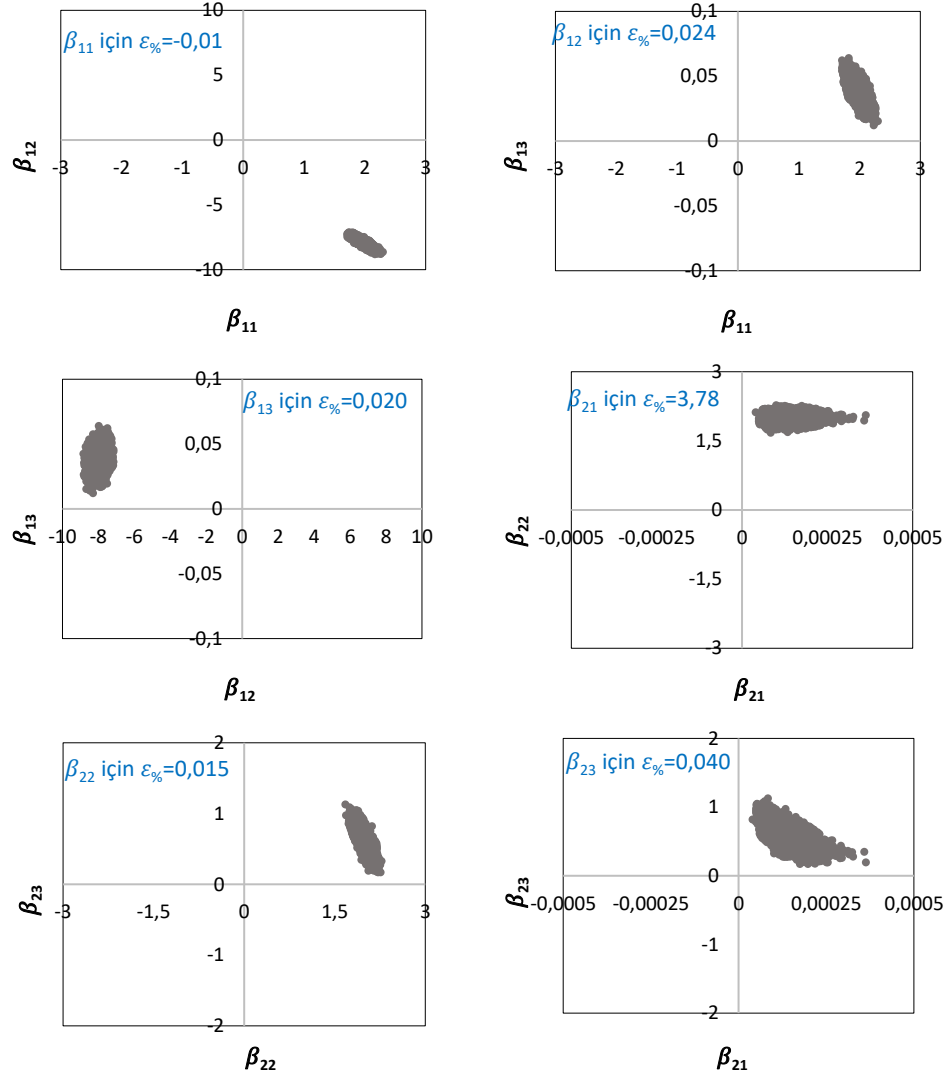
Modellere ait parametre tahminleri Çizelge 2’de verilmiştir. Söz konusu çizelgeden görüleceği üzere tüm parametreler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Model parametrelerinin güven aralığı sıfır değerini içermemektedir ($\alpha=0,05$). Bununla beraber, M1 dikkate alınan $\sum e_{\%}$ ve $|\bar{e}|_{\%}$ değerleri bakımından beklenen eşik değerlerden ($|\bar{e}|_{\%} < 10$ ve $\sum e_{\%} < 1$) hafif sapma göstermiştir. M2 ise $|\bar{e}|_{\%}$ değeri bakımından beklenen eşik değerden az miktarda sapma gösterirken, $\sum e_{\%}$ değeri bakımından beklenen eşik değerinin altında sonuçlar üretmiştir. Yine de bu sonuçlara göre, çalışma alanındaki Kızılcım meşcereleri için her iki modelin uygun olduğu söylenilebilmektedir. Başka bir açıdan değerlendirildiğinde, PE değeri M2’nin yanlı tahmin davranışına sahip olduğunu ve bu yüzden söz konusu modele ait sonuçların dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini işaret etmektedir ($PE > 1,0$)

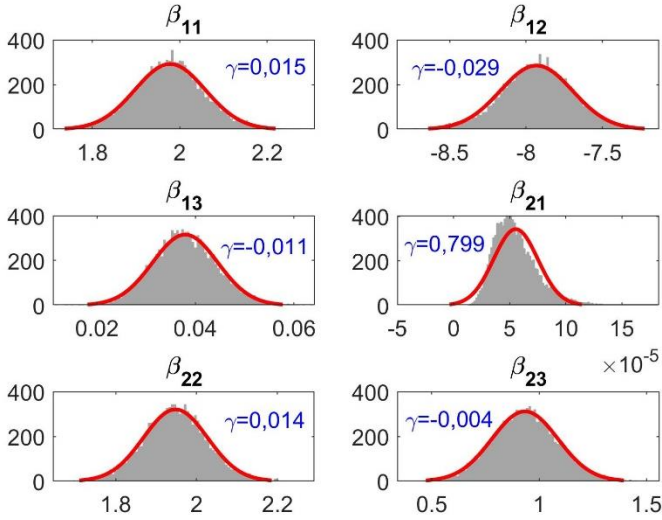
Çizelge 2. Parametre tahmin değerleri ve bu tahminlerin yanlılık ölçütlerine ilişkin sonuçlar ile model başarı ölçütleri

Model	Parametre	Tahmin	Alt Sınır	Üst Sınır	e	$ \bar{e} _{\%}$	$\sum e_{\%}$	PE
M1	β_{11}	2,01009	1,84778	2,17407				
	β_{12}	-7,41143	-8,20926	-7,28240	-0,01	11,00	-1,07	0,05
	β_{13}	0,02602	0,01369	0,03826				
M2	β_{21}	0,00012	0,00005	0,00019				
	β_{22}	1,98600	1,82263	2,15036	-0,01	10,62	-0,92	7,19
	β_{23}	0,62280	0,34712	0,89855				

On bin yeniden örneklem verisine göre model parametreleri arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla Şekil 2 oluşturulurken, parametre dağılımlarının analiz edilmesi amacıyla Şekil 3 oluşturulmuştur. M1'in tüm parametreleri oldukça kararlı ve simetrik bir dağılım göstermiştir ($\gamma \leq |0,5|$). M2'nin β_{11} parametresi kararsız ve asimetrik bir tahmin davranışı göstermiştir. Bu grafikler, M1'in hata istatistiklerindeki başarısının geçerli olduğunu ve ağaç hacim tahminlerinde güvenle kullanılabileceğini göstermiştir. Söz konusu grafikler, M2'ye ihtiyatla yaklaşılması gerektiğini işaret etmiştir. Test veri setinde yapılan değerlendirme, M2'nin zayıf

yönünü bir anlamda açığa çıkarmıştır. M1 ve M2 için $|\bar{e}|_{\%}$ değerleri sırasıyla 15,66 ve 19,56 olarak hesaplanmıştır. Model verisine göre küçük farklarla başarılı olan M1 modeli, test veri setinde daha başarısız bulunmuş ve $|\bar{e}|_{\%}$ değerinde yaklaşık %24 artışa sebep olmuştur. Bununla beraber, bazı parametreler arasında güçlü doğrusal ilişkiler gözlemlenmiş olmakla birlikte (Şekil 2), M1'in parametre güven aralıkları daha dar bulunmuş ve tahmin davranışı açısından daha güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Şekil 2.** Yeniden örneklem yöntemine göre parametreler arası ilişkiler ve parametrelerin varyasyonu



Şekil 3. Yeniden örnekleme yöntemine göre parametrelerin dağılımsal özellikleri (γ : Çarpıklık)

4. Tartışma

Doğrusal olmayan model yapıları artım ve büyüme ilişkilerinin açıklanmasında (Seki and Sakıcı, 2022b; Bolat et al., 2023), meşcere boylanma eğrilerinin geliştirilmesinde (Bolat et al., 2022; Sağlam and Sakıcı, 2024), bonitet endeks tablolarının oluşturulmasında (Seki and Sakıcı, 2017; Ercanlı et al., 2023) ve gövde hacminin ve herhangi bir yükseklikteki gövde çapının tahmin edilmesinde (Alkan ve Özçelik, 2021; Sahin, 2024) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Mevcut çalışmada çap ve hacim arasındaki allometrik ilişkilerin karakteristikleriyle uyumlu sonuçlar üretebilen Üssel model yapısı kullanılmıştır (Kahrıman et al., 2017). Çünkü, sigmoid modellerin aksine üssel modeller çap ve boy gibi değişken değerlerindeki artışa bağlı olarak hacim ve biyokütledeki artışın artan bir oranı takip ettiğini varsaymaktadır (Paine et al., 2012). Hacim tahminleri yanında, söz konusu model yapısı ağaçların bitkisel biyokütle ve karbon miktarlarının tahmin edilmesi amacıyla da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Tolunay, 2012; Vatandaşlar et al., 2024).

Mevcut çalışma ile tahmin davranış analizinin doğru model seçimine katkısı açıkça gösterilmiştir. PE ve $\varepsilon\%$ değerleri bakımından kararsız yapıda olduğuna karara verilen modelin sonuçlarına mesafeli yaklaşılması gerekmektedir. Örneğin, M2'ye dayalı olarak ekorejyonlar arası ağaç hacim tahminlerinin kıyaslanması yanlı çıkarımların yapılmasına sebep olabilme potansiyeli taşımaktadır. Başka bir açıdan değerlendirildiğinde, farklı veri büyüklüklerinin ağaç hacim tahminlerine etkisi değerlendirilmek istendiğinde M2 yanlı değerlendirmelere yol açabilmektedir (Ratkowsky, 1986). Bu yaklaşım ayrıca literatürdeki mevcut bir modelin çalışmanın amacına yönelik kararlı bir yapıda yeniden tasarlanabilmesine yardımcı olabilmektedir (Fernandes et al., 2015; Fischer and Schönfelder, 2017; Bolat, 2023). Çalışma kapsamında Üssel model ağaç hacim tahminlerine uygun olacak şekilde yeniden düzenlenmiştir. Yeniden örnekleme veri setine bağlı olarak yapılan incelemede modelin uygun bir şekilde tasarlandığı ve güvenilir sonuçlar üretebildiği anlaşılmıştır (Hall et al., 2020).

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, parametre tahmin davranışıyla ilişkili analizin, model sonuçlarındaki yanlı davranışın belirlenmesindeki katkısına dikkat çekilmektedir. Yeniden örnekleme yöntemine bağlı olarak iki farklı üssel model yapısının ağaç hacim tahminlerindeki güvenilirlikleri açık bir şekilde ortaya konulmuştur. Söz konusu istatistiksel analiz sayesinde, hata ölçütleri bakımından küçük farklarla elverişli konumda bulunan modelin, aslında kararsız bir tahmine ve yanlı çıkarımlara sebep olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bakımdan, doğrusal olmayan model yapıları ile yapılacak modelleme çalışmalarında (hacim, biyokütle, karbon, artım ve büyüme gibi) veriye uygun model yapısının belirlenmesinde hata ölçütleri ile birlikte model davranışının analizinin yapılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Alkan, O., Özçelik, R., 2020. Stem taper equations for diameter and volume predictions of *Abies cilicica* Carr. in the Taurus Mountains, Turkey. *J. Mt. Sci.*, 17, 3054–3069.
- Alkan, O., Özçelik, R., 2021. Toros göknarı için uyumlu hacim ve gövde çapı modelleri. *Turkish Journal of Forestry*, 22, 408–416.
- Archontoulis, S.V., Miguez, F.E., 2015. Nonlinear regression models and applications in agricultural research. *Agronomy Journal*, 107, 786–798.
- Bates, D.M., Watts, D.G., 1980. Relative curvature measures of nonlinearity. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)* 42, 1–16.
- Baytaş, S., Seki, M., 2023. Safranbolu Yöresi Kazdağı Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) meşcereleri için ağaç hacim tabloları. *Turkish Journal of Forestry*, 24, 61–68.
- Bolat, F., Ürker, O., Günlü, A., 2022. Nonlinear height-diameter models for Hungarian oak (*Quercus frainetto* Ten.) in Dumanlı Forest Planning Unit, Çanakkale/Turkey. *Austrian Journal of Forest Science*, 139, 199–220.
- Bolat, F., 2023. Gompertz büyüme modelinden türetilen farklı model formlarının bazı eğrisellik ve yanlılık ölçütleri ile değerlendirilmesi. *International Applied Statistics Congress*, September 26-29, Sarajevo / Bosnia and Herzegovina, pp. 393-397.
- Bolat, F., Ercanlı, İ., Günlü, A., 2023. Yield of forests in Ankara Regional Directory of Forestry in Turkey: comparison of regression and artificial neural network models based on statistical and biological behaviors. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 16, 30–37.
- Box, M.J., 1971. Bias in nonlinear estimation. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)* 33, 171–190.
- Bulut, S., Günlü, A., Aksoy, H., Bolat, F., Sönmez, M.Y., 2024. Integration of field measurements with unmanned aerial vehicle to predict forest inventory metrics at tree and stand scales in natural pure Crimean pine forests. *International Journal of Remote Sensing*, 45, 3846–3870.
- Diel, M.I., Sari, B.G., Kryszun, D.K., Olivoto, T., Pinheiro, M.V.M., Meira, D., Schmidt, D., Lúcio, A.D., 2019. Nonlinear regression for description of strawberry (*Fragaria*

- x ananassa*) production. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 94, 259–273.
- Ercanlı, İ., Bolat, F., Yavuz, H., 2023. A comparison of artificial neural networks and regression modeling techniques for predicting dominant heights of Oriental spruce in a mixed stand. Forest Systems, 32, e004.
- Fernandes, T.J., Muniz, J.A., Pereira, A.A., Muniz, F.R., Muianga, C.A., 2015. Parameterization effects in nonlinear models to describe growth curves. Acta Scientiarum. Technology, 37, 397–402.
- Fischer, C., Schönfelder, E., 2017. A modified growth function with interpretable parameters applied to the age–height relationship of individual trees. Canadian Journal of Forest Research, 47, 166–173.
- OGM, 2023. Türkiye ormancılık istatistikleri. Orman Genel Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>.
- Hall, K.B., Stape, J., Bullock, B.P., Frederick, D., Wright, J., Scolforo, H.F., Cook, R., 2020. A Growth and Yield Model for *Eucalyptus benthamii* in the Southeastern United States. Forest Science, 66, 25–37.
- Kahrıman, A., Sönmez, T., Şahin, A., 2017. Antalya ve Mersin Yöresi kızılçam meşcereleri için ağaç hacim tabloları. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17, 9–22.
- Kahrıman, A., Şahin, A., Sönmez, T., Yavuz, M., 2023. Growth models for natural stands of Calabrian pine in the central Mediterranean region of Türkiye. Şumarski list, 147(3-4), 107-119.
- McRoberts, R.E., Westfall, J.A., 2014. Effects of uncertainty in model predictions of individual tree volume on large area volume estimates. Forest Science, 60, 34–42.
- Paine, C.T., Marthews, T.R., Vogt, D.R., Purves, D., Rees, M., Hector, A., Turnbull, L.A., 2012. How to fit nonlinear plant growth models and calculate growth rates: an update for ecologists. Methods in Ecology and Evolution, 3, 245–256.
- Ratkowsky, D.A., 1986. Statistical properties of alternative parameterizations of the von Bertalanffy growth curve. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 43, 742–747.
- Sağlam, F., Sakıcı, O.E., 2024. Ecoregional height–diameter models for Scots pine in Türkiye. J. For. Res., 35, 103.
- Sahin, A., 2024. Analyzing regression models and multi-layer artificial neural network models for estimating taper and tree volume in Crimean pine forests. iForest - Biogeosciences and Forestry, 17, 36-44.
- Seki, M., Sakıcı, O.E., 2017. Dominant height growth and dynamic site index models for Crimean pine in the Kastamonu–Taşköprü region of Turkey. Can. J. For. Res., 47, 1441–1449.
- Seki, M., Sakıcı, O.E., 2022a. Ecoregional variation of Crimean pine (*Pinus nigra* subspecies *pallasiana* [Lamb.] Holmboe) stand growth. Forest Science, 68, 452–463.
- Seki, M., Sakıcı, O.E., 2022b. Ecoregion-based height-diameter models for Crimean pine. Journal of Forest Research, 27, 36–44.
- Tolunay, D., 2011. Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35, 265–279.
- Tolunay, D., 2012. Bolu-Aladağ’daki genç sarıçam meşcereleri için oluşturulan bitkisel kütle denklemleri ve katsayıları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 62, 97–111.
- Vatandaşlar, C., Bolat, F., Abdikan, S., Pamukcu-Albers, P., Satiral, C., 2024. Modeling aboveground carbon in flooded forests using synthetic aperture radar data: a case study from a natural reserve in Turkish Thrace. iForest - Biogeosciences and Forestry, 17, 277-285.



Orman yangınları ve orman yakma suçunda toplumsal algının değerlendirilmesi (Balıkesir İli Örneği)

Gökçe Gençay ^{1*}, Kadir Karadere ¹

¹ Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 16/10/2024

Kabul Tarihi : 13/11/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1568367>

*Sorumlu Yazar:

gencay@bartin.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Son yıllarda büyük orman yangınları sonrasında sosyal medya ve basında, bu yangınların kasten çıkarıldığı ve yanan orman alanlarında ormancılık dışı faaliyetlerin yapılmak istendiği gibi yanlış algılar oluşmuştur. Ancak Türkiye Cumhuriyeti'nin 1982 Anayasası ve ilgili orman mevzuatında, yanan orman alanlarında başkaca bir faaliyetin yapılamayacağı ve bu alanların derhal ağaçlandırılacağına dair açık

hükümler bulunmaktadır. Bu çalışmada toplumun orman yangınları ve orman yakma suçuna ilişkin bakış açısının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Yöntemler Araştırma, Balıkesir ili örnekleminde özgün bir anket formu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Anket, toplumun orman yangınları hakkındaki düşüncelerini ve orman yakma suçuna ilişkin farkındalıklarını ölçmeyi amaçlayan sorular içermektedir.

Bulgular Elde edilen veriler, toplumun orman yangınları konusundaki farkındalığının düşük olduğunu ve orman yakma suçuna ilişkin ceza ve yaptırımlara dair bilgi eksikliği bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca, toplumda bu konuda ilgili kurumlara karşı güven eksikliği olduğu tespit edilmiştir.

Sonuçlar Araştırmanın sonuçları, orman yakma suçunun nedenlerini anlamaya ve bu suçların önlenmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Böylece, toplumun bu konuda daha iyi bilgilendirilmesi ve güven eksikliğinin giderilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Orman suçu, orman yakma, toplum algısı, toplum bilinci

Evaluation of social perception on forest fires and the crime of forest burning (The case of Balıkesir province)

ABSTRACT

Background and Aims In recent years, following major forest fires, misinformation has spread through media and social networks, falsely claiming that these fires were deliberately set to repurpose the land for non-forestry activities. However, both the Turkish Constitution and forest legislation explicitly prohibit any land use other than reforestation in burned forest areas. This study aims to assess public perceptions regarding forest fires and the crime of arson in forests.

Methods A unique survey was conducted in the Balıkesir province. The survey included questions aimed at understanding public opinions on forest fires and awareness of forest arson crimes and their related penalties.

Results The findings indicate that public awareness of forest fires is low, and there is a lack of knowledge about the penalties and sanctions for forest arson. Furthermore, a lack of trust regarding these issues was identified among the public.

Conclusion The results of this research will contribute to understanding the causes of forest arson and the development of strategies to prevent these crimes. Additionally, efforts to improve public awareness and restore trust are necessary.

Key Words: Renewable energy, climate change, sustainability, environmental awareness

Bu makaleye atıf:

Gençay, G., Karadere, K., 2024. Orman yangınları ve orman yakma suçunda toplumsal algının değerlendirilmesi (Balıkesir İli Örneği). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 114-122.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Toplumun ormanlardan faydalanması insanlık tarihi kadar eski bir geçmişe dayanmaktadır. İnsanoğlu, mağaradan önce ağaç kovuklarında yaşamaya başlamış, yaşamını avcılık ve toplayıcılıkla ormanlarda sürdürmüş, daha sonra ormandan açma yoluyla edindiği arazilerde yerleşik düzene geçmiş ve toprağı işlemeye başlamıştır (Günay, 2003). Türkiye ormanlarından toplum yararına beklenen hizmetler ve görevler hem geçmişte hem de günümüzde çok çeşitlidir (Saatçioğlu, 1974; Duman ve Atmış, 2018; Vatandaşlar, 2021). Bu denli öneme sahip bir doğal kaynağın korunması, geliştirilmesi ve gelecek nesillere en az bugünkü değeri ile aktarılabilmesi için hukuk kuralları ile hem korunması hem de onlardan yararlanılması istenmiştir. Ormanlara zarar verebilecek eylemlerin önceden belirlenerek yasaklanması ve tüm önlemlere rağmen suçun oluşması halinde verilecek cezaların düzenlenmesi ile ormanlar hukuk biliminden faydalanarak korunmaya çalışılmaktadır (Ayanoglu ve Güneş, 2003; Özden ve ark., 2012; Yılmaz ve ark. 2012; Kobak ve Soğukdere, 2021; Emiroğlu ve Koçyiğit, 2022).

Orman yakma suçu, ormanlara büyük boyutlarda zarar veren, telafisi oldukça güç ve zaman gerektiren bir eylemdir. Toplumun tüm kesimine fayda sağlayan, bir ülkenin akciğerleri olarak tabir edilen ormanlarda meydana gelen yangınlar, sadece ormandaki ağaçların yanmasından ibaret değildir. O ormanda yaşayan canlı hayvanların, toprağın hatta orman içi ya da bitişiği köylerin ve orada yaşayan insanların dolayısıyla tüm ekosistemin zarar görmesine de sebep olabilmektedir. Bu nedenlerle özellikle kasten orman yakma suçunun orman mevzuatında önemle düzenlenmiş olduğu görülmektedir.

Özellikle son yıllarda ülkemizde meydana gelen orman yangınları görsel basın ve sosyal medyada büyük yankılar uyandırmaktadır. Toplumun orman yangınlarına karşı hassasiyetin oluştuğu, kendi yakın bölgelerinde olmasa bile orman yangını haberlerine karşı tepki geliştirdiği düşünülmektedir. Hatta orman yangınları hakkında, bu yerlerde başkaca faaliyetler yapılması için kasıtlı orman yakıldığı gibi algıların yayıldığı da bilinmektedir. Bu düşünceler altında bu çalışmada orman yangınları ile orman yakma suçunda toplumsal algının değerlendirilmesi ve orman yakma suçu ve yaptırımları hakkında toplumun bilgilendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın hipotezi toplumun orman yangınları ve orman yakma suçuna karşı algısının mevzuat gerçekleri ile uyumadığı üzerine kurulmuştur. Şöyle ki, yukarıda bahsedildiği gibi toplumun tüm kesimine fayda sağlayan, ülkenin akciğerleri olarak tasvir edilen ormanların kasten veya taksirle yakılması, günlerce yangınların devam etmesi, teknik, idari veya doğal engeller nedeni ile söndürülebilmesi, bu olayların basında ve sosyal medyada çokça yer alması gibi durumlar halkın algısını etkilemektedir. Bu çalışma ile seçilen orman bölge müdürlüğü alanında halkın bu konudaki görüşlerinin tespit edilmesi ve orman yakma suçu ve cezaları hakkında bilgilendirilmesi hedeflenmiştir.

Eğer varsayım doğrulanır ve toplumun orman yangınları karşısında güven eksikliğinin arttığı tespit edilirse, bu güvenin tekrar sağlanabilmesi için mevzuat ve bu suçlara karışanlara verilen cezalar hakkında daha fazla bilgilendirilme yapılması gerekecektir. Ardından bu algı ve güvensizliğin değişebilmesi için öneriler geliştirilerek, ilgili kurumların çalışma

sonuçlarından haberdar edilmesi planlanmıştır. Bunun da çalışma sonuçlarının yaygın etkisini artırması beklenmektedir.

2. Materyal Yöntem

Orman yangınları konusunda toplum algısının tespit edilebilmesi için sosyal bilimler alanında en çok kullanılan veri toplama aracı olan anket çalışması yapılmasına karar verilmiştir. Çalışmanın amacına uygun hedefleri açık, ölçülebilir ve gerçekçi veriler elde etmek için bu çalışmaya özgün kısa bir anket hazırlanmıştır. Elde edilen veriler ile cinsiyet, yaş, eğitim durumu gibi toplumun farklı kesimleri arasında karşılaştırmalar yapılması da planlanmıştır. Ormanlar, odun üretiminden oksijen sağlamaya, temiz su üretiminden odun dışı ürünlerin çeşitliliğine kadar birçok alanda topluma yarar sağladığı için toplumun her kesiminden bireyin orman yangınlarına karşı algısının farklı olabileceği düşünülmektedir. Anket soruları hem toplumun orman yangınları ve orman yakma suçu hakkındaki algılarının tespit edilmesine hem de mevzuat çerçevesinde toplumun bilgilendirilmesine yönelik hazırlanmıştır.

Anket çalışması yaz aylarında özellikle orman yangınlarının meydana geldiği (2023 yaz ayları) toplum algısının yangınlara karşı açık olduğu zamanlarda yapılmıştır. Ankette genel bilgiler dışında, çoktan seçmeli sorular ve 5 li likert ölçeği ile değerlendirilen sorular bulunmaktadır. Bu sayede elde edilen verilerin değerlendirilmesi daha objektif ve kolay olmuştur.

Bu çalışmanın araştırma alanı olarak Marmara bölgesinde en fazla orman alanına sahip ve en fazla orman yangını meydana gelen Balıkesir ili seçilmiştir (OGM, 2022). Balıkesir ilinin tamamı Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı olup Balıkesir ili (OGM sınırlı bir toplumu oluşturduğu için sınırlı toplumlarda örnek büyüklüğünün hesaplanmasında kullanılan formüle göre (Daşdemir, 2016) en az kaç kişi ile anket yapılması halinde bu sonuçların toplumu temsil edeceği aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$n \geq (Z^2 \times N \times p \times q) / ((N \times D^2) + (Z^2 \times p \times q)) \quad (1)$$

Formülde kullanılan ifadeler aşağıda açıklanmıştır:

n: Örneklem büyüklüğü

N: Toplum büyüklüğü (Balıkesir ili TÜİK 2020 verilerine göre nüfus 1.250.610 olarak belirlenmiştir (URL1))

Z: Güven katsayısı (%95 güven düzeyi için 1,96),

D: Kabul edilen örneklem hata oranı (ormancılık ve sosyal araştırmalarda %5 alınmaktadır)

p: İncelenen olayın veya ölçülmek istenen büyüklüğün toplumda görülme olasılığı (olumlu hal oranı) p=0,5

q: İncelenen olayın toplumda görülmemesi olasılığını (q=0,5). p ve q araştırma öncesi konuyla ilgili herhangi bir fikir ileri sürülemediği durumlarda %50-%50 olarak alınarak, en yüksek düzeyde örnek büyüklüğü elde edilmektedir.

Bu formüle göre örneklem büyüklüğü 384 kişi olarak hesaplanmıştır. Diğer bir ifade ile en az 384 kişi ile anket yapılması halinde, fazladan emek, zaman ve kaynak harcamaksızın istatistiksel olarak toplumu temsil edecek örneklem büyüklüğüne ulaşılmış olacaktır. Hesaplanan örneklem büyüklüğü, eksik ve hatalı doldurulabilecek anketlerin kullanılmayacağı da dikkate alınarak 400 olarak belirlenmiş ve uygulanmıştır.

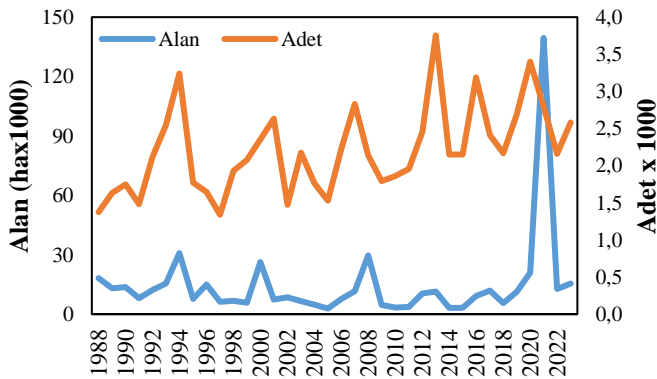
Anket çalışmaları Balıkesir ilinde kişilere gerekli açıklamalar yapılarak, gönüllülük esasını çerçevesinde uygulanmıştır. Özellikle orman yangını görmüş yerlerde, şehir merkezinde, rekreasyon alanlarında, civar köylerden gelen halk ile de anket yapılarak örneklem çeşitliliği artırılmıştır. Elde edilen veriler bilgisayar ortamında sayısallaştırıldıktan sonra yüzde analizi, sıklık analizi ve karşılaştırma yöntemleri ile sonuçlar değerlendirilmiştir. Bunun için excel ve spss programlarından yararlanılarak istatistiksel yöntemler kullanılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Orman varlığı ve orman yangınları

Tüm Dünya’da olduğu gibi Türkiye’de de ormanların önemi ve onlardan yararlanma konusunda bilinç düzeyi artmaktadır. Günümüzde yaşanan ve en önemli küresel sorun olan iklim değişikliği ve küresel ısınma sorununda da ormanların önemi, korunması ve geliştirilmesi özellikle vurgulanmaktadır. Türkiye’de ormanların korunmasına yönelik yasal ve idari düzenlemelerin varlığı ve yeterliliği üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Coşkun ve Gençay, 2011, Aydın ve Yıldızbaşı, 2023). Ancak mevzuat ne kadar iyi ve yeterli olsa da uygulayıcıların bilinci ormanların korunmasında en önemli etken olarak görülmektedir (Mercimek ve Gençay, 2019). Orman mevzuatına göre kasten veya taksirle orman yangınına sebep olmak, geniş alanlarda orman kayıplarına neden olması, orman içinde yaşayan canlılara zarar vermesi, orman civarı ve içinde yaşayan halkın can ve mal güvenliğini tehlikeye atması sebepleri ile önemli orman suçları arasında sayılmaktadır. Orman yangınları insan kaynaklı olabildiği gibi doğal kaynaklı da olabilmektedir.

Türkiye orman yangınlarına hassas bir bölgedir. Özellikle Akdeniz ve Ege denizi kıyıları hem mevsim sıcaklıklarının fazla olması hem de yangına hassas türlerin doğal yayılış alanı olduğu için bu bölgelerde orman yangınlarını kaçınılmaz kılmaktadır (Elvan vd., 2021). Orman yangınları ile ilgili Orman Genel Müdürlüğü’nün (OGM) son 36 yıllık resmi istatistiklerine bakıldığında alan olarak en fazla 2021 yılında, miktar olarak en fazla 2013 yılında orman yangını olduğu görülmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Orman yangınları sayı ve alanları (OGM, 2022)

Orman yangınlarının çıkış sebepleri oldukça farklı olması ile birlikte Çizelge 1’de yer alan 2022 yılında çıkan yangınların

sebeplerine bakıldığında %16,5 oranında ihmali, %36,9 oranında kasten, %19,2 oranında kaza, %4 doğal sebepler ve %16,7 oranında ise sebebi bilinmeyen yangın sebepleri olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. 2022 yılı orman yangını çıkış sebepleri (OGM, 2022)

	Yangın Sebepleri	Hektar	%
İhmal	Anız	234,76	1,8
	Çöplük	502,82	3,9
	Avcılık	0,01	0,0
	Çoban ateşi	63,60	0,5
	Sigara	14,25	0,1
	Piknik	5,22	0,0
	Diğer	1.310,37	10,2
Kast	Terör	-	0,0
	Kundaklama	5,10	0,0
	Açma	-	0,0
	Diğer	4.717,11	36,9
Kaza	Enerji	2.371,23	18,5
	Trafik	86,74	0,7
	Diğer	839,19	6,6
	Sebebi Bilinmeyen	2.131,78	16,7
	Doğal	516,47	4,0
	Toplam (2022)	12.798,65	100,0

3.2. Orman yakma suçu ve cezaları

Orman suçları Türk hukuk mevzuatında özellikli suçlardandır. Bu durum 1982 tarihli Türk Anayasası ve 1956 yılında yürürlüğe girmiş olan mevcut 6831 Sayılı Orman Kanunu’nda da görülmektedir (Elvan, 2021). Orman suçlarının tanımlanması ve cezaların etki düzeyi ormanların korunmasında oldukça önemlidir. Orman yangınlarına sebep olan yakma suçu da ihmali veya kasten işlenen bir orman suçu olarak Türk orman mevzuatında yer almaktadır. T.C. Anayasası’nın “Ormanların Korunması ve Geliştirilmesi” başlıklı 169’uncu maddesinin birinci fıkrasında “Yanan ormanların yerinde yeni orman yetiştirilir, bu yerlerde başka çeşit tarım ve hayvancılık yapılamaz” denilerek orman yakarak orman vasfının yok edilemeyeceği, üçüncü fıkrasında ise “Ormanlara zarar verebilecek hiçbir faaliyet ve eyleme müsaade edilemez. Ormanların tahrip edilmesine yol açan siyasi propaganda yapılamaz; münhasıran orman suçları için genel ve özel af çıkarılamaz. Ormanları yakmak, ormanı yok etmek veya daraltmak amacıyla işlenen suçlar genel ve özel af kapsamına alınmaz” hükmü ile orman suçlarını diğer suçlardan ayırdığı görülmektedir. Bu hükme göre ormana zarar verecek her türlü eylem yasaklanarak suç sayılmış, bu suçların genel ve özel af kapsamına alınmayacağı vurgulanarak bu suçların önemi ortaya koyulmuştur. Ayrıca 6831 Sayılı Orman Kanunu 83. maddesinin son fıkrasında, orman suçlarına ait davaların mahkemelerde acele işlerden sayılacağını belirttiği için orman suçlarına ilişkin davalar adli tatillerde de görülmektedir (Elvan, 2021).

1956 tarihli 6831 sayılı Orman Kanunu’nun beşinci faslının “Orman yangınlarının söndürülmesi” başlıklı II. bölümünde yer alan 68-75. maddelerinde orman yangınlarının söndürülmesi ve 76. maddesinde ise yasak olan fiiller yer almaktadır. İlgili maddeye göre “a) Devlet ormanlarında; Orman İdaresince belirlenen konak yerlerinden başka yerlerde geceleme, b) Ormanlarda izin verilen ve ocak yeri olarak belirlenen yerler

dışında ateş yakmak veya izin verilen yerlerde yakılan ateşi söndürmeden mahalli terketmek, c) Ormanlara sönmemiş sigara veya yangına dolaylı olarak yol açabilecek madde atmak, d) Ormanlara dört kilometre mesafede veya bu Kanunun 31 inci ve 32 nci maddeleri kapsamına giren köyler hudutları içinde anız veya benzeri bitki örtüsü yakmak” yasaklanmıştır. Her ne kadar kanunda ormanları korumak için yasak fiiller belirtilmiş olsa da kasten veya taksirle orman yangınına sebep olan kişiler

hakkında cezai yaptırımlar da 105. ve devamı maddelerde düzenlenmiştir. 110’uncu maddede ise 76’ncı maddede yasak edilen fiilleri işleyenlere adli para cezası ve hapis cezası gibi yaptırımlar düzenlenmiştir.

Orman yakma suçunun cezaları ile ilgili mevzuat değişiklikleri sonucunda orman yakma suçunun hareket şekillerinin yıllar içinde genişletildiği ve cezaların artırıldığı tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Orman yakma suçuna uygulanan cezaların yıllara göre değişimi

Orman Kanunu 110.md.	1956	1988	1995	2008
İzinsiz yerlerde ateş yakmak	TCK 566 15 gün hafif hapis + hafif para cezası	Para cezası	1 yıl üstü hapis + ağır para	1-3 yıl hapis + adli para
Orman içine sönmemiş sigara atmak	--	Para cezası	1 yıl üstü hapis + ağır para	1-3 yıl hapis + adli para
İzin verilen yerler dışında konaklamak	---	---	Hafif para cezası	Hafif para cezası
Anız yakmak			1 yıl üstü hapis + ağır para	1-3 yıl hapis + adli para
Dikkatsizlikle orman yangınına sebep olmak			2-5 yıl hapis + ağır para	2-7 yıl hapis
Kasten orman yakma			10-15 yıl ağır hapis + ağır para	10 yıl üstü hapis + adli para
Kasten orman yakma ve birinin ölümüne neden olma			Müebbet hapis	----
Terör amaçlı orman yakma			24-30 yıl ağır hapis + ağır para	Müebbet hapis + adli para
Terör amaçlı orman yakma ve birinin ölümüne neden olma			Ölüm Cezası (2004’te kalktı)	----

Orman suç ve cezalarının düzenlenmesinin dışında yanan orman alanlarının sonrası hakkında Anayasa ve Orman Kanunu’nda özel düzenlemeler vardır. Anayasa’nın 169’un maddesinde yanan orman alanlarında yeniden orman yetiştirileceği, burada başka herhangi bir faaliyet yapılmasına izin verilmeyeceğine dair düzenleme bulunmaktadır.

3.3.Anket sonuçları

Anket sonuçları değerlendirilmeden önce Orman Genel Müdürlüğü’nün resmî web sayfasından Balıkesir ve diğer tüm orman bölge müdürlüklerinin orman yangını istatistikleri alınarak orman alanı miktarı ve yanan orman alanı miktarı oranlanmıştır. Son beş yıla bakıldığında, Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü’nün yanan orman alan miktarının arttığı söylemek mümkündür. Bölge müdürlüklerinin yanan orman alanları, orman alanlarına oranlanarak en yüksekte sıralandığında Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü, 2018 yılında 22., 2019 yılında 18., 2020 yılında 17., 2021 yılında 15. ve 2022 yılında 11.sırada yer almaktadır (Ek 1).

Çizelge 3’teki veriler bölge müdürlüklerinin orman alan miktarı ve yanan orman miktarının oranlandığı bir veri kümesidir. Orman yangınlarının sayısı, zarar gören orman alan miktarı gibi elbette ki ağaç türü, mevsim sıcaklıkları gibi birçok kritere bağlıdır. Ayrıca yangınların büyüme ve gelişimini etkileyen yanıcı madde özellikleri, topografya ve hava halleri gibi unsurlara da bağlıdır (Bilgili ve ark., 2021).

Balıkesir bölgesinde yapılan anket çalışmasının sonuçları değerlendirildiğinde ilk bölümde yer alan genel bilgiler Çizelge 3’te verilmiştir.

Ankete katılan kişilerin çoğunluğunun (yaklaşık %40’ının) uzun yıllardır bu bölgede yaşıyor olması, eğitim düzeylerinin (önlisans, lisans ve lisansüstü; yaklaşık %46’sı) yüksek olması anketin değerlendirmesinde etkili sonuçların olacağını göstermektedir. Ankete katılanların %60’ının erkek, %40’ının kadın olması, yaş ve mesleklerinin tüm düzeyleri temsil edebilecek dağılımda olması da anket sonuçlarının dağılımda yeterli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3. Ankete katılanların genel bilgiler dağılımı

Genel Bilgiler			
	Soru	Frekans	Yüzde
İlçe	Karesi	204	51,6
	Altıeylül	82	20,8
	Balya	68	17,2
	Ayvalık	16	4,1
	Edremit	19	4,8
	Susurluk	3	0,8
	Bigadiç	2	0,5
	Bandırma	1	0,3
Cinsiyet	Kadın	158	40
	Erkek	237	60
Meslek	Devlet	60	15,4
	Özel	136	34,8
	Emekli	56	14,3
	Çalışmıyor	54	13,8
	Öğrenci	85	21,7
Eğitim Durumu	Okumadım	2	0,5
	İlkokul	67	17
	Ortaokul	50	12,7
	Lise	95	24,1
	Önlisans	63	15,9
	Lisans	115	29,1
Yaş	Lisansüstü	3	0,8
	18-30	168	42,5
	31-50	129	32,7
	51-60	71	18
	65üstü	27	6,8
Kaç yıldır bölgede yaşıyor	1 yıldan az	3	0,8
	1-10 yıl	88	22,3
	10-30 yıl	146	37
	30 yıl üstü	157	39,7

Bu bağlamda ankete katılanlara ilk olarak “Orman denildiğinde ilk aklınıza ne geliyor?” diye soru yöneltilmiş olup alınan cevaplar Çizelge 4’te yüzde değer olarak verilmiştir.

Çizelge 4. Orman denildiğinde ilk akla gelenler

Seçenekler	(%)
Ağaç ve yeşillik	83,5
Temiz hava ve su kaynakları	10,1
Dinlenme ve rekreasyon	4,1
Odun hammaddesi üretimi ve ihtiyacı	1,3
Odun dışı orman ürünleri üretimi ve ihtiyacı	0,3
Yaban hayatı	0,5

Anket sonuçlarından görülmektedir ki bölgede yaşayan halk, ormanları en çok ağaçlık alan ve yeşil bir doğal kaynak olarak görmektedir. Bu soruda sadece tek bir şık işaretlemeleri istendiği için anket sonuçları yüzde olarak değerlendirilmiştir. Bölgede yaşayan halkın ormanları odun hammaddesi ve odun dışı orman ürünü (ODOÜ) olarak tercih etmemesi ormanların

daha çok var olmalarından kaynaklı faydaların akıllara gelmesi olumlu bir dönüş olarak düşünülmüştür.

Bir sonraki soruda ise ormanlardan faydalanma sağlayıp sağlamadıkları sorulmuş olup, “Hayır” diyenlerin sadece %2,3 olması, “Evet” (%58) ve “Biraz” (%38) diyenlerin çok yüksek oranda olması, ormanların halkın gözünde önemini ortaya koymaktadır. Bu soru bir önceki soru ile birlikte değerlendirilecek olursa, faydalanma şekli odun hammaddesi olmasa bile ormanın yeşil alan olarak korunması, temiz hava, su kaynağı ve rekreasyon olarak fayda sağlaması da halk için önemli görülmektedir.

Bir sonraki soruda deneklere ormanlardan ne şekilde faydalandıkları sorulduğunda da benzer bir sonuç çıkmıştır. Bu soruda (Çizelge 5) birden fazla şık işaretleme izni verildiği için her bir seçenek kendi içinde yüzde oranına sahiptir. Diğer bir ifade ile ankete katılanların %84’ü ormanın “temiz havasından faydalanırım” derken, yine tüm katılımcıların %81’i “ormana piknik, kamp, spor veya dinlenme amaçlı giderim” seçeneklerini işaretlemiştir. Bu soruya verilen cevaplardan da görüldüğü üzere odun hammaddesi ve ODOÜ ihtiyacının diğer orman faydalanma şekillerinin altında kalmıştır.

Çizelge 5. Ormandan faydalanma şekilleri

Seçenekler	(%)
Temiz havasından faydalanırım	84
Ormana piknik, kamp, spor veya dinlenme amaçlı giderim	81
Doğal güzelliği ruhumuza iyi geliyor	49
Ormanın temiz içme sularından faydalanırım	39
Yakacak ve yapacak odun ihtiyacım için	20
Odun dışı orman ürünü toplarım (kestane, mantar, ihlamur, kekik vb.)	20
Ormancılık sektöründe çalışarak	3
Orman içinde ruhsatlı avcılık yaparım	3
Orman içi meralarda izinli hayvan otlatırım	3

Bu üç genel sorudan sonra ankete katılanların orman suçları hakkında, bilgilerinin olup olmadığı ve sorulmuş, %60’ının biraz ve tamamen bildiği, %40’ının ise bilmediği tespit edilmiştir. Bir sonraki soru olarak Orman Kanunu’nda yer alan çeşitli orman suç ve kabahatleri sıralanarak hangi suçları daha önemli gördükleri sorulmuştur. Deneklere birden fazla seçenek işaretleme izni verilmiş olup sonuçlar Çizelge 6’te sunulmuştur.

Çizelge 6. Orman suçları önem sıralaması

Seçenekler	(%)
Orman yakma	99
Ağaç kesme	60
Kaçakçılık	39
İşgal ve faydalanma	30
Zati ve müşterek emval üzerinde işlenen suçlar	15
Açmacılık	10
Hayvan otlatma	5

Alınan cevaplar değerlendirildiğinde ankete katılanların %99’unun “Orman yakma” fiilini en önemli orman suçu olarak gördüğü tespit edilmiştir. Ardından “Ağaç kesme” ve

“Kaçakçılık” fiilleri gelse de bölge halkının orman yangınları konusunda hassas oldukları özellikle söylenebilir. Ormana hem alansal hem de fiziki olarak daha az zarar verdiği düşünülen “Hayvan otlatma” gibi kabahat türünden fiiller ise en düşük önem sırasına yerleştirilmiştir.

Bir sonraki soruda ankete katılanlara ormanların bu sayılan orman suçlarından korunmasında nelerin etkili olduğu sorulmuştur. Yine deneklere birden fazla şık işaretleme izni verilmiş olup her şık kendi içinde yüzde orana sahiptir. Alınan cevaplar Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Ormanların korunmasında etkili olan unsurlar

Seçenekler	(%)
Cezaların yüksek olması ve caydırıcılığı	69
Halkın bilinçlendirilmesi (eğitim toplantıları)	57
Denetimin artırılması	54
Yasal düzenlemelerin varlığı	34
Daha fazla orman koruma memuru istihdam edilmesi	20
Halkın gelir düzeyinin artırılarak ormana olan ihtiyacının azaltılması	13

Bu soruda önceki iki soruda olduğu kadar yüksek bir oran ile tercih olmamakla birlikte tüm seçeneklerin birbirine daha yakın tercih edildiği görülmüştür. Ancak yine de en çok (%69) “Cezaların yüksek olması ve caydırıcılığı” seçeneğinin tercih edilmesi hukukun etkinliğinin yüksek olduğunun düşünülmeye bağlanabilir. Benzer şekilde “Denetimin artırılması” ve “Yasal düzenlemelerin” varlığı seçenekleri de ormanların hukuk kuralları ile korunmasının daha etkili olabileceği duygusu yaratmaktadır. %57 oranında tercih edilen “Halkın bilinçlendirilmesi, eğitim toplantıları” seçeneği ise var olan hukuk kurallarının yanında bu kuralları uygulayacak halkın da bilinçli olması gerektiği düşüncesi yer almaktadır. Dolayısıyla bu anket sorusunun tek ve net bir cevabı olmadığı gibi deneklerin de tüm seçenekleri birbirine yakın ve bağlantılı olarak tercih ettiği söylenebilir.

Bir sonraki soruda ankete katılanlara “Ülkemizde orman yangınlarının çıkış sebepleri sizce neler olabilir?” şeklinde, birden fazla seçenek işaretleme izni ile birlikte yedi seçenekli bir soru yöneltilmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Orman yangınları çıkış sebepleri

Seçenekler	(%)
Anız yakanların dikkatsizliği	82
Terör amaçlı orman yangınları	81
Piknik yapanların dikkatsizliği	73
Turizm alanı elde etmek için	72
Yeni arazi elde etmek için	33
Orman işletmeleri ile husumet	20
Doğal nedenler (yıldırım düşmesi gibi)	14
Diğer	1

Anket sonuçlarından görülmektedir ki orman yangınlarının sebepleri için büyük çoğunluk “Anız yakanların dikkatsizliği” ve “Terör amaçlı orman yangınları” olduğunu düşünmektedir. Bunların yanı sıra “Piknik yapanların dikkatsizliği” ve “Turizm alanı elde etmek için” orman yangınına sebep olunabildiği de tercih edilmiştir. Bu seçeneklerden “dikkatsizlik” olanlar,

kişilerin bilmeden istemeden taksirle işledikleri suçları ifade ederken, terör amaçlı ve turizm alanı için yangına sebep olan seçenekler ise kasten, bilerek isteyerek işlenen suçları ifade etmektedir. Bu bağlamda halkın gözünde orman yangını sebeplerinin hem kasten hem de taksirle işlenmekte olduğu görülmektedir.

Ankete katılanlara bir diğer soru olarak orman yakma suçunun cezasının artırılmasının orman yangınlarını azaltıp azaltmayacağı sorulduğunda evet azaltır (%63) diyenler ile belki kısmen (%27) diyenlerin çoğunlukta olduğu az bir kesimin (%10) etkilemeyeceğini düşündüğü tespit edilmiştir.

Deneklere bir sonraki soruyu likert ölçeği şeklinde 1-5 arasında değer vererek cevaplamaları istenmiştir. Bu bölümde toplam 15 soru sorulmuş olup sonuçlar Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Likert ölçeğine göre alınan cevaplar

Alınan cevaplar değerlendirildiğinde ülkemizde orman yangınlarının çok olduğunu düşünenler “kesinlikle evet” ve “evet” cevabını %96 oranında vermiştir. Aynı soru yaşadıkları bölge için sorulduğunda ise evet cevabını verenlerin oranı %54’e düşmüştür. Akdeniz ve özellikle son yıllarda ege bölgelerinde daha fazla orman yangını meydana gelmesi bu düşüncelerin sebebi olarak tespit edilebilir. Ankete katılanların %97’sinin orman yangını haberlerinden etkilendiğini söylemesi, halkın orman yangınlarına karşı ne kadar büyük bir hassasiyet gösterdiğini ortaya koymuştur. Kendi yaşadıkları bölgede olmasa bile farklı bölgelerden gelen orman yangını haberlerinin halkı bu derece etkiliyor olması, orman yangınlarına karşı önlem alınması konusunda katkı sağlayacaktır. Benzer şekilde ankete katılanların %98 oranı, orman yangınlarında yanan ağaç ve diğer canlılara üzüldüğünü belirtmiştir. Orman yangınları kontrol altına alınana kadar haberler ve sosyal medyadan özellikle takip ettiğini söyleyenler ise ankete katılanların %75’ini oluşturmuştur. Haberlerde orman yangınlarını söndürmek için canı pahasına görevini yerine getiren personel ve gönüllülerin çalışmalarını hayranlıkla izlediklerini söyleyenler de %87’lik bir grup olmuştur. Buraya kadar sorulan

sorular ile halkın orman yangınları konusunda oldukça hassas ve ilgili olduğu tespit edilmiştir.

Ankete katılanlara orman yangınlarına müdahale eğitimlerine katılmak isteyip istemedikleri sorulduğunda ise “kesinlikle evet” ve “evet” cevabını verenlerin toplam %71 olduğu görülmüştür. Ulaşabileceğiniz bir alandaki orman yangınına yardıma gitmek ister misiniz? Diye sorulduğunda ise %91 oranında “kesinlikle evet” ve “evet” cevabı verilmiştir. Bu iki sorudan yapılacak çıkarım halkın orman yangınları konusunda hassas olması yangınların söndürülmesinde de zaman ve emek harcamak için gönüllü olduklarını göstermektedir.

Çalışmanın ana hipotez sorusuna aranan yanıt için ankete katılanlara yanan orman alanlarının tekrar ormanlaştırılması konusu sorulduğunda, güvenin diğer sorularla oranla azaldığı görülmüştür. %50 oranında kısmen diyen deneklerin %19 oranında “hayır” ve “kesinlikle hayır” demiştir. Bu soru daha önceki sorulara verilen cevaplarla birlikte değerlendirildiğinde orman yangınlarının sonrası alanın tekrar ormanlaştırılması konusunda endişelerin olduğu söylenebilir. Bu endişenin temelini biraz daha araştırmak için ankete katılanlara orman alanlarını turizm amaçlı kullanılması için özellikle yakıldığı düşüncesi sorulduğunda ise %77 oranında “kesinlikle evet” ve “evet” cevabı verilmiştir. Benzer şekilde orman alanlarını tarım arazisi elde etmek için yakılması sorulduğunda ise %23 oranında “kesinlikle evet” ve “evet” denildiği görülmüştür. Alınan cevaplar değerlendirildiğinde en çok güvensizliğin turizm amaçlı orman yakma olduğu söylenebilir. Bunun sebeplerinin de medyada çıkan yanan orman alanlarında yapıldığı söylenen otel haberleri olmuştur. Ancak orman mevzuatı yanan orman alanlarında özellikle ormancılık dışı faaliyetlere izin verilemeyeceğini hüküm altına almıştır.

Bir sonraki soruda bu alanların tekrar orman olacağı konusunda güven eksikliğiniz var mı diye sorulmuş olup alınan cevapların sadece %10’u “hayır” ve “kesinlikle hayır” demiştir. Bu cevaplar halkın orman yangınları ve sonrasında tekrar ormanlaşması konusunda endişeleri olduğu ve güven eksikliği olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.

Bu değerlendirmelerin ardından failer ve cezalar hakkında da birkaç soru yöneltilmiştir. Öncelikle ormanı yakan kişilerin kolaylıkla tespit edilmesi konusunda sadece %9’luk bir kesimin “kesinlikle evet” ve “evet” dediği, %43’lük kesimin kısmen dediği görülmektedir. Ankete katılanlara ormanı bilinçli yakanlara yeterli ceza veriliyor mu diye sorulduğunda ise %55 oranında “hayır” ve “kesinlikle hayır” denilerek orman yakma suçu için daha ağır cezalar olması gerektiği savunulmuştur. Ancak ankete katılanlara kasten orman yakma suçunun cezasını bilip bilmedikleri ve ona göre cevap verip vermedikleri sorulmadığı için cezaları bilerek cevap verildiğinden çok orman yangını sayısının fazla olmasına bağlı verildiği düşünülmektedir. Bu nedenle bir sonraki soruda terör amaçlı orman yakma suçunun cezasının kanunda ceza karşılığının müebbet hapis cezası olduğunu bilip bilmedikleri sorulduğunda %78 oranında bilmedikleri görülmüştür. Bu sonuç bir önceki cevapla birleştirildiğinde yapılan çıkarımın doğruluğunu desteklemektedir.

Ankete katılanlara son olarak açık uçlu bir soru yöneltilerek “T.C. Anayasasının “Ormanların korunması ve geliştirilmesi” başlıklı 169’uncu maddesine göre; “Yanan ormanların yerinde yeni orman yetiştirilir, bu yerlerde başka çeşit tarım ve

hayvancılık yapılamaz...” hükmü hakkındaki düşünceleri sorulmuştur. Alınan cevaplar değerlendirildiğinde destekleyenler ve Anayasa hükmünü olumlu bulanlar çoğunluktadır, ancak uygulama konusunda ciddi şüpheler ve güven eksikliği de dile getirilmektedir. Ayrıca açık uçlu cevaplar değerlendirildiğinde orman yangınlarının kötü niyetli amaçlarla çıkarıldığına inanan önemli bir kesim de bulunmaktadır. Alınan cevaplara göre güvensizliğin nedenleri uygulama eksikliği ve denetim yetersizliği, turizm ve rant kaygıları, medya ve bilgi kirliliği, genel güvensizlik ve ahlaki değerler olarak sıralanmıştır. Hemen hemen tüm denekler son soruya kısa veya uzun cevap vermiş olup içlerinden en dikkat çeken yanıtlardan birkaçı aşağıda verilmiştir.

“Anayasanın bu açık hükmünün son derece doğru olduğunu düşünmekle birlikte ülkemizde bu maddenin çiğnenerek bugüne kadar birçok otelin, işletmelerin yapılmış olduğunu medyadan üzülerak takip ettim. Hukukun üstünlüğünün geçerli olması gerekiyor ve yasaların her alanda uygulanması gerektiğini düşünüyorum. Ormanlar bizim ciğerlerimiz, onlara sahip çıkmalıyız. Küresel ısınmaya karşı en önemli organımız olan ormanları her zamankinden daha fazla korumak hepimizin vatandaşlık görevidir. Daha yeşil bir dünyayı gelecek nesillere bırakmalıyız.”

“Orman yangınlarının ardından bu alanların yapılaşmaya açılması, yetkililere olan güvenimi sarsıyor. Yangınların ardından arazilerin ranta açılmaması için daha sıkı denetim yapılmalı.”

“Yangın riskine karşı toplumsal farkındalık oluşturulmalı. Özellikle kırsal kesimde yaşayanlar ve tarımla uğraşanlar yangın riskleri ve alınması gereken tedbirler konusunda bilgilendirilmeli.”

Bu soruya ait tüm cevaplar birlikte değerlendirildiğinde, anayasanın bu hükmünün teoride ormanların korunması için gerekli ve yerinde bir düzenleme olduğu ancak uygulamadaki aksaklıkların giderilmesi ve yasaya tam anlamıyla uygulanması için denetimlerin artırılması, cezaların caydırıcı hale getirilmesi ve kamuoyunun bilinçlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Ormanların korunması, sadece yasalarla değil, aynı zamanda toplumun tüm kesimlerinin iş birliği ve duyarlılığı ile sağlanabileceği vurgulanmıştır.

4. Sonuç ve Öneriler

Son yıllarda yaşanan büyük orman yangınları toplumun orman yangınları konusundaki hassasiyetlerini artırmıştır. Araştırma bölgesi olarak seçilen Balıkesir bölgesinde yapılan anket çalışması ile önemli bulgular ortaya koyulmuştur. Ankete katılanların çoğunluğunun uzun yıllardır bölgede yaşadığı, eğitim düzeylerinin yüksek olduğu ve cinsiyet, yaş ve meslek dağılımlarının temsil edici düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Ankete katılanların yüksek bir oranda ormanları odun hammaddesinden çok yeşil bir doğa alanı olarak gördüğü, ormanlardan faydalanma konusunda bilinçli olduğu ve ormana en çok zarar veren orman suçunun “orman yakma” suçu olduğunu söylemişlerdir.

Ayrıca orman yangınlarının var olan Anayasa hükmüne rağmen bilinçli bir şekilde yakıldığı, yanan orman alanlarında daha sonradan ormancılık dışı başka faaliyetler yapılacağı

güvensizliğinin olduğu görülmüştür. Mevzuat gereği her ne kadar böyle bir uygulama olmasa da sosyal medya ve haberlerin insanların algısını bu yöne topladığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada halka bu konuda bilinç kazandırılması da amaçlanmış olup ankete katılan kişilere bu bilgi aktarılmıştır. Ancak yasa uygulamalarının yetersiz olduğunu düşünen kişilerin olduğu da görülmüştür.

Sonuç olarak, ormanların korunması ve yangınlarla mücadelede etkili önlemler alınması için hem hukuki düzenlemeler ve uygulamaların güçlendirilmesi hem de toplumun bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Cezaların caydırıcı ve uygulamaların eksiksiz olması, denetimlerin artırılması ve kamuoyunun bilgilendirilmesi, orman kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve korunması için oldukça önemlidir. Ayrıca, son yıllarda orman yangınlarıyla mücadelede gönüllü halkın aktif katılımını teşvik etmek amacı ile yapılan eğitimlerin yaygınlaştırılması da büyük önem taşımaktadır.

Bunların dışında özellikle iklim değişikliği ile orman alanlarının yangınlara karşı daha hassas olduğu da düşünülmektedir (Öztürk, 2002). İklim değişikliği ile birlikte sıcaklıkların artması, yağışların azalması orman yangınlarının riskini artıracak gibi kuraklık ve yanıcı malzeme birikimi de orman yangınlarının daha yaygın ve şiddetli olmasına neden olabilecektir (Kurnaz, 2023). Örneğin Avustralya kıtasında 2019-2020 yaz döneminde yaşanan yangınlar, bilim insanları tarafından iklim değişikliğinin en önemli sonucu olarak görülmektedir (Şahin, 2020).

Sonuç olarak toplumun orman yangınları ve orman yakma suçu hakkında algısı bu çalışma ile tespit edilmiş, varsa eksiklikler bilgilendirme yolu ile giderilmiştir. Bu sayede ormanların korunması, orman yakma suçunun (bilinçli veya bilinçsiz) azaltılması hedeflenmiştir. Bu çalışmanın somut önerisi, ormanların gelecek nesillere sağlıklı ve yaşanabilir bir şekilde aktarılabilmesi için yerel yönetimlerin ve sivil toplum kuruluşlarının iş birliğiyle, ormanların korunması ve yangınların önlenmesi için kapsamlı bir strateji oluşturulması ve uygulanması gerektiğidir.

Teşekkür

Bu çalışma 1919B012221225 proje numarası ile TÜBİTAK 2209 –A Öğrenci Projesi olarak desteklenmiştir. Katkı ve desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç biliriz.

Kaynaklar

- Ayanoğlu, S., Güneş, Y., 2003. Orman Suçları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Rektörlük no: 4420, Fakülte no:471, pp. 167.
- Aydın, A., & Yıldızbaş, N. T. (2023). Sürdürülebilir Ormanlık Esasları Kapsamında Koruma-Kullanma Dengesine Dair Bir Mevzuat Analizi. JENAS Journal of Environmental and Natural Studies, 5(3), 220-229.
- Bilgili, E., Küçük, Ö., Sağlam, B., Coşkun, K.A. (2021). Büyük Orman Yangınları: Sebepleri, Organizasyonu ve İdaresi (Kitap Bölümü) Orman Yangınları: Sebepleri, Etkileri, izlenmesi, Alınması Gereken Önlemler ve Rehabilitasyon Faaliyetleri / ed. Taşkın Kavzoğlu. --Ankara: Turkish Academy of Sciences, 2021.

- Coşkun, A. A., & Gençay, G. (2011). Kyoto Protocol and "deforestation": A legal analysis on Turkish environment and forest legislation. Forest Policy and Economics, 13(5), 366-377.
- Daşdemir, İ. 2016. Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Nobel Akademik Yayıncılık ve Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Yayın No: 1536, ISBN 978-605-320-442-8, 210 s., Ankara.
- Duman, B., & Atmış, E. 2018. Muhafaza Ormanlarının Kent Ormanlığına Sağladığı Kültürel Ekosistem Hizmetleri. Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences, 1(2), 108-116.
- Elvan, O. D., Birben, Ü., Özkan, U. Y., Yıldırım, H. T., & Türker, Y. Ö. (2021). Forest fire and law: an analysis of Turkish forest fire legislation based on Food and Agriculture Organization criteria. Fire Ecology, 17, 1-15.
- Elvan, 2021. Orman Yangınlarının Hukuksal Analizi. Kitap Bölümü: Orman Yangınları: Sebepleri, Etkileri, izlenmesi, Alınması Gereken Önlemler ve Rehabilitasyon Faaliyetleri / ed. Taşkın Kavzoğlu. Ankara: Turkish Academy of Sciences, 2021.
- Emiroğlu, A., Koçyiğit, N., 2022. 2014'ten Günümüze Risk Yönetim Politikaları ve 2021 Temmuz ve Ağustos Ayı Orman Yangınlarının Sosyal Medyada Yansımalarının Risk Yönetimi Açısından Değerlendirilmesi, Afet ve Risk Dergisi Cilt: 5 Sayı: 1, (46-60) e-ISSN: 2636-8390.
- Günay, T., 2003. Ormanlığımızın Tarihçesine Kısa Bir Bakış. Tarım Orkam-Sen Yayını, Ankara.
- Kobak, K., Soğukdere, Ş., 2021. Sosyal Medyadaki Dezenformasyon: 2021 Türkiye Orman Yangınları Örneği, Uluslararası Medya ve İletişim Araştırmaları Hakemli Dergisi, Cilt: 04 – Sayı: 02,- ISSN: 2757-6035, Sakarya.
- Kurnaz, M. L. 2023. İklim değişikliği ve uyum süreçlerinde Türkiye. Resilience, 7(1), 199-208.
- OGM, 2022. Ormanlık İstatistikleri, Orman Genel Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>
- Özden, S., Kılıç, H., Ünal, H.E., Birben, Ü., 2012. Orman Yangını İnsan İlişkisi, Türkiye Ormanlıklar Derneği Yayını. (ISBN 978-9944-0048-7-9).
- Öztürk, K. 2002. Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22(1), 47-65.
- Saatçioğlu, F. 1974. Ormanların Genel Hizmetleri ve Türkiye Ormanlığının Önemli Sorunları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B 24(2), 16-23.
- Şahin, M. 2020. İklim Değişikliği ve Bilim Gazeteciliği: Avustralya Yangınları Haberlerinde Bilim İzi. Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi, 8(2), 1011-1030.
- Vatandaşlar, C. 2021. Orman fonksiyonu mu ekosistem hizmeti mi?. Turkish Journal of Forestry, 22(2), 171-185.
- Yılmaz, E., Topal, A., Keleş, H. 2012. Farklı Toplum Kesimlerinin Orman Yangınları Yönetimine Yönelik Bilgi, Görüş ve Deneyimlerinin Belirlenmesi Mersin İli Örneği. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü. (ISBN: 978-605-4610-32-7).
- URL1. <https://www.nufusu.com/il/balikesir-nufusu>.

Ekler

Ek 1. Orman bölge müdürlüklerinin orman alanı/yanan orman alanı oranları (OGM, 2022)

	2022	2021	2020	2019	2018					
1	Muğla	0,4618	Antalya	5,1271	K.Maraş	0,8531	İzmir	0,4818	Adana	0,0217
2	Mersin	0,2535	Muğla	3,7242	İzmir	0,4038	K.Maraş	0,0988	K.Maraş	0,2348
3	İzmir	0,1277	Mersin	1,1563	Adana	0,3689	Muğla	0,0830	Şanlıurfa	0,1027
4	Çanakkale	0,1119	Adana	1,0233	Kastamonu	0,2235	Şanlıurfa	0,0766	Antalya	0,0505
5	Adana	0,0647	Isparta	0,2611	Çanakkale	0,1726	Trabzon	0,0710	İzmir	0,0385
6	Hatay*	0,0517	Elazığ	0,1888	Ankara	0,0987	Çanakkale	0,0539	Kastamonu	0,0341
7	Kütahya	0,0427	K.Maraş	0,1419	Muğla	0,0704	Elazığ	0,0464	Çanakkale	0,0241
8	Bursa	0,0364	Denizli	0,1323	Denizli	0,0667	Mersin	0,0432	Muğla	0,0200
9	Denizli	0,0354	İzmir	0,0810	Mersin	0,0609	Bursa	0,0395	Konya	0,0121
10	Şanlıurfa	0,0287	Trabzon	0,0311	İstanbul	0,0494	Erzurum	0,0353	Kayseri	0,0120
11	Balıkesir	0,0287	Şanlıurfa	0,0289	Amasya	0,0363	Giresun	0,0229	Denizli	0,0103
12	Erzurum	0,0224	Giresun	0,0262	Antalya	0,0339	Adana	0,0211	Ankara	0,0101
13	Antalya	0,0170	Çanakkale	0,0198	Bolu	0,0317	Antalya	0,0200	Giresun	0,0091
14	Elazığ	0,0119	Erzurum	0,0105	Şanlıurfa	0,0314	Isparta	0,0179	Mersin	0,0084
15	İstanbul	0,0115	Balıkesir	0,0101	Sakarya	0,0256	Kütahya	0,0173	Bursa	0,0080
16	K.Maraş	0,0111	Zonguldak	0,0096	Kütahya	0,0182	Sakarya	0,0160	Kütahya	0,0070
17	Giresun	0,0097	Kastamonu	0,0070	Balıkesir	0,0165	Kastamonu	0,0126	Elazığ	0,0058
18	Sakarya	0,0093	İstanbul	0,0067	Trabzon	0,0160	Balıkesir	0,0118	Erzurum	0,0056
19	Eskişehir	0,0055	Artvin	0,0059	Giresun	0,0151	Eskişehir	0,0118	Isparta	0,0052
20	Artvin	0,0046	Amasya	0,0052	Elâzığ	0,0149	Amasya	0,0098	Trabzon	0,0051
21	Trabzon	0,0041	Bursa	0,0046	Zonguldak	0,0131	Ankara	0,0088	İstanbul	0,0041
22	Amasya	0,0038	Sakarya	0,0045	Bursa	0,0126	İstanbul	0,0085	Balıkesir	0,0038
23	Isparta	0,0027	Bolu	0,0043	Eskişehir	0,0107	Konya	0,0073	Bolu	0,0034
24	Bolu	0,0024	Kütahya	0,0037	Erzurum	0,0096	Bolu	0,0066	Amasya	0,0034
25	Kayseri	0,0016	Ankara	0,0033	Kayseri	0,0088	Artvin	0,0041	Sakarya	0,0031
26	Ankara	0,0006	Konya	0,0020	Konya	0,0081	Kayseri	0,0038	Eskişehir	0,0022
27	Sinop*	0,0006	Kayseri	0,0019	Isparta	0,0063	Denizli	0,0017	Zonguldak	0,0021
28	Kastamonu	0,0006	Eskişehir	0,0019	Artvin	0,0045	Zonguldak	0,0016	Artvin	0,0002
29	Zonguldak	0,0005								
30	Konya	0,0001								

*2022 yılında iki yeni bölge müdürlüğü eklenmiştir. Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü **kalmı** işaretlenmiştir.



Bazı endemik ve tıbbi öneme sahip bitki türlerinin uçucu bileşenlerinin yükseltiye bağılı değişimi

Ayşegül Tekeş^{1*}, Sermin Göksu Karagöz², Musa Denizhan Uluhan³

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, Genel Sekreterlik, 32260, Isparta, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 07/10/2024

Kabul Tarihi : 24/11/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1561953>

*Sorumlu Yazar:

tekesaysegull@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Bu çalışmada, Türkiye'ye özgü 3 endemik bitki türü olan *Hypericum aviculariifolium* Jaub. & Spach, subsp. *depilatum* (Frey & Bornm.) Robson var. *depilatum*, *Stachys cretica* L. subsp. *anatolica* Rech.f. ve *Phlomis nissolii* L.'nin çiçek ve yapraklarının uçucu bileşenlerinin yükseltiye bağılı değişimleri incelenmiştir.

Yöntemler Tepe Boşluğu – Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (Headspace Solid Phase Micro-Extraction-HS-SPME) yöntemi ile 3 tekerrürlü şekilde analiz yapıldı.

Bulgular Analizler sonucunda *H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum*'da 101, *S. cretica* subsp. *anatolica*'da 79 ve *P. nissolii*'de 81 bileşen tespit edilmiştir. *H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum*'da çiçeklerde alt yükseltide trans-Caryophyllene ve Hendecane, üst yükseltide alpha- Pinene ve alpha- Selinene, yapraklarda alt yükseltide Carvacrol ve Thymol, üst yükseltide beta- Elemene ve alpha- Copaene ana bileşen olarak belirlenmiştir. *S. cretica* subsp. *anatolica*'da çiçeklerde alt ve üst yükseltide Benzaldehyde ve alpha- Pinene ana bileşen olarak tespit edilmiştir. Yapraklarda alt yükseltide Benzaldehyde ve alpha- Pinene, üst yükseltide Benzaldehyde ve Germacrene D ana bileşen olarak tespit edilmiştir. *P. nissolii*'de çiçeklerde ve yapraklarda alt ve üst yükseltide trans-Caryophyllene ve Germacrene D ana bileşen olarak saptanmıştır.

Sonuçlar Bitkilerin uçucu bileşenlerindeki bu değişkenliğin yükseltinin yanı sıra coğrafi konum ve genetik yapı gibi diğer çevresel faktörler ile bitkinin hangi kısmının incelendiği (morfolojik yapı) ve kullanılan analiz yöntemi gibi unsurların etkili olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar bitkilerin kimyasal profillerinin ekolojik faktörlere bağılı olarak önemli değişimler gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Endemik bitkiler, HS-SPME analizi, uçucu bileşenler, yükselti

Elevation dependent variation of volatile compositions of some endemic and medicinally important plant species

ABSTRACT

Background and aims In this study, the elevation-dependent variations in the volatile components of the flowers and leaves of three endemic plant species native to Türkiye, *Hypericum aviculariifolium* Jaub. & Spach, subsp. *depilatum* (Frey & Bornm.) Robson var. *depilatum*, *Stachys cretica* L. subsp. *anatolica* Rech.f., and *Phlomis nissolii* L., were investigated.

Methods The analysis was conducted using the Headspace Solid-Phase Micro-Extraction (HS-SPME) method with three replicates.

Results 101 compounds were identified in *H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum*, 79 in *S. cretica* subsp. *anatolica*, and 81 in *P. nissolii*. In *H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum*, the major flower compounds were trans-Caryophyllene and Hendecane at lower altitudes, and alpha-Pinene and alpha-Selinene at higher altitudes; in leaves, Carvacrol and Thymol dominated at lower altitudes, while beta- Elemene and alpha-Copaene were prevalent at higher altitudes. For *S. cretica* subsp. *anatolica*, Benzaldehyde and alpha-Pinene were detected as the main compounds at the lower and upper elevations in flowers. In leaves, Benzaldehyde and alpha-pinene were the main constituents at lower elevation, while Benzaldehyde and Germacrene D were the main constituents at upper elevation. In *P. nissolii*, trans-Caryophyllene and Germacrene D were the main compounds in both flowers and leaves at both altitudes.

Conclusions It has been observed that this variability in plant volatile compounds is affected by other environmental factors such as altitude, geographical location, genetic structure, the parts of the plant examined (morphological structure), and the analysis method used. These results reveal that plant chemical profiles can show significant changes depending on ecological factors.

Key Words: Endemic plants, HS-SPME analysis, volatile compounds, elevation

Bu makaleye atf:

Tekeş, A., Karagöz S.G., Uluhan, M.D. 2024. Bazı endemik ve tıbbi öneme sahip bitki türlerinin uçucu bileşenlerinin yükseltiye bağılı değişimi Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 123-138.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

İklimsel faktörler ve çevresel koşullar, tıbbi ve aromatik bitkilerin uçucu bileşenlerinin çeşitliliğini belirleyen önemli etmenlerdir (Carev and Sarikurkcu, 2021; Gülsoy et al., 2022a). Yükselti, bu çevresel koşulların önemli bir bileşeni olarak bitkilerin biyokimyasal kompozisyonunda değişimlere yol açmaktadır. Sıcaklık, nem, ışık ve diğer mikroklimatik faktörler yükseltiye bağlı olarak değişiklik göstermekte ve bu da bitkilerin fizyolojik yanıtlarını etkileyerek uçucu bileşen profillerinde farklılıklara neden olmaktadır. Bu doğrultuda tıbbi ve ekonomik açıdan önemli bitki türlerinin uçucu bileşen profillerinde meydana gelen bu varyasyonlarının araştırılması, ekosistem sağlığı ve ekonomik değer açısından oldukça önemlidir (Thuiller et al., 2008).

Endemik bitki türleri, genellikle sınırlı coğrafi alanlarda ve özgün ekolojik koşullarda yayılım gösteren türlerdir (Akin et al., 2024). Ancak iklim değişikliği, bu türlerin yaşam alanlarını doğrudan etkileyerek onları yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bırakmaktadır (Thuiller et al., 2008; Özdemir et al., 2020; Acarer, 2024a; Acarer, 2024b). Ekolojik ve ekonomik açıdan önem taşıyan tıbbi ve aromatik bitki türleri, ilaç, kozmetik, gıda, boya ve kimya endüstrisi gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir (Akin et al., 2024). Türkiye, zengin bitki çeşitliliği ve yüksek endemizm oranıyla tıbbi ve aromatik bitkiler açısından dünya çapında önemli bir konumdadır. Bu doğrultuda bu çalışma, Türkiye'ye özgü ve tıbbi değeri yüksek üç endemik bitki türünün (*H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum*, *S. cretica* subsp. *anatolica* ve *P. nissolii*) yükseltiye bağlı uçucu bileşenlerinin değişimlerini incelemeyi amaçlamaktadır.

İlk tür olan *H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum*, Hypericaceae (Kantarongiller) familyasına ait bir tür olup, dünya genelinde yaklaşık 400 türe sahip olan *Hypericum* cinsi içinde yer almaktadır (Saddiçe et al., 2010). Türkiye'de 89 türle temsil edilen bu cinsin 43'ü endemiktir (Yüce and Bağcı, 2012) ve Türkiye *Hypericum* türleri için önemli bir gen merkezi olarak kabul edilmektedir (Çırak and Bertoli, 2013). *Hypericum* türleri, özellikle içerdiği hiperisin ve psödohiperisin gibi biyolojik olarak aktif bileşenler nedeniyle, tıbbi açıdan büyük önem taşımaktadır (Mennini and Gobbi, 2004; Çırak et al., 2007a; Saddiçe et al., 2010). Bu türlerin özütlerinin farmakolojik aktiviteleri, antidepresan ve antiviral aktiviteleri ile dikkat çekerken, içerdiği flavonoidler, hiperisin ve floroglusinol bileşenleri farmakolojik etkilerinin temelini oluşturmaktadır (Çırak and Bertoli, 2013).

Türkiye'de halk arasında "binbirdelik otu" veya "kantaron" olarak bilinen *Hypericum* türleri, yara iyileştirici, anti-gastrit ve antiseptik etkileri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Baytop, 1999). Tıbbi ve aromatik açıdan önemli olan *Hypericum* türleri arasında, endemik bir türü olan *H. aviculariifolium*, çok yıllık otsu veya odunsu bir yapıya sahip olup (Yüce and Bağcı, 2012), Türkiye'de Asıl Ege ve Antalya bölümlerinde doğal olarak dağılım göstermektedir (Güner ve ark., 2012). Ekolojik olarak kuru, taşlı, kayalık ve kireçli alanları tercih eden bu bitki, 5-60 cm uzunluğunda, dik veya yatık bir gövdeye ve tüysüz yapraklara sahiptir. Sarı çiçekleri ve yaprakları siyah noktalarla kaplı olan bu tür (Davis, 1967), fenolik bileşenler (Özen et al., 2005) ve hiperisin (Ayan et al., 2004) bakımından zengin bir içeriğe sahiptir. Özellikle yaprakları, ticari açıdan önemli bir hiperisin kaynağı olan *H.*

perforatum'a göre daha fazla hiperisin içermektedir (Çırak et al., 2006). Ayrıca *H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum*, Türkiye'ye endemik bir bitki türüdür ve farklı tohum uykuda kalma tipleri nedeniyle ülke genelindeki dağılımı oldukça sınırlıdır (Çırak et al., 2007b; Çırak and Bertoli, 2013). Son yıllarda *H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum* üzerine yapılan çalışmalar, türün çimlenme durumu (Çırak et al., 2007b), kimyasal bileşenlerinin ve uçucu bileşenlerinin analizi (Yüce and Bağcı, 2012; Çırak and Bertoli, 2013; Küçük et al., 2015; Çırak et al., 2020) ve biyolojik aktif bileşenlerinin çeşitliliği (Çırak et al., 2013; Maltas et al., 2013; Çırak et al., 2016) üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak türün ekolojisine veya uçucu bileşenlerinin çevresel koşullarla ilişkisinin incelenmesine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, bu türün kimyasal profillerinin yükseltiye bağlı olarak nasıl değiştiğinin incelenmesi, bitkinin biyolojik ve tıbbi potansiyelini daha iyi anlamak açısından önemli bilgiler sağlayacaktır.

Çalışma konu olan ikinci tür *S. cretica* subsp. *anatolica* ise Lamiaceae (Ballıbabagiller) familyasına ait olup, *Stachys* cinsi içinde yer almaktadır. Bu cinsin dünya genelinde iki ana çeşitlilik merkezi bulunmakta olup, biri Güney ve Doğu Anadolu, Kafkasya, Kuzeybatı İran ve Kuzey Irak bölgelerinde, diğeri ise Balkan Yarımadası'nda yer almaktadır. *Stachys* türleri, orman açıklıkları, kayalık alanlar, kireçtaşı, bozkır, nadas alanları, çayırlar ve dere kenarları gibi farklı habitatlarda yayılış gösteren tek yıllık, çok yıllık otsu ve çalı formundaki bitkilerden oluşmaktadır. Dünya genelinde yaklaşık 370 tür (475 takson) ile temsil edilen bu cins, Türkiye'de 94 tür (121 takson) ile varlık göstermektedir. Bu taksonların 65'i (%53,7) Türkiye'ye endemik olup (Akçiçek, 2010; Akçiçek and Güner, 2022; Güner, 2022), Türkiye'yi *Stachys* cinsinin en önemli çeşitlilik merkezlerinden biri haline getirmektedir. Yüksek morfolojik çeşitliliğe sahip olan *S. cretica* subsp. *anatolica*, bu cinsin endemik türleri arasında önemli bir yer tutmaktadır (Güner, 2022).

Anadolu'da *Stachys* türleri, "Dağ Çayı" başta olmak üzere Çay otu, Kestire, Oğul otu, Boz Çalba, Beyaz şabla, Karabaş otu gibi yerel isimlerle anılmakta ve geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Örneğin, *S. cretica* subsp. *anatolica*, halk arasında infüzyon veya kaynatma yöntemiyle yapılarak, çay olarak tüketilmekte ve bal üretiminde arılar için değerli bir bitki olarak kullanılmaktadır. Ayrıca soğuk algınlığı, mide rahatsızlıkları, solunum yolu hastalıkları gibi durumların tedavisinde yaygın olarak tercih edilmektedir. Bazı durumlarda hayvanlara kuduz tedavisi amacıyla da kullanılmıştır. Bu bitkinin toprak üstü kısımları, yaprakları ve çiçekleri tıbbi amaçlarla kullanılmakta olup, geleneksel tedavide önemli bir yer tutmaktadır (Baytop, 1999; Satıl and Açar, 2020; Toplan et al., 2021). Etnofarmakolojik açıdan değerlendirildiğinde, *Stachys* türlerinin, antibakteriyel, anti-*Helicobacter pylori*, anti-inflamatuar, antikanser ve antioksidan etkileri için kullanıldığı görülmüştür (Toplan et al., 2021). Bu bitkilerin sahip olduğu zengin kimyasal içerik, çeşitli biyolojik aktivitelerin kaynağı olarak öne çıkmaktadır. *Stachys* cinsine ait uçucu yağlar üzerine yapılan çalışmalar, bitkinin özellikle mono ve seskiterpenoidler, glikozitler, saponinler, polifenoller, tanenler, fenolik asitler, flavonoidler ve diterpenoidler gibi bileşenler içerdiğini ortaya koymaktadır (Satıl and Açar, 2020). *S. cretica* subsp. *anatolica* üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde uçucu bileşen ve

kimyasal bileşenlerinin analizi (Skaltsa et al., 2003; Şerbetçi et al., 2010; Goren et al., 2011; Bahadori et al., 2019a; Bahadori et al., 2019b; Kirkan, 2019; Carev and Sarikurkcu, 2021; Leblebici et al., 2016) üzerine odaklanıldığı görülmektedir. Buna karşın türün ekolojisine veya çevresel koşulların uçucu bileşenlerinin üzerindeki etkisine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bilgiler ışığında, *S. cretica* subsp. *anatolica* gibi endemik bitki türlerinin uçucu bileşenlerinin yükseltiye bağlı değişimlerinin incelenmesi, bu türlerin biyolojik ve tıbbi potansiyelini daha iyi anlamamıza olanak sağlayacaktır.

Çalışmaya konu olan üçüncü tür ise *P. nissolii*, Lamiaceae (Ballıbabagiller) familyasına ait olup, *Phlomis* cinsi içinde yer almaktadır. Bu cins, Türkiye, Asya ve Kuzey Afrika'ya özgü yaklaşık 100 tür içermektedir. Türkiye'de ise 52 türü bulunmaktadır. *Phlomis* türleri, genellikle çok yıllık otsu ve küçük çalı formundaki bitkilerden oluşmaktadır. Bu cins, eşsiz terapötik ve aromatik özellikleri ile öne çıkmaktadır. Bitkinin toprak üstü kısımları, geleneksel tıpta yara iyileştirici, antienflamatuar ve analjezik özellikleri nedeniyle önemli bir yere sahiptir. Aynı zamanda diyabet, gastrointestinal hastalıkların tedavisinde kullanılırken, karaciğer, böbrek, kemik ve kardiyovasküler sistemleri koruyarak genel sağlığı desteklemek amacıyla da bitkisel çay olarak tüketilmektedir. Ayrıca *Phlomis* türlerinden elde edilen uçucu yağlar, parfüm ve kozmetik endüstrisinde tatlandırıcı ve aroma verici olarak kullanılmaktadır (Eryugur et al., 2022). Türkiye, Balkanlar ve Batı Asya'da doğal olarak yayılış gösteren *P. nissolii*, genellikle çalılıklar, bozkırlar ve orman açıklıkları gibi kuru ve güneşli bölgelerde bulunmaktadır. Yaprakları ve çiçekleri tüylü olup, bitki sarı veya pembe renkte çiçekler açmaktadır. *P. nissolii*, genellikle doğada yetişen bir bitki olmasına rağmen, bazı bölgelerde tıbbi bitki olarak toplanıp kullanılmaktadır. Bu tür uçucu yağlar, fenolik bileşenler ve flavonoidler gibi biyolojik aktif bileşenler içermektedir. Bu özellikleri sayesinde antimikrobiyal ve antioksidan etkiler gösterdiği çeşitli çalışmalarla ortaya koyulmuştur. *P. nissolii* üzerine yapılan araştırmalar incelendiğinde türün kimyasal özellikleri ve uçucu bileşenlerine yönelik (Bucar et al., 1998; Kırmızıbekmez et al., 2005; Kirimer et al., 2006; Sarikurkcu et al., 2014; Sarikurkcu et al., 2016; Eryugur et al., 2022) çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Ancak türün ekolojisi veya coğrafi koşullarının uçucu bileşenler üzerindeki etkisine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle farklı yükseltilerden toplanan bitkilerin kimyasal profilleri üzerindeki etkilerinin araştırılması, bitkinin biyolojik özellikleri ve tıbbi kullanımları hakkında önemli bilgiler sağlayacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Araştırma alanı ve bitki materyali

Bu çalışmada incelenen bitki örnekleri, 2022 yılı Temmuz ayında Afyonkarahisar Yöresinden farklı yükseltilerden toplanmıştır. Arazi çalışmasında, üç türe ait bitkilerin toprak üstü kısımlarından, çiçek ve yaprak örnekleri alınmıştır (Çizelge 1). Toplanan örnekler, herbaryum kurallarına uygun olarak preslenip laboratuvara getirilmiş ve burada oda sıcaklığında kurutulmuştur. Bitki örneklerinin teşhisleri Davis (1967)'e göre yapılmıştır. Bitkilerin uçucu bileşen analizleri ise Süleyman

Demirel Üniversitesi, Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır.

Çizelge 1. Bitki türlerinin toplandığı alanlara ilişkin bilgiler

Bitki Türü	Enlem (X)	Boylam (Y)	Yükselti (m)
<i>Hypericum aviculariifolium</i> subsp. <i>depilatum</i> var. <i>depilatum</i>	340616	4266908	1480 - Alt
<i>Hypericum aviculariifolium</i> subsp. <i>depilatum</i> var. <i>depilatum</i>	337361	4261878	1899 - Üst
<i>Stachys cretica</i> subsp. <i>anatolica</i>	350469	4259353	1068 - Alt
<i>Stachys cretica</i> subsp. <i>anatolica</i>	348254	4259051	1488 - Üst
<i>Phlomis nissolii</i>	350469	4259353	1068 - Alt
<i>Phlomis nissolii</i>	342423	4265226	1205 - Üst

2.2 Yöntem

Bitkilerin uçucu bileşenleri, Tepe Boşluğu – Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (Headspace Solid Phase Micro-Extraction-HS-SPME) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir (Zhang and Pawliszyn, 1993; Mills and Walker, 2000). Analizler, Shimadzu (Japan) GC-MS (Gas Chromatography/Mass Spectroscopy-Gaz Kromatografisi/Kütle Spektroskopisi) cihazı ile yapılmıştır (Adams, 2017). Bitki örneklerinden 1 gram tartılarak, 15 mL'lik SPME viallerine yerleştirilmiş ve silikon septa ile kapatılmıştır. Örnekler, 60°C'de 15 dakika süreyle ısıtıcıda bekletilerek dengeye ulaşmaları sağlanmıştır. 75 µm kalınlığındaki CAR/PDMS (Karboksen/PolidimetilSiloksan) fiber, şişeye daldırıldıktan sonra 30 dakika süreyle bekletilerek, tepe boşluğundaki uçucu aroma bileşenlerinin fibere absorbe edilmesi sağlanmıştır. Ardından fiber, gaz kromatografi cihazının enjeksiyon bloğuna yerleştirilmiş ve 5 dakika süreyle bekletilerek, absorbe edilen uçucu aroma bileşenleri desorbsiyonla kapiler kolona (Restek Rx-5 Sil MS 30 m x 0.25 mm, 0.25 µm) enjekte edilmiştir. Fırın sıcaklığı, başlangıçta 40°C'de 2 dakika sabit tutulmuş, ardından dakikada 4°C'lik artışla 250 °C'ye ulaşmış ve bu sıcaklıkta 5 dakika süreyle beklenmiştir. Enjektör ve dedektör (GCMS-QP2010 SE) sıcaklıkları 250°C olarak ayarlanmıştır. İyonlaştırma türü olarak Elektron İyonizasyonu (EI, 70 eV) ve taşıyıcı gaz olarak Helyum (1,61 mL/dakika) tercih edilmiştir. Uçucu bileşenlerin tanımlanmasında Wiley, Nist, Tutor, FFNSC kütüphaneleri referans alınmış ve sonuçlar yüzde (%) olarak elde edilmiştir. Bu analiz üç tekrar yapılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular

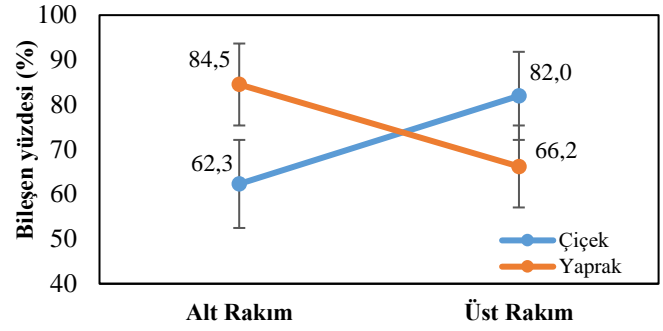
3.1 *Hypericum aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum*'un uçucu bileşen analiz sonuçları

H. aviculariifolium subsp. *depilatum* var. *depilatum*'un çiçek ve yapraklarından elde edilen uçucu bileşenlerin analiz sonuçları, iki farklı yükseltiye göre ortalama ve standart sapma değerleriyle birlikte Ek 1'de sunulmuştur. Buna göre, her iki yükseltide de çiçek ve yapraklarda bulunan bileşenler detaylı bir şekilde incelenmiş olup seskiterpenler, alkanlar, monoterpenler,

aldehitler, ketonlar, alkoller, sülfür, asitler, esterler, alkenler ve diğer gruplara ait toplam 101 bileşen tanımlanmıştır. Çiçeklerin uçucu bileşen analizinde, alt ve üst yükseltide toplamda 61 bileşen tespit edilmiştir. Bu bileşenlerden 27'si her iki yükseltide ortak olarak bulunurken, 11'i yalnızca alt yükseltide, 23'ü ise yalnızca üst yükseltide gözlemlenmiştir. Alt yükseltide çiçeklerin başlıca bileşenleri trans-Caryophyllene (%27,85) ve Hendecane (%20,18) iken, üst yükseltide alpha- Pinene (%27,50) ve alpha- Selinene (%16,23) olarak belirlenmiştir. Yaprakların uçucu bileşen analizinde ise, alt ve üst yükseltide toplamda 71 bileşen saptanmıştır. Bu bileşenlerin 36'sı her iki yükseltide ortak iken, 24 bileşen sadece alt yükseltide, 11 bileşen ise yalnızca üst yükseltide tespit edilmiştir. Yaprakların ana bileşenleri, alt yükseltide Carvacrol (%17,73) ve Thymol (%9,14), üst yükseltide beta- Elemene (%19,47) ve alpha-Copaene (%10,49) olarak belirlenmiştir. Ayrıca çiçeklerde tespit edilen ancak yapraklarda bulunmayan 29 bileşen ve yapraklarda tespit edilip çiçeklerde bulunmayan 40 bileşen belirlenmiştir.

Seskiterpenler, alkanlar, monoterenler gibi ana kimyasal grupların yükseltiyeye bağlı dağılımında belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir. Çiçeklerde alt rakımda baskın kimyasal grup seskiterpenler (%52,68) olup, bileşenlerin yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Alkanlar (%24,96) ve monoterenler (%13,28) ise ikinci ve üçüncü sırada gelmektedir. Üst rakımda, monoterenlerin oranı (%57,91) önemli ölçüde artarak en baskın grup haline gelmiştir. Seskiterpenler ise düşüş göstererek ikinci sırada (%32,69) yer almıştır. Alkanlar ise (%3,49) alt rakıma kıyasla belirgin bir azalma göstermektedir. Yapraklarda alt rakımda seskiterpenler (%31,51) ve monoterenler (%31,28) neredeyse eşit oranlarda bulunmuş, aldehitler (%19,94) ve alkanlar (%8,90) da önemli katkı sağlamaktadır. Üst rakımda ise seskiterpenler (%75,25) yapraklarda baskın hale gelmiş, diğer bileşen grupları ise azalmıştır. Monoterpenlerin oranı (%9,95) üst rakımda düşerken, aldehitler (%3,54) ve alkanlar (%7,92) benzer şekilde azalmıştır. Üst rakımda yapraklarda esterler (%0,63) tespit edilmiştir. Genel olarak seskiterpenler, her iki yükseltide de çiçek ve yapraklarda baskın bir grup olmakla birlikte, özellikle üst rakımda yapraklarda daha yüksek oranlarda (%75,25) bulunmuştur. Monoterpenler ise çiçeklerde yükseltinin artışıyla birlikte artarken (%57,91), yapraklarda (%9,95) ters bir eğilim göstermiştir. Alkanlar ise özellikle alt rakımda hem çiçeklerde (%24,96) hem de yapraklarda (%8,90) önemli bir orana sahipken, üst rakımda (%3,49, %7,92) ciddi bir azalma gözlenmiştir. Aldehitler, alt rakımda yapraklarda (%19,94) yüksek oranda bulunurken, üst rakımda (%3,54) önemli bir azalma göstermiştir.

Alt rakımda çiçeklerde tespit edilen uçucu bileşen oranı %62,3 iken yapraklarda bu oran %84,5 ile daha yüksektir. Üst rakımda ise çiçeklerdeki bileşen oranı %82'ye yükselirken, yapraklarda %66,2'ye düşmektedir (Şekil 1). Bu durum, yükseltinin artmasıyla birlikte çiçeklerdeki uçucu bileşen miktarında artış, yapraklar da ise azalmaya yönelik bir eğilim olduğunu göstermektedir.



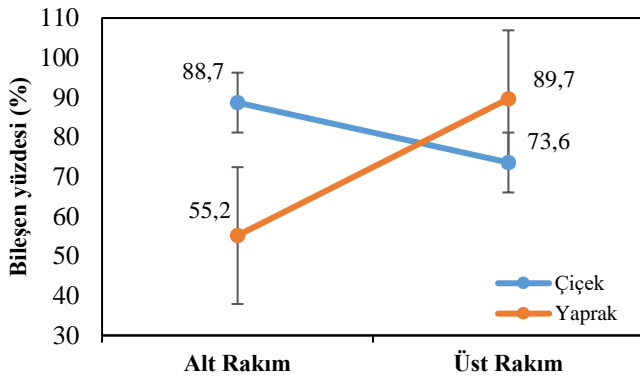
Şekil 1. *Hypericum aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum*'un çiçek ve yapraklarında tespit edilen uçucu bileşen sayısının yükseltiyeye göre yüzde (%) dağılımları

3.2 *Stachys cretica* subsp. *anatolica*'nın uçucu bileşen analiz sonuçları

S. cretica subsp. *anatolica*'nın çiçek ve yapraklarından elde edilen uçucu bileşenlerin analizinde, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmış ve iki farklı yükseltiyeye göre bileşenlerin dağılımları incelenmiştir (Ek 2). Buna göre, her iki yükseltide de çiçek ve yapraklarda bulunan bileşenler detaylı bir şekilde incelenmiş olup aldehitler, monoterenler, seskiterpenler, esterler, asitler, ketonlar, alkoller ve diğer gruplara ait toplam 79 bileşen tanımlanmıştır. Çiçeklerde gerçekleştirilen uçucu bileşen analizinde, alt ve üst yükseltide toplamda 53 bileşen tespit edilmiştir. Bu bileşenlerden 33'ü her iki yükseltide ortak iken, 14'ü yalnızca alt yükseltide, 6'sı ise sadece üst yükseltide gözlemlenmiştir. Çiçeklerde en yüksek ortalamaya sahip iki ana bileşen, alt ve üst yükseltide Benzaldehyde ve alpha- Pinene olarak belirlenmiştir. Alt yükseltide sırasıyla %64,05 ve %5,53, üst yükseltide ise sırasıyla %50,65 ve %5,38 olarak tespit edilmiştir. Yapraklardaki uçucu bileşen analizinde ise alt ve üst yükseltide toplamda 58 bileşen saptanmıştır. Bu bileşenlerden 26'sı her iki yükseltide ortak bulunurken, 6'sı sadece alt yükseltide, 26'sı ise yalnızca üst yükseltide bulunmuştur. Yaprakların ana bileşenleri, alt ve üst yükseltide farklılık göstermektedir. Alt yükseltide en yüksek orana sahip bileşenler Benzaldehyde (%59,22) ve alpha- Pinene (%5,33) iken, üst yükseltide Benzaldehyde (%37,69) ve Germacrene D (%11,88) öne çıkmıştır. Ayrıca çiçeklerde tespit edilip yapraklarda bulunmayan 21 bileşen ile yapraklarda tespit edilip çiçeklerde bulunmayan 26 bileşen belirlenmiştir. Aldehitler, monoterenler, seskiterpenler ve esterler gibi ana kimyasal grupların yükseltiyeye göre dağılımında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Alt yükseltide aldehitler (çiçeklerde %67,29, yapraklarda %69,56) ve monoterenler (çiçeklerde %14,82, yapraklarda %15,12) daha yüksek oranlarda bulunurken, üst yükseltide bu oranlarda aldehitler (çiçeklerde %52,11, yapraklarda %41,61) ve monoterenler (çiçeklerde %13,26, yapraklarda %10,26) azalmıştır. Buna karşılık seskiterpenlerin oranı, üst yükseltide hem çiçek hem de yapraklarda artış göstermiştir (Ek 2). Yapraklar ve çiçekler arasında bileşen dağılımında dikkat çeken farklar bulunmaktadır. Örneğin, Germacrene D bileşeni, yapraklarda özellikle üst yükseltide (%11,88) çiçeklere göre (%4,61) çok daha yüksek oranda tespit edilmiştir. Benzaldehyde ise her iki yükseltide de en baskın bileşen olmasına rağmen, alt yükseltide daha yüksek oranlarda (çiçeklerde %64,05 yapraklarda %59,22) bulunmuş, üst

yükseltide bu oranlar hem çiçeklerde (%50,65) hem de yapraklarda (%37,69) azalma göstermiştir. Çiçeklerde üst yükseltide, Germacrene D (%4,61) ve beta-Bisabolene (%5,20) gibi seskiterpenlerin oranlarında belirgin bir artış gözlenmiştir. Ayrıca çiçeklerde bulunmayan ancak yapraklarda tespit edilen birçok bileşen olduğu ve üst yükseltide yeni bileşenlerin (beta- Selinene, alpha- Muurolene gibi) ortaya çıktığı dikkat çekmektedir.

Alt rakımda çiçeklerde tespit edilen uçucu bileşenlerin oranı oldukça yüksek olup %88,7 olarak belirlenmiştir. Buna karşın, yapraklardaki uçucu bileşenlerin oranı daha düşük olup %55,2 seviyesindedir. Üst rakımda çiçeklerdeki uçucu bileşen oranı %73,6'ya düşerek, alt rakıma kıyasla bir azalma göstermiştir. Buna karşılık yapraklardaki bileşen oranı belirgin bir artış göstererek %89,7'ye ulaşmıştır (Şekil 2). Bu bulgular, bitkinin farklı yükseltide maruz kaldığı çevresel koşulların uçucu bileşen dağılımında önemli farklılıklara yol açtığını göstermektedir. Alt rakımda çiçeklerde daha yüksek oranda bileşen tespit edilirken, üst rakımda yapraklardaki bileşen oranında artış gözlenmiştir. Bu da yükseltiye bağlı çevresel faktörlerin bitkinin uçucu bileşen sentezini ve dağılımını etkilediğini göstermektedir.

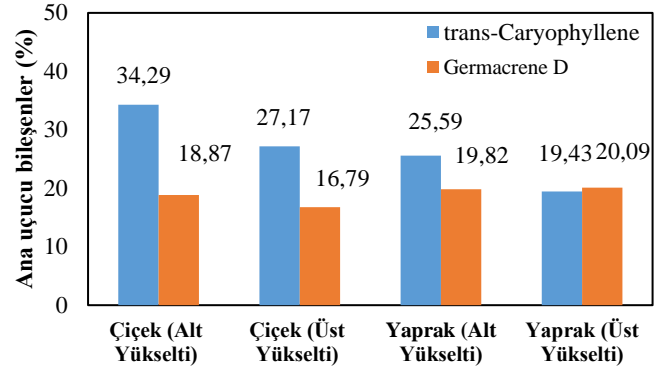


Şekil 2. *Stachys cretica* subsp. *anatolica*'nın çiçek ve yapraklarında tespit edilen uçucu bileşen sayısının yükseltiye göre yüzde (%) dağılımları

3.3 *Phlomis nissolii*'nin uçucu bileşen analiz sonuçları

P. nissolii'nin çiçek ve yapraklarından elde edilen uçucu bileşenlerin analizi, iki farklı yükseltideki dağılımlarına göre ortalama ve standart sapma değerleriyle birlikte Ek 3'te sunulmuştur. Yapılan analizler sonucunda, seskiterpenler, monoterenler, aldehitler, asitler, ketonlar, esterler, alkoller, alkenler, sülfür ve diğer gruplar olmak üzere toplamda 81 bileşen tespit edilmiştir. Çiçeklerde gerçekleştirilen uçucu bileşen analizinde, alt ve üst yükseltide toplamda 74 bileşen tanımlanmış olup, bu bileşenlerin 50'si her iki yükseltide ortak olarak bulunurken, 10'u yalnızca alt yükseltide, 14'ü ise yalnızca üst yükseltide gözlenmiştir. Çiçeklerdeki en yüksek ortalamaya sahip iki ana bileşen trans-Caryophyllene ve Germacrene D alt yükseltide sırasıyla %34,29 ve %18,87, üst yükseltide ise sırasıyla %27,17 ve %16,79 bulunmuştur (Şekil 3). Yaprakların uçucu bileşen analizinde ise, her iki yükseltide toplamda 60 bileşen tespit edilmiş olup, bunların 40'ı her iki yükseltide ortak, 8'i yalnızca alt yükseltide, 12'si ise yalnızca üst yükseltide gözlenmiştir. Yapraklarda da trans-

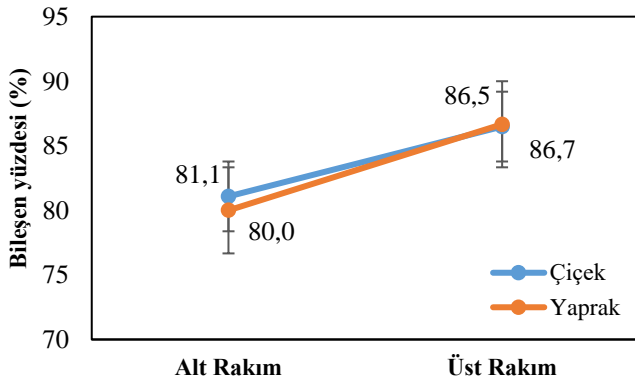
Caryophyllene ve Germacrene D, en yüksek ortalamaya sahip bileşenler olup, alt yükseltide sırasıyla %25,59 ve %19,82, üst yükseltide ise %19,43 ve %20,09 bulunmuştur (Şekil 3). Özellikle trans-Caryophyllene, her iki yükseltide de baskın bir bileşen olarak öne çıkmasına rağmen, alt yükseltideki oranı daha yüksek görülmüştür. Ayrıca çiçeklerde tespit edilip yapraklarda bulunmayan 18 bileşen ve yapraklarda olup çiçeklerde bulunmayan 6 bileşen tespit edilmiştir.



Şekil 3. *Phlomis nissolii*'nin çiçek ve yapraklarında tespit edilen ana uçucu bileşenler

Seskiterpenler, monoterenler ve aldehitler gibi ana kimyasal grupların yükseltiye bağlı dağılımında belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir. Her iki yükseltide de baskın kimyasal grup olan seskiterpenler, çiçek ve yapraklarda %80'nin üzerinde tespit edilmiştir. Alt yükseltide seskiterpen oranı çiçeklerde %91,78 iken, üst yükseltide bu oran %86,60'a düşmüştür. Yapraklarda ise alt ve üst yükselti sırasıyla %87,73 ve %81,93 oranlar ile benzer bir azalma eğilimi göstermiştir. Bu durum, yükselti arttıkça seskiterpen oranlarında hafif bir azalma olduğunu ortaya koymaktadır. Monoterpenler, çiçeklerde ikinci baskın grup olarak öne çıkmış ve alt yükseltide %6,97 iken, üst yükseltide %9,82'ye yükselmiştir. Yapraklarda ise monoteren oranı, alt yükseltide %10,60 iken, üst yükseltide %6,40'a düşmüştür. Bu sonuçlar monoterenlerin çiçeklerde yükselti ile birlikte artış gösterdiğini, ancak yapraklarda azaldığını göstermektedir. Aldehit oranı, çiçek ve yapraklarda yükselti arttıkça belirgin bir artış sergilemektedir. Çiçeklerde aldehit oranı, alt yükseltide %0,67 iken, üst yükseltide %2,72'ye yükselmiştir. Yapraklarda bu artış daha belirgin olup, alt yükseltide %0,94 olan aldehit oranı, üst yükseltide %9,52'ye çıkmıştır. Bu, aldehitlerin yükseltiye karşı daha duyarlı olduğunu ve yüksek rakımlarda birikim eğilimi gösterdiğini düşündürmektedir. Asit oranları ise genel olarak düşük seviyelerde kalmış, ancak yükselti arttıkça hem çiçeklerde hem de yapraklarda hafif bir artış gözlenmiştir. Çiçeklerde asit oranı, alt yükseltide %0,12 iken, üst yükseltide %0,23'e çıkmıştır. Yapraklarda ise bu oran %0,27'den %0,91'e yükselmiştir. Ketonların oranı çiçeklerde yükseltiye bağlı olarak önemli bir değişim göstermemiştir. Ancak yapraklarda bu oran %0,37'den %1,00'e yükselmiş, bu da yapraklarda yükselti ile keton oranının arttığını göstermektedir. Diğer kimyasal gruplar (esterler, alkoller, alkenler, sülfür) genellikle çok düşük oranlarda bulunmakta ve bazı yükseltide hiç gözlenmemiştir. Örneğin, esterler sadece alt yükseltide çiçeklerde (%0,08) tespit edilirken, üst yükseltide bulunmamıştır.

Alt rakımda, çiçeklerdeki uçucu bileşen oranı %81,1 yapraklarda ise %80,0 olarak tespit edilmiştir. Buna göre çiçeklerde yapraklara göre daha fazla uçucu bileşen bulunmakta ancak bu farkın çok büyük değildir. Üst rakımda ise çiçeklerdeki uçucu bileşen oranı %86,5'e, yapraklarda ise %86,7'ye yükselmiştir (Şekil 4). Buna göre yükselti arttıkça hem çiçeklerde hem de yapraklarda uçucu bileşen oranlarında belirgin bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Üst rakımda, çiçek ve yapraklar arasındaki uçucu bileşen oranı farkı oldukça azdır. Buna göre genel olarak yükselti arttıkça bitkinin çiçek ve yapraklarında tespit edilen uçucu bileşen yüzdesinde bir artış olduğu görülmektedir. Bu durum, *P. nissolii* bitkisinin uçucu bileşenlerinin çevresel faktörlere, özellikle yükseltiye karşı duyarlılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özetle her iki yükseltide de çiçek ve yapraklardaki uçucu bileşen oranları birbirine oldukça yakın bulunmuş, ancak genel olarak üst rakımda çiçek ve yaprakların daha yüksek oranda uçucu bileşen içerdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4. *Phlomis nissolii*'nin çiçek ve yapraklarında tespit edilen uçucu bileşen sayısının yükseltiye göre yüzde (%) dağılımları

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Türkiye'ye özgü 3 endemik bitki türünün (*H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum*, *S. cretica* subsp. *anatolica* ve *P. nissolii*) uçucu bileşenlerinin yükseltiye bağlı olarak gösterdiği değişimler analiz edilmiştir. *H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum*'un uçucu bileşenlerinin belirlenmesi üzerine yapılan önceki çalışmalar incelendiğinde, türün uçucu bileşen profillerinin çevresel koşullara göre önemli ölçüde değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Yüce and Bağcı (2012), Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bu türün ana bileşenlerinin alpha- Pinene (%52,1), Germacrene D (%8,5) ve beta-Pinene (%3,6) olduğunu bildirmiştir. Bu durum çalışmamızda alpha- Pinene'nin ana bileşenler arasında yer almasını doğrularken, diğer ana bileşenlerde farklılıklar gözlemlenmiştir. Ayrıca Yüce and Bağcı (2012)'nin çalışmasında monoterpenlerin, seskiterpenlerden daha yüksek oranlarda olduğu görülmüştür, bu durum çalışmamızda da üst yükseltide benzer şekilde gözlemlenmiştir. Çırak and Bertoli (2013) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise, farklı lokasyonlardan toplanan *H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum* örneklerinde cis- ve trans-linalool oksit (%13 ve %7) ile α - ve β -selinene (%12 ve %16) ana bileşenler olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda da alpha- selinene'nin ortak bileşen olarak bulunması bu sonuçlarla paralellik göstermekle birlikte, diğer

bileşenler açısından belirgin farklılıklar gözlenmektedir. Ayrıca Çırak and Bertoli (2013)'nin çalışmasında, bir popülasyonda oksijenli monoterpenler (%21), seskiterpenler (%17) ve hidrokarbon seskiterpenler (%50) daha yüksek oranlarda bulunurken, diğer popülasyonda hidrokarbon seskiterpenlerinin (%52) oranları benzer seviyelerde olsa da oksijenli monoterpenler (%5) ve seskiterpenler (%14) arasında önemli farklılıklar kaydedilmiştir. Çalışmamızda da yükseltiye bağlı olarak kimyasal gruplar arasında benzer farklılıklar gözlemlenmiştir. Ancak Çırak and Bertoli (2013)'nin bulgularında hidrokarbon bileşenlerinin belirgin bir yer tuttuğu görülürken, bizim sonuçlarımızda bu bileşenlerin önemli bir yer tutmadığı gözlemlenmiştir. Bir diğer çalışma ise Küçük et al., (2015) tarafından *H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *bourgaei* üzerinde yapılmıştır. Bu çalışmada, ana bileşenler olarak heksadekanoik asit (%28,0), laurik asit (%11,3), miristik asit (%9,7) ve karyofilen oksit (%8,7) tespit edilmiştir. Ancak bu bileşenler çalışmamızda ana bileşenler arasında yer almamaktadır. Küçük et al., (2015)'nin çalışması, bu türün uçucu bileşen profilinde belirgin farklılıklar olduğunu ve farklı popülasyonlar arasında kimyasal çeşitliliğin oldukça yüksek seviyelerde seyrettiğini göstermektedir.

Genel olarak, bu çalışmalarla elde edilen sonuçlar, *H. aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum*'un uçucu bileşen profillerinin çevresel faktörler ve özellikle yükseltiye bağlı olarak önemli ölçüde değişebileceğini göstermektedir. Çalışmamız, bu türün farklı ekolojik koşullar altında kimyasal bileşenlerinin çeşitlilik gösterdiğini ve bu durumun, bitkilerin potansiyel kullanım alanlarının belirlenmesinde dikkate alınması gereken önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca önceki çalışmaların büyük çoğunluğunda bitkilerin toprak üstü kısımlarının genel olarak analiz edildiği, ancak çiçek ve yaprak ayrımının yapılmadığı görülmektedir. Çalışmamızda çiçek ve yapraklardaki bileşenlerin ayrı ayrı değerlendirilmesi, uçucu bileşen analizindeki bu ayrımın da kimyasal farklılıklar üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

İkinci tür olan *S. cretica* subsp. *anatolica* üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, Skaltsa et al. (2003) tarafından yapılan bir çalışma, 8 farklı *Stachys* türünde seskiterpen hidrokarbonların ana bileşen grubu olduğunu göstermektedir. Özellikle *S. cretica* subsp. *cretica*'da Germacrene D (%33,5) ve pimaradien (%18,6) ana bileşenler olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, *Stachys* türlerinde terpenoidlerin uçucu bileşenlerde önemli bir yer tuttuğunu ve özellikle seskiterpen hidrokarbonların (%49,9) ana bileşen grubu olarak öne çıktığını ortaya koymaktadır. Çalışmamızda da Germacrene D ve seskiterpenlerin varlığı, bu sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Öztürk et al. (2009), *S. cretica* subsp. *smyrnaea*'nin toprak üstü kısımlarından elde edilen uçucu bileşenleri analiz etmiş ve bu bileşenlerin %99,7'sini oluşturan 37 bileşenden 34'ünü tanımlamıştır. Bu çalışmada trans - β -karyofilen (%51,0), Germacrene-D (%32,8) ve α -humulen (%3,1) ana bileşenler olarak bulunmuştur. Ayrıca Şerbetçi et al. (2010), *S. cretica* subsp. *lesbiaca* ve *S. cretica* subsp. *trapezuntica*'nın su ile damıtılmış, uçucu yağlarının analiz edildiği çalışmada, her iki alt türde de seskiterpen hidrokarbonlar, özellikle Germacrene D (%20,3 ve %12,9) ana bileşen olarak öne çıkmıştır. Bu bulgular, Germacrene D'nin yaygın olarak *Stachys* türlerinde baskın bir bileşen olduğuna dair elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir. Goren et al. (2011)'nin gerçekleştirdiği çalışmada ise *S.*

cretica subsp. *anatolica*'nın uçucu yağında 27 bileşen tespit etmiş ve bu bileşenlerin 20'sinin uçucu bileşenlerin %83,7'sini temsil ettiği belirlenmiştir. Germacrene-D (%29,2), sabinene (%9,1) ve beta-pinene (%8,3) ana bileşenler olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, çalışmamızla önemli ölçüde örtüşmekte ve Germacrene D'nin bu türde yaygın ve ana bileşen olduğunu doğrulamaktadır. Kimyasal gruplar açısından bakıldığında, Goren et al. (2011)'nin çalışmasında seskiterpenler (%43,4) ve monoterenler (%17,4) en fazla görülen gruplar olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, çalışmamızda aldehytlerin ardından gelen monoterenler ve seskiterpenlerle benzerlik göstermektedir. Buna karşın Kirimer et al., (1995) tarafından yapılan bir çalışmada, *S. cretica* subsp. *anatolica*'nın uçucu bileşenlerinde %33 oranında Carvacrol'un baskın olduğu tespit edilmiştir.

Genel olarak, literatürde *Stachys* türlerinde yaygın olarak seskiterpen hidrokarbonların ana bileşenler olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlarda bu bulgularla örtüşmekte olup, Germacrene D'nin ana bileşen olarak öne çıktığı görülmektedir. Ancak farklı coğrafi alanlarda yetişen popülasyonlar arasında uçucu bileşenlerdeki çeşitliliğin belirgin farklılıklar göstermesi, bu türlerin kimyasal bileşimlerinin iklim, yükselti gibi çevresel faktörlerden büyük ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Bu durum, bitkilerin biyolojik ve farmakolojik potansiyelinin değerlendirilmesinde yetiştiği habitatların dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır (Gülsoy and Çivğa, 2016; Gülsoy et al., 2022b).

Üçüncü tür olan *P. nissolii* ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde Kirimer et al. (2006)'nin çalışmasında, su ile damıtılmış uçucu yağın kimyasal bileşimi GC ve GC/MS ile analiz edilmiştir. Bu çalışmada toplam yağın %92,6'sını oluşturan 18 bileşen tespit edilmiştir. Uçucu yağın ana bileşenleri Germacrene D (%33,9), bisiklogermakren (%15,3) ve (Z)- β -farnesen (%10,7) olarak belirlenmiştir. Sarikurkcu et al. (2016)'nin çalışmasında *P. nissolii*'nin ana bileşeni olarak Germacrene D (%15,1) bulunmuştur. Ayrıca Eruygur et al. (2022) tarafından yapılan çalışmada *Phlomis* uçucu yağlarının kimyasal bileşimleri α -pinen, linalool ve limonen (monoterenler), β -karyofilen ve Germacrene D (seskiterpenler), heksadekanoik asit (yağ asidi) alifatik bileşenler ve diğer bileşenler olarak bulunduğu ifade edilmiştir. Bu sonuçlar çalışmamızdaki bileşenlerin dağılımıyla karşılaştırıldığında, Germacrene D'nin ortak olduğu görülmektedir.

Genel olarak, bu türler arasındaki uçucu bileşen farklılıklarının temel nedenleri, bitkilerin yetiştiği çevresel koşullar, coğrafi konum ve ekolojik faktörlerdir. Bunun yanında genetik yapıları kadar, buldukları çevrenin sıcaklık, nem, toprak özellikleri ve yükselti gibi faktörlerine bağlı olarak da değişim göstermektedir (Ergun et al., 2016; Leblebici et al., 2016). Ayrıca bitkilerin toplandığı dönem de uçucu bileşenlerdeki değişimlere yol açabilmektedir (Çarıkçı et al., 2018). Çalışmamızda, farklı yükseltilerden toplanan bitki türlerinde uçucu bileşen farklılıkları gözlemlenmiş olup, bu sonuçlar literatürdeki çalışmalarla örtüşmektedir.

Yükselti, bitkilerin uçucu bileşenlerinde, özellikle monoterenler ve seskiterpenler gibi bileşenlerin miktarlarında önemli değişikliklere neden olabilmektedir (Vecerova et al., 2021; Simin et al., 2022). Çalışmamızda da yükseltinin, uçucu

bileşenlerin dağılımını etkilediği görülmüştür. Bunun yanı sıra popülasyonlar arası genetik farklılıklar da uçucu bileşen çeşitliliğine katkıda bulunmaktadır. Aynı türe ait popülasyonlar, farklı coğrafi bölgelerde genetik olarak ayrışabilir ve bu durum uçucu bileşenlerin kompozisyonunda belirgin farklılıklara yol açabilmektedir (Rios, 2016). Literatürde, *H. avicularifolium*, *S. cretica* subsp. *anatolica* ve *P. nissolii* gibi bitki türlerinin farklı coğrafi alanlardaki popülasyonları arasında önemli kimyasal farklılıkların tespit edilmesi bu durumu desteklemektedir. Ayrıca kullanılan metodolojik farklılıklar da bileşenlerin çeşitliliğine neden olabilmektedir (Morshedloo et al., 2015). Bunun yanı sıra bitkilerin toprak üstü kısımlarının analizlerinin yapılması, çiçek ve yaprak gibi bölümlerinin ayrılması da bileşenlerdeki farklılıkları açıklayan önemli bir etkidir (Chrysargyris et al., 2023). Çalışmamızda bu ayrımın yapılması, türlerin kimyasal profillerini daha iyi anlamak açısından önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Sonuç olarak, çevresel ve genetik faktörlerin yanı sıra, coğrafi konum, analiz yöntemleri ve bitkinin hangi kısmının incelendiği gibi unsurların, uçucu bileşenlerdeki farklılıkların başlıca nedenleri arasında olduğu söylenebilmektedir. Bu faktörler, bitkilerin kimyasal yapılarındaki değişimleri belirleyerek, biyolojik aktiviteleri ve potansiyel kullanım alanları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ayrıca elde edilen sonuçların, özellikle uçucu bileşenlerin bilimsel sonuçlardan ekonomik çıktılara dönüştürülmesi için bir yol haritası sunacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmada kullanılan bitki örneklerinin teşhisini yapan Dr. Münevver ARSLAN'a ve desteğinden ötürü Prof. Dr. Serkan GÜLSOY'a teşekkürlerini sunar.

Kaynaklar

- Acarer, A. 2024a. Role of Climate change on oriental spruce (*Picea orientalis* L.): Modeling and mapping. *BioResources*, 19(2), 3845-3856.
- Acarer, A. 2024b. Response of black pine (*Pinus nigra*) in southwestern Anatolia to climate change. *BioResources*, 19(4), 8594-8607.
- Adams, R. P. 2017. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 5 online ed. Gruver, TX USA: Texensis Publishing.
- Akçiçek, E. 2010. A new subspecies of *Stachys cretica* (section *Eriostomum*, Lamiaceae) from Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 34(2), 131-136.
- Akçiçek, E., Güner, Ö. 2022. A new subspecies of *Stachys cretica* (Lamiaceae) from western Turkey. *Phytotaxa*, 539(3), 257-264.
- Akın, B., Bingöl, N. A., Bulman, G. C. 2024. A first approach for the micropropagation of threatened endemic subspecies of *Stachys cretica* subsp. *kutahyensis*. *Biologia*, 1-9.
- Ayan, A. K., Çırak, C., Kevseroglu, K., Özen, T. 2004. Hypericin in some *Hypericum* species from Turkey. *Asian Journal Plant Sci*, 3, 200-202.
- Bahadori, M. B., Kirkan, B., Sarikurkcu, C. 2019a. Phenolic ingredients and therapeutic potential of *Stachys cretica* subsp. *smyrnaea* for the management of oxidative stress,

- Alzheimer's disease, hyperglycemia, and melasma. Industrial crops and products, 127, 82-87.
- Bahadori, M. B., Kirkan, B., Sarikurkcu, C., Ceylan, O. 2019b. Metabolite profiling and health benefits of *Stachys cretica* subsp. *mersinaea* as a medicinal food. Industrial Crops and Products, 131, 85-89.
- Baytop, T. 1999. Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi: Geçmişte ve Bugün. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Bucar, F., Ninov, S., Ionkova, I., Kartnig, T., Schubert-Zsilavec, M., Asenov, I., Konuklugil, B. 1998. Flavonoids from *Phlomis nissolii*. Phytochemistry, 48(3), 573-575.
- Carev, I., Sarikurkcu, C. 2021. LC-MS/MS profiles and in vitro biological activities of extracts of an endemic species from Turkey: *Stachys cretica* ssp. *anatolica*. Plants, 10(6), 1054.
- Chrysargyris, A., Tomou, E. M., Goula, K., Dimakopoulou, K., Tzortzakakis, N., Skaltsa, H. 2023. *Sideritis* L. essential oils: A systematic review. Phytochemistry, 209, 113607.
- Çarıkcı, S., Özer, Z., Dereli, S., Açar, D., Gören, A. C., Kılıç, T. 2018. Türkiye'ye Endemik Beş *Sideritis* Türünün Uçucu Yağ Bileşimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22, 301-305.
- Çırak, C., Sağlam, B., Ayan, A. K., Kevseroğlu, K. 2006. Morphogenetic and diurnal variation of hypericin in some *Hypericum* species from Turkey during the course of ontogenesis. Biochemical Systematics and Ecology, 34(1), 1-13.
- Çırak, C., Radušiene, J., Janulis, V., Ivanauskas, L., Arslan, B. 2007a. Chemical constituents of some *Hypericum* species growing in Turkey. Journal of Plant Biology, 50, 632-635.
- Çırak, C., Kevseroğlu, K., Ayan, A. K. 2007b. Breaking of seed dormancy in a Turkish endemic *Hypericum* species: *Hypericum aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum* by light and some pre-soaking treatments. Journal of Arid Environments, 68(1), 159-164.
- Çırak, C., Bertoli, A. 2013. Aromatic profiling of wild and rare species growing in Turkey: *Hypericum aviculariifolium* Jaub. and Spach subsp. *depilatum* (Freyn and Bornm.) Robson var. *depilatum* and *Hypericum pruinatum* Boiss. and Bal. Natural product research, 27(2), 100-107.
- Çırak, C., Radušiene, J., Camas, N., Caliskan, O., Odabas, M. S. 2013. Changes in the contents of main secondary metabolites in two Turkish *Hypericum* species during plant development. Pharmaceutical biology, 51(3), 391-399.
- Çırak, C., Radušiene, J., Jakstas, V., Ivanauskas, L., Seyis, F., Yayla, F. 2016. Secondary metabolites of seven *Hypericum* species growing in Turkey. Pharmaceutical biology, 54(10), 2244-2253.
- Çırak, C., Özcan, A., Yurteri, E., Kurt, D., Seyis, F. 2020. Chemical and morphological diversity among wild populations of *Hypericum aviculariifolium* Jaub. et Spach subsp. *depilatum* (Freyn et Bornm.) N. Robson var. *depilatum*. Acta Botanica Croatica, 79(1), 0-0.
- Davis, P.H. 1967. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburg University Press, Vol: 2, Edinburg, s. 400.
- Ergun, M., Ergun, N., Ozbay, N. 2016. Analysis of volatile constituents of *Sideritis pisidica* Boiss. & Heldr. Z Arznei Gewurzpla, 21, 68-72.
- Eruygur, N., Kirci, D., Ayaz, F., Dogu, S., Bagci, Y. 2022. Biological activities of three *Phlomis* species. J. Res. Pharm, 26, 255-262.
- Goren, A. C., Piozzi, F., Akcicek, E., Kılıç, T., Çarıkcı, S., Mozioglu, E., Setzer, W. N. 2011. Essential oil composition of twenty-two *Stachys* species (mountain tea) and their biological activities. Phytochemistry Letters, 4(4), 448-453.
- Gülsoy, S., Çıvğa, A. 2016. Diken ardıç (*Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*) kozalaklarının uçucu yağ özellikleri ve çevresel faktörlerle ilişkileri. Turkish Journal of Forestry, 17(2), 142-152.
- Gülsoy, S., Negiz, M. G., Özdemir, S., Yalçınkaya, B. Uslan, M. D. 2022a. Impacts of Climate Change on Living Organisms. A. Beram & M. D. Uslan (Eds.), Forest and Agricultural Studies from Different Perspectives (p. 73-112). Lithuania: SRA Academic Publishing.
- Gülsoy, S. Özkan, K., Özkan, G. 2022b. Effect of environmental factors on the fruit essential oils of *Pistacia terebinthus* L. growing wild in Turkey. Cerne, 28, e102994.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. and Babaç, M. T. (edlr.), 2012. Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.
- Güner, Ö. 2022. *Stachys istanbulensis* (Lamiaceae) a new species from Turkey: evidence from morphological, micromorphological and molecular analysis. Turkish Journal of Botany, 46(6), 624-635.
- Kırmızıbekmez, H., Montoro, P., Piacente, S., Pizza, C., Dönmez, A., Çalış, İ. 2005. Identification by HPLC-PAD-MS and quantification by HPLC-PAD of phenylethanoid glycosides of five *Phlomis* species. Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques, 16(1), 1-6.
- Kirimer, N., Başer, K. H. C., Tümen, G. 1995. Carvacrol-rich plants in Turkey. Chemistry of Natural Compound, 31(1), 37-41.
- Kirimer, N., Başer, K. H. C., Kürkcüoğlu, M. 2006. Composition of the Essential Oil of *Phlomis nissolii* L. Journal of Essential Oil Research, 18(6), 600-601.
- Kirkan, B. 2019. Antioxidant potential, enzyme inhibition activity, and phenolic profile of extracts from *Stachys cretica* subsp. *vacillans*. Industrial crops and products, 140, 111639.
- Küçük, S., Kürkcüoğlu, M., Köse, Y., Başer, K. 2015. Chemical characterisation of the essential oil of *Hypericum aviculariifolium* Jaub. & Spach subsp. *depilatum* (Freyn & Bornm.) Robson var. *bourgaei* (Boiss.) Robson from Turkey. Natural Volatiles and Essential Oils, 2(2), 52-56.
- Leblebici, S., Kaygusuz, Ö., Korkmaz, T., Darcan, C. 2016. The antimicrobial activities of the leaves of some endemic *Stachys* species spreading in West Anatolia, Turkey. Mitteilungen Klosterneuburg, 66(6), 18-28.
- Maltas, E., Uysal, A., Yildiztugay, E., Aladag, M. O., Yildiz, S., Kucukoduk, M. 2013. Investigation of antioxidant and antibacterial activities of some *Hypericum* species. Fresenius Environ Bull, 22(3), 862-869.
- Mennini, T., Gobbi, M. 2004. The antidepressant mechanism of *Hypericum perforatum*. Life Sciences, 75(9), 1021-1027.
- Mills, G. A., Walker, V. 2000. Headspace solid-phase microextraction procedures for gas chromatographic analysis of biological fluids and materials. Journal of Chromatography A, 902(1), 267-287.
- Morshedloo, M. R., Ebadi, A., Maggi, F., Fattahi, R., Yazdani, D., Jafari, M. 2015. Chemical characterization of the

- essential oil compositions from Iranian populations of *Hypericum perforatum* L. *Industrial Crops and Products*, 76, 565-573.
- Özdemir, S., Gülsoy, S., Mert, A. 2020. Predicting the effect of climate change on the potential distribution of Crimean Juniper. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 20(2), 133-142.
- Özen, T., Ayan, A. K., Çırak, C., Kevseroglu, K. 2005. Total Phenol Content of Some *Hypericum* Species Growing in Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 41(2), 232-233.
- Öztürk, M., Duru, M. E., Aydoğmuş Öztürk, F., Harmandar, M., Mahlıçlı, M., Kolak, U., Ulubelen, A. 2009. GC-MS analysis and antimicrobial activity of essential oil of *Stachys cretica* subsp. *smyrnaea*. *Natural Product Communications*, 4(1), 1934578X0900400124.
- Rios, J. L. 2016. Chapter 1- Essential Oils: What They Are and How the Terms Are Used and Defined. In V. R. Preedy (Ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 3-10). Academic Press.
- Saddıqe, Z., Naeem, I., Maimoona, A. 2010. A review of the antibacterial activity of *Hypericum perforatum* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 131(3), 511-521.
- Sarikurkcu, C., Uren, M. C., Tepe, B., Cengiz, M., Kocak, M. S. 2014. Phenolic content, enzyme inhibitory and antioxidative activity potentials of *Phlomis nissolii* and *P. pungens* var. *pungens*. *Industrial Crops and Products*, 62, 333-340.
- Sarikurkcu, C., Uren, M. C., Kocak, M. S., Cengiz, M., Tepe, B. 2016. Chemical composition, antioxidant, and enzyme inhibitory activities of the essential oils of three *Phlomis* species as well as their fatty acid compositions. *Food Science and Biotechnology*, 25, 687-693.
- Satıl, F., Açar, M. 2020. Ethnobotanical use of *Stachys* L. (Lamiaceae) taxa in Turkey. *International Journal of Nature and Life Sciences*, 4(2), 66-86.
- Simin, T., Davie-Martin, C. L., Petersen, J., Hoye, T. T., Rinnan, R. 2022. Impacts of elevation on plant traits and volatile organic compound emissions in deciduous tundra shrubs. *Science of the Total Environment*, 837, 155783.
- Skaltsa, H. D., Demetzos, C., Lazari, D., Sokovic, M. 2003. Essential oil analysis and antimicrobial activity of eight *Stachys* species from Greece. *Phytochemistry*, 64(3), 743-752.
- Şerbetçi, T., Demirci, B., Güzel, Ç. B., Kültür, Ş., Ergüven, M., Başer, K. H. C. 2010. Essential oil composition, antimicrobial and cytotoxic activities of two endemic *Stachys cretica* subspecies (Lamiaceae) from Turkey. *Natural Product Communications*, 5(9), 1934578X1000500907.
- Thuiller, W., Albert, C., Araújo, M. B., Berry, P. M., Cabeza, M., Guisan, A., Hickler, T., Midgley, G. F., Paterson, J., Schurr, F. M., Sykes, M. T., Zimmermann, N. E. 2008. Predicting global change impacts on plant species' distributions: future challenges. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics*, 9(3-4), 137-152.
- Toplan, G. G., Taşkın, T., Kara, E. M., Genç, G. E. 2021. Antioxidant and antimicrobial activities of various extracts from *Stachys cretica* subsp. *bulgarica* Rech. f., *Stachys byzantina* K. Koch and *Stachys thirkei* K. Koch. *Istanbul Journal of Pharmacy*, 51(3), 341-347.
- Vecerova, K., Klem, K., Veselá, B., Holub, P., Grace, J., Urban, O. 2021. Combined effect of altitude, season and light on the accumulation of extractable terpenes in Norway spruce needles. *Forests*, 12(12), 1737.
- Yüce, E., Bağcı, E. 2012. The essential oils of the aerial parts of two *Hypericum* taxa (*Hypericum triquetrifolium* and *Hypericum aviculariifolium* subsp. *depilatum* var. *depilatum* (Clusiaceae)) from Turkey. *Natural product research*, 26(21), 1985-1990.
- Zhang, Z., Pawliszyn, J. 1993. Headspace solid-phase microextraction. *Analytical chemistry*, 65(14), 1843-1852.
- Akay, A. E., 2006. Minimizing total costs of forest roads with computer-aided design model. *Sadhana- Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 31(5), 621-633.

Ekler

Ek 1. *Hypericum aviculariifolium* Jaub. & Spach çiçek ve yapraklarının uçucu bileşen analiz sonuçları (Ort (%)±Std sapma)

Rt	Bileşen	Çiçek Alt Rakım	Çiçek Üst Rakım	Yaprak Alt Rakım	Yaprak Üst Rakım	
1	26,820	trans-Caryophyllene	27,85±1,076	1,33±0,018	0,29±0,026	-
2	15,207	Hendecane	20,18±0,094	2,39±0,159	8,60±0,852	7,92±0,250
3	29,246	alpha- Selinene	7,00±0,031	16,23±0,312	2,15±0,552	7,09±0,112
4	22,682	Carvacrol	6,61±0,194	0,63±0,037	17,73±0,230	4,21±0,062
5	25,740	beta- Elemene	5,47±0,263	1,39±0,125	8,18±0,796	19,47±0,264
6	29,018	beta- Selinene	3,91±0,044	9,26±0,216	1,18±0,247	3,82±0,015
7	22,391	Thymol	3,14±0,118	0,18±0,016	9,14±0,030	1,53±0,067
8	25,263	alpha- Copaene	2,81±0,194	0,77±0,113	4,58±0,279	10,49±0,422
9	2,676	Pentanal	2,22±0,124	0,05±0,002	2,52±0,825	0,43±0,008
10	35,445	Heptadecane	1,50±0,156	0,41±0,004	-	-
11	8,461	alpha- Thujene	1,49±0,152	-	-	-
12	28,776	Germacrene D	1,38±0,178	0,35±0,031	3,51±0,352	8,30±0,047
13	2,520	1-Penten-3-ol	1,28±0,107	-	1,28±0,308	0,32±0,014
14	12,361	Limonene	1,26±0,180	9,54±0,104	-	1,54±0,164
15	1,495	Dimethyl sulfide	1,24±0,029	0,39±0,026	0,44±0,086	0,22±0,001
16	29,406	Pentadecane	1,24±0,040	0,29±0,015	0,15±0,027	-
17	26,139	Tetradecane	1,17±0,028	0,19±0,004	-	-
18	10,720	6-Methyl-5-hepten-2-one	1,02±0,052	1,01±0,032	2,13±0,398	0,96±0,131
19	29,961	delta- Cadinene	0,97±0,076	0,52±0,028	2,01±0,426	4,88±0,049
20	1,791	2-Butanone	0,63±0,121	-	-	-
21	27,707	(+) Alloaromadendrene	0,59±0,015	-	0,24±0,101	-
22	12,174	p-Cymene	0,55±0,001	2,68±0,051	2,78±1,055	0,79±0,069
23	15,360	Nonanal	0,54±0,029	-	1,13±0,058	0,93±0,018
24	2,308	2-Methylbutanal	0,53±0,019	-	0,40±0,104	-
25	28,576	gamma- Muurolene	0,53±0,008	1,83±0,044	0,74±0,079	2,10±0,014
26	27,910	alpha- Humulene	0,49±0,001	-	-	-
27	1,432	2-Propanone & Acetone	0,48±0,011	0,21±0,011	0,65±0,273	0,23±0,010
28	24,274	alpha- Cubebene	0,48±0,039	0,05±0,001	0,88±0,065	1,57±0,034
29	1,803	Acetic acid	0,47±0,015	0,27±0,017	1,91±0,275	0,83±0,055
30	28,485	gamma- Gurjunene	0,46±0,014	-	-	-
31	29,789	gamma- Cadinene	0,44±0,044	0,10±0,011	0,82±0,136	2,04±0,032
32	34,242	(5E,7Z)-5,7-Dodecadienyl acetate	0,34±0,025	0,14±0,026	-	-
33	2,266	Benzene	0,32±0,054	-	-	-
34	27,009	10,10-Dimethyl-2,6-dimethylenebicyclo[7.2.0]undecane	0,31±0,035	-	-	-
35	27,369	Aromadendrene	0,31±0,044	0,11±0,008	0,51±0,182	1,49±0,053
36	32,508	Hexadecane	0,31±0,067	0,06±0,003	0,15±0,001	-
37	13,803	2-Methyldecane	0,25±0,003	-	-	-
38	10,330	beta- Pinene	0,23±0,018	8,82±0,465	-	-
39	29,625	beta- Bisabolene	-	-	0,40±0,053	3,26±1,100
40	29,113	Viridiflorene	-	-	0,67±0,151	2,03±0,039
41	8,703	alpha- Pinene	-	27,50±0,681	0,22±0,143	1,36±0,254
42	4,580	Hexanal	-	0,15±0,010	4,58±1,393	1,11±0,014
43	6,064	(E)-2-Hexenal	-	-	6,64±0,063	1,07±0,030
44	26,342	alpha- Gurjunene	-	-	0,19±0,002	0,79±0,024
45	28,069	Alloaromadendrene	-	-	0,23±0,079	0,75±0,026
46	28,433	Cadina-1(6),4-diene <10betaH->	-	-	-	0,72±0,007
47	30,525	alpha.-Muurolene(-)	-	-	0,29±0,117	0,68±0,011

Ek 1. *Hypericum aviculariifolium* Jaub. & Spach çiçek ve yapraklarının uçucu bileşen analiz sonuçları (Ort (%)±Std sapma) (Devamı)

Rt	Bileşen	Çiçek Alt Rakım	Çiçek Üst Rakım	Yaprak Alt Rakım	Yaprak Üst Rakım
48	30,055	1S,cis-Calamene	-	0,56±0,019	0,66±0,013
49	29,325	alpha- Muurolene	-	0,24±0,061	0,64±0,012
50	11,511	(Z)-3-Hexenyl acetate	-	-	0,63±0,076
51	27,609	Isoledene	-	-	0,57±0,019
52	31,785	Spathulenol	-	0,68±0,092	0,55±0,035
53	24,993	Cyclosativene	-	-	0,54±0,033
54	30,380	Cadina-1,4-diene	-	0,33±0,016	0,51±0,043
55	27,084	beta- Cubebene	-	0,21±0,016	0,49±0,034
56	28,138	(+)-Epi-bicyclosiquiphellandrene	-	0,23±0,044	0,49±0,002
57	30,189	Dihydroactinidiolide	-	2,39±0,021	0,48±0,052
58	30,663	alpha- Calacorene	-	-	0,38±0,021
59	20,920	Piperitone	-	-	0,31±0,040
60	27,225	Selina-3,7(11)-diene	-	-	0,25±0,003
61	11,875	alpha- Terpinene	-	1,55±0,066	0,21±0,002
62	23,751	Bicycloelemene	-	-	0,19±0,001
63	16,899	Camphor	-	-	0,15±0,015
64	14,009	3,5-Octadien-2-one	-	0,88±0,046	-
65	2,195	2-Butenal	-	0,87±0,106	-
66	11,739	(E,Z)-2,4-Heptadienal	-	0,04±0,002	0,81±0,118
67	20,785	Thymoquinone	-	0,66±0,053	-
68	11,182	(E,E)-2,4-Heptadienal	-	0,57±0,090	-
69	9,775	Benzaldehyde	-	0,51±0,062	-
70	7,570	Hept-4(Z)-enal	-	0,41±0,055	-
71	19,663	beta- Cyclocitral	-	0,40±0,082	-
72	3,624	(E)-2-Pentenal	-	0,40±0,064	-
73	10,877	beta- Myrcene	-	0,34±0,064	-
74	13,509	Isophorone	-	0,33±0,186	-
75	7,649	Heptanal	-	0,33±0,085	-
76	19,241	Decanal	-	0,30±0,082	-
77	10,961	1,3,5-Trimethylbenzene	-	0,28±0,044	-
78	10,570	1-Octen-3-ol	-	0,25±0,011	-
79	13,276	2,3,6-Trimethyl-1,5-heptadiene	-	0,22±0,007	-
80	12,924	Benzeneacetaldehyde (CAS) Hyacinthin	-	0,21±0,015	-
81	9,660	Hept-2(E)-enal	-	0,20±0,048	-
82	1,618	2-Methylpropenal	-	0,07±0,043	-
83	9,284	Camphene	-	2,33±0,117	-
84	26,573	Bornyl isobutyrate	-	1,19±0,005	-
85	24,486	Fenchyl acetate	-	1,10±0,010	-
86	12,470	Eucalyptol (1,8-Cineole)	-	0,95±0,009	-
87	14,562	alpha- Terpinolen	-	0,86±0,009	-
88	18,794	alpha- Terpineol	-	0,79±0,024	-
89	28,408	Bicyclogermacrene	-	0,68±0,017	-
90	14,745	Dimethylstyrene <alpha-para->	-	0,68±0,000	-
91	13,501	gamma- Terpinene	-	0,63±0,026	-
92	9,231	Fenchene	-	0,62±0,029	-
93	18,224	4-Terpineol	-	0,42±0,017	-
94	37,862	Tetradecyl butyrate	-	0,35±0,013	-
95	25,845	Phenethyl isobutyrate	-	0,20±0,004	-
96	11,449	Phellandrene <alpha->	-	0,15±0,004	-
97	40,900	Nonadecane	-	0,15±0,003	-

Ek 1. *Hypericum aviculariifolium* Jaub. & Spach çiçek ve yapraklarının uçucu bileşen analiz sonuçları (Ort (%)±Std sapma) (Devamı)

Rt	Bileşen	Çiçek Alt Rakım	Çiçek Üst Rakım	Yaprak Alt Rakım	Yaprak Üst Rakım
98	17,215	Camphene hydrate	-	0,14±0,004	-
99	22,489	Benzyl isobutyrate	-	0,12±0,000	-
100	17,657	Borneol	-	0,11±0,001	-
101	27,611	Patchoulene <beta->	-	0,07±0,002	-
Toplam		100,00±0,000	100,00±0,000	100,00±0,000	100,00±0,000
Kimyasal Grup (%)					
Seskitерpenler		52,68	32,69	31,51	75,25
Alkanlar		24,96	3,49	8,9	7,92
Monoterpenler		13,28	57,91	31,28	9,95
Aldehitler		3,92	0,24	19,94	3,54
Ketonlar		1,5	1,22	3,99	1,34
Alkoller		1,28	-	1,53	0,32
Sülfür		1,24	0,39	0,44	0,22
Asitler		0,47	0,27	1,91	0,83
Esterler		0,34	3,1	-	0,63
Diğerleri		0,32	0,68	0,28	-
Alkenler		-	-	0,22	-
Toplam		100	100	100	100

Ek 2. *Stachys cretica* subsp. *anatolica* çiçek ve yapraklarının uçucu bileşen analiz sonuçları (Ort (%)±Std sapma)

Rt	Bileşen	Çiçek Alt Rakım	Çiçek Üst Rakım	Yaprak Alt Rakım	Yaprak Üst Rakım	
1	9,775	Benzaldehide	64,05±0,411	50,65±0,606	59,22±0,004	37,69±0,419
2	8,703	alpha- Pinene	5,53±0,016	5,38±0,003	5,33±0,004	2,43±0,047
3	10,330	beta- Pinene	4,33±0,075	4,55±0,047	2,65±0,045	2,39±0,019
4	22,802	Hydroxy-.alpha.-terpenyl acetate	2,14±0,055	2,48±0,091	-	-
5	28,776	Germacrene D	2,06±0,059	4,61±0,016	1,76±0,024	11,88±0,067
6	21,064	trans-Chrysanthenyl acetate	1,61±0,101	3,31±0,139	-	0,30±0,010
7	25,666	Sesquithujene <7-epi->	1,59±0,005	3,00±0,055	-	0,66±0,046
8	12,361	Limonene	1,15±0,020	1,51±0,038	1,39±0,026	0,83±0,014
9	27,184	Isovalerate <octyl->	1,14±0,011	-	-	-
10	42,164	ar-Curcumene	1,11±0,093	0,77±0,029	-	-
11	18,752	Myrtenal	1,03±0,036	0,39±0,014	0,60±0,009	1,27±0,042
12	25,263	alpha- Copaene	1,00±0,060	0,97±0,119	1,20±0,072	3,42±0,107
13	25,529	beta- Bourbonene	0,92±0,037	0,65±0,009	0,55±0,005	1,89±0,054
14	1,803	Acetic acid	0,91±0,016	2,44±0,054	4,45±0,064	3,30±0,094
15	19,214	Verbenone	0,90±0,020	0,27±0,009	0,60±0,009	1,02±0,027
16	27,426	beta- Sesquiphellandrene	0,85±0,023	3,18±0,010	-	-
17	16,143	alpha- Campholenal	0,67±0,039	0,24±0,031	0,66±0,023	0,43±0,001
18	22,682	Carvacrol	0,66±0,060	0,43±0,036	2,22±0,095	0,61±0,013
19	15,454	1-Sec-butyl-4-methylbenzene	0,65±0,007	-	-	-
20	12,174	p-Cymene	0,64±0,001	0,59±0,018	1,32±0,033	0,93±0,011
21	9,441	Verbenene	0,53±0,012	0,37±0,001	0,50±0,009	0,55±0,003
22	17,490	Pinocarvone	0,49±0,032	0,16±0,022	0,49±0,034	0,75±0,007
23	4,580	Hexanal	0,49±0,020	0,17±0,003	1,80±0,012	0,41±0,006

Ek 2. *Stachys cretica* subsp. *anatolica* çiçek ve yapraklarının uçucu bileşen analiz sonuçları (Ort (%) \pm Std sapma) (Devamı)

Rt	Bileşen	Çiçek Alt Rakım	Çiçek Üst Rakım	Yaprak Alt Rakım	Yaprak Üst Rakım	
24	27,875	trans-beta- Farnesene	0,46 \pm 0,021	1,88 \pm 0,237	-	2,09 \pm 0,092
25	18,398	p-Acetyltoluene	0,42 \pm 0,015	-	-	-
26	16,684	Pinocarveol	0,38 \pm 0,031	-	-	-
27	10,720	6-Methyl-5-hepten-2-one	0,36 \pm 0,010	-	0,73 \pm 0,005	-
28	10,570	1-Octen-3-ol	0,34 \pm 0,002	0,47 \pm 0,005	-	-
29	29,679	alpha- Cedrene	0,34 \pm 0,002	-	-	-
30	29,961	delta- Cadinene	0,31 \pm 0,004	1,00 \pm 0,080	0,48 \pm 0,015	4,36 \pm 0,090
31	28,576	gamma- Muurolene	0,30 \pm 0,024	0,65 \pm 0,019	0,56 \pm 0,024	2,54 \pm 0,064
32	15,290	Butyrate < 2-methyl-, 3-methylbutyl->	0,30 \pm 0,007	-	-	-
33	15,360	Nonanal	0,28 \pm 0,001	0,26 \pm 0,006	0,62 \pm 0,022	0,31 \pm 0,026
34	6,064	(E)-2-Hexenal	0,27 \pm 0,009	-	4,97 \pm 0,126	0,80 \pm 0,027
35	29,789	gamma- Cadinene	0,25 \pm 0,035	0,62 \pm 0,009	0,27 \pm 0,119	2,06 \pm 0,121
36	24,274	alpha- Cubebene	0,20 \pm 0,014	0,41 \pm 0,011	-	1,43 \pm 0,121
37	20,310	Hexyl 2-methylbutyrate	0,20 \pm 0,010	-	-	-
38	1,432	2-Propanone & Acetone	0,18 \pm 0,003	0,13 \pm 0,001	0,59 \pm 0,015	0,30 \pm 0,009
39	2,676	Pentanal	0,17 \pm 0,009	0,29 \pm 0,017	1,14 \pm 0,002	0,56 \pm 0,017
40	29,625	beta- Bisabolene	0,16 \pm 0,012	5,20 \pm 0,094	-	-
41	11,449	Phellandrene <alpha->	0,15 \pm 0,008	-	-	-
42	2,266	Benzene	0,13 \pm 0,006	0,27 \pm 0,005	0,87 \pm 0,028	0,74 \pm 0,022
43	25,740	beta- Elemene	0,11 \pm 0,015	-	-	0,98 \pm 0,011
44	15,955	3-Octyl acetate	0,08 \pm 0,023	0,13 \pm 0,022	-	-
45	9,143	Allylbenzene	0,06 \pm 0,001	-	-	-
46	8,461	alpha- Thujene	0,04 \pm 0,006	-	-	-
47	7,649	Heptanal	0,04 \pm 0,004	-	-	-
48	28,664	beta- Himachalene	-	0,91 \pm 0,022	0,37 \pm 0,049	-
49	27,176	Bergamotene <alpha-trans->	-	0,67 \pm 0,021	-	-
50	10,696	3-Octanone	-	0,48 \pm 0,017	-	0,64 \pm 0,024
51	16,562	Norinone	-	0,22 \pm 0,004	-	-
52	18,309	Naphthalene	-	0,16 \pm 0,004	-	-
53	7,570	Hept-4(Z)-enal	-	0,11 \pm 0,003	-	-
54	31,938	Caryophyllene oxide	-	-	2,05 \pm 0,103	-
55	30,189	Dihydroactinidiolide	-	-	1,12 \pm 0,184	1,09 \pm 0,033
56	22,391	Thymol	-	-	0,62 \pm 0,069	-
57	2,220	3-Methylbutanal	-	-	0,39 \pm 0,017	0,14 \pm 0,013
58	2,520	1-Penten-3-ol	-	-	0,34 \pm 0,021	-
59	2,308	2-Methylbutanal	-	-	0,16 \pm 0,004	-
60	29,018	beta- Selinene	-	-	-	1,50 \pm 0,066
61	28,138	(+)-Epi-bicyclosesquiphellandrene	-	-	-	0,91 \pm 0,017
62	29,325	alpha- Muurolene	-	-	-	0,81 \pm 0,041
63	30,525	alpha.-Muurolene(-)	-	-	-	0,80 \pm 0,022
64	30,055	1S,cis-Calamene	-	-	-	0,77 \pm 0,005
65	29,113	Viridiflorene	-	-	-	0,72 \pm 0,056
66	27,084	beta- Cubebene	-	-	-	0,70 \pm 0,010

Ek 2. *Stachys cretica* subsp. *anatolica* çiçek ve yapraklarının uçucu bileşen analiz sonuçları (Ort (%)±Std sapma) (Devamı)

Rt	Bileşen	Çiçek Alt Rakım	Çiçek Üst Rakım	Yaprak Alt Rakım	Yaprak Üst Rakım
67	39,299	Phytone	-	-	0,59±0,010
68	30,380	Cadina-1,4-diene	-	-	0,53±0,005
69	30,663	alpha- Calacorene	-	-	0,48±0,001
70	20,920	Piperitone	-	-	0,47±0,004
71	9,500	2-Methyl-6-heptanone	-	-	0,45±0,009
72	27,707	(+) Alloaromadendrene	-	-	0,40±0,007
73	25,895	Dihydroionone <beta->	-	-	0,35±0,014
74	25,011	alpha- Ylangene	-	-	0,34±0,006
75	28,069	Alloaromadendrene	-	-	0,32±0,004
76	27,597	delta- Guaiene	-	-	0,31±0,004
77	15,182	Linalool	-	-	0,28±0,008
78	28,433	Cadina-1(6),4-diene <10betaH->	-	-	0,25±0,010
79	17,239	d-Menthone	-	-	0,23±0,005
Toplam		100,00±0,000	100,00±0,000	100,00±0,000	100,00±0,000
Kimyasal Grup (%)					
Aldehitler		67,29	52,11	69,56	41,61
Monoterpenler		14,82	13,26	15,12	10,26
Seskiterpenler		9,66	24,53	8,36	41,59
Esterler		5,17	5,92	-	0,3
Diğerleri		1,26	0,43	0,87	0,74
Asitler		0,91	2,44	4,45	3,3
Ketonlar		0,55	0,83	1,32	2,21
Alkoller		0,34	0,47	0,34	-
Toplam		100	100	100	100

Ek 3. *Phlomis nissolii* L. çiçek ve yapraklarının uçucu bileşen analiz sonuçları (Ort (%)±Std sapma)

Rt	Bileşen	Çiçek Alt Rakım	Çiçek Üst Rakım	Yaprak Alt Rakım	Yaprak Üst Rakım	
1	26,820	trans-Caryophyllene	34,29±0,055	27,17±0,543	25,59±0,364	19,43±0,187
2	28,776	Germacrene D	18,87±0,520	16,79±0,822	19,82±0,336	20,09±0,049
3	27,875	trans-beta- Farnesene	9,69±0,120	4,14±0,058	7,30±0,018	3,29±0,015
4	31,938	Caryophyllene oxide	7,39±0,021	2,64±0,107	-	-
5	29,246	alpha- Selinene	3,61±0,155	-	-	3,39±0,061
6	29,018	beta- Selinene	2,78±0,093	3,19±0,001	0,74±0,001	0,57±0,002
7	29,961	delta- Cadinene	2,63±0,078	3,03±0,149	5,21±0,106	5,45±0,103
8	12,361	Limonene	2,62±0,167	4,17±0,199	6,10±0,213	3,80±0,016
9	8,703	alpha- Pinene	1,81±0,001	3,50±0,115	2,47±0,077	1,09±0,023
10	25,263	alpha- Copaene	1,73±0,013	2,23±0,020	2,54±0,039	2,60±0,011
11	28,576	gamma- Muurolene	1,39±0,011	2,12±0,021	3,20±0,076	3,39±0,063
12	29,789	gamma- Cadinene	1,34±0,006	1,93±0,018	3,14±0,064	3,06±0,049
13	29,113	Viridiflorene	1,01±0,063	-	2,37±0,081	2,71±0,027
14	31,001	(-)-Caryophyllene oxide	0,99±0,019	0,37±0,005	0,73±0,012	-
15	25,740	beta- Elemene	0,80±0,035	0,74±0,008	1,10±0,044	0,84±0,002
16	28,138	(+)-Epi-bicyclosesquiphellandrene	0,62±0,055	0,66±0,087	1,15±0,012	1,03±0,033
17	12,174	p-Cymene	0,53±0,030	0,88±0,039	0,86±0,037	0,98±0,016
18	29,325	alpha- Muurolene	0,53±0,012	0,77±0,022	1,50±0,006	1,44±0,031

Ek 3. *Phlomis nissolii* L. çiçek ve yapraklarının uçucu bileşen analiz sonuçları (Ort (%) \pm Std sapma) (Devamı)

Rt	Bileşen	Çiçek Alt Rakım	Çiçek Üst Rakım	Yaprak Alt Rakım	Yaprak Üst Rakım	
19	24,274	alpha- Cubebene	0,52 \pm 0,016	0,73 \pm 0,047	1,11 \pm 0,011	1,20 \pm 0,001
20	30,525	alpha-Muuroleone(-)	0,46 \pm 0,001	0,75 \pm 0,005	1,25 \pm 0,015	1,15 \pm 0,029
21	27,084	beta- Cubebene	0,44 \pm 0,005	0,54 \pm 0,023	0,86 \pm 0,035	0,69 \pm 0,005
22	19,214	Verbenone	0,39 \pm 0,003	0,23 \pm 0,013	-	-
23	27,611	Patchoulene <beta->	0,36 \pm 0,035	-	-	-
24	9,775	Benzaldehyde	0,31 \pm 0,017	1,21 \pm 0,036	-	1,52 \pm 0,010
25	20,588	Carvone	0,31 \pm 0,023	0,21 \pm 0,008	-	-
26	27,707	(+) Alloaromadendrene	0,30 \pm 0,007	2,96 \pm 0,023	-	1,50 \pm 0,001
27	9,441	Verbenene	0,29 \pm 0,008	0,18 \pm 0,006	0,19 \pm 0,012	-
28	30,380	Cadina-1,4-diene	0,26 \pm 0,008	0,38 \pm 0,020	0,61 \pm 0,050	0,64 \pm 0,022
29	27,369	Aromadendrene	0,25 \pm 0,008	0,67 \pm 0,004	0,70 \pm 0,024	0,90 \pm -
30	31,785	Spathulenol	0,21 \pm 0,008	0,24 \pm 0,018	-	-
31	14,562	alpha- Terpinolen	0,20 \pm 0,006	0,20 \pm 0,008	0,37 \pm 0,011	0,27 \pm 0,001
32	28,069	beta- Guaiene	0,19 \pm -	0,38 \pm 0,010	0,71 \pm 0,030	0,59 \pm 0,018
33	16,917	Verbenol	0,18 \pm 0,007	-	-	-
34	15,473	Z-thujenol	0,17 \pm 0,001	-	-	-
35	11,420	1,5,8-p-menthatriene	0,16 \pm 0,006	-	-	-
36	28,433	Cadina-1(6),4-diene <10betaH->	0,16 \pm 0,011	0,43 \pm 0,011	0,51 \pm 0,015	0,55 \pm 0,010
37	23,751	Bicycloelemene	0,15 \pm 0,035	0,35 \pm 0,002	0,23 \pm 0,008	0,25 \pm 0,001
38	25,529	beta- Bourbonene	0,14 \pm 0,003	0,14 \pm 0,027	1,42 \pm 0,007	1,06 \pm 0,014
39	27,225	Selina-3,7(11)-diene	0,14 \pm 0,003	0,37 \pm 0,009	0,27 \pm 0,016	0,37 \pm 0,024
40	30,663	alpha- Calacorene	0,14 \pm 0,009	0,19 \pm 0,014	0,37 \pm 0,016	0,43 \pm 0,023
41	25,011	alpha- Ylangene	0,13 \pm 0,031	0,34 \pm 0,021	0,34 \pm 0,003	0,38 \pm 0,004
42	10,877	beta- Myrcene	0,13 \pm 0,014	0,13 \pm 0,008	0,26 \pm 0,017	0,26 \pm 0,003
43	23,835	Isocaryophyllen V2	0,12 \pm 0,010	0,27 \pm 0,009	0,33 \pm 0,012	0,37 \pm 0,008
44	1,803	Acetic acid	0,12 \pm 0,010	0,23 \pm 0,019	0,27 \pm 0,018	0,91 \pm 0,011
45	16,143	alpha- Campholenal	0,11 \pm 0,009	0,17 \pm 0,010	0,13 \pm 0,006	-
46	39,299	Phytone	0,10 \pm 0,001	0,08 \pm 0,004	0,17 \pm 0,009	0,45 \pm 0,030
47	16,684	Pinocarveol	0,09 \pm 0,004	-	-	-
48	15,360	Nonanal	0,09 \pm -	0,27 \pm 0,017	0,30 \pm 0,009	0,44 \pm 0,008
49	14,745	Dimethylstyrene <alpha-para->	0,08 \pm 0,009	0,08 \pm 0,003	-	-
50	23,444	Tiglate <3(Z)-hexenyl->	0,08 \pm 0,009	-	-	-
51	4,580	Hexanal	0,07 \pm 0,002	0,25 \pm 0,017	0,26 \pm 0,014	0,65 \pm 0,035
52	2,676	Pentanal	0,07 \pm 0,007	0,08 \pm 0,007	0,25 \pm 0,010	0,42 \pm 0,011
53	17,490	Pinocarvone	0,07 \pm 0,002	0,05 \pm 0,004	-	-
54	23,552	Isocaryophyllen V1	0,07 \pm 0,006	0,08 \pm 0,001	0,15 \pm 0,010	0,14 \pm 0,004
55	18,510	Cymen-8-ol <para->	0,07 \pm 0,014	-	-	-
56	10,330	beta- Pinene	0,06 \pm 0,002	0,11 \pm 0,006	-	-
57	24,522	Alloisolongifolene	0,05 \pm 0,005	-	-	-
58	8,461	alpha- Thujene	0,04 \pm 0,001	0,08 \pm 0,007	0,11 \pm 0,006	-
59	23,169	1-Tridecene	0,04 \pm 0,003	0,05 \pm 0,002	-	-
60	1,618	2-Methylpropanal	0,02 \pm 0,001	0,04 \pm 0,004	-	0,09 \pm 0,011
61	6,064	(E)-2-Hexenal	-	0,34 \pm 0,019	-	5,43 \pm 0,089
62	27,852	Humulen-(v1)	-	5,09 \pm 0,056	-	2,26 \pm 0,006
63	27,910	alpha- Humulene	-	1,35 \pm 0,016	-	0,93 \pm 0,021
64	27,603	1-Caryophyllene	-	-	-	0,69 \pm 0,029
65	30,055	1S,cis-Calamene	-	0,24 \pm 0,001	0,63 \pm 0,154	0,55 \pm 0,013
66	12,924	Benzeneacetaldehyde (CAS) Hyacinthin	-	0,08 \pm -	-	0,53 \pm 0,029
67	10,720	6-Methyl-5-hepten-2-one	-	-	0,12 \pm 0,003	0,40 \pm 0,016
68	2,220	3-Methylbutanal	-	0,09 \pm 0,003	-	0,31 \pm 0,009
69	1,432	2-Propanone & Acetone	-	0,04 \pm 0,004	0,09 \pm 0,001	0,15 \pm 0,011

Ek 3. *Phlomis nissolii* L. çiçek ve yapraklarının uçucu bileşen analiz sonuçları (Ort (%) \pm Std sapma) (Devamı)

	Rt	Bileşen	Çiçek Alt Rakım	Çiçek Üst Rakım	Yaprak Alt Rakım	Yaprak Üst Rakım
70	2,308	2-Methylbutanal	-	0,06 \pm	-	0,14 \pm 0,007
71	2,520	1-Penten-3-ol	-	-	0,09 \pm 0,003	0,13 \pm 0,007
72	1,495	Dimethyl sulfide	-	0,11 \pm	-	0,11 \pm 0,007
73	29,260	Bicyclogermacrene	-	-	3,17 \pm 0,081	-
74	27,609	Isoledene	-	-	0,55 \pm 0,030	-
75	11,449	Phellandrene <alpha->	-	-	0,23 \pm 0,009	-
76	30,189	Dihydroactinidiolide	-	-	0,12 \pm 0,013	-
77	29,307	Germacrene B	-	5,33 \pm 0,053	-	-
78	10,570	1-Octen-3-ol	-	0,28 \pm 0,015	-	-
79	9,660	Hept-2(E)-enal	-	0,08 \pm 0,004	-	-
80	15,182	Linalool	-	0,07 \pm 0,001	-	-
81	2,195	2-Butenal	-	0,05 \pm 0,004	-	-
		Toplam	100,00 \pm 0,000	100,00 \pm 0,000	100,00 \pm 0,000	100,00 \pm 0,000
		Kimyasal Grup (%)				
		Seskitерpenler	91,78	86,6	87,73	81,93
		Monoterpenler	6,97	9,82	10,6	6,4
		Aldehitler	0,67	2,72	0,94	9,52
		Asitler	0,12	0,23	0,27	0,91
		Ketonlar	0,1	0,12	0,37	1
		Esterler	0,08	-	-	-
		Diğerleri	0,08	0,08	-	-
		Alkoller	0,07	0,28	0,09	0,13
		Alkenler	0,04	0,05	-	-
		Sülfür	-	0,11	-	0,11
		Toplam	100	100	100	100



Türkiye’de Orman Bölge Müdürlüklerinin orman yol yapımı ve bakımı maliyetlerinin k-medoid kümeleme yöntemi ile kümelmesi

Anıl Orhan Akay^{1*}

¹İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı, 34473, Bahçeköy/Sarıyer/İstanbul


MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 07/10/2024

Kabul Tarihi : 24/11/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1557108>

*Sorumlu Yazar:

 aoakay@iuc.edu.tr

ÖZ

Giriş ve Hedefler Orman yolları, odun üretimi, silvikültürel müdahaleler gibi aktivitelerin gerçekleştirilmesi için önemli altyapılardır. Bu bağlamda, bu aktivitelerin sürekli olarak yapılabilmesi için belirli dönemler halinde hem orman yollarının yapımı hem de inşaatı yapılan orman yollarının bakımı söz konusu olmaktadır. Söz konusu bu yol yapımı ve bakım aktiviteleri yüksek maliyet oluşturan aktivitelerdir. Bu bağlamda, farklı faktörler nedeniyle (topoğrafik

koşullar, iklimsel koşullar, odun üretimi vb.) orman yolu yapımı ve orman yol bakımı aktivitelerinin maliyetleri bölgesel olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de 2015-2023 yılları arasında 28 adet orman bölge müdürlüklerinde gerçekleştirilen ortalama orman yolu yapımı ve orman yolu bakımı maliyet değerlerini dikkate alarak, orman bölge müdürlüklerini kümelemektir.

Yöntem Çalışmada kümeleme analizi yöntemi olarak k-medoid kümeleme yöntemi kullanılmıştır.

Bulgular 2015-2023 yılları arası Türkiye geneli ortalama orman yolu yapım maliyetinin 5.223,13 \$/km olduğu, orman yolu bakım maliyetinin ise 73,96 \$/km olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlarına göre ise orman bölge müdürlüklerinin maliyetler açısından beş kümeye ayrılarak bölgesel olarak farklı dağılım gösterdiği, üç kümenin ortalamasının hem orman yolu yapım hem de orman yolu bakım değişkeni açısından Türkiye ortalaması üstünde olduğuna ulaşılmıştır. Bu kümelere bulunan orman bölge müdürlüklerinin ağırlıklı olarak Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Sonuçlar Çalışmada kullanılan yöntem, orman yolu yapım ve bakım maliyetleri açısından ilgili orman bölge müdürlüklerinin mekânsal olarak değerlendirilmesine imkân sağlamıştır. Bu bağlamda ulaşılan sonuçlar planlama aşamasında ilgili aktiviteler için oluşturulan bütçelerin mekânsal olarak doğru biçimde dağıtılmasına katkı sağlayacaktır. İlerleyen çalışmalarda, il, orman işletme müdürlüğü veya orman işletme şefliği ölçeğinde kümeleme analizleri yapıp bölgesel maliyet durumları daha kapsamlı ortaya koyulabilir.

Anahtar Kelimeler: Kümeleme analizi, odun üretimi, orman yolları, yol bakımı

Clustering of forest road construction and maintenance costs of Regional Forest Directorates in Türkiye using k-medoid clustering method

ABSTRACT

Background and aims Forest roads are important infrastructures for wood harvesting, silvicultural interventions etc. In this context, in order to carry out these activities continuously, both the forest roads construction and the maintenance of constructed forest roads are necessary in certain periods. These road construction and maintenance activities are high-cost activities. In this context, due to different factors (topographic conditions, climatic conditions, wood harvesting, etc.), the costs of forest road construction and forest road maintenance activities are may vary regionally. The aim of this study is to cluster the forest regional directorates by considering the average cost values of forest road construction and forest road maintenance activities carried out in 28 forest regional directorates in Türkiye between 2015 and 2023.

Methods In the study, the k-medoid clustering method was used as the clustering analysis method.

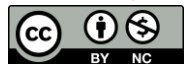
Results It was determined that the average forest road construction cost in Turkey between 2015-2023 was 5,223.13\$/km, and the forest road maintenance cost was 73.96 \$/km. According to the results, it was found that the regional forest directorates were divided into five clusters in terms of costs and showed a regionally different distribution, and the average of three clusters was above the Turkey average in terms of both forest road construction and forest road maintenance variables. It also has been determined that the forest regional directorates in these clusters were mainly located in the Black Sea and Mediterranean regions.

Conclusion The method used in the study has enabled the spatial evaluation of the relevant forest regional directorates in terms of forest road construction and maintenance costs. In this context, the results obtained will contribute to the correct spatial distribution of the budgets created for the relevant activities in the planning phase. In further studies, clustering analyses can be conducted at the provincial, forest enterprise directorate or forest enterprise chief scale and regional cost situations can be more comprehensively revealed.

Key Words: Clustering analysis, wood harvesting, forest roads, road maintenance

Bu makaleye atf:

Akay, A.O. 2024. Türkiye’de Orman Bölge Müdürlüklerinin orman yol yapımı ve bakımı maliyetlerinin k-medoid kümeleme yöntemi ile kümelmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 139-147.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Orman yolları, orman kaynaklarının kullanımı ve değerlendirilmesi için öncelikli altyapılardır (Rodrigues et al., 2024). Orman yol ağı planlaması, tasarımı, inşası ve bakımı, orman yollarının sürdürülebilir bir şekilde geliştirilmesi ve kullanılması için gerekli olan maliyetli aşamaları içermektedir (Picchio et al., 2018). Orman yollarının yapım ve bakım maliyetlerinde farklı faktörler etkili olabilmektedir. Bunlar arasında bölgesel olarak değişkenlik gösterebilen topoğrafik koşullar (eğim, zemin durumu vb.), iklimsel koşullar, birim orman alanındaki orman serveti, bölgede gerçekleştirilen odun üretimi miktarlarına bağlı olarak yoldaki araç kullanımı gibi faktörler sayılabilir (Stückelberger et al., 2006; Najafi and Richards, 2013; Krumov, 2019; Jaafari et al., 2021; Motlagh et al., 2024). Bu gibi faktörler orman yollarının yapım ve bakım maliyetini etkilemekle birlikte, buna bağlı olarak da bölgesel olarak orman yolu yapım ve bakımında maliyet farklılıkları oluşturabilmektedir. İlgili literatür incelendiğinde orman yolu maliyetleri ile ilgili farklı amaçlarla gerçekleştirilmiş farklı çalışmaların bulunduğu görülmektedir. Jaafari et al. (2021) orman yolu inşaat maliyetlerinin tahmini için, 3 km uzunluğunda bir orman yolu için, beş farklı makine öğrenmesi metodunu kullanmış ve elde edilen maliyet değerlerinin ihale süreçlerinde finansal kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasına imkân sağlayacağını belirtmiştir. Benzer bir çalışmada, Ghajar et al. (2013) engineer's metot kullanarak orman yolu inşaat maliyetlerinin tahminini gerçekleştirmiştir. Bruce et al. (2011) ise Microsoft Excel ortamında spreadsheet tabanlı uygulama kullanarak orman yolu maliyet tahmini yapmıştır. Bir başka çalışmada ise yaşam döngü maliyetlerine dayalı olarak iç karlılık oranı metodu ile orman yolu yapım, bakım ve tomruk sürütme maliyetlerinin tahmini yapılmıştır (Tampekis et al., 2018). Pazhouhan et al. (2017) ise 1 km uzunluğunda bir orman yolunda yol alt yüzey materyalinin kazı-dolgu maliyetlerine olan etkisini değerlendirmiştir. Abdi et al. (2009), coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli değerlendirme yöntemini kullanarak farklı orman yol güzergâhlarını maliyet ve teknik gereksinimler açısından karşılaştırmıştır. Belirtilen bu çalışmalarda, mekânsal olarak (il veya bölge tabanlı şekilde) orman yollarının yapım ve bakım maliyetlerine göre farklılık/benzerlik durumlarının ortaya konmadığı görülmektedir.

Bölgesel nitelikte, büyük ölçüde mekânsal olarak orman yol yapım ve bakım maliyetlerinin benzerlik/farklılık durumlarına göre sınıflandırılması hem bu faaliyetlerin planlanması hem de ilgili gerekli bütçelerin iyi olarak dağıtılması açısından önem taşımaktadır. Bu açıdan kümeleme analizi yöntemi farklı alanlardaki çalışmalarda da görüldüğü üzere bu konuda da kullanılabilir. Kümeleme analizi yaklaşımı, küme içi benzerlikleri en üst düzeye çıkarırken, kümeler arası benzerlikleri en az düzeye indirerek, elde edilen verileri birkaç kümeye ayırmayı amaçlamaktadır (Fan et al., 2018). Son yıllarda farklı alanlarda kümeleme analizi yöntemleri kullanılarak bölgesel/mekânsal nitelikte yapılan farklı çalışmaların olduğu görülmektedir. Bunlar arasında karayollarında trafik sınıflandırması (Shang et al., 2022), enerji tüketimi değerlendirmesi (Wang et al., 2020), yağış dağılımının değerlendirilmesi (Jin et al., 2021), afet durumunun mekânsal dağılımının değerlendirilmesi (Akgul et al., 2022), iş kazalarının

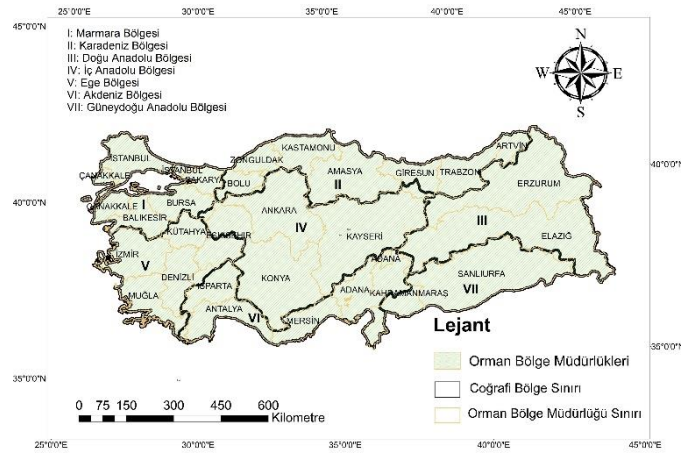
değerlendirilmesi (Akay et al., 2021) gibi çalışmalar olduğu görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, bölgesel ölçekte Türkiye'deki 28 adet orman bölge müdürlüğünü 2015-2023 yılları arası gerçekleştirilen orman yolu yapım ve bakım faaliyetlerini maliyet değerlerine göre kümelemek, diğer bir anlamda benzerlik/farklılık durumlarını belirlemektir. Çalışmada kümeleme yöntemi olarak K-medoid kümeleme yöntemi kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Araştırma alanının tanıtımı ve kullanılan veriler

Bu çalışmada Türkiye'de bulunan 28 adet orman bölge müdürlüğü sınırları (Şekil 1) içerisinde gerçekleştirilen 2015-2023 yılları arasındaki orman yol yapımı ve orman yol bakımı çalışmalarının maliyet değerleri kullanılmıştır. İlgili orman bölge müdürlüklerinin Türkiye'deki konumu coğrafi bölgelere göre Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Coğrafi bölgelere göre orman bölge müdürlüklerinin konumu

Ayrıca orman bölge müdürlükleri Şekil 1'den de görüleceği üzere farklı coğrafi bölgelerde yayılış gösterdiği için coğrafi bölgelerin ortalama olarak eğim (Elibüyük ve Yılmaz, 2010) ve yıllık alansal yağış değerleri (MGM, 2024) Çizelge 1'de verilmiştir. Öte yandan orman bölge müdürlüklerinde gerçekleştirilen dönemsel olarak ortalama odun üretimi miktarları ve ortalama birim alan başına düşen orman serveti miktarlarına ait değerler ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Coğrafi bölgelerin ortalama eğim ve yağış değerleri

Coğrafi bölgeler	Maksimum eğim (%) ve ortalama eğim (%) ^a	Yıllık ortalama alansal yağış (1991-2020) (mm) ^b
Karadeniz Bölgesi	302 - 26	697,00
Marmara Bölgesi	148 - 12,1	670,00
Ege Bölgesi	211 - 15,6	604,70
Akdeniz Bölgesi	388 - 20,9	665,10
İç Anadolu Bölgesi	235 - 9,6	402,20
Doğu Anadolu Bölgesi	292 - 21,4	537,30
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	200 - 8,8	533,90

^a (Elibüyük ve Yılmaz, 2010), ^b (MGM, 2024)

Çizelge 2. Orman bölge müdürlüklerinin ortalama odun üretimi değerleri ve orman alanı başına orman serveti değerleri (2015-2023) (OGM, 2024a, OGM, 2024b)

Orman Bölge Müdürlüğü	Endüstriyel odun üretimi (m ³)	Yakacak odun üretimi (ster)	Orman alanı başına orman serveti (m ³ /ha)
Adana	1.048.057,02	234.826,88	75,99
Amasya	1.165.666,73	436.941,44	57,27
Ankara	503.616,57	120.639,44	58,62
Antalya	1.320.227,63	390.347,20	87,31
Artvin	234.069,47	76.261,00	144,51
Balıkesir	1.008.352,01	259.094,66	95,56
Bolu	1.421.548,18	244.284,77	195,16
Bursa	1.145.483,72	342.138,88	84,02
Çanakkale	775.138,63	214.525,12	99,24
Denizli	638.162,71	123.139,77	53,14
Elazığ	12.961,18	44.125,11	14,52
Erzurum	153.972,56	64.057,88	50,79
Eskişehir	272.647,77	105.816,77	42,03
Giresun	722.933,49	100.030,55	132,47
Isparta	482.024,59	93.704,00	44,41
İstanbul	1.019.838,87	413.726,88	87,53
İzmir	1.073.003,87	148.169,33	45,27
Kahramanmaraş	413.754,16	112.253,77	44,25
Kastamonu	2.152.815,55	367.760,66	160,64
Kayseri	257.202,22	55.756,33	23,83
Konya	198.812,28	60.886,40	21,22
Kütahya	656.143,47	181.809,00	79,10
Mersin	719.082,74	95.901,77	53,29
Muğla	1.317.197,90	212.057,77	67,41
Sakarya	629.637,31	287.353,55	101,80
Şanlıurfa	2.639,33	108.670,77	11,94
Trabzon	227.244,27	60.244,77	116,47
Zonguldak	1.514.523,76	234.904,44	195,25

Bu bağlamda, çalışmada 2015-2023 yılları arasındaki orman yol yapımı ve bakım maliyet değerlerinin ortalamaları çalışmada kullanılmıştır. İlgili maliyet verileri Orman Genel Müdürlüğü'nün (OGM) ilgili yıllardaki faaliyet raporlarından alınmıştır (OGM, 2024a). Orman yol yapımı ve orman yol bakımı için km başına düşen maliyet değerleri Türk lirası olarak hesaplanmış ve bu değerler her bir yıl için ortalama yıllık Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) dolar kuru dikkate alınarak (TCMB, 2024) dolar fiyatı olarak hesaplanmıştır. Kümeleme analizinde her bir orman bölge müdürlüğü'nün 2015-2023 yılları arasındaki ortalama olarak km başına hesaplanan orman yolu yapım ve bakım maliyet değerleri "\$/km" olarak kullanılmıştır. İlgili ortalama maliyet değerleri 2015-2023 yılları için Türkiye'deki orman bölge müdürlüklerine göre Çizelge 3'te verilmiştir. 2015-2023 yılları arası her bir orman bölge müdürlüğü için hesaplanan ortalama orman yolu yapım ve orman yolu bakım değerlerinin ortalamaları alınarak Türkiye genelindeki ortalama değerler elde edilmiştir. Buna göre Türkiye ortalaması olarak ortalama orman yolu yapım maliyeti 5.223,13 \$/km, orman yolu bakım maliyeti ise 73,96 \$/km olarak elde edilmiştir. İlgili verilerin kümeleme analizinde, K-medoid kümeleme analizi yöntemi kullanılmış ve söz konusu analizler R Studio istatistik yazılımında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3. Türkiye'de orman yol yapımı ve orman yol bakımı değerlerinin ortalama değerleri (2015-2023)

Orman Bölge Müdürlüğü	Orman Yol Yapım Maliyeti (\$/km)	Orman Yol Bakım Maliyeti (\$/km)
Adana	6.025,39	105,09
Amasya	5.589,88	67,70
Ankara	3.918,17	47,88
Antalya	8.997,31	70,57
Artvin	9.633,57	106,90
Balıkesir	3.783,72	53,88
Bolu	6.249,41	150,59
Bursa	3.830,76	72,89
Çanakkale	3.462,24	40,34
Denizli	4.348,46	50,91
Elazığ	2.653,58	19,37
Erzurum	3.226,73	35,37
Eskişehir	4.046,45	46,56
Giresun	6.976,31	204,59
Isparta	5.245,38	37,73
İstanbul	3.550,69	36,05
İzmir	5.220,26	66,59
Kahramanmaraş	4.591,11	63,02
Kastamonu	6.677,06	99,44
Kayseri	3.813,98	33,51
Konya	4.106,96	22,23
Kütahya	4.011,48	71,91
Mersin	6.283,38	50,90
Muğla	7.029,94	83,79
Sakarya	4.822,39	83,51
Şanlıurfa	2.929,13	40,07
Trabzon	8.294,35	179,24
Zonguldak	6.929,55	130,30
Türkiye Ortalaması	5.223,13	73,96

2.2 K-medoid kümeleme analizi yöntemi

Kümeleme yöntemi veri biliminde yaygın olarak kullanılan bir metot olup, veri setlerindeki benzer grupları veya kümeleri tanımlamak için kullanılmaktadır (Sureja et al., 2022). Kümeleme algoritmaları genel olarak hiyerarşik ve bölümlenmeli olarak ikiye ayrılmaktadır (Jain, 2010). K-ortalama kümeleme algoritması, en popüler ve en basit bölümlenmeli (partisyonel) algoritmadır. Kaufman and Rousseeuw (1990) tarafından ortaya konulan K-medoid kümeleme yöntemi ise, K-ortalamalara benzer bir bölümlenmeli kümeleme algoritması olup, her iki algoritmada da, tüm veri noktaları ile ilgili küme merkezleri arasındaki mesafeleri en aza indirmek için ilgili veri setini K kümeye bölmek amaçlanmaktadır (Sobrinho Campolina Martins et al., 2024). K-medoid, K-ortalamalardan özellikle grup merkezinin seçilmesinde farklılık göstermektedir. K-ortalama merkez noktasının seçiminde veri noktalarından birinden küme noktasının ortalamasını kullanırken, K-medoid ise gerçek veri noktalarını kümeden merkezler olarak seçmektedir (Whasphuttisit et al., 2022).

K-medoid kümeleme yönteminin ilk algoritmalarından biri olan Partitioning Around Medoids (PAM) nesne çiftlerini dikkate almaktadır (Kaufman and Rousseeuw, 1990). Bu çalışmada PAM algoritması kullanılmıştır. K-medoid

yönteminde kümelemede ortalama yerine medyanın kullanılması aykırı değerlere karşı sağlamlılığı artırmaktadır (Velmurugan, 2010). Bir başka açıdan da, Dsouza et al. (2017) K-medoid yönteminin K-ortalamlar yöntemine göre veri işleme süresi, aykırı değerlere karşı duyarsızlık ve gürültü azaltma konularında daha iyi olduğunu, ancak karmaşıklılığının daha yüksek olduğunu belirtmiştir. K-medoid kümeleme analizinde, en iyi kümelemeyi sağlamak için amaç fonksiyonu önemli ölçüde minimize edilmeye çalışılmaktadır. Öklid mesafe yöntemi genellikle benzerlik metriklerini aratmak için kullanılmaktadır (Martino et al., 2019). K-medoid kümeleme yönteminin amaç fonksiyonu (J_m) Eşitlik 1’de, Öklid mesafesi ise Eşitlik 2’de verilmiştir.

$$J_m = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} d(x, c(i))^2 \quad [1]$$

$$d_E(A, B) = \sum_{i=1}^N |a_i - b_i| \quad [2]$$

d: belirli bir centroidin temsil nesnesi

c(i): belirli bir küme

S: veri noktalarının toplam sayısı

d_E : N sayısal özneliğe sahip A ve B veri noktaları arasındaki Öklid uzaklığıdır.

Farklı değerlendirme değişkenleri, farklı boyutlarda (nümerik farklılıklar) ve farklı birimlerde olabildiğinden bu durum analiz sonuçlarını etkileyebilmektedir. Bu nedenle değişkenler arasındaki boyut farklılıklarını ortadan kaldırmak ve karşılaştırılabilirliği daha iyi sağlamak için normalizasyon gereklidir (Zhen et al. 2023). Farklı normalizasyon yöntemleri olmakla beraber, bunlar arasında Z-skor veri standartlaştırma yöntemi normalizasyonda yaygın olarak kullanılmaktadır. Z-skor veri standartlaştırma yönteminde, değerler aritmetik ortalaması 0, varyansı 1 olacak şekilde yeni değerlere dönüştürölmektedir. İlgili normalizasyon metodu Eşitlik 3’te belirtilmiştir.

$$X' = \frac{x_i - \mu_i}{\sigma_i} \quad [3]$$

X' = Normalize edilmiş veri

x_i = Gözlem değeri

μ_i = Gözlem değerlerinin ortalaması

σ_i = Gözlem değerlerinin standart sapması

İlgili veriler kümeleme analizi yapılmadan Z-skor veri standartlaştırma yöntemine göre normalize edilmiştir. En uygun küme sayısı (k)’nın belirlenmesinde farklı yöntemler olmakla birlikte, literatürde standart bir kural bulunmamaktadır (Tibshirani et al., 2001). Bu çalışmada küme sayısının belirlenmesinde Elbow yöntemi kullanılmıştır. Elbow yöntemi önce küme içi kareler toplamını (within-cluster sum of square) (WSS) hesaplamakta ve ardından WSS eğrisini küme sayısına göre çizmektedir. Çizimdeki bir bükölmünün (diz) konumu uygun küme sayısı k olarak kabul edilmektedir (Yao and Kim, 2022). WSS, Eşitlik 4’te gösterilmiştir.

$$WSS = \sum_{i=1}^{nc} (x_i - c_i)^2 \quad [4]$$

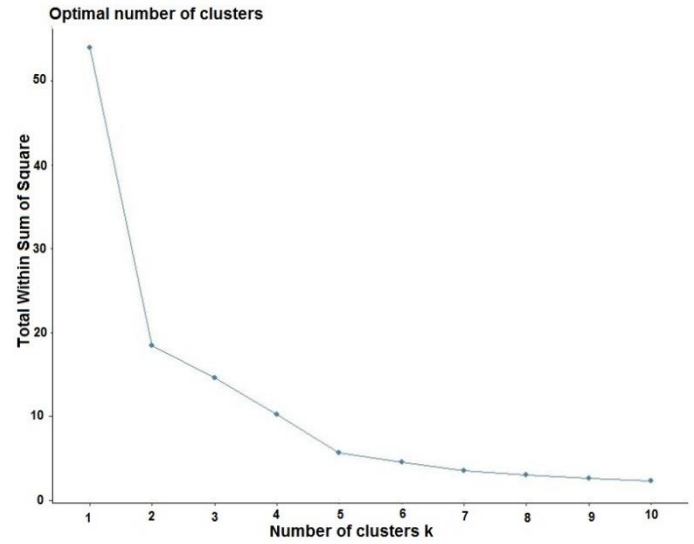
nc: toplam küme sayısı

x_i : her kümedeki veri noktası

c_i : küme merkez yeri

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada öncelikli olarak, k-medoid kümeleme analizi için en uygun küme sayısının belirlenmesinde Elbow yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem dikkate alındığında küme sayısı 5 olarak belirlenmiştir (şekil 2).



şekil 2. Elbow yöntemi ile küme sayısının bulunması

Küme sayısı beş olarak dikkate alındığında, K-medoid kümeleme analizi sonuçlarına göre elde edilen küme büyüklükleri ve orman bölge müdürlüklerinin kümelere göre dağılımı sırasıyla izelge 4 ve izelge 5’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kümede bulunan orman bölge müdürlüğü sayısının en fazla olduğu kümenin 3 numaralı küme (%35,71) en az olduğu kümelerin ise 4 ve 5 no’lu kümeler (%7,14) olduğu sonucuna ulaşılmıştır (izelge 4).

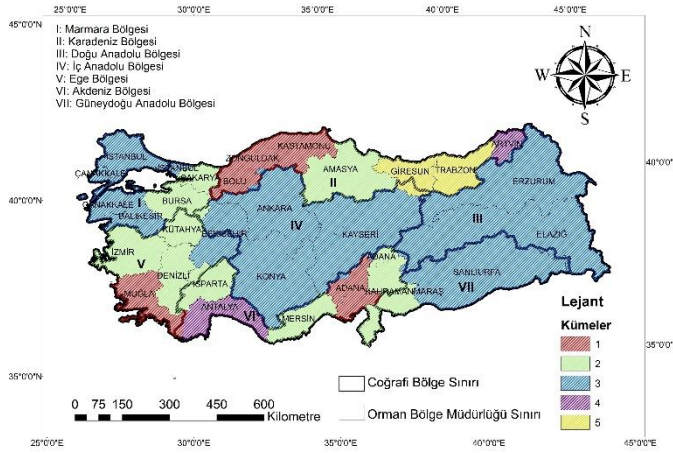
Çizelge 4. Kümelerin büyüklükleri

Küme no	Kümede bulunan orman bölge müdürlüğü sayısı	Yüzdesi
1	5	%17,8
2	9	%32,14
3	10	%35,71
4	2	%7,14
5	2	%7,14

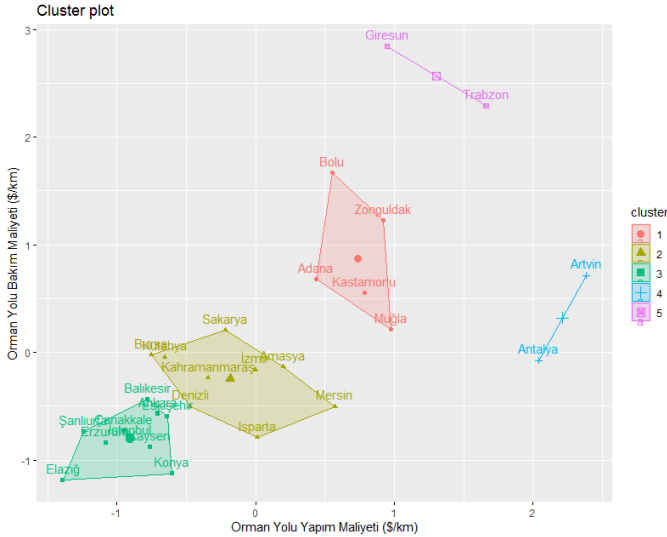
Çizelge 5. Kümelere göre orman bölge müdürlüklerinin dağılımı

Küme no	Kümede bulunan orman bölge müdürlükleri
1	Adana, Bolu, Kastamonu, Muğla, Zonguldak
2	Bursa, Denizli, İzmir, Kahramanmaraş, Sakarya, Amasya, Mersin, Isparta, Kütahya
3	Ankara, Balıkesir, Çanakkale, Elâzığ, Erzurum, Eskişehir, Kayseri, Konya, şanlıurfa, İstanbul
4	Antalya, Artvin
5	Giresun, Trabzon

Elde edilen kümelerin her iki maliyet değişkenine göre orman bölge müdürlükleri açısından dağılımları Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. Coğrafi bölgeler açısından orman bölge müdürlüklerinin kümelerine göre dağılımı



Şekil 4. Orman bölge müdürlüklerinin maliyet değişkenlerine göre küme dağılımları

Elde edilen kümelerin, kullanılan her iki değişken açısından sahip olduğu tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

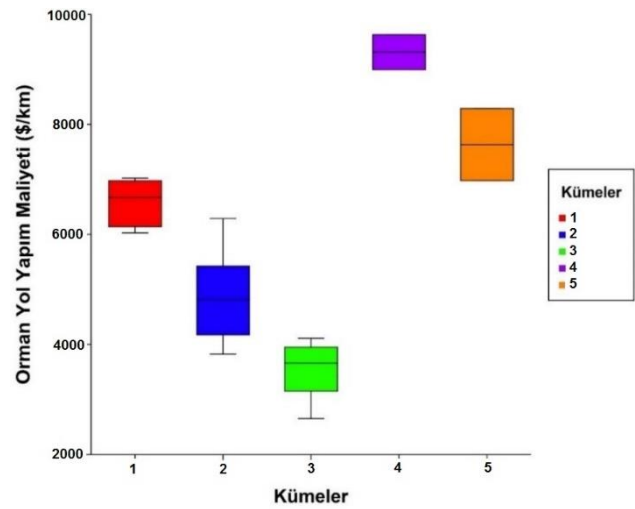
Çizelge 6. Kümelerin tanımlayıcı istatistik değerleri.

Küme No	Orman Yol Yapımı Maliyeti (\$/km)			Orman Yol Bakım Maliyeti (\$/km)		
	Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.	Ort.
1	6.025,39	7.029,94	6.582,27	83,79	150,59	113,84
2	3.830,76	6.283,38	4.882,57	37,73	83,51	62,80
3	2.653,58	4.106,96	3.549,17	19,37	53,88	37,53
4	8.997,31	9.633,57	9.315,44	70,57	106,90	88,74
5	6.976,31	8.294,35	7.635,33	179,24	204,59	191,92

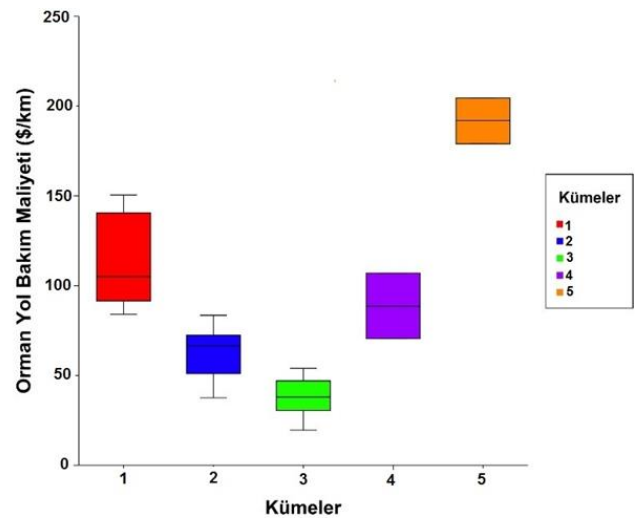
Elde edilen sonuçlara göre, orman yolu yapım maliyeti değişkeni açısından ortalama değerin en fazla olduğu kümenin 4 numaralı küme olduğu (9.315,44 \$/km), bunu sırasıyla 5 numaralı (7.635,33 \$/km), 1 numaralı (6.582,27 \$/km), 2

numaralı (4.882,57 \$/km) ve 3 numaralı (3.549,17 \$/km) kümelerin takip ettiği görülmektedir (Şekil 5-Çizelge 6). Türkiye ortalaması orman yolu yapım maliyet değeri olan 5.223,13 \$/km değeri dikkate alındığında ise, 1 numaralı, 4 numaralı ve 5 numaralı küme ortalamalarının bu değerin üstünde olduğu, diğer kümeler olan 2 ve 3 numaralı kümelerin ortalamalarının ise bu değerin altında kaldığı belirlenmiştir (Şekil 5-Çizelge 6).

Bir diğer değişken olan orman yol bakımı maliyeti değişkeni dikkate alındığında ise ortalama değer açısından en yüksek değerin olduğu kümenin 5 numaralı küme olduğu (191,92 \$/km), bu sırasıyla 1 numaralı (113,84 \$/km), 4 numaralı (88,74 \$/km), 2 numaralı (62,80 \$/km) ve 3 numaralı (37,53 \$/km) kümelerin takip ettiği görülmektedir. Türkiye ortalaması orman yolu bakım maliyet değeri olan 73,96 \$/km değeri dikkate alındığında ise, 1 numaralı, 4 numaralı ve 5 numaralı küme ortalamalarının bu değerin üstünde olduğu, diğer kümelerin ortalamalarının ise bu değerin altında kaldığı belirlenmiştir (Şekil 6-Çizelge 6).



Şekil 5. Orman yolu yapım maliyeti değişkenine göre kümelerin dağılımı



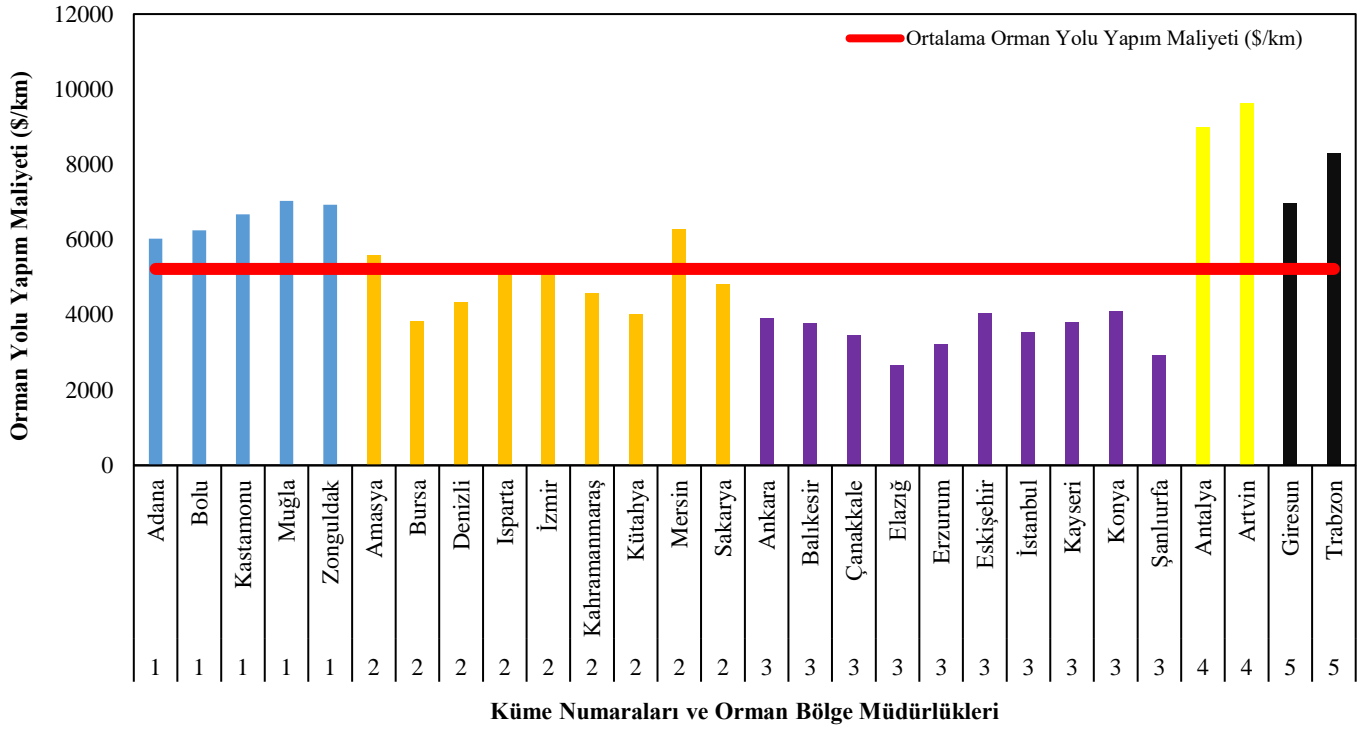
Şekil 6. Orman yolu bakım maliyeti değişkenine göre kümelerin dağılımı

Kümelerde bulunan orman bölge müdürlüklerinin ortalama orman yol yapımı ve ortalama orman yol bakım maliyetlerine göre durumları sırasıyla Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir. İlk olarak Şekil 7 değerlendirildiğinde 1, 4 ve 5 numaralı kümelerde bulunan orman bölge müdürlüklerinin tamamının ortalamanın üstünde yer aldığı görülmektedir. 2 numaralı kümede yer alan Mersin ve Amasya orman bölge müdürlüklerinin orman yolu yapım maliyetinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir. 3 numaralı kümede bulunan tüm orman bölge müdürlüklerinde ise orman yol yapım maliyetinin Türkiye ortalamasının altında kaldığı görülmektedir. 3 numaralı kümede bulunan orman bölge müdürlüklerine bakıldığında ağırlıklı olarak ortalama eğimin diğer bölgelere göre düşük olduğu coğrafi bölgelerde (Çizelge 1-Şekil 3) olduğu görülmektedir.

Orman yol bakımı maliyeti açısından kümelere göre orman bölge müdürlüklerinin durumu incelendiğinde, iki orman bölge müdürlüğünün yer aldığı 5 numaralı kümede bulunan Giresun ve Trabzon'un Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu belirlenmiştir. Diğer kümelerdeki durum değerlendirildiğinde ise orman yol bakım maliyeti açısından Türkiye ortalamasının altında ve üstünde bulunan orman bölge müdürlükleri bulunmaktadır. 1 numaralı kümede bulunan tüm orman bölge müdürlüklerinin ortalamanın üstünde diğerlerinin ise genel olarak altında kaldığı görülmektedir. 2 numaralı kümede sadece orman bölge müdürlüğü olarak Sakarya'nın ortalamanın üzerinde olduğu diğerlerinin ise altında olduğu bulunmuştur. 3 numaralı kümede ise tüm orman bölge müdürlüklerinin ortalama orman yol bakım maliyetinin altında kaldığı belirlenmiştir. Son olarak iki orman bölge müdürlüğü bulunan 4 numaralı kümedeki durum incelendiğinde ise Artvin Orman Bölge Müdürlüğünün Türkiye ortalamasının üzerinde kaldığı diğer orman bölge müdürlüğü olan Antalya'nın ise altında kaldığı belirlenmiştir.

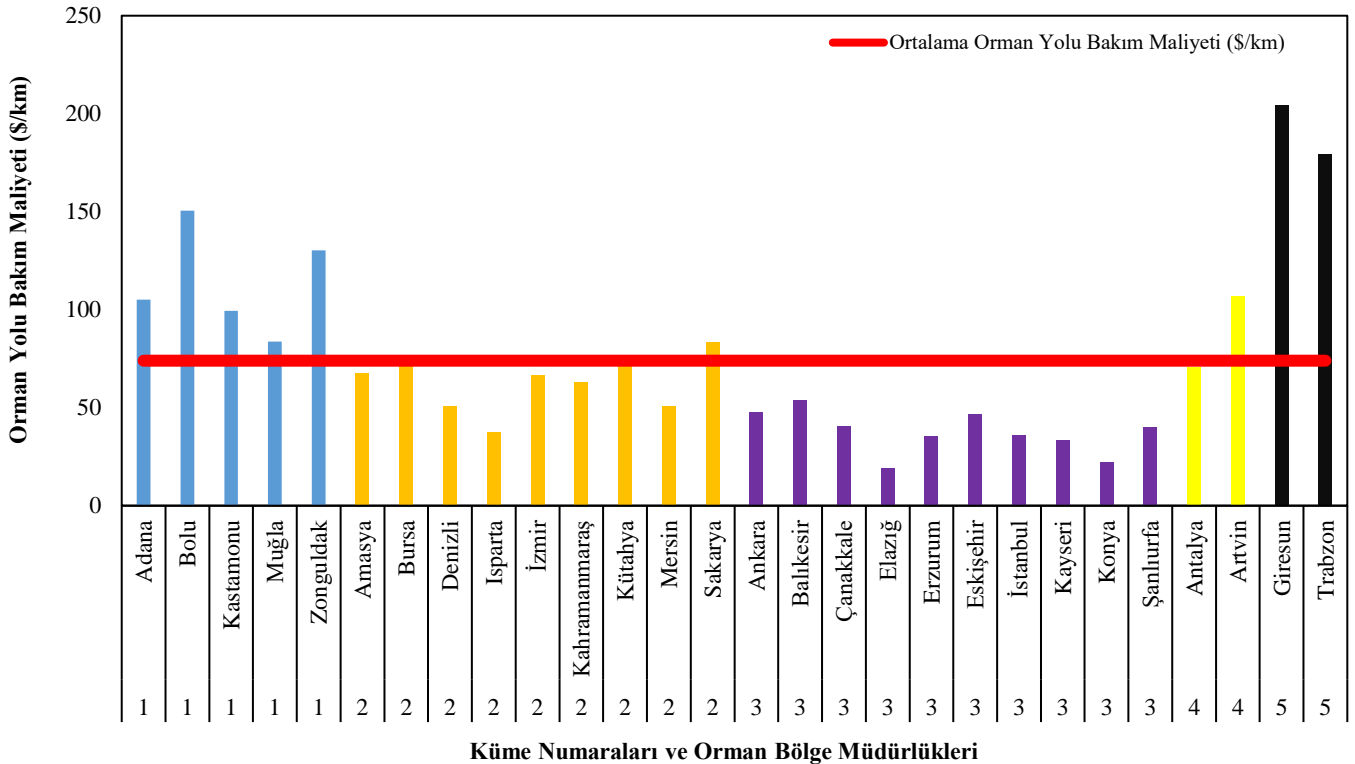
Her iki değişken açısından da Türkiye ortalamasına göre küme ortalamalarının altında ve üstünde bulunan kümelerin benzer olduğu görülmektedir. Genel olarak çalışmada elde edilen kümeler hem genel olarak hem de kümelerde bulunan orman bölge müdürlükleri açısından, orman yol yapım ve orman yol bakım değişkenleri ayrı ayrı dikkate alınarak Türkiye maliyet ortalamaları ile kıyaslanmıştır. Küme ortalamaları ve kümelerde bulunan orman bölge müdürlükleri açısından Türkiye ortalaması ile değerlendirildiğinde orman yol yapımı

açısından ortalamanın üstünde kalan küme ve orman bölge müdürlüklerinin ağırlıklı olarak Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde olduğu bulunmuştur. Ortalamanın altında kalan kümelerde yer alan orman bölge müdürlüklerinin ise diğer bölgelerde kaldığı görülmektedir. Orman yolu bakım değişkeni açısından da benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bu durumun nedeninin Karadeniz ve Akdeniz bölgesinin genel olarak maksimum ve ortalama eğimlerinin ve yağış miktarlarının diğer coğrafi bölgelere daha yüksek değerlere sahip olmasından (Çizelge 1) kaynaklandığı düşünülmektedir. Yağış ve bölgesel eğim değerlerinin yüksek olmasının, özellikle üst yapısı olmayan orman yollarında oluşan deformasyonlar ve sediment birikimi artışına bağlı olarak yol bakım sıklıklarını ve buna bağlı olarak da maliyetleri artırdığı düşünülmektedir. Ayrıca, ilgili orman bölge müdürlüklerinde bulunan odun üretimi miktarlarının genel olarak yüksek değerlere sahip olması (Çizelge 2) ve buna bağlı olarak orman yolunun kullanım oranının (trafik) daha yoğun olduğu düşünülmektedir. Öte yandan ilgili orman bölge müdürlüklerinde birim alan başına düşen orman serveti miktarının genel olarak yüksek değerlere sahip olması (Çizelge 2) da yol yapım maliyetlerini artırmada ayrıca bir faktör olarak düşünülmektedir. Bunları destekler nitelikte, Yousefi et al. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek yoğunlukta yağmurun önemli ölçüde toprak erozyonuna ve sedimantasyona neden olduğu, bunun da yol zararına yol açtığı belirtilmiştir. Bir başka çalışmada Motlagh et al. (2024) yarı nemli, yarı kurak ve Akdeniz iklimine sahip üç farklı iklim zonunda orman yolu bozulma miktarlarının farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Jaafari et al. (2021) ise yoğun vejetasyonun ve eğimli koşulların orman yolu maliyetlerini artırmada faktör olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca dik ve engebeli alanlarda orman yolu inşaatının orman yolu maliyetlerinin daha yüksek olduğu vurgulanmıştır (Krumov, 2019; Faria et al., 2024). Benzer şekilde Dražić et al. (2023), orman yolu planlamasında, eğimin büyüklüğünün önemli bir faktör olduğunu, çünkü direkt olarak kazı-dolgu durumunu, kazı-dolgu şevlerinin stabilizetisini ve dolayısıyla orman yol yapım ve bakım maliyetlerini etkilediğini vurgulamıştır. Ayrıca, Abeli et al. (2000) tarafından ise yol eğiminin yol bakım sıklığına etki eden en önemli parametrelerden biri olduğu, bunun da yol bakım maliyetlerini etkilediği belirtilmiştir.



Küme Numaraları ve Orman Bölge Müdürlükleri

Şekil 7. Kümelere göre orman bölge müdürlüklerinin orman yolu yapım maliyet değerleri ve ortalama orman yolu yapım maliyet değerleri



Küme Numaraları ve Orman Bölge Müdürlükleri

Şekil 8. Kümelere göre orman bölge müdürlüklerinin orman yolu bakım maliyet değerleri ve ortalama orman yolu bakım maliyet değerleri

4. Sonuç

Bu alışmada, Türkiye’de 2015-2023 yılları arasında 28 adet orman bölge müdürlüğünde gerçekleştirilen orman yol yapımı ve bakımı aktivitelerinin maliyet değerleri kullanılarak bir kümeleme analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar orman yolu yapım ve bakım maliyetlerinin orman bölge müdürlükleri açısından birtakım farklılıklar gösterdiğini göstermektedir. Orman yolu yapım ve orman yolu bakım maliyet değişkenleri dikkate alındığında, oluşturulan kümelere bakıldığında hem yol yapımı hem de yol bakımı açısından Türkiye ortalaması üzerindeki kümelerdeki orman bölge müdürlüklerinin ağırlıklı olarak Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde yer aldığı görülmektedir. Bu durum açısından bu coğrafi bölgelerde yer alan bölge müdürlüklerinin hem topoğrafik ve iklimsel koşullar hem de ormancılık aktiviteleri yönünden daha fazla yol yapım ve bakım maliyeti oluşturabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu coğrafi bölgelerde, yol yapım ve bakım maliyetlerini azaltmak için, st yapısı olmayan orman yollarının st yapısının sağlanarak deformasyonlara karşı dayanıklılığın artırılması, olabildiğince yollarda özellikle yağışlı zamanlarda orman ürünü nakliyatında daha düşük tonajlı araçların kullanılması, sanat yapısı ihtiyacı bulunan yollardaki eksikliklerin giderilmesi gibi önlemler alınabilir. Çalışma sonuçları orman yolu yapımı ve bakımı çalışmalarındaki maliyet farklılıklarını bölgesel olarak ortaya konulmasını sağlayarak, ilgili bütçe kalemlerinin bölge müdürlüklerine dağıtılmasında daha verimli bir planlamaya katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Söz konusu çalışma sonuçları daha kk ölçekte il, orman işletme müdürlüğü veya orman işletme Őeřlięi leğindeki yapılacak çalışmalara altlık sağlayarak, orman yolu yapımı ve bakımı maliyet sınıflandırılmasının daha etkin bir Şekilde belirlenmesine imkân sağlayacaktır. Ayrıca, farklı kümeleme yöntemleri de kullanılarak elde edilen sonuçlar bu çalışma ile karşılaştırıp kullanılan yöntemlerin etkisi değerlendirilebilir.

Kaynaklar

- Abdi, E., Majnounian, B., Darvishsefat, A., Mashayekhi, Z., Sessions, J., 2009. A GIS-MCE based model for forest road planning. *Journal of Forest Science* 55, 171–176.
- Abeli, W.S., Shemwetta, D.T.K., Meiludie, R.E.L.O., Kachwele, M., 2000. Road alignment and gradient issues in the maintenance of logging roads in Tanzania. *Journal of Forest Engineering* 11, 15–21.
- Akay, A.O., Akgl, M., Esin, A., Demir, M., Őentrk, N., Öztürk, T., 2021. Evaluation of occupational accidents in forestry in Europe and Turkey by k-means clustering analysis. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 45, 495–509.
- Akgul, M., Akay, A.O., Ozocak, M., Esin, A.İ., Őenturk, N., 2022. A new approach to spatial risk analysis in the long-term (1950–2020) assessment of natural disasters (avalanche, landslide, rockfall, flood) in Turkey. *Natural Hazards* 114, 3471–3508.
- Drazić, S., Danilović, M., Ristić, R., Stojnić, D., Antonić, S., 2023. Evaluation of morphometric terrain parameters and their influence on determining optimal density of primary forest road network. *Croatian Journal of Forest Engineering* :

- Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* 44, 301–312.
- Dsouza, S., Dsouza, J. D., Vanitha, T., 2017. Analysis of data using k-means and k-medoids algorithms. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology Special Issue*, 370-373.
- Elibüyük, M., Yılmaz, E., 2010. Türkiye’nin coğrafi blge ve blmlerine göre yükselti basamakları ve eğim grupları. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 8, 27–56.
- Fan, C., Xiao, F., Li, Z., Wang, J., 2018. Unsupervised data analytics in mining big building operational data for energy efficiency enhancement: A review. *Energy and Buildings* 159, 296–308.
- Faria, F.N. de, da Silva Lopes, E., Sampietro, J.A., Correia, R.J., 2024. Forest road density in flat and sloping site conditions in Brazil. *International Journal of Forest Engineering* 35, 84–92.
- Ghajar, I., Najafi, A., Karimimajd, A.M., Boston, K., Ali Torabi, S., 2013. A program for cost estimation of forest road construction using engineer’s method. *Forest Science and Technology* 9, 111–117.
- Jaafari, A., Pazhouhan, I., Bettinger, P., 2021. Machine learning modeling of forest road construction costs. *Forests* 12, 1169.
- Jain, A.K., 2010. Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters, Award Winning Papers from the 19th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)* 31, 651–666.
- Jin, H., Chen, X., Wu, P., Song, C., Xia, W., 2021. Evaluation of spatial-temporal distribution of precipitation in mainland China by statistic and clustering methods. *Atmospheric Research* 262, 105772.
- Kaufman, L., Rousseeuw, P., 1990. *Finding Groups in Data: An Introduction To Cluster Analysis*, Wiley, New York. ISBN 0-471-87876-6.
- Krumov, T., 2019. Determination of the optimal density of the forest road network. *Journal of Forest Science* 65, 438–444.
- Martino, A., Rizzi, A., Frattale Mascioli, F.M., 2019. Efficient Approaches for Solving the Large-Scale k-Medoids Problem: Towards Structured Data. In: Sabourin, C., Merelo, J.J., Madani, K., Warwick, K. (Eds.), *Computational Intelligence*. Springer International Publishing, Cham, 199–219.
- MGM, 2024 Meteoroloji Genel Mdrlğ (MGM), Coğrafi bölgelerin yağış değerleri <https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2023yagisdegerlendirmesi.pdf> (Erişim Tarihi 13.06.2024).
- Motlagh, A.R., Parsakhoo, A., Najafi, A., Mohammadi, J., 2024. Development of a Sustainable Maintenance Strategy for Forest Road Wearing Courses in Different Climate Zones. *Croatian Journal of Forest Engineering : Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* 45, 139–156.
- Najafi, A., Richards, E.W., 2013. Designing a Forest Road Network Using Mixed Integer Programming. *Croatian Journal of Forest Engineering : Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* 34, 17–30.
- OGM, 2024a Orman Genel Mdrlğ (OGM), yıllık faaliyet raporları <https://www.ogm.gov.tr/tr/faaliyet-raporu> (Erişim Tarihi 13.06.2024).

- OGM, 2024b Orman Genel Müdürlüğü (OGM), Üretim, Satış ve Stok Faaliyetleri <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Pages/ÜretimSatışveStokFaaliyetleri.aspx> (Erişim Tarihi 13.06.2024).
- Pazhouhan, I., Najafi, A., Rouhani, A.K., Vahidi, J., 2017. Effect of subsurface materials on earthwork operation costs of forest road. *European Journal of Forest Engineering* 3, 44–51.
- Picchio, R., Pignatti, G., Marchi, E., Latterini, F., Benanchi, M., Foderi, C., Venanzi, R., Verani, S., 2018. The Application of Two Approaches Using GIS Technology Implementation in Forest Road Network Planning in an Italian Mountain Setting. *Forests* 9, 277.
- Rodrigues, D., Pinho-Lopes, M., Macedo, J., 2024. Classification Systems Applied to Forest Road Planning: Research Gap Analysis. *Forests* 15, 968.
- Shang, Q., Yu, Y., Xie, T., 2022. A Hybrid Method for Traffic State Classification Using K-Medoids Clustering and Self-Tuning Spectral Clustering. *Sustainability* 14, 11068.
- Sobrinho Campolina Martins, A., Ramos de Araujo, L., Rosana Ribeiro Penido, D., 2024. K-Medoids clustering applications for high-dimensionality multiphase probabilistic power flow. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 157, 109861.
- Stükelberger, J.A., Heinimann, H.R., Burlet, E.C., 2006. Modeling spatial variability in the life-cycle costs of low-volume forest roads. *European Journal of Forest Research* 125, 377–390.
- Sureja, N., Chawda, B., Vasant, A., 2022. An improved K-medoids clustering approach based on the crow search algorithm. *Journal of Computational Mathematics and Data Science* 3, 100034.
- Tampekis, S., Samara, F., Sakellariou, S., Sfougaris, A., Christopoulou, O., 2018. An eco-efficient and economical optimum evaluation technique for the forest road networks: the case of the mountainous forest of Metsovo, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment* 190, 134.
- Tibshirani, R., Walther, G., Hastie, T., 2001. Estimating the Number of Clusters in a Data Set Via the Gap Statistic. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology* 63, 411–423.
- TCMB, 2024 Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) Dolar fiyatları https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php/?evds/serieMarket/#collapse_2 (Erişim Tarihi 13.06.2024).
- Velmurugan, 2010. Computational complexity between K-means and K-medoids clustering algorithms for normal and uniform distributions of data points. *Journal of Computer Science* 6, 363–368.
- Wang, S., Liu, H., Pu, H., Yang, H., 2020. Spatial disparity and hierarchical cluster analysis of final energy consumption in China. *Energy* 197, 117195.
- Whasphuttisit, J., Jitsakul, W., Kaewkiriya, T., 2022. Comparison of Clustering Techniques for Thai Mutual Funds Fee Dataset. 2022 14th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST). Presented at the 2022 14th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST), 125–130.
- Yao, Z., Kim, C., 2022. Analyzing the multiscale patterns of jobs-housing balance and employment self-containment by different income groups using LEHD data: A case study in Cincinnati metropolitan area. *Computers, Environment and Urban Systems* 96, 101851.
- Yousefi, S., Emami, S. N., Nekoeimehr, M., Rahmati, O., Imaizumi, F., Gomez, C., Valjarevic, A. 2024. A hot-spot analysis of forest roads based on soil erosion and sediment production. *Land*, 13, 1583.
- Zhen, X., Wang, R., Han, H., Wang, S., Wang, Z., Li, X., 2023. The expansion plan for charging stations based on K-medoids and vehicle GPS data. 11th International Conference on Information, Communication and Networks, pp. 19-23.



Evaluating the performance of the EUMETSAT H SAF H35 fractional snow-covered area product over the Tibetan Plateau

Semih Kuter^{1*}, Çağrı Hasan Karaman², Mustafa Berkay Akpınar³, Zuhale Akyürek^{3,4}

¹ Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Çankırı, Türkiye

² HidroSAF Ltd., Middle East Technical University Technopolis, Ankara, Türkiye

³ Middle East Technical University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Ankara, Türkiye

⁴ Middle East Technical University, Department of Geodetic and Geographic Information Technologies, Ankara, Türkiye

ARTICLE INFO

Received: 11/10/2024

Accepted: 09/12/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1565569>

*Corresponding author:

semihkuter@karatekin.edu.tr

ABSTRACT

Research Article

Background and aims This study evaluates the performance of the H35 fractional snow-covered area (fSCA) product over the Tibetan Plateau (TP) from May 2019 to December 2021. The H35 product, derived from AVHRR satellite data, provides daily fSCA estimates at a resolution of 0.01°. The aim of this work is to assess the accuracy and reliability of this product in capturing snow cover dynamics over a significant period.

Methods Validation of the H35 product uses a high-resolution, cloud-free snow cover dataset derived from long-term MODIS data, ensuring temporal consistency and high accuracy. Statistical metrics, including probability of detection (POD), false alarm ratio (FAR), and accuracy (ACC), were employed to assess the product's performance.

Results The results reveal seasonal variations in performance, with POD values reaching a peak of 0.91 during the winter months. The FAR shows an inverse trend, while the overall ACC values remain consistently high, indicating reliable performance across the study period.

Conclusions This study contributes to the understanding of snow cover dynamics over the TP and highlights the significance of validating satellite-derived products for hydrological studies. The consistently high accuracy of the H35 product underscores its potential for use in monitoring snow cover in the region.

Key Words: Optical remote sensing of snow, EUMETSAT, H SAF, fractional snow cover, H35

EUMETSAT H SAF H35 fraksiyonel karla kaplı alan ürününün Tibet Platosu üzerinde performansının değerlendirilmesi

ÖZ

Giriş ve Hedefler Tibet Platosu (TP) üzerindeki kar örtüsü dinamiklerini anlamak, hidrolojik çalışmalar ve iklim modellemeleri için kritik öneme sahiptir. Bu çalışma, H35 fraksiyonel karla kaplı alan (fSCA) ürününün Mayıs 2019 ile Aralık 2021 arasındaki performansını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. H35 ürünü, AVHRR uydusu verilerinden üretilmiş olup, 0,01° çözünürlükte günlük fSCA tahminleri sunmaktadır.

Yöntemler Değerlendirme, uzun vadeli MODIS verilerinden üretilen yüksek çözünürlüklü ve bulutsuz bir kar örtüsü veri seti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizde algılama olasılığı (POD), yanlış alarm oranı (FAR) ve doğruluk (ACC) gibi metrikler kullanılmıştır.

Bulgular Sonuçlar H35 ürününün performansında mevsimsel değişimlere işaret etmektedir. Kış aylarında POD değerleri 0,91'e ulaşırken, FAR düşüş eğilimi göstermiştir. Genel doğruluk (ACC) değerleri ise sürekli olarak yüksek seviyede kalmıştır, bu da ürünün güvenilirliğini ortaya koymaktadır.

Sonuçlar H35 ürününün doğrulama sonuçları, TP üzerindeki kar örtüsü dinamiklerinin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, uydusu verilerinden üretilen ürünlerin doğruluk analizinin, özellikle hidrolojik çalışmalar bağlamında, önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Karın optik uzaktan algılanması, EUMETSAT, H SAF, fraksiyonel kar örtüsü, H35

Citing this article:

Kuter, S., Karaman, Ç.H., Akpınar, M.B., Akyürek, Z., 2024. Evaluating the performance of the EUMETSAT H SAF H35 fractional snow-covered area product over the Tibetan Plateau. *Anatolian Journal of Forest Research*, 10(2), 148-156.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Introduction

Snow cover is a key component of the Earth's cryosphere, influencing global climate and water cycles. Each year, seasonal snow covers a substantial part of the Earth's surface, accounting for about 31% of the total land area and 40% of the terrestrial area in the Northern Hemisphere (Hall *et al.*, 1995; Breen *et al.*, 2023). The spatial extent of snow cover can vary considerably both within and between years (Wang *et al.*, 2018). Recent research efforts indicate a general decline in global snow coverage, primarily attributed to a warming climate (Wang *et al.*, 2018; Pulliainen *et al.*, 2020). However, these changes in snow extent differ significantly across various regions (Brown and Mote, 2009).

Globally, monitoring and mapping of snow cover are crucial for understanding the Earth's energy balance and the role of snow in the climate system. Snow has a high albedo, reflecting a large portion of incoming solar radiation back into the atmosphere (Tekeli *et al.*, 2005; Kuter *et al.*, 2018). This property is essential in regulating the Earth's surface heating and cooling patterns. Among all land surface types, snow cover has the most significant impact on the surface energy balance (Chen *et al.*, 2021). The presence or absence of snow can notably alter this energy balance, leading to changes in climate and related feedback mechanisms. Therefore, changes in snow cover extent and duration significantly affect the Earth's energy balance and global climate (Takala *et al.*, 2011). Accurate snow cover monitoring and mapping are vital for improving our understanding of these processes and their influence on the Earth's climate system.

Two key snow parameters, i.e., snow-covered area (SCA) and snow water equivalent (SWE), can be retrieved globally by space-borne instruments operating at visible and microwave frequencies. SWE, which quantifies the amount of liquid water within the snowpack, is determined using active and passive microwave techniques (Pulliainen and Hallikainen, 2001; Saberi *et al.*, 2020). SCA, representing the spatial distribution of snow, are derived from multispectral optical remote sensing data, and further categorized into two types: *i*) binary snow cover, indicating the presence or absence of snow (i.e., snow/no snow), and *ii*) sub-pixel snow cover, which measures the fractional snow-covered area (fSCA) as the percentage of snow within a pixel's footprint (Metsämäki *et al.*, 2015). The latter estimates the fractional snow-covered area within each pixel by analyzing the spectral characteristics of different land cover types and snow (Painter *et al.*, 2009). Unlike binary classifications that label pixels as fully snow-covered or snow-free, fSCA captures partial snow cover, offering higher spatial precision. This precision is especially beneficial for heterogeneous terrains with mixed snow and vegetation, where fSCA improves snow distribution estimates. By providing more detailed spatial information, fSCA enables more accurate hydrological modeling and enhances understanding of snowpack dynamics across diverse landscapes. Additionally, binary-format snow cover data can introduce significant uncertainties in climate, hydrological, and numerical weather models. The absence of fractional snow cover representation reduces these models' ability to accurately capture seasonal snow dynamics, particularly during snow accumulation and melt periods (Romanov *et al.*, 2003; Dietz *et al.*, 2012). To better integrate

snow cover information into distributed physical models, fSCA maps need to be generated (Painter *et al.*, 2003; Dietz *et al.*, 2012).

Founded in 1986, the European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT, <https://www.eumetsat.int/>) is the European operational satellite agency responsible for monitoring weather, climate, and the environment from space. EUMETSAT has also established cooperation with Earth observation satellite operators from Europe, China, India, Japan, Russia, South Korea, and the United States. To fully utilize the potential of EUMETSAT satellite data across a wide range of meteorological and environmental applications, serving the needs of its 30 Member States, a network of eight Satellite Application Facilities (SAFs) was established. Each SAF specializes in delivering products within a specific application area (<https://www.eumetsat.int/about-us/satellite-application-facilities-safs>).

The Support to Operational Hydrology and Water Management (H SAF, <https://hsaf.meteoam.it/>) program is one of the eight SAFs and was founded in 2005. H SAF includes 12 EUMETSAT member or cooperating states: Austria, Belgium, Bulgaria, Finland, France, Germany, Hungary, Italy, Poland, Romania, Slovakia, and Turkey. Additionally, the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) is part of this collaborative initiative. This broad membership reflects the strong commitment and cooperation among these entities to advance operational hydrology and water management through the use of satellite data and products (de Rosnay and Fairbairn, 2021).

The primary goal of H SAF is to develop innovative satellite-derived products with suitable temporal and spatial resolution to meet the demands of operational hydrology applications, using data from both current and future satellite missions. The program aims to improve the accuracy and efficiency of hydrological predictions and decision-making processes, enabling better management of water resources, flood forecasting, and related activities. By focusing on the production of reliable and timely satellite-derived products, H SAF plays a key role in enhancing the capabilities of operational hydrology and water management efforts. The satellite-derived products identified within H SAF include:

- **Precipitation:** This encompasses data on various forms of precipitation, such as liquid and solid (snow), as well as precipitation rates and accumulated amounts.
- **Soil Moisture:** H SAF provides information on soil moisture at the surface and in the root zone, which is critical for understanding water availability and soil-water dynamics.
- **Snow-Related Parameters:** The program offers essential data on snow cover, melting conditions, and snow-water equivalent, all of which are vital for snowpack monitoring and related hydrological applications.

The new generation daily operational fSCA product, H35, provided by the H SAF program, covers the entire Northern Hemisphere with a nominal horizontal resolution of 0.01° (i.e., ~1.1 km), and it is based on the multi-channel analysis of the Advanced Very High-Resolution Radiometer (AVHRR) instrument onboard NOAA and MetOp satellites (H-SAF_H35_PUM, 2020).

Validating a satellite-derived snow product is crucial for ensuring the accuracy and reliability of the data used in managing water resources, predicting weather and climate patterns, and assessing environmental changes (Kuter *et al.*, 2022, 2024). Without validation, the accuracy of the snow product remains uncertain, which can lead to incorrect interpretations and decisions. Validation involves comparing the satellite-derived data with ground-based measurements or high-resolution reference data (Brubaker *et al.*, 2005; Piazzi *et al.*, 2019). This process helps identify discrepancies, quantify the product's accuracy, and improve the algorithms used to generate the product.

This article aims to present the validation results for the H35 fSCA product over the Tibetan Plateau (TP). The validation period spans the years 2019-2021. The reference dataset used in the validation is the daily snow cover products with no data gaps generated at a 500 m spatial resolution for TP from 2002 to 2021, which are based on long-term Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) snow cover data (Huang *et al.*, 2018). The structure of the manuscript is as follows: Section 2 details the H35 product, the reference dataset used, and the validation methodology. Section 3 summarizes the results and discussions. Section 4 offers conclusions and suggests possible future research directions.

2. Materials and Methods

This section outlines the materials and methods used to validate the H35 product over TP. We provide a description of the H35 fSCA product and the reference dataset used for its validation. The methodology, data collection and processing procedures, and the statistical metrics applied are explained to offer a clear overview of the entire validation process.

2.1 The Tibetan Plateau

The Tibetan Plateau, often called the "Roof of the World" and the "Third Pole," is the highest and largest plateau on Earth. It covers an area of around 2.5 million square kilometers and has an average elevation of more than 4,500 meters above sea level (cf. Figure 1). It plays a critical role in global climate patterns and is home to some of the world's most important river systems, such as the Yangtze, Mekong, and Brahmaputra rivers, which provide water to millions of people in Asia (Liu *et al.*, 2022). The term "Third Pole" highlights the plateau's importance as the largest reservoir of freshwater outside the Arctic and Antarctic (Pan *et al.*, 2021). The region contains vast glaciers that serve as a crucial water source for surrounding regions (Yao *et al.*, 2012). However, climate change is accelerating glacier melt, which poses a serious threat to water availability downstream (Immerzeel *et al.*, 2010).

Formed by the collision of the Indian and Eurasian tectonic plates around 50 million years ago, the plateau continues to rise slowly due to ongoing tectonic activity. This region is also an active seismic zone, with frequent earthquakes and ongoing geological changes (Yin and Harrison, 2000)

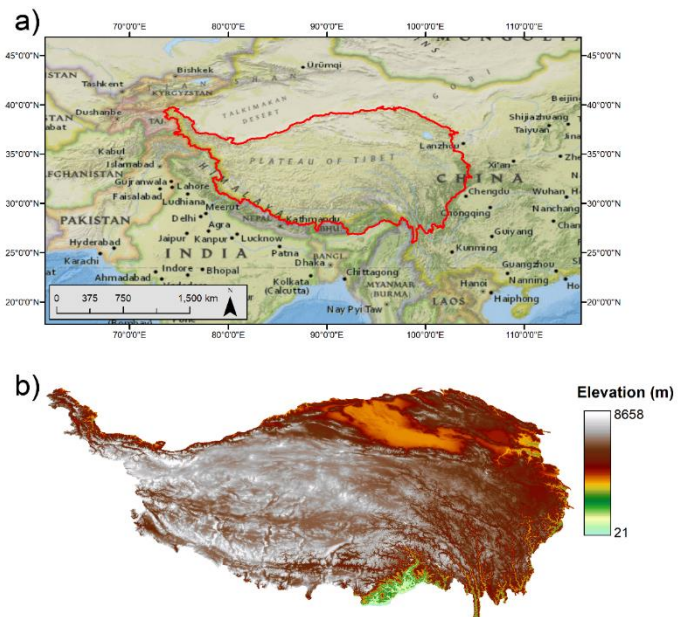


Figure 1. a) The Tibetan Plateau, and b) its DEM, which is MODIS MODDEMHKM product at 500 m resolution (Wolfe, 2013)

The Tibetan Plateau has a cold and dry climate, with long winters and short summers (Zhang *et al.*, 2020). Snow and glaciers cover large areas of the plateau, particularly in the western and northern parts. These glaciers are a key source of water for the rivers that flow into South and East Asia. As the glaciers shrink due to rising global temperatures, it could significantly affect the water supply in these regions (Yao *et al.*, 2012). The plateau is also an important region for biodiversity. Despite its harsh environment, it supports unique ecosystems, including species adapted to high altitudes like the snow leopard and the Tibetan antelope. However, human activities, such as grazing, agriculture, and infrastructure development, are putting pressure on these ecosystems (Xu *et al.*, 2009).

In recent years, the Tibetan Plateau has gained attention for its influence on atmospheric circulation, particularly the Asian monsoon system. Studies suggest that changes in the plateau's surface temperature and its snow cover can influence the timing and strength of monsoon rainfall, impacting agricultural production and water availability in many countries (Immerzeel *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2012).

2.2 The H35 fractional snow-covered area product

The daily operational H35 fSCA product offers 0.01° horizontal resolution, covering the Northern Hemisphere (cf. Figure 2). In contrast, its predecessor, H12, was limited to Pan-European coverage (H-SAF_H12_PUM, 2018). H35 is derived from the multi-channel analysis of the AVHRR instrument onboard NOAA and MetOp satellites. The AVHRR radiometer has an instantaneous field of view (IFOV) of 1.1 km at nadir, which increases to around 2 km near the edge of the 2900 km cross-track swath. The product is sampled at 0.01° intervals, resulting in an approximate resolution of 2 km, while the sampling distance is about 1 km (H-SAF_H35_PUM, 2020).

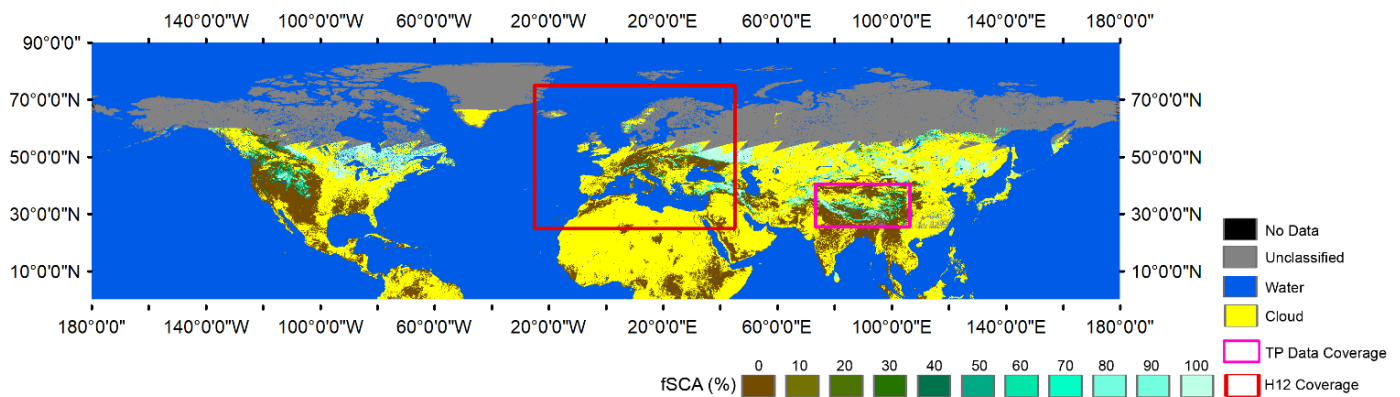


Figure 2. The H35 fSCA product on 13 February 2022, together with the spatial coverage of H12, and TP reference dataset employed in the validation

The H35 fSCA product relies on optical spectral channels to obtain fractional snow cover, which makes it vulnerable to cloud contamination, as clouds block surface visibility. Unlike microwave-based products, H35 cannot retrieve snow data through clouds, leading to data gaps. Additionally, being an operational snow product H35 lacks a gap-filling algorithm, limiting its effectiveness in regions with frequent cloud contamination.

The fSCA retrieval algorithm for H35 differs for flat/forested areas compared to mountainous regions. The Finnish Meteorological Institute (FMI) produces the H35 product for flat/forested areas, while the Turkish State Meteorological Service (TSMS) generates it for mountainous regions. Although both products cover the full H SAF area, they are combined at FMI. This merging integrates FMI's data for flat and forested regions with TSMS's data for mountainous areas, based on the provided mountain mask (H-SAF_H35_ATBD, 2020).

The fSCA product for flat/forested areas is based on an algorithm developed by FMI. This algorithm, detailed by Metsämäki *et al.* (2005), uses visible and near-infrared data and relies on a semi-empirical reflectance model. The model mathematically relates the reflectance from a given area to its fSCA value by incorporating reflectances from different sources, including wet snow, forest canopy, and snow-free ground.

In mountainous regions, factors such as the sun's zenith and azimuth angles, as well as the observation direction relative to these angles, significantly impact the observed signals. These factors pose greater challenges to snow retrieval accuracy in mountainous areas compared to forested regions. The algorithm for mountainous regions was developed by the Middle East Technical University (METU) and implemented within the TSMS infrastructure. This fSCA algorithm employs a sub-pixel reflectance model, where pixel reflectance is expressed as a linear combination of snow and snow-free bare ground. The model, initially proposed by Vikhamar *et al.* (2004), was based on a linear mixture of snow, individual tree species, and snow-free bare ground. For the fSCA algorithm, the focus is primarily on the interaction between snow and snow-free bare ground reflectance, using this simplified approach to estimate snow cover proportion accurately within each pixel.

2.3 Reference dataset employed in the validation

The validation process of the H35 product over TP is realized by comparing it with the daily cloud-free snow cover product developed by Yan and Jianghai (2022). This daily binary snow product with no data gaps at a 500 m spatial resolution for TP from 2002 to 2021 is based on long-term MODIS snow cover data. The product spans the area delineated by latitudes 26°00'12" N - 39°46'50" N, and longitudes 73°18'52" E - 104°46'59" E (cf. Figure 3). The product was accomplished through a Hidden Markov Random Field (HMRF) modeling technique, which effectively integrates spectral, spatiotemporal, and environmental information as explained in detail in Huang *et al.* (2018). The HMRF framework not only fills data gaps caused by frequent cloud cover, but also enhances the accuracy of the original MODIS snow cover data.

A key feature of this approach is the incorporation of solar radiation as an environmental context, which improves snow identification accuracy in mountainous areas. Validation against in-situ observations and Landsat-8 OLI-derived snow cover showed that the new product achieved accuracies of 98.31% and 92.44%, respectively. This new snow cover product is particularly more accurate during the snow transition period and in complex terrains, including higher elevations and sunny slopes. This gap-free product improves the spatiotemporal continuity and accuracy in challenging terrains of the original MODIS snow data, providing a reliable foundation for studying climate change and hydrological cycles in TP (Yan and Jianghai, 2022).

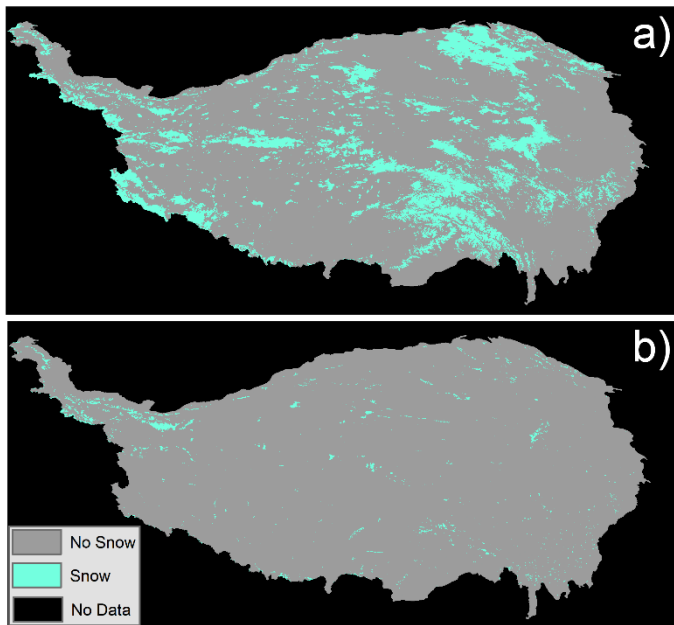


Figure 3. The HMRF-based reference binary snow cover data over TP on a) 1 January 2020, and b) 17 August 2020

2.4 The validation methodology

Since the H35 is an fSCA product, where the pixel values range from 0% to 100%, and the reference product over TP is in the form of daily binary snow cover maps, the following methodology is employed during the validation:

- The reference daily binary snow cover maps are resampled to the original resolution of the H35 product using the nearest neighborhood method.
- Then, for a given date, each valid pixel of H35 product is converted to a binary snow value by labeling fSCA ranges < 50% as no snow, otherwise snow.
- H35 pixels labeled as cloud, water, no data and unclassified are excluded from the analysis.

There are several thresholds proposed in the literature for the conversion from fSCA to binary snow, which are 0%, 10%, 15%, 0.30 and 50% (Rittger *et al.*, 2013; Xiao *et al.*, 2022; Stillinger *et al.*, 2023). In this study, 50% threshold is applied.

The performance of the H35 product is then compared with the reference binary snow maps by using the following dichotomous metrics (Doswell III *et al.*, 1990; Fawcett, 2006) derived from the associated binary error matrices (cf. Table 1):

- Probability of detection (POD) = $A/(A+C)$,
- False alarm ratio (FAR) = $B/(A+B)$,
- Accuracy (ACC) = $(A+D)/(A+B+C+D)$.

The validation period covers three consecutive years, 2019, 2020 and 2021. As the H35 production started in May 2019, the validation for 2019 covers the period between May and December. However, during the three-year validation period, higher False Alarm Ratio (FAR) values are observed between July and September. These months correspond to the melting season over the TP, resulting in minimal snow-covered area percentages (cf. Figure 3b). Furthermore, certain dates exhibit a high percentage of "no data" pixels, limiting the number of observations available for validation. This limitation naturally contributes to elevated FAR and lower POD values. To address

these issues, the validation metrics are calculated by excluding data from June to September. Additionally, dates with a percentage of available pixels below a specified threshold are excluded from the analysis to ensure more reliable results.

Table 1. A sample binary error matrix

		Reference Data over TP	
		Snow	No snow
H35 product	Snow	HITS (A)	FALSE ALARMS (B)
	No snow	MISSES (C)	CORRECT NEGATIVES (D)

3. Results and Discussions

The overall validation results in terms of POD, FAR and ACC metrics for the H35 product over TP during the whole analysis period (i.e., from May 2019 to December 2021) are illustrated in Figure 4. During the 2019-2020 snow season, the lowest POD metrics are observed between May and June 2019. In October, POD values start to increase and reach their peak during December (~ 0.91), and then follow an almost stable trend till the end of March 2020. As of early April 2020, POD values enter a downward trend again and reach their minimum value in June 2020 (~ 0.15).

The 2020-2021 snow season over the TP exhibits a slightly different behavior than the previous one. As mid-October 2020, PODs start to rise but reach its peak in early April 2021 (~ 0.91), almost three months later as compared to the previous snow season. Starting from late April 2021, the PODs go into a descending trend again and the minimum value is observed in mid-October 2021 (~ 0.36), which is relatively higher than that of the previous snow season.

As expected, the FARs over the TP show reverse mirror image trend. For the 2019-2020 snow season, FARs begin to increase in mid-May and reach the peak value of ~ 0.53 in early-October. The minimum FAR is ~ 0.14, reached on 1st of February 2020, and from this day, it starts to increase gradually up to ~ 0.54, in late-October 2020. The lowest FAR during the whole analysis period is ~ 0.11, in mid-December 2021

Unlike the monthly fluctuations seen in the POD and FAR values, the ACC values remain relatively stable from May 2019 to December 2021, staying mostly within the range of 0.8 – 1.0. The highest recorded ACCs for the 2019-2020 and 2020-2021 snow seasons are 0.98 and 0.99, respectively. The 2020-2021 snow season shows more fluctuations compared to the previous season, with greater variability. The lowest accuracy value for the entire analysis period is recorded in early-April 2021 (i.e., 0.74).

Figure 5 shows the spatial distribution of the POD, FAR, and ACC metrics, along with the percentage of cloudy days for each year over the TP. The yearly POD, FAR, and ACC values are generated by summing the total counts of A, B, C, and D values (cf. Table 1) for each valid pixel. Invalid H35 pixels (e.g., cloud, water, no data) are excluded from these calculations.

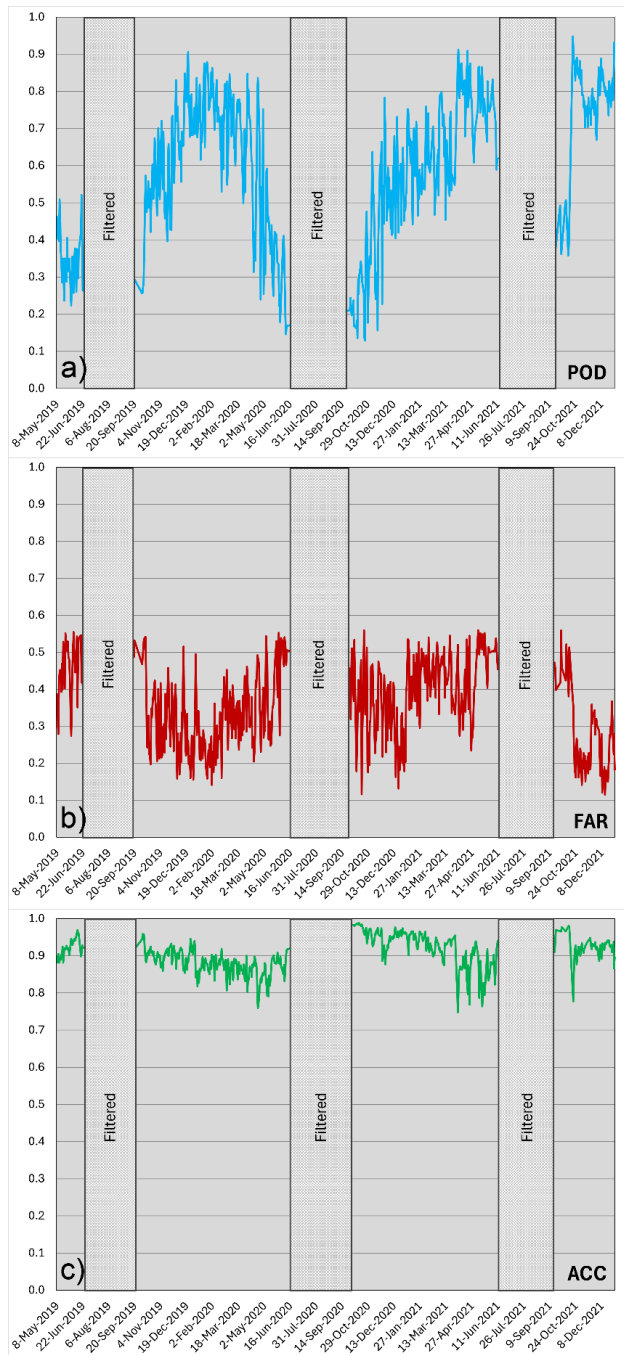


Figure 4. The overall accuracy metrics between May 2019 and December 2021: a) POD, b) FAR, and c) ACC

Meanwhile, the cloud-cover percentage for each pixel is determined by summing the number of cloudy days for that pixel and dividing it by the total number of days in the corresponding year. When reviewing the illustrations for 2019 in Figure 5, it is important to note that the H35 dataset only covers the period from May to December of that year.

The POD values in 2019 are relatively lower compared to those in 2020 and 2021. In the mid-northern, southern, and southeastern regions, lower PODs are observed. However, the POD values in 2021 are clearly better than those in 2020. The distribution of FAR values in 2019 and 2020 shows a similar pattern, with low FARs spread across the entire TP, primarily over the mid and northern latitudes. However, in 2021, the FARs become more concentrated in the northwestern areas. The accuracy values for each year follow a similar distribution pattern across the entire TP, with a yearly decline observed in the high-altitude mid-southern region.

The spatial distribution of cloud-cover percentage in 2019 and 2020 is nearly identical. However, 2021 shows a significant increase in cloud cover across the entire TP, particularly in the southeastern region.

The higher False Alarm Rate (FAR) values observed during the summer months may be influenced by two main factors: cloud misclassification and changes in surface reflectance due to the melting of snow. During the summer, particularly from May to September, cloud cover tends to be more frequent, especially in the southeastern regions of the TP, as shown in Figure 5. Although the H35 product is designed to detect snow cover, it relies on optical spectral channels that are highly susceptible to cloud contamination. As a result, clouds may be incorrectly classified as snow, leading to an increase in FAR.

In addition to cloud misclassification, the summer months coincide with the snowmelt period, where the transition from snow-covered surfaces to exposed vegetation occurs. This change in surface reflectance can cause snow pixels to appear less distinct or even misclassified as non-snow. As snow melts, the underlying vegetation or soil may have a similar spectral signature to partially snow-covered areas, contributing to the increase in FAR during this period.

The spatial distribution of FAR in 2021, with higher concentrations in the northwestern regions, may also reflect these surface changes, where mixed snow and vegetation patterns are more prevalent. Given that the H35 product does not include a gap-filling algorithm, missing data due to cloud cover can further contribute to the higher FAR, especially in regions with significant cloud cover during the summer months.

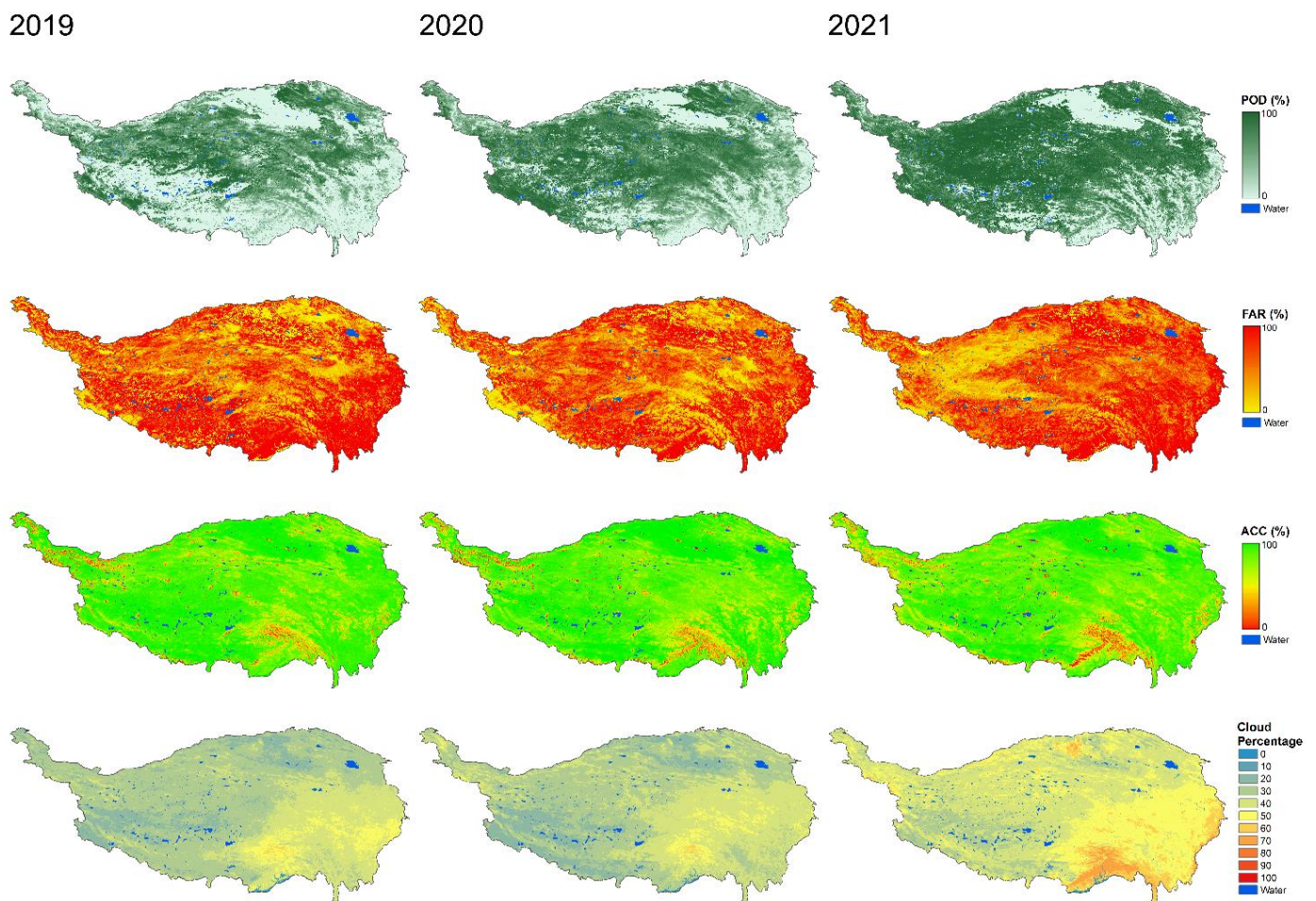


Figure 5. From top to bottom: The spatial distribution of POD, FAR, ACC metrics, and cloud-covered day percentages

Integrating machine learning (ML) models for cloud detection has shown promising results in improving the performance of snow products derived from remote sensing data. Since snow and cloud cover often exhibit similar characteristics in optical channels, traditional snow detection algorithms can struggle with cloud contamination. Machine learning techniques, such as convolutional neural networks (CNNs), have been proposed for more accurate differentiation between snow and clouds in remote sensing images (Zhu and Woodcock, 2014; Matsunobu *et al.*, 2021; Yu and Lary, 2021). These methods leverage multi-scale feature fusion to enhance the model's ability to distinguish between these two types of cover. By integrating such models into existing snow detection systems, the accuracy of snow products could be significantly improved, especially in areas where cloud contamination is a persistent issue. Cloud detection models could filter out false positives in snow mapping, resulting in more reliable snow cover estimates. Additionally, these models can be trained to handle the seasonal and geographical variability of cloud and snow cover, providing more robust snow detection during periods of cloud cover.

4. Conclusions

The validation of satellite-derived snow products is crucial for ensuring the reliability and accuracy of remote sensing data in snow hydrology studies. In this study, we assessed the

performance of the EUMETSAT H SAF H35 fSCA product over the TP from May 2019 to December 2021. By comparing the H35 fSCA estimates with a reference snow cover dataset based on MODIS data and validated through in-situ observations, we aimed to establish the accuracy and fidelity of the H35 product. This validation provides valuable insights into the product's capability for monitoring snow cover in this complex and high-altitude region.

The results show that the H35 product performs well in detecting snow cover across the region, but there are some seasonal and spatial variations in accuracy. The probability of detection (POD) and accuracy (ACC) are generally high during the snow seasons, with peak values observed in the winter months. However, lower POD values occur during the summer, particularly in areas with minimal snow cover. The false alarm ratio (FAR) shows a reverse trend, being higher during the summer months.

Spatial analysis of the metrics reveals some variability across the Tibetan Plateau. Lower POD values are found in the mid-northern and southeastern areas, while accuracy decreases in high-altitude regions. Cloud cover significantly impacts the results, especially in 2021, where an increase in cloud-covered days was observed.

Despite these challenges, the EUMETSAT's H35 product demonstrates reliable performance for snow detection over the TP. Future improvements could focus on enhancing accuracy in complex terrain and addressing the limitations posed by cloud

cover. The validated H35 product can serve as a valuable tool for studying snow cover dynamics in the region, which is important for understanding hydrological and climate processes.

These validation efforts are essential for enhancing the credibility of satellite-derived snow products and expanding their applicability in hydrological and environmental studies. Additionally, the contributions of EUMETSAT H SAF in developing accurate and reliable snow products highlight the significance of collaborative efforts in advancing scientific knowledge. H SAF's commitment to producing high-quality snow data has established a foundation for multidisciplinary research and operational applications in snow hydrology.

References

- Breen, C., Vuyovich, C., Odden, J., Hall, D., Prugh, L., 2023. Evaluating MODIS snow products using an extensive wildlife camera network. *Remote Sensing of Environment*, 295, 113648.
- Brown, R.D., Mote, P.W., 2009. The response of northern hemisphere snow cover to a changing climate. *Journal of Climate*, 22, 2124-2145.
- Brubaker, K.L., Pinker, R.T., Deviatova, E., 2005. Evaluation and comparison of MODIS and IMS snow-cover estimates for the continental United States Using Station Data. *Journal of Hydrometeorology*, 6, 1002-1017.
- Chen, X., Yang, Y., Yin, C., 2021. Contribution of changes in snow cover extent to shortwave radiation perturbations at the top of the atmosphere over the northern hemisphere during 2000–2019. *Remote Sensing Letters*, 13, 4938.
- de Rosnay, P., Fairbairn, D., 2021. H SAF web page. Available at: <https://confluence.ecmwf.int/display/LDAS/H+SAF>, Accessed on 1 August, 2023.
- Dietz, A.J., Kuenzer, C., Gessner, U., Dech, S., 2012. Remote sensing of snow – a review of available methods. *International Journal of Remote Sensing*, 33, 4094-4134.
- Doswell III, C.A., Davies-Jones, R., Keller, D.L., 1990. On summary measures of skill in rare event forecasting based on contingency tables. *Weather and Forecasting*, 5, 576-585.
- Fawcett, T., 2006. An introduction to ROC analysis. *Pattern recognition letters*, 27, 861-874.
- H-SAF_H12_PUM, 2018. Product User Manual (PUM) for product H12 – SN-OBS-3 Effective snow cover by VIS/IR radiometry. Available at: <https://hsaf.meteoam.it/Products/Detail?prod=H12>, Accessed on 30 August, 2023.
- H-SAF_H35_ATBD, 2020. Algorithm Theoretical Baseline Document (ATBD) for product H35 – FSC-H Effective snow cover by VIS/IR radiometry. Available at: <https://hsaf.meteoam.it/Products/Detail?prod=H35>, Accessed on 30 August, 2023.
- H-SAF_H35_PUM, 2020. Product User Manual (PUM) for product H35 – SN-OBS-1P Effective snow cover by VIS/IR radiometry. Available at: <https://hsaf.meteoam.it/Products/Detail?prod=H35>, Accessed on 30 August, 2023.
- Hall, D.K., Riggs, G.A., Salomonson, V.V., 1995. Development of Methods for Mapping Global Snow Cover Using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Data. *Remote Sensing of Environment*, 54, 127-140.
- Huang, Y., Liu, H., Yu, B., Wu, J., Kang, E.L., Xu, M., Wang, S., Klein, A., Chen, Y., 2018. Improving MODIS snow products with a HMRF-based spatio-temporal modeling technique in the Upper Rio Grande Basin. *Remote Sensing of Environment*, 204, 568-582.
- Immerzeel, W.W., van Beek, L.P.H., Bierkens, M.F.P., 2010. Climate change will affect the asian water towers. *Science*, 328, 1382-1385.
- Kuter, S., Akyurek, Z., Weber, G.W., 2018. Retrieval of fractional snow covered area from MODIS data by multivariate adaptive regression splines. *Remote Sensing of Environment*, 205, 236-252.
- Kuter, S., Karaman, Ç.H., Akpınar, M.B., Akyürek, Z., 2022. Validation of EUMETSAT H-SAF space-born snow water equivalent product (H13) for the 2020-2021 snow year over Turkey. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8, 16-21.
- Kuter, S., Karaman, Ç.H., Akpınar, M.B., Akyürek, Z., 2024. From Anatolian Plateau to American Plains: A transcontinental assessment of the EUMETSAT H SAF's new generation snow water equivalent product over Türkiye and the conterminous U.S. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9, 33-40.
- Liu, J., Milne, R.I., Zhu, G.-F., Spicer, R.A., Wambulwa, M.C., Wu, Z.-Y., Boufford, D.E., Luo, Y.-H., Provan, J., Yi, T.-S., Cai, J., Wang, H., Gao, L.-M., Li, D.-Z., 2022. Name and scale matter: Clarifying the geography of Tibetan Plateau and adjacent mountain regions. *Global and Planetary Change*, 215, 103893.
- Matsunobu, L.M., Pedro, H.T.C., Coimbra, C.F.M., 2021. Cloud detection using convolutional neural networks on remote sensing images. *Solar Energy*, 230, 1020-1032.
- Metsämäki, S., Pulliainen, J., Salminen, M., Luoju, K., Wiesmann, A., Solberg, R., Böttcher, K., Hiltunen, M., Ripper, E., 2015. Introduction to GlobSnow Snow Extent products with considerations for accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 156, 96-108.
- Metsämäki, S.J., Anttila, S.T., Markus, H.J., Vepsäläinen, J.M., 2005. A feasible method for fractional snow cover mapping in boreal zone based on a reflectance model. *Remote Sensing of Environment*, 95, 77-95.
- Painter, T.H., Dozier, J., Roberts, D.A., Davis, R.E., Green, R.O., 2003. Retrieval of subpixel snow-covered area and grain size from imaging spectrometer data. *Remote Sensing of Environment*, 85, 64-77.
- Painter, T.H., Rittger, K., McKenzie, C., Slaughter, P., Davis, R.E., Dozier, J., 2009. Retrieval of subpixel snow covered area, grain size, and albedo from MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 113, 868-879.
- Pan, X., Guo, X., Li, X., Niu, X., Yang, X., Feng, M., Che, T., Jin, R., Ran, Y., Guo, J., Hu, X., Wu, A., 2021. National Tibetan Plateau Data Center: promoting earth system science on the third pole. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 102, E2062-E2078.
- Piazzini, G., Tanis, C.M., Kuter, S., Simsek, B., Puca, S., Toniazzi, A., Takala, M., Akyürek, Z., Gabellani, S., Arslan, A.N., 2019. Cross-Country Assessment of H-SAF Snow Products by Sentinel-2 Imagery Validated against In-Situ Observations and Webcam Photography. *Geosciences*, 9, 129.

- Pulliainen, J., Hallikainen, M., 2001. Retrieval of Regional Snow Water Equivalent from Space-Borne Passive Microwave Observations. *Remote Sensing of Environment*, 75, 76-85.
- Pulliainen, J., Luoju, K., Derksen, C., Mudryk, L., Lemmetyinen, J., Salminen, M., Ikonen, J., Takala, M., Cohen, J., Smolander, T., Norberg, J., 2020. Patterns and trends of Northern Hemisphere snow mass from 1980 to 2018. *Nature*, 581, 294-298.
- Rittger, K., Painter, T.H., Dozier, J., 2013. Assessment of methods for mapping snow cover from MODIS. *Advances in Water Resources*, 51, 367-380.
- Romanov, P., Tarpley, D., Gutman, G., Carroll, T., 2003. Mapping and monitoring of the snow cover fraction over North America. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108.
- Saberi, N., Kelly, R., Flemming, M., Li, Q., 2020. Review of snow water equivalent retrieval methods using spaceborne passive microwave radiometry. *International Journal of Remote Sensing*, 41, 996-1018.
- Stillinger, T., Rittger, K., Raleigh, M.S., Michell, A., Davis, R.E., Bair, E.H., 2023. Landsat, MODIS, and VIIRS snow cover mapping algorithm performance as validated by airborne lidar datasets. *The Cryosphere*, 17, 567-590.
- Takala, M., Luoju, K., Pulliainen, J., Derksen, C., Lemmetyinen, J., Kärnä, J.-P., Koskinen, J., Bojkov, B., 2011. Estimating northern hemisphere snow water equivalent for climate research through assimilation of space-borne radiometer data and ground-based measurements. *Remote Sensing of Environment*, 115, 3517-3529.
- Tekeli, A.E., Akyürek, Z., Şorman, A.A., Şensoy, A., Şorman, Ü., 2005. Using MODIS snow cover maps in modeling snowmelt runoff process in the eastern part of Turkey. *Remote Sensing of Environment*, 97, 216-230.
- Vikhamar, D., Solberg, R., Seidel, K., 2004. Reflectance modeling of snow-covered forests in hilly terrain. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70, 1069-1079.
- Wang, Y., Huang, X., Liang, H., Sun, Y., Feng, Q., Liang, T., 2018. Tracking snow variations in the northern hemisphere using multi-source remote sensing data (2000–2015). *Remote Sensing*, 10, 136.
- Wolfe, R., 2013. MODIS Land Digital Elevation Model and Land/Water Mask in the Sinusoidal Grid Version 6.0. Available at: <https://landweb.modaps.eosdis.nasa.gov/data/userguide/DEM.pdf>, Accessed on 30 August 2024.
- Wu, G., Liu, Y., He, B., Bao, Q., Duan, A., Jin, F.-F., 2012. Thermal controls on the Asian summer monsoon. *Scientific Reports*, 2, 404.
- Xiao, X., He, T., Liang, S., Liu, X., Ma, Y., Liang, S., Chen, X., 2022. Estimating fractional snow cover in vegetated environments using MODIS surface reflectance data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 114, 103030.
- Xu, J., Grumbine, R.E., Shrestha, A., Eriksson, M., Yang, X., Wang, Y.U.N., Wilkes, A., 2009. The melting Himalayas: cascading effects of climate change on water, biodiversity, and livelihoods. *Conservation Biology*, 23, 520-530.
- Yan, H., Jianghui, X., 2022. Daily cloud-free snow cover products for Tibetan Plateau from 2002 to 2021. A Big Earth Data Platform for Three Poles Available at: <https://dx.doi.org/10.11888/Cryos.tpd.272204>, Accessed on 1 January 2024.
- Yao, T., Thompson, L., Yang, W., Yu, W., Gao, Y., Guo, X., Yang, X., Duan, K., Zhao, H., Xu, B., Pu, J., Lu, A., Xiang, Y., Kattel, D.B., Joswiak, D., 2012. Different glacier status with atmospheric circulations in Tibetan Plateau and surroundings. *Nature Climate Change*, 2, 663-667.
- Yin, A., Harrison, T.M., 2000. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan Orogen. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 28, 211-280.
- Yu, X., Lary, D.J., 2021. Cloud detection using an ensemble of pixel-based machine learning models incorporating unsupervised classification. *Remote Sensing*, 13.
- Zhang, G., Yao, T., Xie, H., Yang, K., Zhu, L., Shum, C.K., Bolch, T., Yi, S., Allen, S., Jiang, L., Chen, W., Ke, C., 2020. Response of Tibetan Plateau lakes to climate change: Trends, patterns, and mechanisms. *Earth-Science Reviews*, 208, 103269.
- Zhu, Z., Woodcock, C.E., 2014. Automated cloud, cloud shadow, and snow detection in multitemporal Landsat data: An algorithm designed specifically for monitoring land cover change. *Remote Sensing of Environment*, 152, 217-234.



Fen, Sağlık ve Sosyal Bilimler üniversite öğrencilerinin iklim değişikliği hakkında bilgi ve farkındalık düzeylerinin belirlenmesi: Çankırı Karatekin Üniversitesi örneği

Ceyhun Göl¹, Çiğdem Tanrıvermiş¹

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Havza Yönetimi Anabilim Dalı 18200, Çankırı

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 09/08/2024

Kabul Tarihi: 23/12/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1531050>

*Sorumlu Yazar:

drceyhungol@gmail.com

ÖZ

Giriş ve Hedefler Araştırma, Çankırı Karatekin Üniversitesi (ÇAKÜ) öğrencilerinin çevre sorunları ile Küresel İklim Değişikliği bilinç düzeyi, farkındalık, tutum ve davranışlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Yöntemler Bu tanımlayıcı çalışma, fen (Orman Fakültesi), sağlık (Sağlık Bilimleri Fakültesi) ve sosyal (İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi) 1. (Birinci) ve 4. (Dördüncü) sınıflarında 2023-2024

öğretim yılında öğrenim gören toplam 300 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin KİD konusunda farkındalık, tutum ve davranışları yaş, cinsiyet, bölüm ve daha önce konuyla ilgili ders alıp almamalarına göre değerlendirilmiştir. Öğrencilerin dört yıllık üniversite eğitimlerinde konu hakkında ne kadar bilgi sahibi oldukları incelenmiştir. Veri toplama aracı olarak anket formu kullanılmıştır. Anket sonuçları, SPSS paket programında, yüzdeler ve ki kare testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Bulgular Öğrenciler konu hakkında bilgi edinme kaynağı medya (%68,3) ve okul (%23,3) olarak belirtmişlerdir. Öğrencilerin %63,3'ü bu konuda ders almadıklarını, %77,6'sı konu hakkında yeterli eğitim almadıklarını belirtmiştir. Bu çevre felaketinden kendisinin de sorumlu olduğunu düşünen öğrencilerin oranı %90,7 olarak belirlenmiştir. Tüm bölümlerde, dördüncü sınıf öğrencilerinin KİD, enerji tüketimi, KİD'nin nedenleri ve mücadele yöntemleri konularındaki farkındalık düzeyi daha yüksek çıkmıştır.

Sonuçlar Çevre ve KİD konuları üniversitelerin tüm bölümlerinin eğitim müfredatı içerisine mutlak alınmalıdır. Sosyal bölümlerde çevre ve KİD konuları müfredatta daha çok yer almalıdır. Öğrenciler gelecekte KİD'nin kendi hayatlarını olumsuz etkileyeceğini düşünmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çevre, eğitim, müfredat, sürdürülebilirlik

Araştırma Makalesi

Determining the knowledge and awareness levels of Science, Health and Social Sciences university students about climate change: Case study of Çankırı Karatekin University

ABSTRACT

Background and aims This research was conducted to determine the level of consciousness, awareness, attitudes and behaviors of Çankırı Karatekin University (ÇAKÜ) students regarding environmental problems and global climate change (GCC).

Methods This descriptive study was conducted with a total of 300 students studying in the 1st (First) and 4th (Fourth) grades of science (Faculty of Forestry), health (Faculty of Health Sciences) and social (Faculty of Economics and Administrative Sciences) in the 2023-2024 academic year. The students' awareness, attitudes and behaviors regarding GCC were evaluated according to their age, gender, department and whether they had taken a course on the subject before. It examined how much knowledge the students had about the subject during their four-year university education. A survey form was used as the data collection tool. The survey results were evaluated using percentage and chi-square tests in the SPSS package program.

Results The students stated that the source of information about the subject was media (68.3%) and school (23.3%). 63.3% of the students stated that they did not take a course on this subject, and 77.6% stated that they did not receive sufficient education on the subject. The rate of students who thought that they were also responsible for this environmental disaster was determined as 90.7%. In all departments, the awareness level of fourth-year students on GCC, energy consumption, causes of climate change and methods of combating it was found to be higher.

Conclusions Environment and climate change issues should be included in the curriculum of all departments of universities. Environment and GCC issues should be included more in the curriculum in social departments. Students think that GCC will negatively affect their lives in the future.

Key Words: Environment, education, curriculum, sustainability

Bu makaleye atf:

Göl, C., Tanrıvermiş, Ç., 2024. Fen, Sağlık ve Sosyal Bilimler üniversite öğrencilerinin iklim değişikliği hakkında bilgi ve farkındalık düzeylerinin belirlenmesi: Çankırı Karatekin Üniversitesi örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 157-162.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Çevre sorunları, çoğunlukla insanların doğal kaynakları aşırı ve yanlış kullanımı sonucunda ortaya çıkmaktadır. Çevre sorunları insan yaşamını ekolojik, ekonomik, sosyal ve kültürel bakımdan olumsuz etkilemektedir (Oğuz ve ark., 2011; Şenyurt ve ark., 2011). Geçmişte, yerel veya ülkesel boyutta olan çevre sorunları günümüzde küresel boyutlara ulaşmıştır. Bu nedenle 1972 yılında Stockholm Çevre Konferansı ile başlayan çevre sorunlarına çözüm arayışları uluslararası düzeyde birçok platformda ele alınmaktadır (Demir ve Öteleş, 2023). Ülkeler çevre sorunlarını azaltmaya yönelik birçok ulusal ve uluslararası politik, yasal ve yönetsel düzenlemeler yapmaktadır. Bunların yanında ele alınması gereken en temel konulardan bir tanesi ise çevre konusunda bilgili, bilinçli ve duyarlı bireylerin yetiştirilmesidir. Böylece çevre sorunları ile mücadelede bireyden başlayarak, aile, toplum, ülke ve küresel düzeyde daha başarılı olunabilecektir.

Çevre koruma bilincine sahip bireylerin yetiştirilebilmesi için eğitim sistemi içerisinde konu ele alınmalıdır. Birbirine saygılı, insancıl değerlere ve çevre koruma bilincine sahip bireylerin yetiştirilmesine önem verilmelidir. Bunun için eğitimin her kademesinde çevre eğitimi verilmelidir. Türkiye’de hayat bilgisi, sosyal bilgiler, fen veya biyoloji gibi ilk, orta ve lise düzeyinde çevre eğitimi verilmektedir (Akınoğlu ve Sarı, 2009). Üniversite eğitiminde ise fen, sağlık ve sosyal bilimlerinde çevre konusu farklı düzeylerde ele alınmaktadır. Çevre, disiplinler üstü ve toplumun her kesimini ilgilendiren bir konudur. Bu nedenle çevre eğitimi de eğitimin her kademesinde ve her disiplini içine alacak şekilde hayat boyu süren çok boyutlu bir yaklaşım ile ele alınmalıdır (Moseley, 2000). Çevre eğitiminin temel amacı, bireylerin çevre okuryazarlığını yükseltmektir. Çevreye duyarlı, çevre yönetimine ve çevrenin sürdürülebilir şekilde kullanımına motive olan bilinçli bir vatandaş yetiştirmektir. Bu nedenle çevre eğitiminin her düzeyde müfredata entegrasyonu sağlanmalıdır (Marpa, 2020). Böylece birey ve toplumların edindikleri bu bilgileri, tutum ve davranışa dönüştürmeleri sağlanacaktır. Bireyden başlayarak toplumsal çevre bilincinin sağlanması ancak eğitim ile olabilecektir.

Gelecek dönemin en önemli çevre sorunu Küresel İklim Değişikliği (KİD) olarak kabul edilmektedir. Bu çevre felaketi, insanlık ve gezegen için küresel bir güvenlik sorunu olarak ifade edilmektedir (Snow and Snow, 2015; U.S. Global Change Research Program, 2016; Dalal et al., 2018). Bu durum toplum ve devletlerin konuya gereken hassasiyeti göstermesini gerektirmektedir. Geleceğin karar vericileri, yöneticileri ve toplumun temel taşları bugünün öğrencileridir. Bu anlayış ile geleceğe bilinçli birey ve toplumların hazırlanabilmesi için konunun eğitim sistemi içerisine girmesi gerektirmektedir (Teksöz ve ark., 2010; Atasoy, 2015; Yılmaz ve Sayhan, 2016; Aydın, 2017). Çevre ve KİD eğitimi konusunda yürütülen birçok araştırmada (Yolcu, 2014; Yılmaz ve Sayhan, 2018; Özdemir ve Gökçe, 2019; Özbuğutu, 2021; Demirezen ve Kaya, 2022) konu müfredat ve ilgili kitaplar üzerinden yürütülmüştür. Bu tür araştırmalar ise daha çok ilk, orta ve lise eğitim müfredatını ele almaktadır. Millî Eğitim Bakanlığı, 2022-2023 eğitim-öğretim yılında “Çevre Eğitimi” dersini kaldırmış yerine “Çevre Eğitimi ve İklim Değişikliği” dersini getirmiştir. Üniversite eğitim sistemi içerisinde ise çevre konusu bölümün

özelliklerine bağlı kalmaktadır. Sadece ortaokul veya lise değil, lisans düzeyinde de ayırım yapılmadan her kademe ve tüm disiplinlerde çevre eğitimi verilmelidir. Çünkü, çevre eğitimi çok disiplinli ve eğitimin her kademesini ve hatta toplumsal bilinçlenme için eğitim öncesi ve sonrası dönemi de ilgilendirmektedir.

Bu araştırmanın amacı, farklı (fen, sağlık ve sosyal) disiplin ve sınıf düzeyinde eğitim alan üniversite öğrencilerinin çevre koruma ve KİD hakkında bilgi, farkındalık, tutum ve davranışlarını incelemektir. Araştırmanın üniversite müfredat belirleme çalışmalarına ışık tutacağı düşünülmektedir. Araştırma ile üniversite eğitimi içerisinde, KİD konusunun mevcut durumu ve alınması gereken önlemlerin belirlenmesine yönelik bilgiler elde edilecektir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Evren ve örneklem

Kesitsel tipte tanımlayıcı olarak planlanan çalışmanın evrenini ÇAKÜ, fen, sağlık ve sosyal bilimleri alanlarında öğrenim gören 1. ve 4. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Örneklem seçiminde, öğrenci sayıları öncelikle fakülte, sonrasında her bir fakültenin sınıf düzeyine göre orantılı tabakalı örneklem seçimi yöntemi (Aksayan ve ark., 2004) kullanılmıştır. Bölümler ve sınıflar arasında eşit katılımı sağlayabilmek amacıyla çalışmaya katılmaya istekli öğrencilerin listesi oluşturulmuştur. Bu liste içerisinden her bölüm ve sınıftan 50 öğrenci bu listeden basit rastgele yöntem ile seçilmiştir. Çalışma, toplam 300 öğrenci ile yürütülmüştür.

2.2 Veri toplama araçları

Araştırmacılar tarafından literatür doğrultusunda çalışmanın anket soruları hazırlanmıştır. Anket; yaş, cinsiyet, öğrenim görülen bölüm ve sınıf düzeyi ile küresel iklim değişikliğine yönelik bilgi ve farkındalık düzeylerini ölçmeye yönelik 11 (on bir) sorudan oluşmaktadır. Araştırmanın bağımlı değişkeni küresel iklim değişikliğine yönelik farkındalık düzeyi iken bağımsız değişkenler sosyo-demografik özellikler, okuduğu bölüm ve sınıf olarak belirlenmiştir.

2.3. Küresel iklim değişikliğine yönelik farkındalık ölçeği

Ölçek, Deniz ve ark. (2021) tarafından üniversite öğrencilerinde küresel iklim değişikliğine yönelik farkındalığı ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Ölçek, 21 maddeden ve “doğal ve beşerî ortama etkiler”, “küresel organizasyonlar ve anlaşmalara ilişkin farkındalık”, “ortaya çıkaran sebepler” ve “enerji tüketimi ilişkisi” olmak üzere dört alt boyuttan oluşmaktadır. Her bir madde ‘1= Hiç farkında değilim, 2= Farkında değilim, 3= Kararsızım, 4= Farkındayım, 5= Tamamen farkındayım’ şeklinde 5’li likert tipinde kodlanmaktadır. Ölçekten en yüksek 105, en düşük 21 puan alınmaktadır. Yüksek puanlar küresel iklim değişikliğine ilişkin farkındalığın yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca ölçek ve alt boyutları için toplam puan ortalamalarının soru sayısına bölünmesi sonrası; “1-2,33” arası düşük, “2,34- 3,66” arası orta, “3,67-5,00” arası yüksek farkındalık şeklinde yorumlanmaktadır. Orijinal ölçeğin

Cronbach's alpha değeri 0,826 olup mevcut çalışmada bu değer 0,81 olarak hesaplanmıştır.

2.4 Veri toplama süreci

Anket uygulaması her fakülte ve bölümde sınıf ortamında öğrencilerle yüz yüze görüşme yöntemiyle Eylül-Aralık 2023 tarihleri arasında yapılmıştır. Veri toplama araçlarını yanıtlama süresi yaklaşık 15-20 dakikadır.

2.5 Veri analizi

Veri analizinde SPSS 23.0 versiyonu kullanılmıştır. Araştırma grubunun tanıtıcı özellikleri sayı ve yüzde dağılımları ile incelenmiştir. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu belirlenmiştir. Normal dağılım gösteren değişkenlerde iki bağımsız grup arasındaki farkın belirlenmesinde t-testi uygulanmıştır. İki den fazla bağımsız grup karşılaştırmasında one way Anova, normal dağılım göstermeyen değişkenlerde ise iki bağımsız grup arasındaki farkın belirlenmesinde Mann Whitney U Testi, ikiden fazla bağımsız grup karşılaştırmasında Kruskal Wallis H testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

3. Bulgular

3.1 Küresel iklim değişikliğine yönelik farkındalık durumu

Araştırmaya katılan öğrencilerin sosyo-demografik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Ankete katılan öğrencilerin yaş ortalaması $21,30 \pm 3,05$ (Min.= 18, Maks.= 39) olup %61,3'ü kadın, %38,7'si erkerdir. Ankete katılanların %50'si 1. ve %50'si 4. sınıftadır. Öğrencilerin %33,3'ü fen, %33,3'ü sağlık ve %33,4'ü sosyal bilimler alanlarında eğitim görmektedir.

Çizelge 1. Öğrencilerin sosyo-demografik özellikleri ve KİD hakkında düşünceleri

Özellikler	N	%
Yaş (18-39) (Ort. \pm Std. Sap. = $21,30 \pm 3,05$)	300	100
Cinsiyet		
Kadın	184	61,3
Erkek	116	38,7
Sınıf		
1	150	50
4	150	50
Bölüm		
Fen	99	33,3
Sağlık	100	33,3
Sosyal	101	33,4
Küresel İklim Değişikliğine İnanma Durumu		
Evet	287	95,7
Hayır	13	4,3
Küresel İklim Değişikliği Hakkında Bilgi Kaynağı		
Aile	9	3,0
Okul	70	23,3
Medya	205	68,3
Arkadaş	16	5,4
Bölümünüzde İklim Değişikliğine Yönelik Ders Alma Durumu		
Evet	110	36,7
Hayır	190	63,3
İklim Değişikliğine Yönelik Yeterli Eğitim Aldığımı Düşünme Durumu		
Evet	67	22,3
Hayır	233	77,7
İklim Değişikliğinden Etkilenme Durumu		
Evet	256	85,3
Hayır	44	14,7
İklim Değişikliğinin Nedenlerini Bilme Durumu		
Evet	229	76,3
Hayır	71	23,7
İklim Değişikliğine Yönelik Kendisinin Sorumluluk Algısı		
Evet	146	48,7
Hayır	28	9,3
Kısmen	126	42,0

Öğrencilerin %95,7'si Küresel İklim Değişikliğine (KİD) inandığını, %68,3'ü konu hakkında bilgiyi medyadan edindiğini, %36,7'si bu konuda ders aldıklarını belirtmiştir.

Öğrencilerin %77,6'sı konu hakkında yeterli eğitim almadıklarını belirtmiştir. Öğrencilerin %76,3'ü KİD'nin nedenlerini bildiğini ve %85,3'ü KİD'nden kendisinin de etkileneceğini ifade etmiştir. Bu çevre felaketinden kendisinin de sorumlu olduğunu düşünen öğrencilerin oranı %48,7, kısmen sorumluyum diyenlerin oranı ise %42,0 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Öğrencilerin "KİD ile mücadelede neler yapılabilir?" sorusuna verdikleri ilk üç yanıt; ağaç dikmek (%33,7), tüketimi azaltmak (%21,7) ve enerjiyi verimli kullanmak (%17) olmuştur. Öğrencilerin %3,7'si ise bu konuda hiç birşey yapılamayacağını düşünmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Öğrencilerin KİD ile mücadele yöntem önerilerine göre dağılımı

Küresel İklim Değişikliği ile Mücadele Yöntemleri*	Kişi (Adet)	Kişi (%)
Ağaç dikmek	113	37,6
Tüketimi azaltmak	65	21,7
Enerjiyi verimli kullanma	51	17,1
Toplu taşıma	35	11,5
Protestolar	13	4,3
Dernek ve vakıflara destek	12	4,1
Hiçbir şey	11	3,7
Toplam	300	100

*Liste ankete katılan öğrencilerin önerilerine göre oluşturulmuştur.

Araştırmaya katılan öğrencilerin "KİD Yönelik Farkındalık Ölçeği" puanlarının dağılımı Çizelge 3'te verilmiştir. Öğrencilerin, "KİD'in doğal ve beşerî ortama etkilerine yönelik farkındalık" alt boyut puan ortalaması $3,76 \pm 0,78$, "Küresel organizasyonlar ve anlaşmalara yönelik farkındalık" alt boyut puan ortalaması $2,38 \pm 1,03$, "KİD'i ortaya çıkaran sebeplere yönelik farkındalık" alt boyut puan ortalaması $2,58 \pm 1,07$, "KİD'in enerji tüketimine yönelik farkındalık" alt boyut puan ortalaması $3,97 \pm 0,98$ ve toplam ölçek puan ortalaması $3,23 \pm 0,62$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. Araştırma grubunun "KİD Yönelik Farkındalık Ölçeği" puan dağılımı (N= 300)

Ölçek	Ort. \pm Std. Sap.	Min. - Maks.
KİD'in doğal ve beşerî ortama etkilerine yönelik farkındalık	$3,76 \pm 0,78$	1,00 - 5,00
Küresel organizasyonlar ve anlaşmalara yönelik farkındalık	$2,38 \pm 1,03$	1,00 - 5,00
KİD'i ortaya çıkaran sebeplere yönelik farkındalık	$2,58 \pm 1,07$	1,00 - 5,00
KİD'in enerji tüketimine yönelik farkındalık	$3,97 \pm 0,98$	1,00 - 5,00
Toplam	$3,23 \pm 0,62$	1,48 - 5,00

Ort.: Ortalama, Std. Sap.: Standart Sapma, Min.: Minimum, Maks.: Maksimum

Araştırma grubunun bazı özelliklerine göre "KİD Yönelik Farkındalık Ölçeği" puanlarının karşılaştırması Çizelge 4'de verilmiştir. Katılımcıların, öçlekten aldıkları puanlar ile cinsiyet, KİD inanma durumu ve KİD yönelik edindikleri bilginin kaynağı arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Öğrencilerin, öğrenim gördükleri sınıfa göre "KİD Yönelik Farkındalık Ölçeği" ve alt boyutlarından aldıkları puanlar incelendiğinde, 4. sınıf öğrencilerinin "KİD'ni ortaya çıkaran sebeplere yönelik farkındalık" alt boyut puanının 1. sınıf öğrencilerine göre

istatistiksel bakımdan anlamlı derecede ($p>0,05$) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Fen ve sağlık bölümlerinde öğrenim gören öğrencilerin “Doğal ve beşerî ortama etkilerine yönelik farkındalık”, “Küresel organizasyonlar ve anlaşmalara yönelik farkındalık” ve “KİD’in enerji tüketimine yönelik farkındalık” alt boyut puanları ile KİD Yönelik Farkındalık Ölçeği toplam puanlarının sosyal bölümlerde öğrenim gören öğrencilerden anlamlı derecede ($p<0,05$) yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 4).

Öğrenim gördükleri bölümde çevre ve KİD’ne yönelik ders aldığını ifade edenlerin ise, “Doğal ve beşerî ortama etkilerine yönelik farkındalık”, “Küresel organizasyonlar ve anlaşmalara yönelik farkındalık” ve “KİD’i ortaya çıkaran sebeplere yönelik farkındalık” alt boyut puanları ile toplam ölçek puanlarının anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (Çizelge 4).

farkındalık” alt boyut puanları ile toplam ölçek puanları almayanlara göre istatistiksel bakımdan anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). KİD yönelik yeterli eğitim aldığını düşünenlerin ise “KİD’i ortaya çıkaran sebeplere yönelik farkındalık” alt boyut puanının, KİD nedenlerini bildiğini ifade edenlerin “Doğal ve beşerî ortama etkilerine yönelik farkındalık” ve “Küresel organizasyonlar ve anlaşmalara yönelik farkındalık” alt boyut puanları ile toplam ölçek puanlarının, KİD kendisinin de sorumlu olduğunu belirtenlerin de “Doğal ve beşerî ortama etkilerine yönelik farkındalık” alt boyut puanı ve toplam ölçek puanlarının anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (Çizelge 4).

Çizelge 4. Araştırma grubunun bazı özelliklerine göre Küresel İklim Değişikliğine Yönelik Farkındalık Ölçeği puanlarının karşılaştırması (N= 300)

Özellikler		Küresel İklim Değişikliğine Yönelik Farkındalık Ölçeği				
		Doğal ve beşerî ortama etkilerine yönelik farkındalık	Küresel organizasyonlar ve anlaşmalara yönelik farkındalık	KİD’i ortaya çıkaran sebeplere yönelik farkındalık	KİD’in enerji tüketimine yönelik farkındalık	Toplam
		Ort. ± Std. Sap	Ort. ± Std. Sap	Ort. ± Std. Sap	Ort. ± Std. Sap.	Ort. ± Std. Sap
Cinsiyet	Kadın	3,81±0,75	2,36±1,02	2,53±1,05	4,01±0,96	3,24±0,61
	Erkek	3,69±0,83	2,42±1,04	2,66±1,09	3,91±1,00	3,21±0,64
		U*= 100,49	U= 109,70	U= 113,21	U= 993,20	t**= 0,426
		p= 0,394	p= 0,676	p= 0,373	p= 0,304	p= 0,671
Sınıf	1	3,78±0,72	2,38±1,07	2,43±1,04	4,02±1,01	3,22±0,62
	4	3,75±0,84	2,39±0,99	2,73±1,07	3,92±0,94	3,24±0,62
		U= 112,63	U= 114,88	U= 130,46	U= 102,51	t=-0,282
		p= 0,986	p= 0,750	p= 0,016	p= 0,177	p= 0,778
Bölüm	Fen	3,87±0,79	2,61±1,01	2,74±1,10	4,13±0,99	3,39±0,63
	Sağlık	3,87±0,71	2,37±1,04	2,40±1,05	3,97±1,00	3,25±0,59
	Sosyal	3,55±0,80	2,18±1,00	2,60±1,03	3,82±0,93	3,06±0,60
		h***= 136,20	h= 106,50	h= 4,792	h= 7,612	F= 7,198
		p= 0,001	p= 0,005	p= 0,091	p= 0,022	p < 0,001
KİD’ne İnanma Durumu	Evet	3,77±0,78	2,37±1,02	2,58±1,06	3,98±0,98	3,23±0,62
	Hayır	3,58±0,89	2,61±1,21	2,64±1,27	3,87±0,97	3,21±0,69
		U= 160,20	U= 205,00	U= 198,80	U= 170,80	t= 0,113
		p= 0,388	p= 0,545	p= 0,914	p= 0,602	p= 0,910
KİD Bilgi Kaynağı	Aile	3,85±1,00	2,79±0,91	2,69±0,93	4,33±0,84	3,49±0,55
	Okul	3,69±0,80	2,36±0,93	2,57±1,00	3,86±1,03	3,17±0,62
	Medya	3,66±0,78	2,32±1,01	2,58±1,10	3,75±1,02	3,13±0,60
	Arkadaş	3,79±0,77	2,38±1,07	2,57±1,10	4,01±0,96	3,25±0,62
		h= 1,233	h= 1,978	h= 1,466	h= 3,227	F****= 0,872
		p= 0,745	p= 0,577	p= 0,690	p= 0,358	p= 0,456
Bölümünüzde KİD’ne yönelik ders alma durumu	Evet	3,91±0,77	2,54±0,98	2,78±1,06	4,07±0,94	3,38±0,60
	Hayır	3,68±0,77	2,29±1,05	2,47±1,06	3,91±1,00	3,14±0,61
		U= 850,10	U= 872,20	U= 867,30	U= 949,05	t= 3,195
		p= 0,007	p= 0,017	p= 0,014	p= 0,178	p= 0,002
KİD’ne yönelik yeterli eğitim aldığını düşünme durumu	Evet	3,76±0,98	2,37±1,15	2,87±1,08	3,98±1,05	3,27±0,72
	Hayır	3,76±0,71	2,39±0,99	2,50±1,05	3,97±0,96	3,22±0,59
		U= 725,30	U= 810,30	U= 612,10	U= 761,65	t= 0,582
		p= 0,377	p= 0,739	p= 0,007	p= 0,759	p= 0,561
KİD’nin nedenlerini bilme durumu	Evet	3,86±0,75	2,44±1,01	2,56±1,04	4,02±0,94	3,29±0,57
	Hayır	3,46±0,79	2,20±1,09	2,65±1,16	3,84±1,08	3,04±0,72
		U= 534,50	U= 687,30	U= 835,90	U= 745,60	t= 3,028
		p < 0,001	p= 0,049	p= 0,178	p= 0,284	p= 0,003
KİD’ne yönelik sorumluluk algısı	Evet	3,91±0,76	2,47±1,05	2,57±0,01	4,10±0,90	3,34±0,61
	Hayır	3,44±0,93	2,35±1,16	2,78±1,16	3,76±1,17	3,08±0,75
	Kısmen	3,67±0,74	2,28±0,97	2,54±1,11	3,88±1,01	3,14±0,57
		h= 13,443	h= 2,006	h= 1,010	h= 3,806	F= 0,872
		p= 0,001	p= 0,367	p= 0,604	p= 0,149	p= 0,013

U- *Mann-Whitney U testi, t- **Bağımsız Grup t testi, h- ***Kruskal Wallis testi, F- ****One-way Anova testi, Ort.- Ortalama, Std. Sap.- Standart Sapma, (p < 0,05)

4. Tartışma ve Sonuç

Bu araştırma üniversite öğrencilerinin genel olarak çevre ve Küresel İklim Değişikliğine (KİD) yönelik farkındalıklarının orta düzeyde olduğunu ortaya koymuştur. Yüce ve Varar (2023)'de üniversite öğrencileri ile yürüttükleri çalışmada benzer sonuca ulaşmışlardır. Fen ve sağlık bilimleri, konuya yönelik eğitim alan, KİD nedenlerini bilen ve kendisinin de bu konuda sorumlu olduğunu düşünen öğrencilerin farkındalık düzeylerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, mevcut çalışmada olduğu gibi iklim değişikliği konusunda yapılan birçok araştırmanın genel olarak öğrencilerin küresel ısınma konusundaki bilgileri, kavram yanılgıları, KİD' ilişkin farkındalıkları ve farklı boyutları üzerine odaklandığı görülmektedir (Tok ve ark., 2017; Durkaya ve Durkaya, 2018; Salimoğlu ve ark. 2022; Yüce and Varer, 2023).

Araştırma sonuçlara göre üniversite eğitim müfredatında çevre ve KİD hakkında daha çok yer verilmelidir. Bu konuda üniversitelerde daha fazla eğitici ve bilgilendirici faaliyetler düzenlenmelidir.

Araştırmaya katılan öğrencilerin büyük bölümü KİD hakkında bilgi kaynağını medya (özellikle sosyal medya) olarak belirtmiştir. Bu durum ise üniversite müfredatı içerisinde konunun yeterince ele alınmadığını göstermektedir. Diğer taraftan medyanın bu etkisinin olumlu yönde kullanılabileceğini işaret etmektedir.

Bu çalışmada, öğrencilerin büyük bir bölümünün KİD ile ilgili yeterli eğitim ve bilgi almadığı belirlenmiştir. Kaya ve ark., (2010)'da sürdürülebilir kalkınma için Türkiye ve Dünyada çevre eğitimi çalışmalarını inceledikleri çalışmada sürdürülebilirlik konusunda ilk, orta ve yükseköğretimde nitelikli bir çevre eğitiminin vermediği sonucuna ulaşmışlardır. Yürütülen bu çalışma sonuçlarına göre bölümlere göre çevre ve KİD konularında alınan bilgi ve eğitim düzeyleri farklılık göstermiştir. Yazıcı and Babalık (2016) tarafından üniversite öğrencilerinin çevresel farkındalıklarını belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada da benzer sonuca ulaşılmıştır. Öğrencilerin büyük bir bölümü (%90) okullarda çevre konusunu içeren dersler verilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Erdal ve ark., (2013)'de yaptıkları çalışmada benzer bir sonuç elde etmişler ve öğrencilerin yaklaşık %65'inin üniversitelerde çevre dersinin zorunlu bir ders olarak okutulması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Son yıllarda artan çevresel ve iklimsel krizler, eğitim sistemi içerisinde bu konularda ne kadar eğitim verildiği sorusunu ortaya çıkarmıştır. Çeşitli seviyelerdeki öğrenci ve eğitimcilerin bu konuda bilinç, farkındalık, bilgi düzeyi üzerine birçok araştırma (Ceritli, 1996; Wong, 2003; Çabuk ve Karacaoğlu, 2003; Cüre ve Özdener, 2008; Astalin, 2011) yürütülmüştür. Tüm bu araştırmaların ortak sonucu, eğitim sistemi içerisinde ilgili bölümler dışında çevre sorunları, ekoloji ve KİD hakkında yeterli bilgi verilmediği olmuştur. Yılmaz ve Sayhan (2018) sosyal bilgiler ve fen bilimleri lisans programlarını değerlendirdikleri çalışmalarında çevre eğitimi konularının geçtiği zorunlu ve seçmeli derslerin sınırlı olduğunu, sadece fen bilimleri alanında bazı derslerin doğrudan çevre eğitimine yönelik olduğunu tespit etmişlerdir.

Öğrencilerin KİD veya çevre sorunları konusunda bilgi düzeyleri ve sınıf düzeyi yükseldikçe farkındalıkları yükselmekte, buna bağlı olarak sorumluluk ve davranışları

yükselmektedir. Şenel ve Güngör (2009); Biçer ve Vaizoğlu (2015); Durkaya ve Durkaya (2018) çalışmalarında üniversite öğrencilerinin KİD kavramını duyduklarını ancak konunun içeriğine ilişkin farkındalık düzeylerinin değişkenlik gösterdiği bulunmuşlardır. Gelecek dönemde daha bilinçli nesillerin yetiştirilmesinde eğitimin her aşamasında öğrencilere bu konularda bilgi aktarılması gerekmektedir. Özellikle %80'i kurak ve yarı kurak iklimde bulunan, arazilerinin %80'inde erozyon sorunu olan ve her yıl sayısız sel/taşkın, heyelan ve benzer doğal afetlerle can ve mal kayıpları yaşanan Türkiye için bu durum daha büyük önem taşımaktadır. KİD'nin en büyük etkisi küresel ısınma ve su kaynaklarının azalması olarak ortaya çıkmaktadır. Türkiye, kişi başına düşen 1500 m³ kullanılabilir su miktarı ile su kısıtı bulunan ülkeler kategorisinde yer almaktadır (Anonim, 2018). Nüfus artışı ve KİD ile bu durum daha da kötü hale gelecektir. Bu nedenle çevre ve KİD konusunda eğitilmiş ve bilinçli insan yetiştirmenin önemi de daha artmaktadır.

Öğrencilerin çevre sorunları konusunda en kısa, doğru ve kullanılabilir bilgiyi elde etme yolları detaylıca araştırılmalıdır. Elde edilen veriler ışığında üniversite eğitimi içerisinde tüm öğrencilere çevre ve KİD konularında bilgilendirme ve bilinçlendirmeye yönelik eğitim verilmelidir. Bu konuda yürütülen birçok çalışmada (Ullah et al., 2013; Atasoy, 2015; Aktepe ve Temur, 2018; Yüce and Varer, 2023) üniversitelerde eğitim müfredatının çevre ve KİD konularına duyarlı hale getirilmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Bu çalışmada, üniversite öğrencilerinin sosyo-demografik özellikleri ve aldıkları eğitim ile çevre ve KİD arasındaki ilişki incelenmiştir. Kısa ve uzun vadede, üniversite öğrencilerinin çevre ve KİD sorunları konusundaki farkındalıklarını artırmak için neler yapılabileceği tartışılmıştır.

Teşekkür

Bu araştırma TÜBİTAK 2209-A 919B012304564 No.lu Üniversite Öğrencileri Yurt İçi Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Anonim, 2018. On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Ankara.
- Akınoğlu, O., Sarı, A., 2009. İlköğretim programlarında çevre eğitimi. M.Ü. Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi, 30, 5-29.
- Aksayan, S., Bahar, Z., Bayık, A., Emiroğlu, O. N., Erefe, İ. (Edt.), Görak, G., Karataş, N., Kocaman, G., Kubilay, G., Seviğ, Ü., 2004. Hemşirelikte araştırma ilke süreç ve yöntemleri. Hemşirelikte Araştırma ve Geliştirme Derneği (HEMARGE), Ankara.
- Aktepe, V., Temur, M., 2018. Öğretim programlarında çevre eğitimi. R. Sever ve E. Yalçınkaya (Ed.), Çevre Eğitimi, Pegem Akademi. (ss. 131-160).
- Astalin, P.K., 2011. A Study of environmental awareness among higher secondary students and some educational factors affecting it. Int J Multi Discip Res. 1(7), 90-101.
- Atasoy, E., 2015. İnsan doğa etkileşimi ve çevre için eğitim. Sentez Yayıncılık. İstanbul.

- Aydın, F., 2017. Üniversite öğrencilerinin küresel ısınma hakkındaki bilgi düzeylerinin belirlenmesi. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 1(1), 118-132.
- Bıçer, B.K., Vaizoğlu, S.A., 2015. Hemşirelik bölümü öğrencilerinin küresel ısınma / iklim değişikliği hakkındaki bilgi ve farkındalıklarının belirlenmesi. *Hacettepe Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 2(2), 30-43.
- Ceritli, İ., 1996. Çevre sorunları çevre için eğitim ve bir araştırma örneği. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.
- Cüre, F., Özden, N., 2008. Öğretmenlerin bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) uygulama başarıları ve BİT'e yönelik tutumları. *Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34, 41-53.
- Çabuk, B., Karacaoğlu, C., 2003. Üniversite öğrencilerinin çevre duyarlılıklarının incelenmesi, *Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 36(1-2), 189-198.
- Dalal, N., Joshi, A., Soragi, B., Chaudhary, S., Sharma, S., Naidu S., Kazmi, Y., 2018. People's perception to climate change in remote Himalayan mountains and rainfall variability in the Kailash Sacred landscape-India. *Journal of Climatology & Weather Forecasting*, 6(2), 1-3.
- Demir, F. B., Ulukaya Öteleş, Ü., 2023. Öğretmenlerin gözüyle çevre sorunları ve çevre sorunlarına ilişkin çözüm önerileri. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(1), 379-396.
- Demirezen, S., Kaya, E., 2022. Sosyal bilgiler ve fen bilimleri öğretim programı ve ders kitaplarında çevre konuları. *International Journal of Education and New Approaches*, 5(2), 240-265.
- Deniz, M., İnel, Y., Sezer, A., 2021. Awareness scale of university students about global climate change. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 43, 252-264.
- Durkaya, B., Durkaya, A., 2018. Küresel ısınma farkındalığı "Bartın Üniversitesi öğrencileri örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(1), 128-144.
- Erdal, H., Erdal, G., Yücel, M., 2013. Üniversite öğrencilerinin çevre bilinç düzeyi araştırması: Gaziosmanpaşa Üniversitesi örneği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 4, 57-65.
- Kaya, N., Çobanoğlu, M. T., Artvinli, E., 2010. Sürdürülebilir kalkınma için Türkiye'de ve dünyada çevre eğitimi çalışmaları. 6. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, 03-05 Kasım 2010, Türkiye.
- Marpa, E. P., 2020. Navigating environmental education practices to promote environmental awareness and education. *International Journal on Studies in Education*, 2(1), 45-57.
- Moseley, C., 2000. Teaching for environmental literacy. *The Clearing House*, 74(1), 23-24.
- Oğuz, D., Çakıcı, I., Kavas, S., 2011. Yüksek öğretimde öğrencilerin çevre bilinci, *SDÜ., Orman Fakültesi Dergisi*, 12, 34-39.
- Özbuğutu, E., 2021. 2018 İlköğretim ve ortaöğretim programlarında çevre konusunun yeri. *EKEV Akademi Dergisi*, 86, 249-268.
- Özdemir, M., Gökçe, N., 2019. 6. sınıf sosyal bilgiler ders kitabının çevre eğitimi açısından incelenmesi. *Medeniyet Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 61-71.
- Salimoğlu, S., Çağatay, H.T., Akdur R., 2022. Bir grup üniversite öğrencisinin çevreye yönelik davranışlarının ve küresel iklim değişikliği farkındalık düzeylerinin belirlenmesi. 6. Uluslararası 24. Ulusal Halk Sağlığı Kongresi Kitabı, 593.
- Snow, M., Snow, R., 2015. The climate impact of climate change on human health. *Journal of Climatology & Weather Forecasting*, 31, 1-3.
- Şenel, H., Güngör, B., 2009. Üniversite öğrencilerinin küresel ısınma hakkındaki bilgilerinin ve kavram yanılgılarının tespiti. *Education Sciences*, 4, 1207-1225.
- Şenyurt, A., Temel, A. B., Özkahraman, Ş., 2011. Üniversite öğrencilerinin çevresel konulara duyarlılıklarının incelenmesi *S.D.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 8-14.
- Teksöz, G., Şahin, E., Ertepinar, H., 2010. Çevre okuryazarlığı, öğretmen adayları ve sürdürülebilir bir gelecek. *Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(39), 307-320.
- Tok, G., Cebesoy, Ü.B., Bilican, K., 2017. Sınıf öğretmeni adaylarının iklim değişikliği farkındalıklarının incelenmesi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8, 23-36.
- U.S. Global Change Research Program. 2016. The impacts of climate change on human health in the United States: A scientific assessment. Retrieved November 14, 2018.
- Ullah, M.O., Hasan, A., Uddin, T., 2013. Environmental awareness and disaster factors in Bangladesh. *J. Appl. Quant. Methods*, 8(4), 34-42.
- Wong, K.K., 2003. The environmental awareness of university students in Beijing, China. *Journal of Contemporary China*, 12(36): 519-536.
- Yazıcı, N., Babalık, A.A., 2016. Determination of environmental awareness of university students: The case of Süleyman Demirel University (SDU). *Environ. Earth. Sci.*, 75(3), 1-8.
- Yılmaz, O., Sayhan, H., 2016. Sosyal bilgiler ve fen bilgisi eğitimi lisans programlarının çevre eğitimi açısından değerlendirilmesi. *Uluslararası Sosyal Bilgilerde Yeni Yaklaşımlar Dergisi*, 2(2), 9-26.
- Yılmaz, S., Sayhan, H., 2018. Sosyal bilgiler eğitimi lisans programlarını çevre eğitimi açısından değerlendirilmesi. *Uluslararası Sosyal Bilgilerde Yeni Yaklaşımlar Dergisi*, 2(2), 9-26.
- Yolcu, O., 2014. Cumhuriyetten (1923) günümüze (2013) ilköğretim birinci kademe hayat bilgisi ve fen ve teknoloji öğretim programları çevre eğitimi açısından incelenmesi. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı, Aydın.
- Yüce, Y.E.A., Varer, A.C., 2023. Global climate change awareness of students at a University, *Osmangazi Journal of Medicine*, 45(4), 471-479.



Türkiye’de orman alanlarında toprak kirliliği ile mücadelede hukuki çerçevenin değerlendirilmesi

Nilay Tulukcu Yıldızbaş *1

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Çevre ve Orman Hukuku Anabilim Dalı, 34473, Sarıyer, İstanbul

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 17/11/2024

Kabul Tarihi: 27/12/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1586046>

*Sorumlu Yazar:

nilay.tulukcu@iuc.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Toprağın korunması ve çevre kirliliği konusunda Türk hukukunda yasal düzenlemeler bulunmaktadır. Ancak orman alanlarında toprağın korunmasına ilişkin 6831 Sayılı Orman Kanunu’nda özel düzenlemeler yetersizdir. Bu özel düzenlemelerin eksikliği orman alanlarında toprak kirliliği ile mücadelede bazı boşluklar yaratmaktadır. Çevre Kanunu, Türk Ceza Kanunu ve Kabahatler Kanunu gibi genel kanunlarda çevre kirliliğine ilişkin çeşitli hükümler

bulunmaktadır. 6831 Sayılı Orman Kanunu’nda orman alanlarında toprak kirliliğine ilişkin doğrudan açık hüküm olmamasından dolayı gerek yargı kararlarında gerekse doktrinde genel kanun hükümleri uygulanmaktadır. Ancak, ormanların iklim değişikliği ile mücadelede önemli karbon yutak potansiyeli olması, erozyonu ve taşınmayı önlemesi vb. fonksiyonları bakımından özel niteliği gereği, ormanlarda kirlenme eylemine ilişkin farklı cezai yaklaşım uygulanması önemlidir. Ayrıca toprak, sağladığı ekosistem hizmetleri bakımından olduğu kadar tüm ekosistemlerin sürdürülebilir varlığı için önemlidir. Bu çalışmada, özel niteliği gereği orman alanına, dolayısıyla orman toprağına bırakılan atıklara ilişkin hangi kanun hükümlerinin uygulandığı ve yargı kararlarında toprak kirliliğine yönelik yaklaşımlar ele alınmıştır.

Yöntemler Kirliliğe ilişkin literatür taraması ile yargı kararları analiz edilmiş, kirliliğe yönelik Avrupa Birliği düzenlemeleri ve strateji belgeleri ile Türkiye’deki hukuksal düzenlemeler kanun düzeyinde incelenmiştir.

Bulgular Orman alanında toprağa atık bırakılması eylemine karşı toprağın, özel kanun olan 6831 Sayılı Orman Kanunu ile korunması gerektiği yönündedir.

Sonuçlar Orman Kanunu’na getirilecek özel cezai düzenlemeler ile orman alanlarında toprağın özel niteliği vurgulanmalı ve yargı kararlarında özel bir cezai yaklaşım benimsenmeli şeklindedir. Dolayısıyla atık bırakılan alanın orman alanında toprak kirliliğine sebebiyet vermesi halinde, yargı mercilerince cezanın üst sınırına yaklaşıma yönelik bir uygulamanın getirilmesi yerinde olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Atık, kirlilik, orman toprağı, toprak koruma

Evaluation of the legal framework in combating soil pollution in forest areas in Türkiye

ABSTRACT

Background and aims There are legal regulations in Turkish law on soil protection and environmental pollution. However, the specific regulations in the Forestry Law No. 6831 on soil protection in forest areas are insufficient. This lack of specific regulations creates some gaps in combating soil pollution in forest areas. There are various provisions on environmental pollution in general laws such as the Environmental Law, Turkish Penal Code and Law on Misdemeanours. Since the Forestry Law No. 6831 does not have a direct explicit provision on soil pollution in forest areas, the provisions of the general law are applied in both judicial decisions and doctrine. However, due to the special nature of forests in terms of their functions such as being an important carbon sink potential in combating climate change, preventing erosion and transport, etc., it is important to apply a different criminal approach to the act of pollution in forests. In addition, soil is important for the sustainable existence of all ecosystems as well as for the ecosystem services it provides. In this study, due to its special nature, which legal provisions are applied to the wastes left in the forest area and therefore in the forest soil, and the approaches to soil pollution in judicial decisions are discussed.

Methods Literature review on environmental pollution, some judicial decisions are analysed, European Union regulations and strategy documents on pollution and legal regulations in Turkey are examined at the level of law.

Results indicate that the soil should be protected against the act of leaving waste on the soil in the forest area by the Forestry Law No. 6831, which is a special law.

Conclusions Indicate that the special nature of soil in forest areas should be emphasised through special penal regulations to be introduced to the Forestry Law and a special penal approach should be adopted in judicial decisions. Consequently, in the event of waste being deposited in a manner that results in soil contamination within a forest area, it would be judicious to implement an approach that would enable the judicial authorities to impose the maximum penalty permitted by law.

Key Words: Waste, pollution, forest soil, soil conservation

Bu makaleye atf:

Tulukcu Yıldızbaş, N., 2024. Türkiye’de orman alanlarında toprak kirliliği ile mücadelede hukuki çerçevenin değerlendirilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 163-174.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Su, hava ve toprak, canlı yaşamının başlangıcı ve devamında kritik rol oynamaktadır (Keleş, 2015). Çevreyi meydana getiren bu üç unsur, zaman zaman çevresel kirlenme sebebiyle, bozulma tehdidi ile karşı karşıya kalmaktadır (Kılınç ve ark., 2022). Çevresel kirlenme, genel anlamda toprak, su ve havanın kirlenmesi anlamına gelmektedir. Bu üç kirlilik şekli birbiriyle bağlantılıdır (Öztürk, 2017). Su ve hava kirliliğinin yanında atıkların, Türkiye’de öncelikli çevre sorunları arasında olduğu bilinmektedir (ÇŞB, 2023). Atık sorununun başlıca sebepleri; katı atıkların düzensiz depolanması (Çekim ve ark., 2014), uygun işlenememiş hayvancılık atıkları (Gövez ve ark., 2024), madencilik faaliyetlerinden dolayı toprağı kirleten ağır metaller olarak sıralanabilir (Menteşe ve Böbrek, 2019). Atıklar toprak kirliliğine sebebiyet vermekte ve bunun sebepleri arasında vahşi depolanan evsel katı atıklar, yasa dışı atık boşaltımı ve aşırı gübre kullanımı bulunmaktadır (ÇŞB, 2023). İnsan etkisiyle toprak yapısındaki değişim, bozulma ve tükenmeler olabilmektedir. Bunlar; açık ocak madencilik işletmeciliği, erozyon, çoraklık, gübreleme, pestisit kullanımı, evsel atıklar, endüstriyel atıklar, tarım alanlarının tarım dışı kullanımı ve nükleer kirlenme olarak sıralanabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Genel anlamda toprak kirliliği; toprağın, insan faaliyetlerinin etkisiyle fiziksel, biyolojik ve kimyasal yapısının tahrip edilmesidir. Toprak kirliliği, insan sağlığını tehdit etmekte ve ekosistemi olumsuz etkilemektedir (Karaca ve Turgay, 2012). Kirlilikle, ekosisteme verilen zarar, aynı zamanda buradaki canlıların yaşamını tehdit etmektedir (Tolunay, 2021).

Toprak; yapısı gereği, su ve hava kirliliğinden farklı olarak kirlenmeye karşı koyabilme özelliğine sahip olmakla birlikte kirlendikten sonra eski haline gelmesi oldukça güçtür (Tolunay, 1992). Global düzeyde, toprak koruma, toprak kirletici kaynaklarının belirlenmesi ve toprağı iyileştirmeye yönelik çalışmalara önem verilmektedir (Gautam ve ark., 2023; Briassoulis, 2023; Gonzales, 2023; Khan ve ark., 2021; Jia, 2021; Pathan, 2020; Zhou ve ark., 2020). Türkiye’de çevre sorunlarının toprak üzerindeki baskısı ve korumaya ilişkin mevzuatın güçlendirilmesi konusu önemlidir (Tolunay, 1999). Türkiye, zengin iklim, bitki örtüsü ve toprak çeşitliliğine sahiptir (Onur ve Acar, 2017; Nohutçu ve ark., 2019). Bu ekolojik zenginliğin %29,8’ini ormanlar oluşturmakta olup (OGM, 2022) 2028 yılına kadar orman varlığının, ülke toplam alanının %30,3’üne çıkarılması hedeflenmektedir (OGM, 2024). Bu alanların neredeyse tamamı devlet ormanıdır (Ayanoğlu ve ark., 2008; Ayaz ve Gümüş, 2016). Devlet, ormanları mülkiyet ve idare biçimi gözetmeksizin tamamının gözetiminden sorumludur (Anayasa Md. 169). Diğer taraftan ormanlar “*Tabii olarak yetişen veya emekle yetiştirilen ağaç ve ağaççık toplulukları yerleriyle birlikte orman sayılır...*” şeklinde tanımlanmıştır (6831 Sayılı Orman Kanunu Md. 1). Bu tanım, ormanın, birçok canlı ve cansız ekosistem unsurunu barındıran ve bunların birbiriyle etkileşim halinde olduğu bir yaşam birliğini ifade ettiğinin göstergesidir. Orman tanımını; Kanundaki tanımda ifade edildiği şekilde, ağaç ve ağaççık topluluklarıyla olan ilişkisi yerine orman fonksiyonlarına bağlı bir tanım haline getirmenin daha yerinde olduğu açıktır (Ayanoğlu, 1996). Orman gerek iklim gerekse toprak özellikleri bakımından kendine has niteliği olan bir yaşam birliğidir (Çakır

ve Makineci, 2011; Akyüz ve ark., 2016). Toprağın; iklim değişikliği, erozyon kontrolü ve sel önleme gibi ekosistem servisleri bakımından düzenleme etkisi vardır (Bülbül ve ark., 2020). Araştırmalar, ormanların karbon depolama konusunda önem arz ettiğine işaret etmektedir (Tolunay ve Çömez, 2008; Özdemir ve Abdikan, 2024) Ayrıca vejetasyonun yanı sıra toprakta da karbon depolanması söz konusudur (Tolunay ve Çömez, 2008). Türkiye’de ormanların geniş yer tutması ve orman toprağının organik madde içeriğinin yüksek olması sebebiyle Karadeniz Bölgesinde toprak organik karbon miktarı yüksektir (Topçu ve ark., 2022).

Dolayısıyla bu zengin çeşitliliğin korunması ve orman ekosisteminde sürdürülebilirliğin devamı için orman toprağı, özel öneme sahiptir. Toprağın korunmasına ve özellikle toprak kirliliğinin önlenmesine ilişkin bu özel öneme, Türk hukukunda çeşitli düzenlemelerde yer verilmiştir. Başta Anayasa olmak üzere (56. Madde sağlıklı ve dengeli çevrede yaşama hakkı ve ödevler) Türk Ceza Kanunu, Çevre Kanunu ve 3213 Sayılı Maden Kanunu gibi kanunlar ve ilgili yönetmeliklerde toprak kirliliğine ilişkin doğrudan ve dolaylı hükümler bulunmaktadır. Gerek hukuksal düzenlemelerde gerekse yüksek yargı kararlarında toprak kirliliğine ve toprağın korunmasına önem verilmektedir. Bu araştırmada 1) Toprak, toprağın korunması ve toprağı kirlettiği veya kirletme ihtimali taşıdığı kabul edilen atıklara ilişkin Avrupa Birliği (AB) ve ulusal mevzuat, yargı kararları ve yaptırımların incelenmesi; 2) orman topraklarının kirlenmesinin önlenmesine yönelik ülkemiz mevzuatının irdelenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, toprağı bırakılan atıklarla ilgili uygulanan yaptırımların hukuki temelleri ve etkinliği ilgili düzenlemeler ve bazı yargı kararları çerçevesinde analiz edilmiştir. Çalışma, toprak koruma ve toprak kirliliğine yönelik Avrupa Birliği düzenlemeleri ve strateji belgeleri ile Türkiye’de yürürlükte olan kanun ve yönetmeliklerin toprak kirliliği ile ilişkili düzenlemelerini kapsamaktadır. İncelemeler, Çevre Kanunu, Türk Ceza Kanunu, Orman Kanunu ve ilgili diğer hukuksal düzenlemeler çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Mevzuata dair analizler “*mevzuat.gov.tr*” üzerinden erişilebilen mevzuat temel alınarak yapılmıştır. Çalışmada bir puanlama sistemi belirlenerek (Çizelge 1) Avrupa Birliği mevzuatı ile kanun düzeyinde Türk mevzuatı arasındaki uyumluluk genel hatlarıyla analiz edilmiştir (Çizelge 2). Buna göre AB mevzuat ve belgelerin Türk hukukundaki karşılıkları (0-4 puan aralığında) değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, örneğin “AB mevzuatına kıyasla Türk mevzuatında doğrudan hukuksal düzenlemeler bulunmakta ve bu düzenlemeler oldukça yeterli durumda ise, iç hukuktaki ilgili düzenleme 4 tam puan almaktadır. Böylelikle dokuz (9) adet yasal belgenin 4 tam puan aldığı hesaplamada toplam puan otuz altı (36) olacaktır” şeklindedir ve sonuçta yüzdellik hesabı ile mevzuatların uyum oranı gösterilebilecektir.

Çizelge 1. Mevzuat uyumluluk analizine yönelik puanlama sistemi

Puan	Açıklama
0	Türk Hukukunda herhangi bir hukuksal düzenleme bulunmamaktadır
1	Türk Hukukunda dolaylı hukuksal düzenlemeler bulunmaktadır, ancak yetersizdir
2	Türk Hukukunda dolaylı hukuksal düzenlemeler bulunmaktadır, yeterlidir
3	Türk Hukukunda doğrudan karşılığı olan hukuksal düzenleme bulunmaktadır, yeterlidir
4	Türk Hukukunda doğrudan hukuksal düzenlemeler bulunmaktadır, oldukça yeterlidir

Mevzuat analizi sırasında, toprak kirliliği ve orman alanında toprağa atık bırakma fiilleri ile ilgili düzenlemeler, bu fiillere ilişkin öngörülen yaptırımlar ve cezai yaklaşımlar ele alınmıştır. İlgili hukuki düzenlemelerdeki yaptırımların ne şekilde uygulandığı, ceza indirimi veya cezanın üst sınırına yaklaşma gibi unsurlar dikkate alınmıştır. Ayrıca, çalışmada yüksek yargı organlarının çevre kirliliği, toprağa bırakılan atıklara ilişkin kararları incelenmiştir. Bu inceleme kapsamında, “*toprak kirliliği*”, “*orman toprağı*”, “*toprak, atık, orman*” ve “*orman, toprak, kirlilik*” anahtar kelimeleri kullanılarak yargı kararları taranmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Yargı kararlarının içeriği, toprak kirliliğine neden olan eylemlerin orman alanları ile ilişkilendirilmesi, uygulanan yaptırımların çevre hukuku açısından değerlendirilmesi ve mahkemelerin cezai yaklaşımları çerçevesinde ele alınmıştır.

Analiz edilen yargı kararları ve mevzuat hükümleriyle, orman alanında toprağın korunmasına yönelik yaptırımların etkinliği, bu yaptırımların nasıl uygulandığı ve çevre kirliliğine yönelik yasal düzenlemelerin orman alanındaki toprak açısından ne ölçüde yeterli olduğunun ortaya koyulması amaçlanmıştır.

3. Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde Avrupa Birliği (AB) 2030 toprak stratejisi ve sağlıklı topraklara kavuşma hedefi, Türk hukukunda toprak ve toprak kirliliğine ilişkin genel esaslar ve AB mevzuatı ile uyum, çevre kirliliği ve toprak kirliliğine ilişkin yaklaşımlar ve Türkiye’de orman alanlarında toprağın korunmasına dair cezai yaklaşımlar ele alınmıştır.

3.1 Avrupa Birliği (AB) 2030 toprak stratejisi ve sağlıklı topraklara kavuşma hedefi

AB topraklarının %70’inin sağlıklı olmadığı ve bu alanların erozyon, karbon, arazi kullanımındaki artış ve kirlilik gibi temel tehditlerle karşı karşıya olduğu tespit edilmiştir (Panagos ve ark., 2022; European Commission: Directorate-General for Research and Innovation, 2020). Sağlıklı topraklara kavuşulması için, toprağı koruma tedbirlerine yönelik planlama, uygulama ve izleme çalışmalarının etkin yürütülmesi önem arz etmektedir (Ediş ve ark., 2021). Bu bağlamda Avrupa Birliği, orta ve uzun vadeli hedefleri çerçevesinde 2030 ve 2050 yılları için sağlıklı topraklara kavuşulması gerektiğinin elzem olduğunu vurgulamaktadır (EU Soil Strategy for 2030, 2021). Avrupa Yeşil Mutabakat ile bağlantılı olarak AB 2030 Toprak

Stratejisi ile orta vadeli hedefler kapsamında 2030 yılına dek bozulmuş ve karbon açısından zengin toprakların restorasyonu, çölleşmeyle ve kuraklıkla mücadele çabaları, arazi kullanım değişiklikleri ve ormancılık (LULUCF) sektörü için hedeflenen sera gazı emisyon değerlerine ulaşılması ve kirliliğin iyileştirilmesi konularına dikkat çekilmektedir (EU Soil Strategy for 2030, 2021). 2050 yılına dek toprak kirliliği seviyesinin, insanlar ve ekosistem için kabul edilebilir seviyelere indirilmesi öncelikli görülmektedir (EU Action Plan, 2021). Ancak AB politika belgelerinde doğrudan toprak korumasına yönelik bağlayıcı belge bulunmamakla birlikte farklı yasalarda kirliliğin azaltılması, sera gazı azaltımı ve çevresel tahribatın önlenmesine yönelik tedbirler konusunda yasal belgeler vardır. Bunlar; Çevresel Sorumluluk Direktifi, Doğa Restorasyon Yasası, Endüstriyel Emisyonlara İlişkin Direktif, Çevresel Etki Değerlendirme Yönergesi, Kanalizasyona İlişkin Direktif, Gübre Yönetmeliği, Civa Yönetmeliği, Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık Yönetmeliği ve Ortak Tarım Politikasıdır. Strateji belgeleri ise; AB 2030 Toprak Stratejisi, Yeşil Mutabakat, Tematik Toprak Stratejisi, 2030 Biyoçeşitlilik Stratejisi, Sıfır Atık Eylem Planı ve Orman Stratejisi belgeleridir (EU Soil and Land, 2024). Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri doğrultusunda (Hedef 15. ve 15.3) 2030 yılına dek tahrip edilmiş toprakların eski hale getirilmesi ve arazi bozulmasının nötr hale gelmesi hedeflenmektedir (Heuser, 2022). 2050 yılına dek sağlıklı topraklara kavuşulması ve böylece sıfır kirlilik ile dirençli çevre elde edilmesi birliğin hedefleri arasındadır (Panagos ve ark., 2022). Bu bağlamda çalışmanın sonraki bölümünde ayrıca, toprak korumaya ilişkin genel esasların ardından AB mevzuatı ile Türk mevzuatının uyumu konusunda genel hatlarıyla kanun düzeyinde bir mevzuat analizi yapılmıştır.

3.2 Türk hukukunda toprak ve toprak kirliliğine ilişkin genel esaslar ve AB mevzuatı ile uyum

Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, herkesin sağlıklı ve dengeli yaşama hakkına sahip olduğunu ve çevre sağlığının korunması ve kirlenmesinin önlenmesi ödevini devlete ve vatandaşlara vermiştir (Özkan, 2022; Demir, 2023). Çevre Kanunu’nda toprak koruma ve toprak kirliliğine ilişkin toprağın korunmasına, kirliliğinin önlenmesi ve doğaya yeniden kazandırma vb. çalışmalara yönelik esasların yönetmelikle belirleneceği belirtilmiştir (Ek Md. 1). Ayrıca Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu¹ Toprak kirliliğinin izlenmesi ve önlenmesi konusunda valiliklere yükümlülük vermiştir. Buna göre “...*Toprağı kirleten ve bozan olumsuz etkilerin izlenmesi ve giderilmesi için gerekli tedbirleri Valilikler alır veya aldırır izlenmesi ve giderilmesi için gerekli önlemleri alır ve aldırır*” hükmü gereğince toprağı kirletenlere Çevre Kanunu hükümlerinin uygulanacağı belirtilmiştir (5403 Sayılı Kanun Md. 16). Çevre Kanunu’nda çevresel kirlenmenin önlenmesi ve çevrenin korunması ile ilgili usul ve esaslara yer verilmiş olup, tedbir almayanlar ve usul ve esaslara uymayanlara ilişkin yaptırımlar Türk Ceza Kanunu’nda belirtilmiştir. Bu bağlamda çevre kirliliğine sebebiyet verme ve izinsiz atık bırakma fiili Türk hukukunda suç ve kabahat şeklinde yer almaktadır (Yıldızbaş ve Elvan, 2021). Ancak Toprak Koruma ve Arazi

¹ Kanun Numarası ve Kabul Tarihi: 5403: 3/7/2005.

Kullanımı Kanununda yukarıda belirtilen hüküm gereğince cezai yaklaşım bakımından ayrıca Türk Ceza Kanunu'na bir atıf yapılmadığı görülmektedir.

Alıcı ortamlar olan toprak, su ve havaya teknik usullere aykırı biçimde kasıtlı atık bırakılması, çevrenin kasten kirletilmesi fiilini oluşturmaktadır (Türk Ceza Kanunu Md. 181). Çevrenin kasten kirletilmesi suçu ile tehlike suçunu içeren Çevre Kanunu, benzer biçimde kirletme yasağını hüküm altına almıştır (Çevre Kanunu Md. 8). Bunun yanı sıra aynı Kanun, kirlenme ihtimalinden söz etmektedir. Ayrıca kirlenme ihtimali durumunda ilgililerin kirlenmenin önlemesini ve kirlenmenin oluşması durumunda kirletenin, kirliliği durdurmak, etkilerini gidermek ve en aza indirmesine ilişkin sorumluluğu belirtilmiştir. Çevrenin taksirle kirletilmesi ise Türk Ceza Kanunu'nda (182. Md.) yer almaktadır. Ayrıca Çevre Kanunu'nda (8. Md.) suçun unsuruna karşılık “çevreye zarar verme ihtimalinden” söz edilmektedir. Diğer taraftan Türk Ceza Kanunu cezanın artırılmasına ilişkin nitelikli halleri hüküm altına almıştır. Buna göre nitelikli halleri; “atıkların toprakta, suda ve havada kalıcı özellik göstermesi durumunda bu atıkların insan veya hayvanlarda tedavisi güç hastalıklar meydana getirmesine, üreme yeteneğinin körelmesine, hayvanların veya bitkilerin doğal özelliklerini değiştirmeye neden olabilecek etkilerinin olmasına” bağlamıştır.

Burada sözü edilen atıkların toprakta kalıcı özellik göstermesi hali ve devamına, konu özelinde bakıldığında; Çevre Kanunu² ve ilgili yönetmelikte öngörülen sınırlamalara aykırı olarak ya da önlem alınmada toprağa atık bırakmanın yaptırımı olduğu belirtilmektedir. İlgili yönetmelikte *Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmeliğe* göre doğrudan ya da dolaylı şekilde atıkların toprağa verilmesi, depolanması benzeri faaliyetler yasaklanmıştır. Bu yönetmelikte atık tanımı şu şekilde yapılmıştır; “Herhangi bir faaliyet sonucunda oluşan, çevreye atılan veya bırakılan, 5/7/2008 tarihli ve 26927 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmeliğin EK-1'inde yer alan sınıflardaki herhangi bir maddedir”. Ancak bu yönetmelik 02.04.2015 tarihinde yürürlüğe giren “Atık Yönetim Yönetmeliği” ile yürürlükten kaldırılmış olup, yeni yönetmelikte atık; “Üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyali” şeklinde tanımlanmıştır. Buna göre yeni yönetmelik, “Ek-4 listesinde yer alan atıklar ile genişletilmiş üretici sorumluluğu çerçevesinde yönetimi sağlanan elektrikli ve elektronik eşya, ambalaj, araç, pil ve akümülatör ürünlerini” kapsamaktadır.

Alıcı ortam olan toprağa atık bırakılması fiilinin yargılamaya konu edilmesi durumu; genellikle söz konusu atığın bilimsel analizi ile mümkün olabilmektedir. Uzman raporunun esas alınarak ve teknik usullere aykırı olarak atığın alıcı ortam olan toprağı dolayısıyla çevreyi kirletmesi durumu TCK. İlgili maddelerine istinaden suç teşkil etmektedir. Suç tarihinin tespitinde bazı farklılıklar olabilmektedir. Örneğin deniz dibine atık bırakılması, varil içerisinde toprağa gömülmesi gibi dolaylı durumlarda tehlike olasılığının oluşması ile toprağı kirletmesi

halinin gerçekleşmesi belirli süre gerektirebilmektedir. Bu durumda tehlikenin ortadan kaldırılması durumu suçun ihbarı vb. hallerde meydana gelebilmektedir. Yargıtay'ın bir kararında³ atık dolu varillerin toprağa gömülmesi fiilinin ihbar üzerine tespit edildiği ve sanığın eyleminden olası tehlike veya zararlı sonucu engelleme yükümlülüğünün doğduğundan söz edilmiştir.

Yukarıda sözü edilen hukuksal düzenlemeler kapsamında çalışmada ayrıca toprak korumaya ilişkin AB mevzuatı ile Türk mevzuatının uyumu konusunda genel hatlarıyla kanun düzeyinde puanlama sistemi belirlenerek mevzuat analizi yapılmıştır (Çizelge 2).

3.3 Çevre Kirliliği ve Toprak Kirliliğine İlişkin Cezai Yaklaşımlar

Çalışma kapsamında ayrıca ⁴toprak koruma ve kirliliği ilişkin toplam 192 karar incelenmiş olup, ilgili olduğu tespit edilen 40 karar, toprak kirliliğine neden olan eylemlerin orman alanları ile ilişkilendirilmesi, uygulanan yaptırımların çevre hukuku açısından değerlendirilmesi Yargıtay'ın cezai yaklaşımları çerçevesinde analiz edilmiştir (Ek 1.).

Yargı kararları incelendiğinde kararların çoğunlukta, orman alanlarındaki toprak ile doğrudan ilişkili olmadığı görülmektedir. Çevreyi kasten kirletme eylemleri çoğunlukla alıcı ortamlara zarar verme şeklinde gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Bunlar genellikle endüstriyel atık suyun arıtılmadan doğaya bırakılması, kimyasal atıkların yasadışı şekilde toprağa verilmesi gibi eylemlerin, çevrenin korunması açısından ciddi tehditler oluşturduğu görülmektedir. Bu kararların içeriği, orman hukukunda toprağın korunmasına dair cezai yaklaşımlarla birlikte daha kapsamlı değerlendirilebilecektir.

3.4 Türkiye'de orman alanlarında toprağın korunmasına dair cezai yaklaşımlar

6831 Sayılı Orman Kanunu'nda (Md.14/f fıkrası gereği) devlet ormanlarına “...yıkıntı veya inşaat atığı atmak ya da hafriyat veya çöp dökmek” yasaklanmıştır. Buna göre devlet ormanına hafriyat atıkları veya çöp dökülmesi orman suçu sayılmış (Ek:23/3/2023-7442/9 Md.), Orman Kanunu'nun 94. Maddesinde Türk Ceza Kanunu'nun ilgili hükümlerinin uygulanacağı konusunda yaptırıma bağlanmıştır (Ek fıkra:23/3/2023-7442/21 Md.). Burada dikkat çeken husus, Kanunda, “Nakil vasıtaları ile ormanlara yıkıntı veya inşaat atığı atmak”, “hafriyat veya çöp dökmek” şeklinde hareket şekillerinin tanımlanmış olmasıdır. Bunların dışında herhangi bir kirletme fiilinin gerçekleşmesi hali diğer deyişle başka usullerle toprağı kirletme hali Orman Kanunu'nda, ilgili maddede suç olarak tanımlanmamış olup Kanunda bu şekilde fiillerin sıralı sayılarak düzenlenmesi söz konusudur. Burada aslında orman toprağını kirleten her türlü fiilin yasak olduğu açıkça belirtilmemiştir. Belirtilen hareket şekilleri dışındaki fiillerin orman toprağını kirlenmeye sebep olması halinde genel kanun olan Çevre Kanunu'nda ve Türk Ceza Kanunu'nda

² 2872 Sayılı Çevre Kanunu Ek Madde 1 – (Ek: 26/4/2006-5491/23 Md.) ve 20. Madde.

³ Yargıtay 4. Ceza Dairesi E. 2012/29222 K. 2014/36058 T. 15.12.2014

⁴ Kazancı içtihat bilgi bankası aracılığıyla (<https://lib.kazanci.com.tr/yargitay/>).

çevrenin kirlenmesine ilişkin hükümler uygulanabilir. Orman Kanunu, ilgili maddede doğrudan bu konuda Türk Ceza Kanuna atıfta bulunmuştur ancak Orman Kanunda açıkça hangi TCK hükümlerinin uygulanacağı belirlenmemiştir. Bu hususta ekosistemin tahribatına, orman toprağının kirlenmesine yönelik Orman Kanunda açıkça düzenleme yapılmamıştır. Orman Kanunu'nda, bu konuda Çevre Kanunu 20/k maddesine atıf yapılabilir. Ancak uygulamada genel kanuna başvurularda orman idaresinin Çevre Kanunu 20/k maddesine istinaden tazminat talep etmesine engel bir durum yoktur ve hukuki açıdan bu yola başvurulabilir. Bununla birlikte ayrıca toprağın kirlenmesinde tazminat öngörülmemiştir. Ancak kanuna atıf yapılmaması, bu hukuki yolun kullanılmayacağı anlamına gelmemektedir. İdari para cezası Orman Kanunu'nda düzenlenmediği için genel kanuna gidilebilmektedir. Diğer

tarafından burada, Orman Kanunu'nda tanımlanan "çöp, atık, hafriyat" ile kirliliğin sınırlandırılması söz konusudur. Çöp ile ilgili bir yorum yapmak gerekirse; ormanlarda her türlü evsel, kimyasal, tehlikeli, katı ve sıvı... vb. ormana zarar verecek atıklar, her türlü atık şeklinde geniş anlamda tanımlanmıştır. Kanunda atık yerine daha geniş bir ifade olan "çöp" ifadesi kullanılmıştır. Bu madde hükmüne göre örneğin; ormana pet şişe bırakan ve bundan dolayı hem orman toprağının hem de ormanda yaşayan canlıların zarar görmesine sebep olan kimseye de Türk Ceza Kanunu'nun ilgili hükmü uygulanabilir. Dolayısıyla ormanda kasten çöp bırakılmasa dahi ormanlara dikkat ve özen yükümlülüğüne aykırı olarak taksirle orman toprağına çöp bırakılması hali ile de suçun manevi unsuru gerçekleşmiş olacağı için suç işlenmiş sayılabilecektir.

Çizelge 2. AB mevzuatı ile Türk mevzuatının kanun düzeyinde karşılaştırılması

AB mevzuatı	Puan	Türk Mevzuatı
Çevresel Sorumluluk Direktifi	2	Medeni Kanun Borçlar Kanunu Çevre Kanunu Türk Ceza Kanunu
Doğa Restorasyon Yasası	2	Çevre Kanunu Maden Kanunu Orman Kanunu Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun
Endüstriyel Emisyonlara İlişkin Direktif	3	Çevre Kanunu Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine Yönelik Kyoto Protokolü
Çevresel Etki Değerlendirme Yönergesi	4	Çevre Kanunu Orman Kanunu
Kanalizasyona İlişkin Direktif	1	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun
Gübre Yönetmeliği	1	Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname Gübre Kanunu (Taslak)
Cıva Yönetmeliği	2	7360 sayılı Kanun (Türkiye sözleşmeyi 24 Eylül 2014 tarihinde imzalamıştır). Çevre Kanunu Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakk. KHK.
Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık Yönetmeliği	4	Orman Kanunu Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu Maden Kanunu Mera Kanunu Kıyı Kanunu Turizmi Teşvik Kanunu Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun
Ortak Tarım Politikası	4	4648 sayılı Hayvan Sağlığı ve Zabıtası Kanununda Değişiklik Yapılması Hk. Kanun Hayvan Islahı Kanunu Şeker Kanunu 4733 Sayılı Tütün Kanunu vd. mevzuat (Şentürk, 2007).

Çevreyi kirlenme eyleminin suç teşkil edebilmesi için "Türk Ceza Kanunu'nun 181. ve 182. Maddelerine göre" değerlendirmeler yapılabilmektedir. İlgili maddelere göre, söz konusu atık bırakma eyleminin cezai karşılığı hapis cezası veya adli para cezası olabilmektedir. Bu kapsamda devlet

ormanlarına bırakılan atığın, alıcı ortam olan toprağına nüfuz etmesi, toprak yapısını tahrip etmesi hallerinde ve hatta zarar tehlikesi durumunda suç oluşmuş olacaktır. Bu halde yukarıda belirtildiği şekilde orman idaresi memurları bu fiil hakkında Orman Kanunu ile Türk Ceza Kanunu'nun ilgili maddelerine

göre zabıt tutabilirler. Diğer taraftan kirliliğin gerçekleştiği yer önem arz etmektedir. Nitekim “2873 Sayılı Milli Parklar Kanunu, 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, Çevre Kanunu’na” göre Özel Çevre Koruma Alanlarına özel değerlendirmenin yapılması gerekmektedir. Bu durumda atık bırakılan alanın, milli park, tabiat alanları, tabiat anıtları, tabiatı koruma alanlarında veya özel çevre koruma alanlarında ya da sit alanında gerçekleşmesi durumunda cezai yaklaşımlar değişmektedir. Örneğin kirliliğin sit sahasında gerçekleşmesi iki yıldan beş yıla kadar hapis ve beş bin güne kadar adli para cezasıyla cezalandırılır (2863 Sayılı Kanun 65. Md.). Milli parkta gerçekleşmesi halinde altı aya kadar hapis veya adli para cezası ile karşılaşılmaktadır (2873 Sayılı Kanun 21. Md.). Kirlilik ile ilgili karşılaşılan husus ormana hafriyat ve inşaat atığı bırakılmasına ilişkindir. Bu eylemin cezai karşılığı Çevre Kanunu’nun 20/r maddesinde “*Usul ve esaslara aykırı olarak atık toplayan, taşıyan, geçici ve ara depolama yapan, geri kazanan, geri dönüşüm sağlayan, tekrar kullanan veya bertaraf edenlere 433.018 Türk lirasından 1.732.078 Türk lirasına kadar, ithal edenlere 1.443.397 TL idarî para cezası verilir*” şeklindedir. Yargıtay’ın bir kararında⁵ orman kadastrusu kesinleşmiş olan alana hafriyat dökülmesi ve katı atık depolanması ile orman işgal ve faydalanma suçunun işlendiğine hükmedilmiştir. Kararda, Orman Kanunu’nun 16. 17. ve 93. Maddelerine göre değerlendirmeler yapılmıştır. Diğer taraftan bir başka kararda⁶, işletme ruhsat alanı dışında kalan orman sayılan alanda hafriyat ve pası dökümüyle toprak muhafaza karakterinin bozulmuş olduğu ve çam ağaçlarının yok edilmesinin tespiti ile ormana izinsiz hafriyat dökülmesi eyleminde bulunarak orman işgal ve faydalanma suçunun oluşup oluşmadığının değerlendirilmesi yapılmıştır. İlgili kararda ilk derece mahkemesinin işgal ve faydalanma suçunun oluştuğuna dair görüşü onanmıştır. Ancak karşı oy gerekçesinde “...Sanıklarda işgal ve faydalanmaya yönelik temellük etme kasıplarının varlığının aranmadığından...” söz edilmektedir. Nitekim buna benzer değerlendirmeler önem arz etmektedir. Örneğin, maden ocağına giden yol inşası vb. eylemlerde olduğu gibi işgal ve faydalanma suçunun tüm meydana geliş şekillerinde temellük kastı bulunmadığı görüşü bulunmaktadır (Ayanoglu ve ark., 1993). Tehlikeli atık konusunda ise Çevre Kanunu’nun 20/v maddesine aykırılık teşkil etmesi durumunda “...tehlikeli atıkları toplayan, ayıran, geçici ve ara depolama yapan, geri kazanan, yeniden kullanan, taşıyan, ambalajlayan, etiketleyen, bertaraf eden ve ömrü dolan tehlikeli atık bertaraf tesislerini kurallara uygun olarak kapatmayanlara idarî para cezası verilir” hükmü uygulanmaktadır. Burada söz konusu eylemlerin orman toprağına nüfus edecek şekilde gerçekleşmesi veya tehlike ihtimalinin olması durumunda yargılama süreci 6831 Sayılı Kanun’a göre değerlendirilmelidir. Bu durumda ormana zarar verme fiiline ilişkin değerlendirmenin yapılabilmesi için sanığın kastının olup olmadığının tespiti ile suça konu atığın cinsinin belirlenmesi öncelikli önem arz etmektedir.

4. Değerlendirme

Bu çalışma, orman alanındaki toprağın ekosistem sağlığı açısından taşıdığı özel öneme odaklanmaktadır. Ormanlar bu bakımdan karbon depolama kapasitesinin yanı sıra erozyon kontrolü, toprak stabilitesi ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi kritik ekosistem hizmetleri sunmaktadır. Türkiye’deki orman alanlarının yaklaşık %30 gibi önemli bir oranla ülkenin biyolojik ve ekolojik dengeye katkı sunduğu göz önüne alındığında, orman toprağının diğer toprak türlerinden farklı bir cezai ve idari yaklaşımla korunması gerektiği açıktır.

Araştırma, hukuksal düzenlemelerde bulunan cezai yaklaşımların, orman alanındaki toprağın çevresel kirlenmeye karşı özel bir önemle korunmadığını göstermektedir. Özellikle 6831 Sayılı Orman Kanunu’nun orman topraklarına yönelik çevresel kirliliği engelleyecek açık ve kapsamlı düzenlemeler içermemesi, bu tür kirlenme eylemlerine karşı genel kanun hükümlerine başvurmayı gerektirmektedir. Ancak, belirtilen idari para cezası hükümlerinin, orman alanlarındaki toprak için en az yarı oranda artırılması gerekliliği, orman ekosistemine yönelik farklılaştırılmış bir koruma yaklaşımı geliştirilmesi ihtiyacını ortaya koymaktadır. Ormanlar, iklim değişikliğiyle mücadelede karbon yutak kapasitesine sahip olması bakımından önemlidir ve bu nedenle de çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine uygun olarak korunmalıdır. Bu nedenle Türkiye’deki mevcut çevre koruma düzenlemelerinin Avrupa Birliği çevre koruma standartları ile daha uyumlu hale getirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Paris Anlaşması ve AB toprak stratejisi bağlamında Türkiye’de çevresel cezaların caydırıcılığının artırılması, özellikle orman toprağının korunması için daha detaylı yasal düzenlemeler geliştirilmesi önemli olacaktır. Ayrıca, Paris Anlaşması kapsamında Türkiye’nin karbon yutak alanlarını koruma yükümlülüğü, orman toprağı gibi stratejik karbon depolama alanlarının korunmasını ve kirliliğe karşı cezai düzenlemelerle bu korumanın desteklenmesini gerekli kılmaktadır. Bu çerçevede, orman topraklarını kirlenme fiillerine yönelik cezaların üst sınırdan uygulanması, Paris Anlaşması ile uyumlu bir çevre politikası geliştirmenin bir gerekliliği olarak değerlendirilmelidir. Türkiye’nin karbon emisyonlarını azaltma hedeflerine ulaşması için orman alanlarındaki toprağın etkin bir yutak olarak korunması ve bunun yargı kararlarında bir ceza kriteri olarak yer bulması önem arz etmektedir. Böylece çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlanabilecektir. Cezai düzenlemelerde, çevre kirliliği eylemlerine karşı orman alanındaki toprak gibi hassas alanlar için daha fazla koruyucu önlem getirilmesi, çevre koruma hukuku ile uyumlu bir adım olacaktır.

Çalışmada, Türk mevzuatı ile Avrupa Birliği mevzuatı, Çizelge 2’de belirlenen düzenlemeler kapsamında kanun düzeyinde mukayese edildiğinde; iç hukukun, AB mevzuatına yaklaşık %64 oranda uyumlu olduğu görülmektedir. Neticede, Türk mevzuatında incelenen kanunların neredeyse tamamında çevre kirliliği ve toprak kirliliğine doğrudan veya dolaylı olarak yer verdiği görülmektedir.

⁵ Yargıtay 3. Ceza Dairesi E. 2013/31794 K. 2014/19170 T. 15.5.2014.

⁶ Yargıtay 3. Ceza Dairesi E. 2006/6348 K. 2007/1695 T. 19.2.2007.

5. Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, orman alanlarının ve bu alanlardaki toprağın iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir karbon yutak alanı olarak stratejik bir role sahip olduğunu söylemek mümkündür. Toprak önemli bir ekosistemdir ve sağladığı ekosistem hizmetleri bakımından olduğu kadar tüm ekosistemlerin sürdürülebilir varlığı için kritik öneme sahiptir. Türkiye'nin Paris Anlaşması doğrultusunda taahhüt ettiği karbon azaltım hedefleri göz önüne alındığında, orman topraklarının korunmasına yönelik düzenlemelerin güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, orman alanları gibi yüksek karbon depolama kapasitesine sahip doğal alanların, emisyonları azaltmada oynadığı rolün hukuki düzenlemelerle desteklenmesi ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından cezaların caydırıcı nitelikte uygulanması kritik bir önem taşımaktadır. Bu bağlamda Çevre Kanunu ve Orman Kanunu arasındaki uyumun artırılması için özel düzenlemeler gereklidir. 6831 Sayılı Orman Kanunu'nun mevcut düzenlemelerine ek olarak, orman alanlarında toprağı kirletici fiillere yönelik cezaların en az yarı oranında artırılması, çevre bilincini teşvik eden ve caydırıcı bir yaklaşım sunacaktır. Bu artışın, orman toprağının erozyon önleyici, su tutucu ve biyolojik çeşitliliği destekleyici işlevlerine olan katkısının korunması ve geliştirilmesi açısından da büyük bir öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ek olarak, yargı kararlarında orman topraklarına yönelik çevresel suçlarda ceza üst sınırına yaklaşımın uygulanması gerektiği savunulmalıdır; böylelikle hem caydırıcılık artırılabilir hem de orman ekosisteminin korunmasına yönelik farkındalık güçlendirilebilir. Diğer taraftan, Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda yer alan cezai yaklaşımda ayrıca (TCK) bir atıf yapılmadığı görülmektedir. İlgili kanun hükmünün devamına "Ayrıca TCK hükümleri uygulanır" vb. şeklinde bir ibare getirilebilir.

Sonuçta, Türkiye'nin karbon yutak kapasitelerini koruma ve Paris Anlaşması hedeflerine uygun olarak iklim değişikliğiyle mücadelesine güç katılabilmesi için orman toprağının korunmasına yönelik özel düzenlemelerin 2030 yılına dek hayata geçirilmesi önemlidir. Bu bağlamda, Orman Kanunu kapsamında yapılacak özel düzenlemelerle, orman alanlarında toprağı kirletici fiillere karşı daha etkili yaptırımlar uygulanmalı ve bu konuda yargı kararlarında caydırıcı bir üst sınır yaklaşımı benimsenmelidir. Böylece toprak koruma adına hem ulusal hem de uluslararası çevre koruma hedefleriyle uyumlu politikalar geliştirilmesine katkı sağlanabilecektir.

Kaynaklar

- Akyüz, H., Kul, M., Yaşartürk, F. (2016). Rekreasyon Açısından Ormanlar ve Çevre. *International Journal of Sport Culture and Science*, 2(Special Issue 1), 881-890.
- Ayanoğlu, S., Çoşkun, A. A., Güneş, Y., Elvan, D., Velioglu, N. (2008). Orman mühendislerinin çalışma alanları hakkında tartışılan konulara ilişkin değerlendirmeler. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 58(1), 91-110.
- Ayanoğlu, S., Güneş, Y., Aydın, A. (1993). Ormanı işgal ve faydalanma suçu. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 43(3-4), 95-104.

- Ayanoğlu, S. (1996). Türk orman rejimine eleştirisel bir yaklaşım. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 46(2), 99-114.
- Ayanoğlu, S., Çoşkun, A. A., Güneş, Y., Elvan, D., Velioglu, N. (2008). Orman mühendislerinin çalışma alanları hakkında tartışılan konulara ilişkin değerlendirmeler. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 58(1), 91-110.
- Ayaz, H., Gümüş, C. (2016). Türkiye'de orman mülkiyeti, yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri. *Karadeniz Araştırmaları Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 212-236.
- Briassoulis, D. (2023). Agricultural plastics as a potential threat to food security, health, and environment through soil pollution by microplastics: Problem definition. *Science of the Total Environment*, 892, 164533.
- Bülbül, S., Sürücü, A., Günal, H., Budak, M. (2022). Ekosistem Servislerinde Toprağın Rolü. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 107-117.
- Çakır, M., Makineci, E. (2011). Toprak Faunası: Sınıflandırılması ve Besin Ağındaki Yeri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 61(2), 139-152.
- Çekim, M., Yıldız, S., Dere, T. (2014). Adıyaman'da Çevre Yönetimi Eksikliği ve Buna Bağlı Oluşan Çevre Sorunlarına Çözüm Önerileri. *Adıyaman Üniversitesi Bilim, Kültür ve Sanat Sempozyumu*, (166-174).
- ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü). (2023). Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu (2022 yılı verileriyle). <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/turk-ye-cevre-sorunlari-ve-oncel-kler-2022-20240318090416.pdf> (Erişim Tarihi: 20.10.2024).
- Demir, I. (2023). Sağlıklı Çevrede Yaşama Hakkı: Sürdürülebilir Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Kavramlarının İdari Yargı Kararları Işığında Değerlendirilmesi. *İdare Hukuku ve İlimleri Dergisi*, (21), 139-177.
- Ediş, S., Aytaş, İ., Özcan, A. U. (2021). ICONA modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: Meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası Örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 15-22.
- European Commission: Directorate-General for Research and Innovation, Veerman, C., Pinto Correia, T., Bastioli, C., Biro, B. et al., *Caring for soil is caring for life – Ensure 75% of soils are healthy by 2030 for healthy food, people, nature and climate – Interim report of the mission board for soil health and food*, Publications Office, 2020, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/918775>.
- EU Soil Strategy for 2030. (2021). EUR-Lex Access to European Union law. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0699>, (Erişim tarihi: 04.11.2024).
- EU Action Plan (2021). Pathway to a Healthy Planet for All, EU Action Plan: "Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil". EUR-Lex Access to European Union law. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/DOC/?uri=CELEX:52021DC0400>, (Erişim tarihi: 04.11.2024).
- EU Soil and Land. (2024). Related laws and strategies, https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land_en. (Erişim Tarihi: 05.11.2024).

- Gautam, K., Sharma, P., Dwivedi, S., Singh, A., Gaur, V. K., Varjani, S., Ngo, H. H. (2023). A review on control and abatement of soil pollution by heavy metals: Emphasis on artificial intelligence in recovery of contaminated soil. *Environmental Research*, 225, 115592.
- Gonzales, L. G. V., Castaneda-Olivera, C. A., Cabello-Torres, R. J., Ávila, F. F. G., Cerrón, R. V. M., Paredes, E. A. A. (2023). Scientometric study of treatment technologies of soil pollution: Present and future challenges. *Applied Soil Ecology*, 182, 104695.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. (1997). Toprak kirliliği. TC Sağlık Bakanlığı Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 40.
- Heuser, I. (2022). Soil governance in current European Union law and in the European green Deal. *Soil Security*, 6, 100053.
- Jia, X., Cao, Y., O'Connor, D., Zhu, J., Tsang, D. C., Zou, B., Hou, D. (2021). Mapping soil pollution by using drone image recognition and machine learning at an arsenic-contaminated agricultural field. *Environmental Pollution*, 270, 116281.
- Karaca, A. Turgay, O. C. (2012). Toprak kirliliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1(1), 13-19.
- Keleş, R. (2015). *100 soruda çevre: Çevre sorunları ve çevre politikası*. Yakın Kitabevi.
- Khan, S., Naushad, M., Lima, E. C., Zhang, S., Shaheen, S. M., Rinklebe, J. (2021). Global soil pollution by toxic elements: Current status and future perspectives on the risk assessment and remediation strategies—A review. *Journal of Hazardous Materials*, 417, 126039.
- Kılınç, M., Bardak, S., Bardak, T. (2022). Çevre Kirliliği Bilincinin Fp-Growth Analizi İle Değerlendirilmesi: Sinop İli Örneği. *Mühendislikte Güncel Araştırmalar*.43-72.
- Menteşe, S., Böbrek, O. (2019). Madencilik Faaliyetlerinin Toprak Kirliliği Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi: Orhaneli ve Büyükorhan (Bursa) Örneği. Yüksek lisans Tezi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi. Bilecik.
- Nohutçu, L., Tunçtürk, M., Tunçtürk, R. (2019). Yabancı bitkiler ve sürdürülebilirlik. *Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 142-151.
- Makbulenur, Onur., Cengiz, Acar. (2024). Bal Ormanları için önemli olan Bitkilerin Trabzon Bölgesinde İncelenmesi. *The Journal of Academic Social Science*, 48(48), 435-444.
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü). (2022). Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, "Orman İstatistikleri 2022" <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler.2023>. (Accessed: 10.10.2024).
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü). (2024) 2024 Performans Programı. <https://www.ogm.gov.tr/tr/duyurular-sitesi/Documents/orman-genel-mudurlugu-2024-yili-performans-programi/Orman%20Genel%20Mudurlugu%202024%20Yili%20Performans%20Programi.pdf>.(Accessed: 20.10.2024).
- Özdemir, E. G., 2024. Çoklu uydu verileri ve farklı makine öğrenme modelleri kullanılarak orman toprak üstü biyokütle kestirimi. Yüksek lisans Tezi, Bartın Üniversitesi. Bartın.
- Özkan, O. (2022). Hak Temelli Sürdürülebilir Gelişme Politikaları: Bir İnsan Hakkı Olarak Güvenli, Temiz, Sağlıklı ve Sürdürülebilir Çevre Hakkı. *İdealkent*, 13(35), 197-220.
- Öztürk, Ö. (2017). *Çevre kirliliği ve hukuki sorumluluk*, Master's thesis, Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.
- Panagos, P., Montanarella, L., Barbero, M., Schneegans, A., Aguglia, L., & Jones, A. (2022). Soil priorities in the European Union. *Geoderma Regional*, 29, e00510.
- Pathan, S. I., Arfaioli, P., Bardelli, T., Ceccherini, M. T., Nannipieri, P., Pietramellara, G. (2020). Soil pollution from micro-and nanoplastic debris: A hidden and unknown biohazard. *Sustainability*, 12(18), 7255.
- Şentürk, M. U., 2007. Avrupa Birliği ortak tarım politikaları ve Türkiye, Doktora tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Tolunay, D. (1992). Toprak kirlenmesi ve yanlış arazi kullanımının yarattığı sorunlar ile çözüm önerileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri B*, 42(1-2), 155-167.
- Tolunay, D., Çömez, A. (2008). Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 750-765.
- Tolunay, D. (2021). Türkiye'de ekosistem tahribat faktörü olarak habitat ve arazi kullanım değişiklikleri. *Memleket Siyaset Yönetim*, 16(36), 279-304.
- Topçu, P., Yavuz, Ö., Tolunay, A. (2022). Sürdürülebilir Toprak Yönetiminde Toprak Organik Karbonunun Önemi. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(2), 604-614.
- Türkyılmaz D, Ü. (2024). Hayvan Atıklarının Geri Dönüşümü ve Tarımsal Kullanımı, Gövez, E, Karabacak, T, Özdemir, F, N, Toprak Altı Hazinesi Sürdürülebilir Tarımın Ekonomik İzdüşümleri. *Efeakademi Yayınları*, İstanbul. 109-120.
- Yıldızbaş, N. T., Elvan, O. D. (2021). Devlet Ormanlarına İzinsiz Atık-Çöp Bırakmak: Bir Çevre Kirliliği Fiili. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 183-192.
- Zhou, Z., Liu, J., Zeng, H., Zhang, T., Chen, X. (2020). How does soil pollution risk perception affect farmers' pro-environmental behavior? The role of income level. *Journal of Environmental Management*, 270, 110806.

Ekler**Ek 1. Toprak koruma ve çevresel kirliliğe ilişkin yargıtay kararlarının değerlendirilmesi**

Karar	Soruşturma Konusu	Orman Toprağı ile ilişkili mi?	Cezai indirim/cezanın üst sınırına yaklaşım	Cezai yaklaşım
Yargıtay 4. Ceza Dairesi (CD). E.2011/12509 K.2014/34650	Madencilik tesisinde Endüstriyel nitelikli atık suyun basit şekilde fiziksel arıtılması sonrasında oluşan çamurun, alıcı ortam olan toprağa verilmesi ile 2872 Sayılı Çevre Kanunu'nun 8, 20/j, ek 1. madde, 1991 tarihli Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin 3, 18. maddelerine aykırı davranıldığı, çevrenin kasten kirlendiği...	Hayır	Var	Tartışılmalı yönünde.
Yargıtay 4. CD. E. 2012/31338 K. 2014/36059	Termik santralden çıkan gazların hava alıcı ortamını kirlenmesi ile atıkların zamanla çökerek toprak alıcı ortamını kirlendiği ya da kirlenme ihtimalinde tek eylemle iki alıcı ortamın, çevrenin kirlenmesi konusu.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD. E.2012/37437 K.2014/35431	60'ar litrelik 28 adet bidon içerisinde kimyasal nitelikte atığın toprağa gömülmesi.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD. E. 2013/8009 K.2014/34667	Bakır işleme tesisinde bakır cevherinin ayrıştırılma işleminden sonra atık çamurunun dereye deşarj edilmesi.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD. E.2013/11725 K.2014/34640	Yakıtın su kanalına akması, alçı taşının tesise ait sahada gömülerek greyder vasıtasıyla tesviye edildiğinin tespit edilmesi, bu suretle iki farklı tarihte iki kez çevrenin kasten kirlenmesi iddiası.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD.E.2013/38883 K.2014/35438	Kereste fabrikasında kullanılmış kömür torbaları ile kalorifer kazanı atıklarını römorka yükleyip sulama amaçlı kullanılan dereye boşaltılması iddiası.	Hayır	Yok	Yok

Ek 1. Devamı

Karar	Soruşturma Konusu	Orman Toprağı ile ilişkili mi?	Cezai indirim/cezanın üst sınırına yaklaşım	Cezai yaklaşım
Yargıtay 4. CD. E.2021/26030 K. 2024/529	Mezbanhane yapılan denetimlerde tesiste oluşan atık suyun toprak kanala verilmek üzere arıtma tesisi çıkışından boru hattı dőřendiđi, atık suyun tarlada açılan toprak arka izinsiz verildiği, işletmenin arka kısmında bulunan betonarme havuzda biriktirilen kesimhane kanının kan toplama havuzunda yeterli önlemlerin alınmaması sonucu meydana gelen sızıntıdan dolayı arıtma tesisi yanında bulunan toprak alana kontrolsüz şekilde verildiğinin tespit edildiği iddiası.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD.E.2012/31338 K.2014/36059	Sanıklar kimyasal atıkları yasadışı şekilde çevreye bırakmıştır. Atıklar eski bir arıtma tesisine bırakılmıştır.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD.E.2021/11569 K.2023/19807	Hayvan iftliği atıklarının kuru dereye akıtılması, suyun kirletilmesi iddiasıyla çevreyi kasten kirletme iddiası.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD. E.2021/12600 K.2021/25412	Fabrikanın atık sularını arıtmadan doğaya bırakması iddiası.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. Hukuk Dairesi (HD.) E.2015/5270 K.2017/3568	Termik santrallerden kaynaklanan zararın tespiti ve maddi tazminat istemi. Toprağın doğal yapısının bu sonuçlara etkilerinin belirlenmesi.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. HD.E.2016/12149 K. 2018/1894 T. 15.3.2018	Termik santralin çevreye zararlı gaz ve kül etkisi nedeniyle verim düşüklüğüne ilişkin tazminat istemi.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. HD.E.2016/16335 K. 2018/2691 T. 5.4.2018	Termik santralden kaynaklanan zarar nedeniyle maddi tazminat istemi. Toprağın doğal yapısının bu sonuçlara etkilerinin araştırılması gerekliliği.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. HD.E. 2016/16580 K. 2019/1826 T. 28.3.2019	Termik santrallerden kaynaklanan zarar ve toprak yapısının incelenmesi	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. HD.E.2017/4032 K. 2017/8508	Termik santralden kaynaklı zarar nedeniyle verim kaybı tazminatına ilişkin.	Hayır	Yok	Yok

Ek 1. Devamı

Karar	Soruşturma Konusu	Orman Toprağı ile ilişkili mi?	Cezai indirim/cezanın üst sınırına yaklaşım	Cezai yaklaşım
Yargıtay 4. HD.E.2017/4518 K. 2017/8528	Termik santralden kaynaklı taşınmaz değer kaybı tazminatına ilişkin.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. HD.E. 2019/2376 K. 2020/1417	Termik santral yaydığı gaz, kül etkisiyle zarar gören taşınmaza ilişkin.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. HD. E.2021/25570 K. 2022/8305 T. 7.6.2022	Termik santral sebepli taşınmazlarda zarar ve verim kaybı tazminatı	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD. E.2015/13094 K.2016/19393 T. 19.12.2016	Çevrenin kasten kirletilmesi iddiası.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. Ceza Dairesi E.2015/13199 K. 2017/3032 T. 20.3.2017	Atık ve artıkları çevreye zarar verecek şekilde alıcı ortama verilmesi iddiası.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD. E.2015/18307 K. 2017/2164 T. 27.2.2017	Çevrenin kasten kirletilmesi ve sağın sorumluluğunun araştırılmasına yönelik.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD. E.2015/18422 K. 2017/805 T. 30.1.2017	Egzoz emisyonu ve çevreyi kasten kirletilmesi.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD. E.2015/26925 K. 2017/2169 T. 27.2.2017	Kömür küllerinin toprağa verilmesine ilişkin.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD.E.2015/38647 K. 2017/9978 T. 2.10.2017	Çevrenin kasten kirletilmesi ve bilirkişi raporunun değerlendirilmesi	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD. E. 2016/3916 K. 2017/2176 T. 27.2.2017	Çevre kirliliği ve sağın sorumluluğunun araştırılmasına ilişkin.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD. E.2016/13661 K. 2017/4864T.2.5.2017	Atık ve artıkları çevreye zarar verecek şekilde alıcı ortama verilmesi.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD. E. 2017/892 K. 2017/4862 T. 2.5.2017	Çevre kirlenmesi ve sağın sorumluluğunun belirlenmesine ilişkin.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD. E. 2017/4812 K.2017/12766 T. 13.11.2017	Çevrenin kasten kirletilmesi suçuna ilişkin bilirkişi raporu değerlendirmesi.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD. E. 2017/6108 K. 2018/947 T. 5.2.2018	Fekal atıkların arıtmadan alıcı ortam olan suya deşarj edilmesi	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD. E. 2018/2258 K. 2018/8600 T. 4.6.2018	Tehlikesiz atıkların tarım alanlarına yakın yerlere dökülmesine ilişkin.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD. E. 2018/7657 K. 2019/585 T. 8.1.2019	Çevrenin kasten kirletilmesi ve bilirkişi raporu değerlendirmesi.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 18. CD. E. 2018/5455 K. 2019/6895 T. 9.4.2019	Çevrenin kasten kirletilmesi suçuna ilişkin bilirkişi incelemesi.	Hayır	Yok	Yok

Ek 1. Devamı

Karar	Soruşturma Konusu	Orman Toprağı ile ilişkili mi?	Cezai indirim/cezanın üst sınırına yaklaşım	Cezai yaklaşım
Yargıtay 4. CD. E.2012/29222 K.2014/36058 T. 15.12.2014	Toprak kirliliği ve çevrenin kirlenmesi suçuna ilişkin.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD. E. 2012/8757 K.2014/35725 T. 8.12.2014	Hava kirliliği ve çevrenin kirlenmesine ilişkin.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD. E.2013/24357 K.2014/35411 T. 8.12.2014	Atık veya artıkların çevreye zarar verecek şekilde alıcı ortama verilmesine ilişkin.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD. E.2021/24654 K. 2024/3563 T. 19.3.2024	Gübre geri kazanım ünitesinden sızıntı sularının toprağa süzülmesi.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD. E.2021/32379 K. 2024/1975 T. 20.2.2024	İnsan atıklarının alıcı ortam olan toprağa dökülmesine ilişkin.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD. E. 2022/5317K.2023/17729 T. 2.5.2023	Tavukçuluk tesisinden gelen atık suların orman alanına dökülmesine ilişkin.	Hayır	Yok	Yok
Yargıtay 4. CD. E. 2023/1589K.2023/18666 T. 22.5.2023	Hafriyatın orman alanına dökülmesi.	Evet	Var	Var (Cezai indirim)
Yargıtay 4. CD. E.2023/16129 K.2023/25903 T. 19.12.2023	Maden faaliyetlerinden kaynaklı molozların tarım ve orman arazilerine dökülmesi konusu.	Evet	Yok	Yok



Repikajlı büyük fidan ve ağaçlarda nakil tekniği

Salih Parlak ^{1*}, Kamil Erken ²

¹Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü

²Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 28/02/2024

Kabul Tarihi: 23/09/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1480462>

*Sorumlu Yazar:

salih.parlak@btu.edu.tr

ÖZ

Derleme Makale

Giriş ve hedefler Ağaçlardan beklenen etkilerin en kısa sürede karşılanması için büyük ağaç dikilmesi veya herhangi bir sebeple buldukları konumdan nakledilmesi gerekebilmektedir. Büyük ağaçların söküm, taşıma ve dikim işlemlerinde fidanlardan daha farklı prosedür uygulanmaktadır. Nakledilen ağaçların yaşamını sürdürmesi türe, yaşına, yapılan işlemlerin ve uygulanan tekniklerin doğruluğuna bağlıdır. Farklı türlerde ve yaşlardaki ağaçlar farklı yöntemler ve ekipmanlar kullanılarak nakledilmektedir. Fakat bu nakillerdeki başarı özellikle Türkiye’de

düşük düzeydedir. Yanlış türlerin yanlış zamanda, yanlış tekniklerle ve özensiz uygulamalarla nakledilmesi başarısızlıkla sonuçlanabilmektedir. Harcanan emek, zaman ve finansman boşa gitmektedir. Bu çalışmada özellikle yerel yönetimler tarafından büyük fidan dikimi ve ağaç naklinde yapılan hataların giderilmesi için yapılması gereken teknik çalışmaların ortaya konulması amaçlanmıştır.

Yöntemler Çalışmada büyük ağaçların nakli konusundaki çalışmalarla ilgili geniş bir literatür taraması yapılmıştır. Elde edilen literatür bilgileri ormancılık ve peyzaj mimarlığı uygulamalarından elde edilen tecrübelerle sentezlenmiştir. Sonuç olarak; büyük ağaçların naklinde başarıyı etkileyen faktörler, ağaçların nakil için hazırlanması, nakil öncesi nakil sırasında ve nakil sonrasında uygulanması gereken doğru prosedürler gerek literatür taramaları ve gerekse uygulamalardan elde edilen deneyimlerle aktarılmıştır.

Bulgular Ağaç nakli konusunda Ülkemizin yeterli tecrübeye sahip olmadığı, nitelikli teknik personel ve araç gereç bakımından yetersiz olduğu görülmüştür. Büyük maliyetlerle alınan boylu fidan ve ağaçların nakil ve dikiminde yapılan hatalardan dolayı büyük bir maddi kayıp oluştuğu belirlenmiştir.

Sonuçlar Bu çalışmada aktarılan teknik bilgi ve prensiplere riayet edilerek yapılan büyük ağaç nakillerinde başarı daha yüksek olacaktır. Yüksek meblağlar ödenerek alınan boylu ağaçlar ve nakil ihtiyacı olan ağaçların başarılı bir şekilde nakledilmesi kaynakların daha verimli kullanımını sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Büyük ağaç, nakil tekniği, transplantasyon

Replanting and transplanting technique for large saplings with root balls and trees

ABSTRACT

Background and aims In order to meet the expected effects of trees as soon as possible, it may be necessary to plant big trees or to transplant them from their current location for any reason. A different procedure is applied for the removal, transportation and planting of big trees than for saplings. The survival of transplanted trees depends on the species, age, the accuracy of the procedures and techniques applied. Trees of different species and ages are transported using different methods and equipment. However, the success of these transplants is low, especially in Türkiye. Transplanting the wrong species at the wrong time, with the wrong techniques and careless practices can result in failure. The effort, time and finance spent are wasted. This study aims to identify the technical work needed to eliminate mistakes made by local governments, particularly in planting large saplings and tree transplantation.

Methods In this study, an extensive literature review was conducted regarding studies on the transplantation of big trees. The literature information obtained was synthesized with experiences gained from forestry and landscape architecture practices. As a result, the factors affecting the success in transplanting big trees, the preparation of trees for transplantation, the correct procedures to be applied before, during and after transplantation are explained through both literature reviews and experiences gained from practice.

Results It has been observed that our country lacks sufficient experience in tree transplantation and is inadequate in qualified technical personnel and equipment. Significant financial losses occur due to mistakes made in the transplantation and planting of tall saplings and trees purchased at high costs.

Conclusion In this study, following the technical information and principles conveyed will increase the success of large tree transplants. Successfully relocating tall trees, which are purchased at high costs, and trees that require transplanting will ensure more efficient use of resources.

Key Words: Big tree, transplantation technique, transplantation

Bu makaleye atıf:

Parlak, S., Erken, K., 2024. Repikajlı büyük fidan ve ağaçlarda nakil tekniği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 175-196.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Ağaçlar kentsel yaşamın sürdürülebilir olmasında oldukça etkin bir rol oynar. Estetik, ekolojik, psikolojik, hijyenik ve işlevsel kapsamlı çok yönlü yararları ile son yıllarda kentlerin yaşam kalitesinin ortaya konmasında belirleyici bir unsur olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle ağaç kültürü kent kimliği, kent profili ve kent imgesi gibi kavramsal değerlerin önemli bir bileşeni oluşturur (Dirik, 2014). Şehirlerin aşırı kalabalıklaşması yeşil alanlara baskıyı artırmaktadır. Bu bakımdan yerel yönetimler yeşil alan miktarlarını artırarak bu baskıyı dengelemeye çalışmaktadır. Turna (2012) kişi başına düşen yeşil alan miktarı kent toplumu için yaşanabilir, memnuniyet verici, sağlıklı ve çekici olması bakımından önemli bir gösterge olduğunu ve yeşil alanların miktarı ve dağılımının kent yeşil alan sistemini oluşturduğunu belirtmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün verilerine göre sağlıklı bir toplum için kişi başına en az 9 metrekare yeşil alan önerilmektedir (Turna, 2012). Yerel yönetimler yeşil alanların önemli bir bileşeni olan ağaçların daha kısa sürede fonksiyonel hale gelmesini arzu etmektedir. Bunun için boylu fidan dikimi veya ağaç naklini tercih edebilmektedirler. Bu suretle peyzaj uygulamalarında bazen kent içinde ağaçların fonksiyonunu kısa sürede yerine getirebilmesi için büyük boyda nakledilmesi tercih edilerek 20-30 yıl beklemeden yetişkin bir park görünümünü elde edilebilir (Ürgenç, 1990). Çoğunlukla belediyelerin tercih ettiği bu nakiller, ağacın kendi yetişme ortamından usulüne uygun kazılarak, yeni yerine taşınması, dikimi ve bakım işlemlerini kapsar. Ayrıca ticari veya toplumsal miras değeri bulunan bazı ağaçların da farklı sebeplerden dolayı taşınması söz konusu olabilmektedir (Özyurt Öktem ve Pehlivan 2021; Çorbacı ve ark., 2023). Ağaçların tekniğine uygun taşınması yaşama ihtimallerini artırmaktadır. Bu makalede özellikle büyük ağaçların nakillerinde teknik gereklilikler, başarıyı artıran veya azaltan unsurlar detaylı olarak ele alınmıştır.

Özellikle büyük ağaçlar için nakil süreci mühendislik bilgisi, kaynak ve zaman gerektirir. Bir ağacın nakil kararı, ağacın koşulları, büyüklüğü, türü, koruma durumu, değeri, dikime uygunluğu, çevresel ve kültürel faktörler, işlevsel ve mühendislik hususları ile maliyet unsurlarının değerlendirilmesiyle alınmalıdır. Bu bakımdan nakle karar verme süreci sistematik bir yaklaşım gerektirir. Aşağıdaki şemada nakil kararı verme sürecini kapsayan iş akışı görülmektedir (Hartman et al., 2000; Çorbacı ve ark., 2023) (Şekil 1).



Şekil 1. Ağaç nakillerinde karar süreci (Hartman et al., 2000'den değiştirilerek)

2. Ağaç Naklini Etkileyen Faktörler

Nakledilecek ağaçların sağlık, form ve yapısı naklin başarısını etkiler. Genel bir kaide olarak saçak, ince ve kompakt kök teşekkülüne sahip sığ köklü ağaç türleri, uzun ve derine inen, kazık köklere veya seyrek bir kök sistemine sahip türlere nazaran nakilde daha başarılı olur (Ürgenç, 1990). Kök formu da ağaç nakillerinde başarıyı etkileyen bir husustur. Genel olarak sığ kök sistemine sahip ağaçlar kalp kök sistemine göre, kalp kök sistem geliştirenler ise kazık kök geliştirenlere göre daha kolay ve başarılı nakledilebilir (Dirik, 2014). Taç formu ve sağlığı kötü olan ağaçların normal şartlarda nakli düşünülmemelidir. Bir ağacı nakil için kazmak, emici köklerin yüzde 90'ının kaybına ve bu durum ağaçta nakil şokuna neden olur. Nakledilen ağaç, hayatini sürdürürebilmek için yeterli kökü yeniden oluşturabilmelidir. Ağacın sağlığı kötüyse hayatta kalma ihtimali düşüktür. Nakilden önce maliyet ve nakil sonrası ağacın ömrü ile sağlığı etüt edilmeli, ağaç nakli zaman çaba ve maliyet gerektireceğinden nakilden sonraki sağlayacağı faydanın, maliyetle orantılı olup olmadığı dikkate alınmalıdır. Kültürel/çevresel değeri de ağacın nakline karar vermede göz önünde bulundurulmalıdır (Hartman et al., 2000). Nakilde aşırı kök ve gövde budaması gerektirmesi, düşük yaşama ihtimali, nakledilme fizibilitesinin mali ve teknik açıdan mümkün olmaması, dengesiz büyüme, eğilme, büyük kovuk/çatlak/yarık gibi sağlıksız durumlar, yapısı veya biçimi bozulmuş olması durumunda nakil yapılmamalıdır (Atay, 1986; Lane and Mandir, 2021).

Büyük nakledilen ağaçlarda, yeniden yeterli büyümenin sağlanması için daha büyük kök kütlelerine ihtiyaç vardır. Nakledilmesi zor olan türler, kolay nakledilen türlere göre daha büyük kök kütleleri ve kök yoğunluğuna ihtiyaç duyar. Uluslararası uygulamalar genellikle nakilde kök kütlelerinin, gövde çapının 8-10 katı olmasını önermektedir. Fakat büyük ağaçlarda nakil daha zor olduğundan nakilden sonra daha iyi kök gelişimi için toprak kütlelerinin, ağaç gövde çapının 12 katı kadar olması önerilmektedir. Binaya ve diğer ağaçlara olan uzaklık, toprak derinliği ve toprak yapısı gibi sökülüm yapılan yetişme yeri koşulları da kök kütlelerini etkileyebilmektedir. Bu gibi durumlarda çıkarılan kök kütlelerinin çap ve yoğunluğunun yeterli olup olmadığı değerlendirilerek nakil yapılmalıdır (Hartman et al., 2000; Çorbacı ve ark., 2023)

Taşınması zor olan türlerin, nakledilmesi daha kolay olanlara göre daha büyük ve yoğun toprak kütlelerine sahip olması gerekir. Ağaçlar ve çalılar naklederken toprak kütlelerinin parçalanmaması için killi veya killi-balçık gibi ağır topraklar tercih edilir. Gevşek, kumlu topraklar kolay dağıldığından nakilleri daha zordur (Iles and Wray, 2000).

Genel bir kural olarak, küçük ağaçların nakli büyük ağaçlardan daha başarılı olabilir. Ağacın boyutu, lojistik gereksinimleri taşıma maliyetini etkiler. Özellikle derin kazık köklü ağaçların yaşları 75'in üzerindeyse nakledilmesi zordur. Özel önem taşıyan ve koruma değeri yüksek olan ağaçların sadece yerinde muhafaza edilememesi durumunda nakledilmesi düşünülmelidir. Kazma aşamasının da dâhil olduğu nakil işlemine hazırlanması için yeterli zaman bulunmalıdır. Ağacın naklinden sonra yapılacak bakımlar ve sorumlu bakım ekipleri belirlenmelidir. Ağacın nakledileceği alanın topoğrafyası, nakil ekipmanlarının manevra kabiliyeti ve sahanın erişilebilirliği gibi mühendislik kısıtlamaları dikkate alınmalıdır. Taşıma esnasında

güvenlik önlemleri alınmalıdır. Ağacın nakliye araçlarına sığacak şekilde aşırı ölçüde budanması tavsiye edilmez. Nakil esnasında bir üst geçit, yaya köprüsünün altı, rampalar, yapılar çok yakın konumlar, araç ve yaya hareketleri nakilde önemli zorluklar çıkarabilir (Hartman et al., 2000; Özyurt Öktem ve Pehlivan, 2021; Çorbacı ve ark., 2023).

3. Nakillerde Başarıyı Etkileyen Faktörler

Ağaçların taşınması ne kadar dikkatli yapılırsa yapılırsın sökülmesi ve taşınması sırasında kök tacının çevresinde daha yoğun bulunan özellikle beslemeyi sağlayan ince köklerin çoğu kaybedilir. Kök sisteminin büyük ölçüde tahrip olması, nakilden sonra büyüme ve gelişmede meydana gelen gecikme, su ve mineral alımının azalması nedeniyle ağaç üzerinde fizyolojik stres “nakil şoku-nakil stresi” oluşturur. Büyüme ve gelişmenin yeniden başlayabilmesi için, dikimden sonra hasar gören köklerin yerine yeni köklerin oluşması gerekir. Bu nedenle ağacın dikkatli taşınması fizyolojik stresi en aza indirecektir. Hatalı nakil ise ağacın büyümesini geciktirir, hatta ölümüne neden olabilir (Dirik, 1998; Hartman et al., 2000). Ağaç naklinde uzun tecrübelerle rağmen, kent ortamlarında ilk birkaç vejetasyon döneminden sonra başarısızlık oranları %30-70 arasındadır (Hirons and Thomas, 2018). Büyük ağaçların nakillerinden sonraki sürekli bakım maliyetleri çok yüksektir. Bu bakımdan nakledilen büyük ağaçlarda daha yüksek ölüm oranları sebebiyle daha fazla yenileme maliyetleri ortaya çıkmaktadır (Carreiro et al., 2008).

Nakillerde başarıyı etkileyen en önemli faktörler; türün nakle uygunluğu ve nakil zamanıdır. Nakil yapılan ağaçlarda başarı türlere göre değişmekte (Kshirsagar et al., 2018; Özyurt Öktem ve Pehlivan 2021; Çorbacı ve ark., 2023) ve ağacın biyolojik, fizyolojik ve mekanik özellikleri nakil başarısını etkilemektedir (Kumar, 2022). Bitkilerin ekolojik şartları tolere etme yeteneği türler arasında önemli farklılık gösterir (Swanson et al., 2024). Nakil başarısı zamanlama, çevre koşulları ve nakilden sonraki kültürel uygulamalara da bağlıdır (Gilman, 1994) (Pryor, 2014). Nakle uygunluk, türün özellikleri, büyüklüğü, sağlığı ve bulunduğu yaşam alanı gibi faktörlere bağlıdır (Hartman et al., 2000).

Nakil alımının koşullarına dayanıklı bitkilerin seçilmesi, hayatta kalması ve gelecekteki performansı açısından kritik öneme sahiptir. Nakillerde ağacın özellikleri yanında dikim yerinin toprak türü, drenajı, su ve ışık şartları, kurutucu rüzgârlara maruz kalma ve diğer faktörler etkili olur (Swanson et al., 2024; Özyurt Öktem ve Pehlivan 2021). Kural olarak toplu ve saçak kök sistemine sahip ağaçlar, ana veya yan kökleri seyrek ve dağınık olanlardan daha başarılı nakledilir. Yaprak döken türlerin dökmeyenlere, küçük ağaçların büyüklere göre nakilleri daha kolay ve başarılıdır (Hartman et al., 2000).

Nakle uygunluğu yüksek türlerin normal bakımla yaşama olasılıkları yüksektir. Orta düzeyde nakle uygun bitki türlerinin normal bakıma ihtiyacı vardır ve uygun nakil yapılmazsa hayatta kalma olasılıkları daha düşüktür. Nakle uygunluğu düşük türleri yaşatmak büyük özen gerektirir ve nakil yapılacak yer uygun şartlara haiz değilse nakil yapılmamalıdır (Hartman et al., 2000) (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bazı taksonların taşımaya uygunluk durumları (Hartman et al., 2000 ve Ürgenç, 1990'ten değiştirilerek)

Yüksek	Orta	Düşük
<i>Abies</i> spp	<i>Acer rubrum</i>	<i>Betulus</i> spp
<i>Acer</i> spp.	<i>Aesculus hippocastanum</i>	<i>Carpinus betulus</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Ginkgo biloba</i>	<i>Cornus</i> spp
<i>Catalpa bignonioides</i>	<i>Laburnum anagyroides</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
<i>Celtis occidentalis</i>	<i>Larix decidua</i>	<i>Fagus sylvatica</i>
<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Malus sylvestris</i>	<i>Fagus orientalis</i>
<i>Maclura pomifera</i>	<i>Picea</i> spp	<i>Liquidambar styraciflua</i>
<i>Ostrya carpinifolia</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Liriodendron tulipifera</i>
<i>Paulownia tomentosa</i>	<i>Quercus macrocarpa</i>	<i>Magnolia</i> spp
<i>Platanus</i> spp	<i>Quercus robur</i>	<i>Quercus alba</i>
<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Quercus rubra</i>	<i>Quercus coccinea</i>
<i>Tilia tomentosa</i>	<i>Salix</i> spp	
<i>Ulmus glabra</i>	<i>Taxodium distich</i>	
<i>Taxus baccata</i>		
<i>Castanea sativa</i>		
<i>Platanus</i>		
<i>Populus</i> spp.		
<i>Salix</i> spp.		
<i>Palm</i> spp		
<i>Olive</i> spp.		
<i>Gleditsia</i>		

Fidanlıklardaki ağaçların kök kütlesi taç boyutuyla orantılı olmasına rağmen, büyük ağaçlar sökülmesi esnasında daha fazla kök kütlesi kaybedilir. Bu nedenle gövde çapı 10 cm'den fazla ağaçlar genellikle dikimden sonra birkaç yıl boyunca çok yavaş büyürken, daha küçük çaplı dikilen ağaçlar birkaç yıl içinde boyut olarak onları geçebilir. Bu bakımdan küçük ağaçlar ve daha fazla karbonhidrat deposuna sahip sağlıklı ağaçlar, cılız ve zayıf ağaçlara göre nakle daha uygundur (Hartman et al., 2000).

Sığ köklü türlerde kök kütlesi, daha büyük oranda sökülmesi üzerindeki toprak kütlesinde kalacağından nakil başarıları daha yüksek olabilir (Pryor and Watson, 2016). Ağaç nakillerinde başarısızlık riski çapı 20 cm'nin üstünde olan ağaçlarda önem kazanır. 50 cm'yi geçtiğinde ise kritik bir durum arzeder. Bunlara ek olarak nakil zorluğu artar ve maliyetler yükselir (Dirik, 2014).

Nehir kıyısındaki ağaçların hızlı ve yüksek kök üretebilme yeteneği nakilden sonra kök sisteminin tekrar oluşmasına yardımcı olur. Bu bakımdan subasar veya taban suyu yüksek alanlarda yetişen *Acer rubrum*, *A. saccharinum*, *Fraxinus excelsior*, *F. pennsylvanica*, *Gleditsia triacanthos*, *Prunus padus*, *Quercus palustris*, *Q. phellos*, Kızılağaç türleri (*Alnus* spp), ve kavak (*Populus* spp) türleri nakil için daha uygundur (Hirons and Thomas, 2018). Kavak ve söğüt ağaçları gibi ağaçlar uyur gözlerden kök sistemlerini hızla yenileme yeteneğine sahiptir. *Eucalyptus* spp., gibi bazı cinsler ise kök kaybına karşı son derece hassastır ve nakilden sonra kök gelişimleri çok düşüktür (Konijnendijk et al., 2005).

Nakil zamanı başarıda önemli rol oynar. Genellikle vejetasyon dışı dönem ağaç nakli için en uygun zaman kabul edilir (Norman, 2018). Uygun kaplarda büyüyen bakımlı ağaçların her mevsim dikimi ve nakli mümkündür. Ancak yılın belirli zamanlarında yapılması başarı olasılığını etkiler (zyurt ktem ve Pehlivan, 2021). Skmlerde kaçınılmaz olarak kök kayıpları meydana geleceğinden söküm-dikim işlemlerinin kök yenilenme yeteneğinin yüksek olduğu geç ilkbahar ve özellikle kış sonunda gerçekleştirilmesi daha uygundur (Dirik, 2014). Kışın yapraksız ağaçların toprak donmadan sonbaharda başlanarak vejetasyon başlamadan önceki ilkbahara kadar taşınması daha uygundur. Sonbahar nakillerinde odunsu bitkilerin hücreleri odunlaşır ve dokularındaki su azlığından dolayı daha az strese maruz kalır. Sonbaharda dikilen ağaçların, yeni kök sayısı ve çap gelişimi açısından ilkbaharda dikilen ağaçlara göre avantajlı olduğu belirlenmiştir. Fakat kurak geçen sonbaharın ardından gelen aşırı soğuk havalar sonbaharda nakledilen ağaçların ölümüne neden olabilmektedir. Bu bakımdan kışın bazı yapraksız ağaçlar ilkbaharda dikildiğinde yaşama oranı artar. Kızılcaık (*Cornus* spp), manolya (*Magnolia* ssp), meşe (*Quercus phellos*), lale ağacı (*Liriodendron tulipifera*) ve *Cladrastis kentukea* gibi etli kök sistemine sahip ağaçların ilkbaharda nakilleri daha başarıdır. Huş gibi ince kabuklu ağaçlar ilkbaharda taşınmalı veya sonbaharda taşınacaksa gövdeleri koruyucu örtülerle sarılmalıdır. Kayın (*Fagus* spp), göknar (*Abies* spp), huş (*Betula* spp), beyaz püskül (*Chionanthus virginicus*), ginkgo (*Ginkgo biloba*), *Koelreuteria paniculata*, *Carya* spp, *Carpinus caroliniana*, kırmızı ve beyaz meşeler (*Quercus* spp), *Carya illinoensis*, *Diospyros* spp, *Prunus* spp, *Sassafras* spp, *Oxydendrum arboreum*, *Liquidambar* spp, *Nyssa sylvatica*, badem (*Prunus amygdalus*), ceviz (*Juglans* spp), erik (*Prunus* spp) ve söğüt (*Salix* spp) türleri ilkbaharda nakle daha uygundur. İbrelitrler yılın herhangi bir mevsiminde nakledilebilir fakat en yüksek başarı 15-30 cm'lik toprak katmanında sıcaklığın 35-40 C derece olduğu ağustos ve eylül aylarındaki nakillerden sağlanır (Hartman et al., 2000). Palmiyelerin ise geç ilkbahar veya yazın kökler en aktif dnemdeyken taşınıp dikilmeleri önerilmektedir (Ürgenç, 1990).

Ekipmanın alışması için toprak fazla çamurlu hale gelmediği sürece, ılıman iklimlerde nakil kış boyunca yapılabilir. Kışın toprak donduğunda nemini kaybeder ve kökler kuruyarak ölür. Japon kirazı (*Prunus serrulata*), lale ağacı (*Liriodendron tulipifera*), manolya (*Magnolia* spp) ve *Quercus phellos* donmuş toprakla nakli yapılmamalıdır. Kapta yetiştirilen ağaçlar herhangi bir mevsimde dikilebilse de çıplak köklü türlerin ilkbaharda nakledilmesi daha iyidir. İlbaharda tomurcuklar kabarıırken ağaçlar kök salmaya başlar.

Tomurcuklar kabarmadan önce nakil işlemleri tamamlanmalıdır. Bazı ibrelitrler ekim ayı başından itibaren asla taşınmamalıdır. İstisnalar arasında selvi (*Cupressus* spp), göknar (*Abies* spp), *Tsuga*, *Larix* spp ve karaçam (*P. nigra*) yer alır. Bunların taşınması en iyi ilkbaharda, toprak sıcaklıklarının artmaya başlamasından sonra yapılır. Geniş yapraklı herdem yeşil türlerin nakli ilkbaharda daha başarıdır. Fakat bu ağaçlar kış boyunca korunabileceklerse sonbaharda da taşınabilir. Bazı koşullarda yaz ortasında nakil yapmak gerekebilir. Böyle durumlarda ağacın çevresi kazıldığında toprak kütlesinin maksimum su tutma kapasitesine sahip olması gerekir. Kazılmadan bir gün önce hendek açılması ve sulanmasıyla bu durum sağlanabilir. Kazı yapıldıktan sonra ağaç hemen dikilmeyecekse korunaklı bir alanda muhafaza edilmelidir (Dirik, 1998; Hartman et al., 2000).

4. Ağaçların Nakil İçin Hazırlanması

4.1 Fidanlıktaki türlerde nakile hazırlık

Bir repikajda fidan kök yüzeyinin %10-15'i kesilmesine rağmen yeni repikaj alanında % 25 oranında kök artışı meydana gelmektedir. Fidanlık ortamındaki türlerde 5-6 repikajdan sonra taşınabilir toprağın içinde çok yoğun bir kök sistemi oluşturularak başarılı şekilde nakil sağlanabilir (Ürgenç, 1998). Avrupa standartlarına göre kk çaplı ağaçların naklinde toprak kütlesi kalınlığı, toprak kütlesi çapının %60'ı kadar olması önerilmektedir. Kök yoğunluğu tre ve toprak ortamına bağlı olmasına rağmen, genel olarak kök biyokütlesi büyük oranda toprağın 0-45 cm'lik st katmanlarında yoğunlaşır (Pryor, 2014). Standart aralık mesafe ile fidanlıkta yetiştirilen ağaçlarda köklerin büyük kısmı kk bir alanda bulunur. Köklerin saçaklı hale gelmesi ve kılcal köklerin gövdeye daha yakın oluşmasını teşvik etmek için birkaç yılda bir kök kesimi yapılabilir. Bunun için kök faaliyeti başlamadan önce gövdeden belirli bir uzaklıkta, örneğin 7-8 cm çaplı fidanda 25-30 cm yarıçaplı olmak üzere dairesel olarak bir bel küreği dikine saplanarak yan zayan kökler kesilir. Bu uygulama ile kesim yerinden yeni kökler oluşur ve saçaklı hale gelen kök sistemi sayesinde nakil başarısı daha yüksektir (Ürgenç, 1990; Dirik, 1998; Hartman et al., 2000).

4.2 Dikili ağaçlarda nakil için kök kütlesinin artırılması

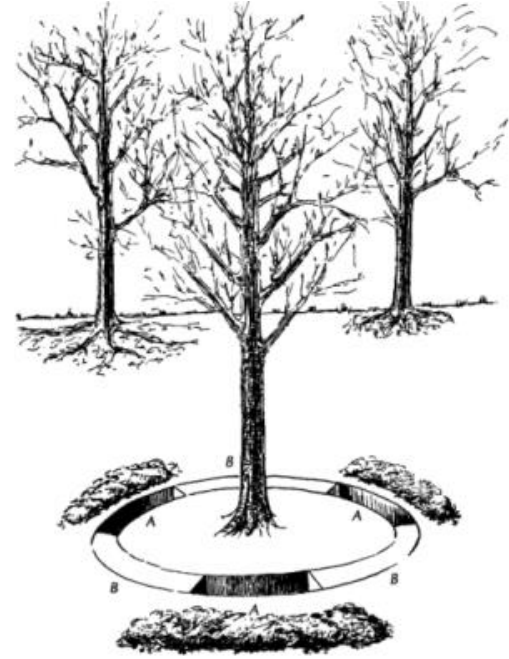
şehir ortamında büyüyen ağaçlarda köklerin, alt katmanlara doğru toprak koşullarının kötüleşmesi nedeniyle büyük oranda st toprak kısmında yoğunlaştığı belirlenmiştir (Wang et al., 2006). Sokak ağaçlarında yüzeysel kök oluşumunun sık görülmesi bunu doğrulamaktadır. Ayrıca bu ağaçların kök habitusu, açık alan şartlarında büyüyen ağaçlara göre daha karmaşık ve asimetriktir. Ayrıca kök biyokütlesi, özellikle emici köklerin büyük kısmı gövdenin hemen çevresinde yoğunlaşmaktadır. Kentteki ağaçların kök yayılımını tahmin etmek, yer altındaki değişken koşullar nedeniyle oldukça zordur ve ağaç boyu ve gövde çapı kök yayılımının göstergesi değildir (Day et al., 2010). Sokaktaki ağaçlarda, çevredeki toprağın kök büyümesi için elverişli olduğu yerlerde bile, sınırlı gelişen kök sistemleri gözlenmiştir (Urbis, 2013). Bu muhtemelen yetişme alanı ile çevresindeki kaplama yüzeyleri arasındaki farklı toprak nemi ve oksijen seviyelerinden kaynaklanmaktadır. Açık alan

koşullarında büyüyenlere göre şehir ağaçları daha sığ köklü olma eğilimindedir (Pryor and Watson, 2016; Pryor, 2014). Bu nedenle şehir içerisinde sokulup nakledilen ağaçlarda başarı farklı olabilmektedir.

Ayrıca, sürgün/kök oranı daha yüksek olan ağaç türlerinin, sürgün/kök oranı daha düşük olan türlere göre nakilde hayatta kalma şansı daha azdır. Bazı türler köklerinin %98'inden fazlasını kaybedebilir (Gilman, 1988). Hazırlık amaçlı kök budaması bu kaybı %92-95 kadar azaltabilir. Nakillerde kök toprak kütlelerinde 2mm'den küçük emici köklerin yalnızca %5 ila %18'i kalmaktadır (Gilman and Beeson, 1996) ve bu orandaki yetersiz kök miktarı su emilimini karşılayamadığında su stresi ve nakil şoku meydana gelmektedir (Pryor, 2014).

Bir ağaç serbest büyüdüğünde kök sisteminin %60'ından fazlası taç izdüşümünün dışında yer almaktadır. Dolayısıyla nakil esnasında besleyici ve emici köklerin çoğu geride kalır. Besleyici kökleri kök yumağında yoğunlaştırmak için önceden belirli bir süre kök budaması ile ağaçları nakile hazırlamak mümkündür. Yeterince büyük bir kök kütlelerini ağaçla birlikte nakletmek için büyük mekanik ekipmana ihtiyaç vardır (Dirik, 1998; Konijnendijk et al., 2005). Küçük ağaçların taşınmasında fazla hazırlığa gerek duyulmaz. Ancak büyük ağaçlarda gövdeye daha yakın ve yoğun kök sistemi oluşumunu teşvik etmek için köklerinin budanması gerekir. Ağaçların kökleri taşınmadan önce, birbirini takip eden iki yıl boyunca budandıktan sonra nakil yapıldığında daha başarılı olmaktadır. Bu işlem için ilkbaharda veya sonbaharda, ağacın çevresinde gövde çapının yaklaşık 5 katı uzaklıkta dairesel bir alan işaretlenir. Çevrenin yarısını kaplayan 40 cm genişliğinde üç hendek bir kürekle kazılır (hedeğin A kısımları) ve açıkta kalan tüm kökler kesilir (Şekil 2). Kazılan hendeklere, toprak, hayvan gübresi, yaprak çürüntüsü ve kimyasal gübre karıştırılarak doldurulur. Bir yıl sonra kalan alanda (hedeğin B kısımları) hendek açılır. İkinci hendeklerin kazılıp yeniden doldurulmasıyla ağaca yakın kısımlarda yeni köklerin oluşması sağlanır ve bir yıl sonra ağaç taşınmaya hazır hale gelir. Bu şekilde hendek açılıp kök budaması yapılarak, içinin organik maddesi bol ve gevşek materyalle doldurulması bu kısımda daha fazla ince ve saçak kök gelişimini teşvik eder. Ayrıca ağaçta oluşacak dikim şoku 3 yıllık bir süreye yayılmış olur (Hartman et al., 2000). Bu uygulama ile ayrıca ağaçların rüzgârla devrilme riski de önlenmiş olur. Kök budama zamanının nakil başarısını etkilediği, ancak en uygun zamanın türlere göre değiştiği belirlenmiştir (Ürgeç, 1990; Dirik, 1998; Pryor, 2014).

Nakilden önce kök budaması, kök uçlarındaki kallus dokusunu uyararak yeni emici köklerin oluşumunu sağlar ve kök kütlelerindeki 3 mm'den küçük çaplı ince kök miktarını artırır. Bu durum su ve besin alma kapasitesini artırarak kök kaybının etkisini azaltabilir (Watson, 1998). Yeni kökler ağaçtaki karbonhidrat rezervlerini de artırabilir (Pryor, 2014). Bu ince emici kökler dikim sonrası su stresini azaltır. Köklerin budanması ile nakil arasındaki süre ne kadar uzun olursa ince emici köklerin gelişme şansı artar. Aktif sürgün büyümesi sırasında kök budamasından kaynaklanan kök kaybı, taç gelişimini baskılayabilir (Koeser and Stewart, 2009). Fakat bu durum nakledilen büyük ağaçların nakil stresine alışması için bir avantaj olabilir (Gilman, 1994; Pryor and Watson, 2016).



Şekil 2. Ağaçların naklinde kök sisteminin gelişmesi için yapılan hazırlıklar (Hartman et al., 2000)

Kök budamasının etkinliği mevsime, özellikle de aktif kök büyüme dönemlerine bağlıdır. Ağır budanmış kök sistemlerinin rejenerasyonu, vejetasyon döneminde aktif sürgün büyümesinin azaldığı dönemlerde daha fazladır. Yılım belirli zamanlarında kök budaması ile nakil sonucu arasındaki ilişki, başarılı bir nakil için budamanın aktif kök ve sürgün büyüme dönemleri (Dirik, 1998; Richardson-Calfee and Harris, 2005; Harris and Bassuck, 1993) dışında yapılması gerektiği görüşünü desteklemektedir. Aktif sürgün büyüme dönemleri içinde yapılmadığı sürece, önceden kök budaması yararlı olabilir (Pryor and Watson 2016; Pryor, 2014).

4.3 Nakil için yapılacak budamalar

Nakil sırasında tacın küçültülmesi her zaman gerekli değildir. Yapraklar kök oluşumu için enerji sağlayan şekerleri ürettiklerinden mümkün olduğunca korunmaları gerekir. Yeni nakledilen ağaçlarda zayıf, ölü, hasarlı, hastalıklı ve çapraz dallar budanmalıdır. Şekilsiz dallar veya çift lider dallar ağaç büyüdükçe yapısal problemler yaratabilir, bu nedenle merkezi ana gövde bırakılarak diğeri çıkarılabilir. Aşırı budama ağacın doğal formunu bozabilir ve fotosentezi azaltabilir (Atay,1986; Hartman et al., 2000; Gauthier and Kaiser, 2014; Lane and Mandir, 2021). Kök budaması veya nakli sonrasında sağlıklı dalların çıkarılması kök oluşumu ve büyümesi yavaşlatılabilir. Tomurcularda üretilen oksinler köklere büyüme için sinyal gönderir ve aşırı budama tomurcuları azalttığından kök oluşumu da azalabilir. Ek olarak, yapraklarda üretilen bazı şekerler ve diğere fotosentetik ürünler, gelişmekte olan köklere aktarıldığından dalları aşırı budanarak nakledilen bir ağaçta kök gelişimi azalabilmektedir (Dirik, 1995; Gilman ve ark., 2002).

Yeni taşınan ağaçlar, hastalıklı veya kırık dallar haricinde budanmamalıdır. Kök kaybından dolayı kök-gövde dengesini sağlamak için nakledilen ağaçların taç kısımlarının budanması gerektiği düşünülüyordu. Ancak son araştırmalar bu uygulamanın nakil şokunu önlemede faydalı olmayabileceği,

fotosentez ve hormon üretimi kapasitesini azaltarak zararlı olabileceğini göstermiştir. Yapraklarda üretilen yüksek seviyedeki oksin, daha hızlı kök oluşumu için gerekli olan sitokinin hormonlarını uyandırır. Bitkinin üst kısmının budanmamasından kaynaklanan ilave nem stresi, üretilen ilave karbonhidrat ve hormondan dolayı destekleyici kök sisteminin daha hızlı gelişmesiyle dengelenmektedir. Optimum dal aralığı ve ağaç dengesi için genç ağacın budanması, nakil yapılana kadar bekleyebilir. Kırılmış veya ağır yaralanmış dalların çıkarılması dışında, topraklı herdem yeşil türlerde çok az budamaya ihtiyaç duyulur veya hiç gerekmez. Nakil sırasında lider sürgün kırılırsa en yakın yan dallardan biri yukarıya doğru bükülerek bağlanır veya biri hariç yan dalların tümü kaldırılarak sadece bırakılan yan dal dik olarak büyüme eğilimi gösterecek ve kısa sürede kırık liderin yerini alacaktır (Atay, 1986; Dirik, 1995; Hartman et al., 2000). Nakil yapılacak ağaçlarda fazlalık dalların budanması ağaçtaki statik denge bozukluğunun giderilmesine ve ağaca aktarılan rüzgâr enerjisini azaltarak ağacın stabilitesine de yardımcı olabilir (Hirons and Thomas, 2018).

Taç budaması nakillerde söküme esnasında kökte meydana gelen kayıpları dengelemek için dikkatli yapılmalıdır. Yapılan araştırmalar, taç budamasının çok az fayda sağladığına dair görüşler olduğu gibi hayatta kalma ve gelişmesini önemli ölçüde artırabileceğine dair görüşler de bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar nakilden önce ağaçların %15-40 arasında budanması ve ağacın su harcamasının düşürülmesini tavsiye etmektedir. Bunun yanında budamanın hayatta kalmayı etkilemediğini ve tacın %15 den fazla budanması halinde görsel kalitesinin düşeceği belirtilmektedir. Bir ağaç, nakil sırasında emici kök sisteminin %90'ını kaybedebilir ve taç kısmındaki budama ağacın doğal şeklini bozabilir. Budama, fotosentez ürünlerini azaltacağından potansiyel köklerin büyümesini yavaşlatabilir. Aşırı taç budamaları enerji rezervlerini tüketerek olumsuz etki yaratabileceği belirtilmiştir (atay,1986; Dirik, 1995; Harris et al., 2004; Pryor, 2014). Çoğu çalışma, dikim sırasında orta dereceli taç budamasının küçük ağaçlardaki kök veya sürgünlerin büyümesinde çok az veya hiç etkisi olmadığını göstermektedir. Ağaç uykuda olduğu dönemde nakledildiğinde, yaprak genişlemesi bir sonraki sezonda azalacak ve köklerden gelen su miktarının azalmasıyla en azından kısmen dengelenecektir. Yaprak yüzey alanındaki bu doğal azalma budama ihtiyacını azaltacaktır (Harris and Bassuck, 1993; Pryor and Watson, 2016).

Kök sistemi yeterli su sağlayamazsa, yapraklar büyüyemez ve yaprak alanının azalması karbon üretimini azaltır. Ağacın terlemeyle kaybettiği su köklerin karşılama kapasitesini aştığında su kıtlığı oluşur ve hidrolik iletkenlik kaybı meydana gelebilir. Fidanlıktan araziye nakil sırasında kök kaybı, erken ağaç ölümlerinin önemli bir nedenidir (Hirons and Thomas, 2018). Nakillerde köklerin mümkün olduğunca korunması gerekir fakat ağacın nakil için kazılması ve sökülmesi esnasında kök budaması gerekli olmaktadır (Hartman et al., 2000). Kök kesimlerinin keskin aletlerle temiz bir şekilde yapılması gerekir. Ağır ekipmanlarla sökülerde kökler yarılar veya yırtılabilir. Yeni kökler genellikle temiz bir kesğin hemen gerisinden meydana gelir. Fakat kökte meydana gelen pürüzlü bir yırtık veya çatlak budanmadığı takdirde kökte bazen birkaç metre geriye doğru kurumalar meydana gelebilir (Gilman, 2002). Önemli kök kaybının olduğu daha büyük gövde çaplı (> 30 cm)

ağaçlar üzerinde yapılan bir çalışma, üç taraftaki hendek açma nedeniyle kök sisteminin tahminen %75'inin kaybindan sonra yaprak alanının %30'u budandığında geri ölümün azaldığını göstermiştir (Pryor and Watson (2016).

Budama veya darbeden kaynaklanan yaralanmalar, ağacın enerji ihtiyacını artıran ve gövdede yapı-işlev dengesini değiştiren hususlardır (Pryor and Watson, 2016). Su yürütme döneminde kabuk ve kambium kolayca zarar gördüğünden bu dönemde budama yapmamak en iyisidir. Kış sonlarında veya tomurcuk patlamasından önce erken ilkbaharda budamalar yapılabilir. Tomurcukların patlamasından sonra kabuk çok hassastır ve yapılan kesimlerde kabuğun koparak zarar görmesi muhtemeldir (Gilman, 2002; Joyce, 2017).

4.4 Antitranspirant uygulamaları

Taşınacak herdem yeşil geniş yapraklı ağaçlarda ağaç naklinden hemen önce su kaybını önleyici antitranspirantlar püskürtülebilir. Yaprakların üzerinde balmumu, plastik veya reçineden bir film oluşturarak stoma gözeneklerini tıkar ve yaprak hücrelerini su geçirmez bir filmle kaplar. Su kaybına karşı bu koruma birkaç hafta sürebilir. Yanlış kullanıldığında, terlemeyi önleyici maddelerin bazı koşullar altında özellikle yaprak dökmeyen bitkilerde toksik etkisi olabilir ve fotosentez için gerekli karbondioksitin yapraklara geçişini engelleyebilir. Kullanılacaksa toksiditenin oluşup oluşmadığını belirlemek için öncelikle ağaç tacının bir kısmında deneme yapılmalıdır (Hartman et al., 2000). Antitranspirant spreyle herdem yeşil ağaçlara ve vejetasyon döneminde yapraklı nakledilen ağaçlara, nakilden önce veya nakilden sonra uygulanabilir. Bu uygulamalar özellikle kış sonu-ilkbahar başında daha fazla önem kazanır. Terlemeyi sağlayan stomalar yaprakların altında daha fazla bulunduğundan püskürtme alttan yukarı doğru yapılmalıdır. Antitranspirant uygulama gaz değişimi, stoma iletkenliği ve özümleme kapasitesini de düşürdüğünden, yaz kuraklığı ve nispi nem açığının olduğu şartlarda uygulanması tercih edilmelidir (Dirik, 2014).

4.5 Ağaçların sökülmesi

Ağaç kök çevresindeki toprağın doğru kazılması, kök sisteminin büyük kısmının, özellikle de daha ince ve saçak köklerin korunmasını sağlar. Suyu ve besin maddelerini absorbe etmede en aktif kökler olan bu köklerde meydana gelen aşırı kayıp ağacın büyümesinde gecikmeye neden olur ve yeniden toparlanmasını güçleştirir. Sadece yaprağını döken çıplak köklüler en fazla 5 cm gövde çapına kadar taşınabilir. Daha büyük çaplı yaprak döken ağaçlar, yaprak dökmeyen ağaçlar ve kışın veya yazın taşınan ağaçlar, toprak kütleleriyle birlikte taşınmalıdır. Kazmaya başlamadan önce ağaç dallarının hasar görmesi veya kırılmasını önlemek için kalın halatla bağlanmalıdır (Hartman et al., 2000).

Çıplak köklü ağaçlarda nakiller genellikle yaprak döken ve çapı 5cm'den küçük ağaçlarla sınırlıdır. Ağacın etrafına kök sisteminin hemen altına doğru 45-50 cm derinlikte bir hendek kazılır. Fidanlıkta büyüyen türlerde bu hendek her 2,5 cm gövde çapına karşılık gövdeden 30 cm'lik mesafeden açılır. Açığa çıkan yan kökler budanır ve kurumalarını önlemek için ıslak telislerle örtülmelidir. Yan köklerin tamamı çıkıncaya kadar gövdeye yakın toprak kütleli dağılmamalıdır. Ağaç yavaş yavaş

devrilince gövdenin altındaki toprak çıkarılabilir. Alt kökler 45-50 cm uzunlukta kesilir. Ağaçlar direkt güneş ve rüzgârdan korunaklı bir yerde muhafaza edilmelidir. Sadece 30 dakikada yüksek sıcaklık ve düşük nem koşullarında yan kökler kolayca zarar görmektedir. Bu bakımdan kökler ıslak telis, nemli saman veya gevşek toprakla sarılmalıdır. Ancak suyunu kaybetmiş köklerin dikimden önce birkaç saat suda bekletilmesi hasarı azaltılabilir (Hartman et al., 2000). Kazı esnasında açıkta kalan kökler sulama ya da sisleme ile sık sık nemlendirilmeli ve kurumalarını önlemek için ıslak çuval bezi ile örtülmelidir (Dirik, 2014).

Kök toprak kütesinin hacmi ve şekli, orijinal kök sisteminin miktarını ve nakilden sonra büyümeyi destekleyecek besin miktarını belirler (Pryor and Watson, 2016). Mümkün olduğunda, gövde çapı 5 cm den fazla ve yaprak dökten ağaçlar, yaprak dökmeden ve herdem yeşil küçük ağaçlar kökleri topraklı taşınmalıdır. Toprak kütesinin çapı ve derinliği büyük ölçüde toprağın türüne, köklenme tipine, ağaç türüne ve ağacın boyutuna bağlıdır. Sığ kökleri olan küçük ağaçlar dâhil toprağın kolay dağılması için kök kütesi çoğunlukla küresel bir şekle getirilir. Daha büyük ağaçlar genellikle genişliği derinliğinden daha fazla bir toprak kütesiyile taşınır (Çizelge 2). Taşıma esnasında kökü tutan toprak kütesi dağılmamalıdır. Toprak kütesinde mümkün olduğunca fazla sayıda kök bulunmalıdır.

Çizelge 2. Kışın yapraksız ağaçlarda nakledilecek ağaç çapına göre kök kütesini taşıyan toprağın boyutları (Hartman et al., 2000'den değiştirilerek-inç ölçüleri cm'ye çevrilerek yuvarlanmıştır)

Yerden 50 cm yükseklikteki gövde çapı (cm)	Balya çapı (cm)	Balya kalınlığı (cm)
4,0-5,0	60	40
5,0-6,5	70	50
6,5-7,5	80	50
7,5-8,5	95	60
8,5-10,0	105	65
10,0-11,5	120	75
11,5-12,5	140	75
12,5-13,5	145	80
13,5-15,0	150	85
>15,0	Çapın 10-12 katı	90

Yaprak dökten ağaçlarda toprak kütesi genellikle gövde çapının her 2,5 cm'si için 25-30 cm çap olarak hesap edilir. Kural olarak, her dem yeşil türlerde daha küçük çaplı toprak kütesi gerekir. Balyalama çapı için pratik bir ölçü de fidanın topraktan bir metre yuksekteki gövde çevresinin 3 katı kadar olmasıdır (Dirik, 2014). Çıkarılacak toprak kütesinin derinliği büyük ağaçlarda 75cm'den az olmamalıdır. Küçük ağaçlarda derinlik çapın % 75'i, büyük ağaçlarda ise % 40 civarına tekabül etmektedir. Amerika'da genel kural olarak kök toprağının büyüklüğü ağaç çapının 9 katı olması önerilmektedir. Ağacın çapı kalınlaştıkça kök kütesinin altına taşıyıcı platform yerleştirilmesi öngörülmektedir (Ürgeç, 1990). Balyalı fidanlarda gereğinden daha fazla toprak olmamalıdır. Toprak kuru ise kazılmamalı ve en az iki gün önceden iyice sulanmalıdır. Bu yapılmadığı takdirde toprak kütesi kırılacak ve kökler topraktan ayrılacaktır. Böyle bir ağacın nakil yerinde

hayatta kalma şansı çok daha azdır. Küçük fidanların sökülmesinde toprak kütesinin çıkarılmasına gövdeden 15 ila 20 cm uzakta bir dairenin kesilmesiyle başlanır. Kesme işleminde toprak kütesinin gevşemesini önlemek için küreğin arkası ağaca gelecek şekilde başlanmalıdır. Büyük kökler makasla veya testereyle temiz bir şekilde kesilmelidir (Hartman et al., 2000). Ağacın etrafında çepeçevre hendek kazıldıktan sonra, ağacın gövdesine doğru 45 derece açıyla kürekle yontularak kök toprak kütesi oval hale getirilir (Şekil 3). Daha sonra altına telis yerleştirilerek toprak kütesi ters yöne doğru eğilir, altındaki telis açılır ve sarılarak köşelerinden bağlanır. Sarkan telisler tellerle sabitlenebilir. Kumlu topraklarda yapılan sökülme tel kafeslerle desteklemek gerekebilir. Balya çapının 50 cm'yi geçtiği durumlarda dağılmayı önlemek için mutlaka kafes telle sarılmalıdır (Dirik, 2014). Söküm sonrasında ağaçlar aşırı kurumaya maruz bırakılmamalı, balyalanmış ağaçlar gölge bir alana yerleştirilmeli ve dikime kadar toprak kütesi nemli talaş veya samanla kapatılmalıdır (Iles and Wray, 2000). Balya çapı 60 cm'ye kadar olan ağaçlar, iki insan tarafından çıkarılıp taşınabilir (Dirik, 2014). Mekanik kazıcılar kullanıldığında bile fidan balyasına son şekil elle verilir. Ağacın alt kısma denk gelen köklerinin kesilmesinde toprağın dağılmasına dikkat edilmelidir. Kestikten sonra topraklı balya çukurdan çıkarılır ve telise sarılır (Hartman et al., 2000).



Şekil 3. Ağacın nakil için sökülmesi

Gövdeden tutup kaldırmak toprak kütesinin gevşemesine ve köklerin zarar görmesine neden olur. Bir kürek ya da çuval askı gibi kullanılarak kaldırılmalı ve sonra telisin ortasına yerleştirilmeli ve karşılıklı köşeler balyanın üst kısmından bağlanmalıdır. Toprak gevşek veya kumlu ise balyanın iple veya

telle güçlendirilmesi gerekir. Daha büyük ağaçlar kaldırımdan önce balyanın kenarlarına sabitlenmelidir. Bu telisler balyanın üst kısmında 10-15 cm örtüşmeli ve alttan telisler kesildikten sonra topun altını kaplayacak kadar geçmeli, telisin altı balyanın altına doğru kıvrılarak iple sabitlenmeli ve toprağın dağılması önlenmelidir. Toprak gevşekse veya balya büyükse, toprak dağılması için ipin yerine tel sepet kullanılmalıdır (Şekil 4). Büyük balyalı ağaçların kaldırılması için mekanik ekipmana ihtiyaç olabilir. Çapı 1 metre ve daha geniş olan balyalar genellikle vinçlerle römorklara yüklenerek taşınır. Kaldırımdan sonra ağaçlar aşırı kurumaya karşı korunaklı bir alana taşınmalı, birbirine yakın yerleştirilmeli, balya toprağı ıslak mal veya telisle örtülmelidir. Nakil esnasında zarar görmemesi ve çalışma kolaylığı açısından büyük dallar bağlanmalıdır (Hartman et al., 2000; Dirik, 2014)).

Toprağın 30 cm veya daha derinlere kadar donduğu yerlerde ağaçlar donmuş toprak kütleleriyle çıkarılabilir. Bu tür sökümden fidanlar daha az zarar görür ve ambalajlama daha kolay yapılır. Ağaç aynı yöntemle kazılır, ancak taşınmadan hemen önce toprağın çatlamaması için altı kesilmemelidir. Dikim çukurunun içinin donmaması için nakilden kısa bir süre önce kazılmalıdır. Taşıdıktan sonra ağaç yalnızca balyanın etrafındaki toprağın yerleşmesine yetecek kadar sulanmalı ve daha fazla donmayı önlemek için mal uygulanmalıdır. Sıcaklık -5 C^0 'tan aşağı düştüğünde nakil yapılmamalıdır (Hartman et al., 2000).



Şekil 4. Kök toprak kütlelerinin dağılması için telisin telle(üst) ve iple (alt) sarılması

Kök kütlelerini taşıyan toprağın aşırı kalın olması kaldırma esnasında kopmalara ve parçalanmalara neden olabilir. Nakil ne kadar dikkatli yapılırsa yapılsın söküme emici köklerin büyük

kısımının tahrip olmasıyla sonuçlanır. Kazma, taşıma ve yeniden dikim işlemlerinin kalan kök sistemine mümkün olan en az zarar verecek şekilde yapılması gerekir. Kazma, toprağın nemli olduğu ve bitkinin nem stresi altında olmadığı bir dönemde yapılmalıdır (Iles and Wray, 2000). Kök ve toprak sorunları nedeniyle yeni köklerin oluşması engellenirse, su temini azalacağından terleme ile kaybedilen su karşılanamaz ve su kıtlığı ortaya çıkabilir. Bu durum nakledilen ağaçlarda nakil şoku ve ağaın ölümünün en büyük nedenidir (Hirons and Thomas, 2018).

Tekniğine uygun yapıldığında ekipman kullanılarak yapılan nakiller daha başarılı olur. Makina veya ekipmanla köklerini çevreleyen toprak kütleleriyle söküme yapıldığında telisler sarmaya gerek olmadan yeni yerlerine taşınabilir. Bu tür ekipmanlarda dört sivri uçlu hidrolik bıçak toprağı bastırılır. Bıçaklar ağaç kökünün altında birleştirilerek toprak kütleleri kap şeklinde çıkarılır. Toprak kütleleri geleneksel nakil yöntemine göre daha uzundur ancak çapın her ikisi için de aynı olması gerekir. Dikimden önce çukurun içerisinde 40-50 cm su bulunması önerilmektedir. Bu su köklerin arasında hava hapsolmesini önleyerek kök toprağının çukura daha iyi yerleşmesini sağlar. Bazen bıçak uçlarının birleştiğı yerde veya iki bıçak arasında kalın kök sıkışır. Bu durumda toprak kütleleri dağılabilir ve kökler ezilebilir. Kökler temiz bir şekilde kesilmez ve parçalandığı için uçtan birkaç santim geriye doğru kurur. Bu durum, nakil şokunu artırır ve ağaın toparlanmasını geciktirir. Bu nedenle hidrolik ekipmanın bıçakları keskin olmalıdır (Ürgenç, 1990; Hartman et al., 2000). Köklerin yarılmaması veya kırılmasını önlemek için kesimler temiz yapılmalıdır. Yarılmış ve kırılmış kökler sağlam dokulara kadar temiz bir şekilde kesilmelidir. Pürüzsüz kesilmiş dokular yeni saçak köklerin oluşmasını teşvik ederek ağaç yaralarının daha hızlı iyileşmesine yardımcı olur (Lane and Mandir, 2021). Küçük ağaçlar kolayca taşınırken, büyük ağaçlar genellikle özel taşıma ekipman ve araçları gerektirir. Söküm makineleri kamyon veya çekici römorklarına monte edilmiş durumdadır (Şekil 5).

Taşınacak ağaın boyut sınırı, ağaın taşınacağı yol ve köprülerin geçiş şartlarına göre değışir. Taşınma sırasında ağaçlarda gövde, dal ve kabuğın zedelenmesini ve kaymasını önlemek için çıplak yerlerin çuval, kanvas veya başka bir malzemeyle sarılması gerekir. Dalların kırılmasını önlemek için tüm gevşek ve sarkık kısımlar toparlanarak bir iple bağlanmalıdır. Toprak kütlelerinin nemli tutulması için kökler ıslak çuval telislerle örtülmelidir. Özellikle yaprak dökmeyen ağaçların aşırı kurummasını önlemek için üzerlerinin branda veya telisle örtülmesi ve su kaybının önlenmesi gerekir. Ağaçların yeni yerlerine dikilmeden önce bir süre beklenmesi gerekiyorsa köklerinin üzeri kurumaya karşı örtülmelidir (Hartman et al., 2000). Ağaın nakil alanına giderken yolda hasar görmesi mümkündür. Nakilde kapalı gölgelikli bir araç kullanılmazsa açıkta kalan kökler, tomurcuklar veya yapraklar hızla kuruyacağından tutma ihtimalleri azalacaktır (Hirons and Thomas, 2018).



Şekil 5. Söküm taşıma ve dikim yapabilen kamyon (üst) (Resim K.K. Kılıç), ve makinayla açılan dikim çukuru (alt)

4.6 Dikim çukurunun hazırlanması ve ağaçların dikimi

Dikim çukurunun hazırlanmasında gösterilen özen, nakilde başarıyı sağlayan önemli bir faktördür. Dikim çukuru kök uçlarını bükmeden ve kırmadan köklerin sığabileceği kadar geniş olmalıdır. Çukurun hazırlanmasında boyut ve derinlik, toprak kalitesi ve drenaj dikkate alınmalıdır. Çıplak köklü türler için açılacak çukur, tüm kök sisteminin sığacağı, kökleri bükmeyecek veya sıkıştırmayacak kadar derinlik ve genişlikte olmalıdır. Balyalı veya kaplarda yetiştirilen ağaçlar için toprak kütesinin etrafında dolgu yapılmasına izin verecek ve toprağın havalandırılmasını sağlamak için çukur, toprak kütesinden biraz daha geniş ve derin açılmalıdır. Fakat çok derin kazmak, dolgunun çökmesi nedeniyle ağacın sağlığını riske atacaktır (Hartman et al., 2000). Bitkiler orijinal derinliklerinden daha derin dikilmemelidir. Derin dikim, köklerde düşük oksijen, aşırı su nedeniyle kök çürümesinden sebep olduğundan, nakil şokuna ve bitkinin ölümüne neden olabilir (Gauthier and Kaiser, 2014).

Nakillerde yapılan hatalardan bir diğeri ise dikim derinliğidir. Sökümde yeterli kök kütlesi bulunmadığında ağacın devrilmemesi için derin dikim yapılmaktadır. Fakat bu durumda kök boğazının üstündeki gövde kısmının gömülmesi, toprak kökenli mantari hastalılardan kolay etkilenmesine neden olmaktadır. Herdem yeşil türlerdeki derin dikimlerde dalların gömülmesinden dolayı dikim boşluğu kalmaktadır. Her iki durumda, ağaç kök sistemini geliştiremeyip kurumayla sonuçlanmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Derin/yüzeysel dikim, yetersiz kök ve sonuçta meydana gelen kurumalar (Leylandi)

Mümkünse çukurun elle kazılması tercih edilmelidir. Burgu veya direk kazıcıları gibi mekanik kazıcıların kullanımı özellikle kil içeriği yüksek topraklarda, çukurun kenar yüzeylerinin düz, pürüzsüz ve sıkışmış hale gelmesine neden olur. Bu durumlarda kökler kaygan veya parlak yüzeylere nüfuz edemez ve dolayısıyla kök kütesinden çıkıp çevredeki toprağa doğru genişleyemez (Bakınız Şekil 5). Bu sakıncayı önlemek için kazmadan sonra çukurun kenarları kazma, kürek, çapa gibi el aletleri ile kabartılarak pürüzlü hale getirilip toprak gevşetilebilir. Kazma yöntemi ne olursa olsun, asla ıslak toprakta, özellikle ıslak kil veya killi balçık toprakta çalışılmamalıdır (Hartman et al., 2000; Gauthier and Kaiser, 2014). Makine ile taşınan ağaçlarda çukurun içine 30-40 cm yüksekliğinde su doldurulması faydalıdır. Bu şekilde çukurun yanlarından su yukarı yükselir ve sıkışan yüzey topraklarının gevşemesine ve kaynaşmasına yardımcı olur (Dirik, 2014).

4.7 Toprak yapısı ve incelenmesi

Nakledilecek ağacın büyüdüğü alan kök gelişimini ve dolayısıyla nakledilebilirliğini etkiler. Dikim yerinde ilk yapılması gereken toprağın incelenmesidir. Toprak inceleme hem ağacın kazılacağı hem de nakledileceği alan için yapılmalıdır. Toprak tekstürü, strüktürü, drenajı, organik maddesi, kumlu veya killi karakterde olup olmadığı, toprak sıkışması olup olmadığı incelenmelidir (Swanson et al., 2024). Kazılacağı alandaki toprak tipi sökümün işleyişini ve başarısını etkiler. Kumlu topraklar kolay dağıldığı için sökümün daha

özenli yapılması gerekir. Kumlu, iyi drenajlı topraklarda kök sistemi daha geniş ve daha derin gelişir. Böylece kumlu yerden nakil yapılırken söküm esnasında daha fazla kök zarar görecektir. Ağaçlar kumlu topraklarda derin ve dağınık bir kök sistemi oluşturduklarından kilce zengin topraklardan sökülenlere nispetle nakilde daha fazla risk taşır. Killi topraklarda da oksijen yetersizliği nedeniyle kılcal köklerin gelişimi sekteye uğramaktadır. Toprağın çeşitli yöntemlerle havalandırılması başarıyı artırır. Ancak Bu bakımdan genel olarak ağır topraklardan hafif topraklara nakil yapıldığında başarı daha yüksektir. Fidanlıkta ise genellikle kıvrımlara izin verilmediği sürece, kök alanı daha kısa alanda geliştiği için kök sistemleri nakil için daha iyidir ve bu bakımdan kaplarda yetiştirilen ağaçlar daha az nakil şokuna maruz kalır ve nakil başarıları daha yüksektir (Ürgeç, 1990; Hartman et al., 2000). Sık büyüyen ve fakir, kurak ortamlarda yetişen ağaçlarda kökler dar bir alanda sıkışık halde büyüme özelliği gösterirler. İşlenmiş topraklarda ise daha entansif, doğal ortamlarda ise daha dağınık bir kök sistemi geliştirirler. Bütün bu durumlar nakil başarısını etkilemektedir (Ürgeç, 1990).

Mekanik olarak ağaç dikme ekipmanı kumlu topraklarda daha iyi çalışır. Ancak kumlu toprak nakil sırasında kök sisteminden kopma ve dağılma eğilimindedir. Bunun sonucunda kılcal köklerde hasar meydana gelir ve bu hasar ağacın ölümüne yol açabilir. Ağaçların ağır topraklardan kazılması daha zordur, ancak kök sistemi daha az zarar görür. Ağaçların kumlu topraklardan sökülmesi gerekiyorsa, toprağı plastikleştirmek ve kök kütesini içinde tutmak için kazma işlemi sırasında kök bölgesi sulanmalıdır. Ağacın söküldüğü alandaki toprak ile yeni nakledildiği yerdeki toprak tipi benzer olmalıdır. İki bölgedeki topraklar arasında önemli bir fark olması durumunda komplikasyonlar ortaya çıkabilir. Ağaç ağır topraktan kumlu toprağa taşındığında, su kök kütesinden drene olma eğilimindedir. Tersine, bir ağaç kumlu bir alandan ağır topraklı bir alana taşındığında su kök kütesine akma eğilimindedir. Her iki durumda da drenaj sorun haline gelir (Ford and Foote, 1966).

Toprak pH'sı, toprağın asitliği veya bazlık derecesinin bir ölçüsüdür. 7'lik bir toprak pH'ı nötrdür. 7'nin altındaki pH asidik toprağı, 7'nin üzerindeki pH ise alkali toprağı ifade eder. Pek çok bitkinin optimum pH aralığı vardır; bazıları asit sever, bazı bitkiler alkali toprağı tolere eder ve bazıları pH 7'ye yakın olduğunda en iyi şekilde büyür. Çoğu bitki 6,0-7,0 arasındaki bir pH'da gelişir. Kalsiyum karbonat veya kireç uygulanarak toprak pH'ı örneğin 6'dan 7'ye yükseltilebilir. Amonyum sülfat veya demir sülfat gibi asitli gübreler veya kükürt eklenmesiyle toprak pH'ı da düşürülebilir. Toprak pH'sını düşürmek yavaş bir süreçtir ve yükseltmekten çok daha zordur. Ancak toprağı değiştirmeye çalışmaktansa mevcut pH'ya uygun bitkiler seçilmelidir. Temellere ve kaldırımlara yakın alanlar için yüksek pH'yı tolere edebilecek bitki türleri dikkate alınmalıdır. *Fraxinus pennsylvanica*, *Fraxinus americana*, *Acer saccharinum*, *Populus deltoides*, *Phellodendron amurense*, *Ginkgo biloba*, *Celtis occidentalis*, *Gleditsia triacanthos*, *Quercus bicolor*, *Gymnocladus dioicus*, *Ostrya virginiana*, *Catalpa bignonioides*, *Juglans nigra*, *Acer platanoides*, *Acer tataricum*, *Elaeagnus angustifolia* gibi türler, 7,2-8,0 gibi yüksek pH değerlerine toleranslı olan türlerdir. Genel olarak herdem yeşil türler hafif asidik koşullarda en iyi performansı gösterir. Mazı (*Thuja occidentalis*) Ponderosa çamı (*Pinus ponderosa*), çoğu ardiç türü, *Picea pungens* gibi bazı istisna

türler 6,5 ile 7,3 arasındaki daha geniş bir pH aralığını tolere edebilir. Açelyalar, orman gülleri ve yaban mersini, pH 4,5 ile 5,5 arasında asidik topraklarda iyi gelişir (Swanson et al., 2024).

Kentsel ortamda büyüyüp nakledilen büyük ağaçlarda, düşük toprak nemi, düşük toprak geçirgenliği, zayıf havalandırma ve çözünebilir tuzların yüksek olduğu topraklar nakil sonrası stresi artırmaktadır (Kozłowski, 1987). Bitki büyümesi için doğru miktarda su önemlidir. Suya toleranslı bitkiler, taban suyunun yüzeye çok yakın olduğu veya ağır killi toprağın bulunduğu, sürekli ıslak alanlara dikilmelidir. Durgun su veya yüksek taban suyu toprakta düşük oksijen içeriği anlamına gelir. Aşırı nemi ve düşük oksijeni tolere edebilen ağaçlar; *Fraxinus pennsylvanica*, *Betula nigra*, *Celtis occidentalis*, *Quercus bicolor*, *Acer rubrum*, *Elaeagnus angustifolia*, *Alnus* spp, *Acer X freemanii*, *Larix decidua*, *Populus* spp, *Salix* spp taksonlarıdır. Kuraklığa dayanıklı ağaçlar uzun süre susuzluğa dayanabilir ve kumlu topraklar için en uygun türlerdir. Kuraklığa dayanıklı ağaç türleri; *Fraxinus pennsylvanica*, *Phellodendron amurense*, *Ginkgo biloba*, *Celtis occidentalis*, *Gymnocladus dioicus*, *Acer X freemanii*, *Crataegus*, *Gleditsia triacanthos*, *Populus tremuloides*, *Pinus* spp, *Quercus ellipsoidalis*, *Ulmus* spp, *Juniperus virginiana*, *Elaeagnus angustifolia*'dır. Kuraklığa dayanıklı çalılar; *Acer ginnala*, *Berberis* spp, *Caragana* spp, *Lonicera* spp (Hanımeli), *Rhus typhina* (Sumak), *Ribes alpinum*, *Sambucus* spp, *Shepherdia argentea* (Gümüş beri), *Spiraea* spp (Keçi sakalı), *Syringa vulgaris* (Leylak), *Potentilla* spp (Beřparmak otu), *Juniperus* spp (Ardıçlar), *Microbiota decussata* gibi türlerdir (Pryor and Watson, 2016).

4.8 Drenaj durumunun belirlenmesi

Ağacın iyi gelişmesi için ağır karakterli ve drenajı zayıf topraklarda, dikimden önce bazı önlemlerin alınması gerekir. Bir alanın drenaj kapasitesi, 50 cm derinliğinde bir delik açılıp içi suyla doldurularak belirlenebilir. Delikteki su 30 dakika içinde kayda değer ölçüde azalmazsa drenajı iyileştirecek önlemler alınmalıdır. Dikim çukurunun dibinde kil dolgu-toprakla karşılaşırsa kil tabakası boyunca drenaj delikleri açılarak iri çakılla doldurulabilir. Drenaj sorunu çok şiddetli değil veya lokal alanlarda ise "yüksek dikim" tekniği uygulanarak bu sakınca giderilebilir (Hartman et al., 2000). Yüksek dikimin amacı köklerle durgun su zonu arasında mümkün olduğunca havalanma kapasitesi yeterli ve kök gelişimine elverişli toprak derinliği yaratmaktır. Bu tür alanlarda dikimde bitkisel toprak+torf+kum karşımı kullanılmalı ve killi topraktan kaçınılmalıdır. Bunların dışında dikim çukurunun dibine kanal açılarak yaş, çakıl, kiremit parçaları konulur ve dikim yeri yükseltilebilir (Dirik, 2014). Nakilden sonra köklerin gelişmemesi durumunda ağaç dikim şokundan sonra kuruma aşamasına gelecektir. Toprak aşırı sıkışmış veya geçirimsiz katmanın olması halinde kökler yeterince gelişemediği için büyümede durgunluk ve uzun vadede kurumalar görülmektedir (şekil 7).



Şekil 7. *Lagerstroemia indica*'da (Oya ağacı) geçirimsiz katmana gelen köklerin gelişimi (sol), *Liquidambar occidentalis*'te (Amerikan sığla ağacı) nakilde yetersiz kök ve ağır killi topraktan dolayı gelişmemiş kök yapısı (sağ)

Toprak dokusu ve drenaj yakından ilişkilidir. Genel olarak kumlu topraklar geniş gözenekli boşluklara, iyi drenaja ve düşük su tutma kapasitesine sahiptir. Tersine, killi topraklar çok daha küçük gözenek boşluklarına sahiptir, drenajı zayıftır ve ağaç köklerini oksijenden yoksun bırakabilir. Topraktaki gözenekler bitki gelişimi için çok önemlidir çünkü gözeneklerde bulunan oksijen kök büyümesi için gereklidir. Bitki kökleri büyüme için hem neme hem de oksijene ihtiyaç duyduğundan, nakilden önce toprağın drenajı kontrol edilmelidir. Nemi yüksek, ancak oksijeni düşük, kötü drenajlı bir toprak hem uygun kök gelişimini hem de organik maddenin ayrışmasından ve bitki besin maddelerinin salınmasından sorumlu olan yararlı toprak mikroorganizmalarının gelişimini engeller. Drenajı kötü toprağa dikilen bitkinin gelişimi yavaş, gücü zayıf olur ve zamanla yavaş yavaş ölür. Islak alanlarda, zayıf drenajlı topraklara toleranslı türlerin dikilmesi veya toprağın drenajının yapay olarak iyileştirilmesi gereklidir (Swanson et al., 2024). Drenajı düzeltilmenin fiziksel veya ekonomik olarak mümkün olmadığı durumlarda en iyi alternatif, bataklık servisi (*Taxodium distichum*), Sığla (*Liquidambar orientalis*), kavak (*Populus* spp), söğüt (*Salix* spp) ve *Nyssa sylvatica* gibi drenajı ağır toprakları tolere edebilecek türlerin seçilmesidir. Yaprak dökmeyen türler, porsuk ve özellikle geniş yapraklı türleri dikmekten kaçınılmalıdır (Hartman et al., 2000). Palmiyelerin dikildiği topraklar iyi drene olabilmelidir (Ürgenç, 1990). Drenaj güçlüğü ve oksijen eksikliği başta *Pinus* türleri olmak üzere ortama 3 yıl içinde, bazen de aynı yıl kurumalara neden olabilir (Dirik, 2014).

Toprak drenajı farklı yöntemlerle iyileştirilebilir. Sadece dikim çukurunun dibine çakıl eklemek yeterli drenajı sağlamaz. Geçirimsiz katmana çakıl eklendiğinde su geçirimsiz tabakada birikecek ve köklerin oksijen alımını daha da azaltacaktır. Gözenek hacmini arttırmak için killi toprağa kumlu toprakla birlikte kaba turba ve kaba kompost gibi organik maddeler eklenebilir. Organik madde aynı zamanda su tutma kapasitesini arttırmak için kumlu toprağa da eklenebilir. Toprağı değiştirirken, iki toprak türü arasında köklerin nüfuz edemeyeceği ve mevcut toprağa doğru büyümeyeceği bir arayüz oluşturmamaya dikkat edilmelidir. Mevcut toprak profiline bir geçiş bölgesi oluşturmak için değiştirilen toprak mevcut toprakla karıştırılmalıdır. Toprağın araçlar veya insanlar

tarafından sıkıştırılması gözenek hacmini ve dolayısıyla oksijeni azaltabilir, suyun sızmasını kısıtlayabilir ve bitki köklerine fiziksel olarak zarar verebilir. Sıkıştırılmış toprakta oksijen tükenir ve karbondioksit birikir, bu da kök büyümesine zarar verir. Toprağı havalandırmak sorunun çözülmesine yardımcı olabilir (Swanson et al., 2024).

4.9 Ağacın dikim çukuruna yerleştirilmesi ve çukurun doldurulması

Nakle konu ağaçlar sökümden en geç 24 saat sonra hazırlanan yeni ortamlarına dikilmelidir (Dirik, 2014). Ağacın sökümü esnasında söküm yönü işaretlenmeli ve mümkünse doğal yetişme yerindeki güneş, rüzgâr ve ışık şartları gözeticilerle aynı yönde dikilmelidir. Ağacın yetiştiği yöne dikkat edilerek, dikim yerinde de aynı yöne dikilmesi kabuğun güneşten yanma riskini azaltacaktır. Kök boğazının toprak yüzeyi ile aynı hizada olması için dikim derinliği söküm pozisyonuna yakın olmalıdır (Hartman et al., 2000; Norman, 2018).

Dikim esnasında toprak tavda ve işlenebilir nitelikte olmalıdır (Dirik, 2014). Ağaç dikiminden sonra toprakta bir miktar çökme olabilir. Ağaçların kılcal emici köklerinin çalışması için oksijene ihtiyaç olduğundan oksijen seviyelerinin çok düşük olduğu derinliğe dikildiklerinde ölür. Kızılcık (*Cornus* spp), Kayın (*Fagus grandifolia*), meşeler (*Quercus* spp) ve iğne yapraklı ağaçlar çok derin dikimlere karşı hassastır. Ağaçların kökleri yüzeyden hafif bir açıyla aşağıya doğru büyüdüğünden, çıplak köklü dikimlerde çukurun dip kısmının hafif tümsek yapılması (çukurda tepe dikim yöntemi) başarıyı artıracaktır. Dikimden önce hastalıklı, kuru ve kırılmış kökler budanmalıdır. Kök tacı daha sonra çukur içerisindeki tümseğin üzerine yerleştirilebilir, kökler yanlara ve aşağıya doğru yayılır ve böylece toprakla yakın temas sağlanır. Dikimden sonra balya ve kökleri saran telisler gevşetilir çıkarılmalıdır. Ağaç tel kafesle sarılı halde taşındı ise teller bir makasla kesilmelidir (Hartman et al., 2000). Kökler daha önce büyüdükleri derinliğe yerleştirilmelidir. Özel durumlarda dışında kök boğazı toprak hizasında olacak şekilde dikim yapılmalıdır (Dirik, 2014). Dikimlerde kök boğazına dikkat edilmeli, dikimden sonra toprağın bir miktar çökeceği hesaplanmalıdır. Çukurlar çok derin kazılmışsa, çökme riskini azaltmak için tabana toprak atılmalı ve iyice sıkıştırılmalıdır. Orijinal bitki derinliğini belirlemek zor olabilir. Orijinal kök boğazı net değilse, kök genişlemesi ve/veya ilk kökler görünene kadar kök kütesinin üst kısmındaki fazla toprak dikkatlice yayılır. Daha sonra bitkinin üst köklerin 5 ila 10 cm toprakla kapanacak şekilde yerleştirilir. Ağaçlarda gövde kısmına doğru şişkinleşen kök yapısı varsa bu kısım toprak dışında bırakılmalıdır (Gauthier and Kaiser, 2014). Bazı türlerde derin dikim sakınca oluşturmaz. Örneğin *Morus*, *Populus* ve *Salix* gibi türlerde gövdenin toprak altında kalan kısımlarında da köklenme meydana gelebilmekte ve kök sistemi zenginleşmektedir (Dirik, 2014).

Yapılan araştırmalar, ağaç dikilirken kazı çukurundan çıkan toprakla doldurmanın daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir. Fakat kazı toprağının dolgu olarak kullanılmadan önce havalanma şartlarının iyileştirilmesi önemlidir. Yetersiz toprak koşullarında ise dikim ortamı toprağına %50 oranında karıştırılan uygun nitelikli harç materyali kullanılabilir. Normal koşullarda dikim toprağına %20-25 oranında torf karıştırılabilir

(Dirik, 2014). Dolgu toprağının kötü drenajlı olduğu durumlarda, kökler ıslak dönemlerde çok fazla, kurak dönemlerde ise çok az su tutar. Doldurma esnasında büyük hava boşlukları kalmaması için büyük kesekler parçalanmalıdır. Ağaç uygun derinlikte ve yönde çukura yerleştirildikten sonra yavaş yavaş toprakla doldurulmalıdır. Çıplak köklü ağaçlar için, ilk atılan toprak köklerin dibine sıkıca yerleştirilmeli, daha sonra çukurun geri kalan kısmı doldurulmalıdır. Hava boşluğu kalmaması ve kökleri toprakla yakın temasını sağlamak için doldurma sırasında ağaç hafifçe kıvıldatılabilir. Çukur tamamen doldurulduktan sonra hafifçe sıkıştırılır. Ağır topraklarda oksijen ve suyun köklere ulaşmasını engelleyeceğinden, köklerin etrafında aşırı sıkıştırma yapılmamalıdır. Dikimden sonra can suyu verilmeli ve toprağın çökmesini takiben bir miktar daha toprak doldurulmalıdır. Topraklı nakledilen ağaçlarda, hava boşluğu kalmayacak şekilde kök kütlelerinin oturacağı toprak gevşetilmelidir. Bu tür nakillerde çukur yaklaşık yarısına kadar toprak doldurulur ve ağaç dikildikten sonra sulama yapılarak toprağın çökmesi sağlanır ve geri kalan kısım tekrar doldurulur (Hartman et al., 2000).

Dikim çukurlarının diplerine çakıl veya diğeryabancı madde konulmaz. Toprağın turba, çam kabuğu gibi maddelerle değıştirilmesi önerilmez. Değıştirilen topraklar gevşek ve daha verimli olduğundan kökler bu ideal ortamın dışına kolaylıkla çıkamaz ve bunun sonucunda kök sistemleri yeterince genişlemez. Ayrıca değıştirilen bu dikim çukurlarının dibinde su killi doğal toprağa ulaştığında nüfuz edemez ve tabanda birikir. Bu durum "kâse" etkisi yaratabilir ve içindeki kökler ıslak ortamdandolayı köklerde çürüme meydana gelir. Çukur yarıya kadar doldurulur, hafifçe bastırılır ve iyice sulanır. Su sızdıktan ve toprak çöktükten sonra, her seferinde birkaç santim daha toprak eklenir. Çıplak köklü türlerde köklerin arasını doldurmak için ekstra özen gerekir. Ağaçların dikim sırasında veya yeni yerdeki büyümenin ilk yılında gübrenlenmesine gerek yoktur. Büyük ekimlerde, ağır toprakların organik maddelerle karıştırılması ve iyileştirilmesi yoluyla dikim yatağı oluşturulabilir. Bu, daha iyi havalandırma ve su hareketi sağlar, böylece kök büyümesini artırır. Ormangülü ve açelya gibi düşük pH gereksinimlerine sahip bitkilerde toprak ıslahı gerekebilir (Gauthier and Kaiser, 2014).

5. Nakilden Sonra Yapılacak İşlemler

Avrupa'daki uygulamalarda normal koşullarda yapılan nakillerde ortalama %85 başarı tatminkâr bulunmaktadır (Dirik, 2014). Ağaçların naklinde başarısızlığının yaklaşık yüzde 70'inin yetersiz bakımdan kaynaklandığı belirlenmiştir (Norman, 2018). Ağaçlar yeni büyüme alanlarına nakledildiklerinde bakım ve kültürel işlemler gerektiği ve tekniğine uygun yapılmadığı takdirde nakil işlemi başarısızlıkla sonuçlanabilir. Yapılan emek ve masraflar boşuna gider. Bu nedenle taşıma işlerinden daha önemlisi nakilden sonraki bakım ve diğerykültürel işlemlerdir.

5.1 Destekleme

Dikim sonrasında fidanların fiziksel dirençleri en zayıf düzeydedir. Fidanların fizyolojik aktivitelerini normal düzeye çıkarabilmeleri için ortam ile güçlü fiziksel ilişki kurması

gerekir. Bu da ancak köklerin dikim çukurundan çevre toprağa geçmesiyle mümkündür. 3-4 haftalık kritik süre içinde rüzgâr, fırtına ve diğeryçevre faktörlerinin neden olduğu sarsıntılar köklerin kopmasına ve uyum sürecinin gecikmesine neden olur. Bu etkiler güçlü ise fidan veya ağaçlar devrilebilir (Dirik, 2014). Devrilmeyi önlemek ve yatma riskini azaltmak için nakilden sonra ağaçların sabitlemesi gerekebilir. Yeni dikilen ağaçların rüzgârla aşırı sallanmasını önlemek, dik büyümeyi teşvik etmek veya mekanik hasara karşı koruma sağlamak için desteğe ihtiyaç vardır (Norman, 2018). Sabitlemek için herkekbağlama veya germe, kökler gelişene kadar ağacı sabit tutar ve dik konumda durmasını sağlar. Etkin sabitleme ve ağaçta aşınma zararını önlemek için gergiler, kazıklar ve bağlar gerektiği şekilde bağlanmalı, çıkarılmalı, değıştirilmeli veya ayarlanmalıdır (Lane and Mandir, 2021). Ağaçlar bireysel olarak rüzgâra maruz kaldıklarında genel olarak daha dayanıklı olurlar. Bitkiler yalnızca kuvvetli rüzgârlarla devrilme tehlikesi olduğunda desteklenmelidir. Taç kısmı ağır ağaçların devrilmesini önlemek için de destekleme gerekebilir. Desteklemede dikim çukurlarının dışına, zeminin sağlam olduğu noktaya eşit açılı üç kazıktan bağlama yapılmalıdır. Ağaçları her iki yönden desteklemek için geniş, esnek, kayış benzeri bağlama malzemeleri kullanılır. Bağlama ağaçların alt yarısından yapılmalı ve gövde hareketine izin verecek kadar gevşek olmalıdır. Sürtünme gövde yaralanmasına neden olabileceğinden tek destek önerilmez. Gövdenin boğulmasını önlemek için kayışlar periyodik olarak kontrol edilmelidir (Gauthier and Kaiser, 2014). Destekleme, gövdenin gücü, rüzgâr koşulları ve trafik düzeni dikkate alınarak yapılmalıdır. Doğru destekleme sorunları azaltılabilir. Kök kütlelerine göre daha büyük taca sahip, ıslak dikim alanı veya rüzgarlı bir dikim alanına dikilen ağaçlar desteklenmelidir (Hartman et al., 2000). Sabitleme halatları en az iki yıl ve bazı durumlarda beş yıla kadar yerinde kalmalıdır (Norman, 2018) (Şekil 8).



Şekil 8. Ağaçları, tek noktadan (A), iki noktadan (B) ve süs kirazında güneş yanığına karşı gövdenin sarılması ve üç noktadan bağlama (C)

Fidanlıkta desteksiz ve geniş aralıklarla yetiştirilen ağaçlar, dikimden sonra desteğe ihtiyaç duymaz. Bazen kent ortamında, ağaçları araçlardan ve yayalardan korumak için kalıcı destek ve gövde koruması gerekebilir. Güçlü gövdeli ağaçlar, yalnızca çim biçme makinesinin zarar görmesini önlemek ve kökleri çevredeki toprağa yerleşene kadar sabitleme için desteklemeye ihtiyaç duyabilir. 100-150 cm uzunluğunda iki veya üç kazık

yere 30 cm kadar çakılır. Kazıklar gövdeden yaklaşık 30 cm uzağa ve 25 cm derinliğe çakılmalıdır. Gövdenin bir miktar hareket etmesini sağlayacak şekilde bez bağlarla sabitlemesi gerekir. Gövdeleri zayıf olan ağaçların destek için kazıklara ihtiyacı olabilir. Yüksekliği 6 metreye kadar olan ağaçlar için, 180-200 cm uzunluğunda bir veya iki sağlam kazık yere 60 cm kadar ve gövdeden 15-30 cm uzağa çakılabilir. Sabitleme tellerini bağlamak için kazıklar dışı doğru 45 derecelik açıyla çakılmalıdır. Ağacı desteklemek için kazığa bağlanan geniş kumaş bant ağacın etrafına sarılır. Bu bağlama esnek maddelerle de yapılabilir. Gergi halatları genellikle daha büyük ağaçları desteklemek için kullanılır. Gövdenin yaklaşık yarısından bağlanarak, yaklaşık 45 derecelik bir açıyla yere sabitlenir. Bağlama halatlarının ağacın sallanması esnasında gövdeyi kesmemesi için plastik veya kauçuk malzemeler tampon olarak kullanılabilir. Halatların gövdeye bağlanması bir halka ile yapılabilir. Halatların alt uçları toprağa çakılan kazıklara bağlanır. Genellikle büyük ağaçlara 3-4 halat bağlanabilir. Üç noktadan sabitleme denge açısından tercih edilmelidir (Hartman et al., 2000). Yaya dolaşımının yoğun olduğu alanlarda ise kök balyasından bağlamayı esas alan toprak altı gergileme sistemi uygulanabilir (Dirik, 2014). Bağlama malzemesi olarak, aşınmayı azaltmak için kendir veya kauçuk geniş şeritler kullanılarak gövde üzerindeki yük dağıtılmaya çalışılmalı ve gövdenin kalınlaşmasını engellememelidir. Yeni kökler oluşup ağaç yeterince sağlamlaştıktan sonra her türlü destek kaldırılmalıdır. Bu, ağaç türüne, büyüklüğüne, toprak tipine ve alandaki rüzgâr koşullarına göre değişebilir ancak genel bir kural olarak, dikimden sonraki iki yıl içinde tüm desteklerin kaldırılması mümkün olmalıdır. Ağaç kazıklarının ve bağlarının sürekli bırakılması ağacın gövdesini sıkarak veya sürtünerek hasara neden olabilir (Hirons and Thomas, 2018).

Küçük fidanlarda tek kazık destekleme için uygun olabilir fakat 3-4 metre boylu fidanlarda ikili, üçlü kazıklar sağlam şekilde toprağa çakılmalıdır. Üst kısmı ise fidana destek olacak uzunlukta bırakılır. Kazığa bağlama fidanın gövdesini kesmemesi için 8 şekilde yapılmalıdır (Ürgeç, 1990). Hereklerin fidan gövdesinden farklı renk olması bakımlarda kolay ayırt edilmelerini sağlar (Dirik, 2014).

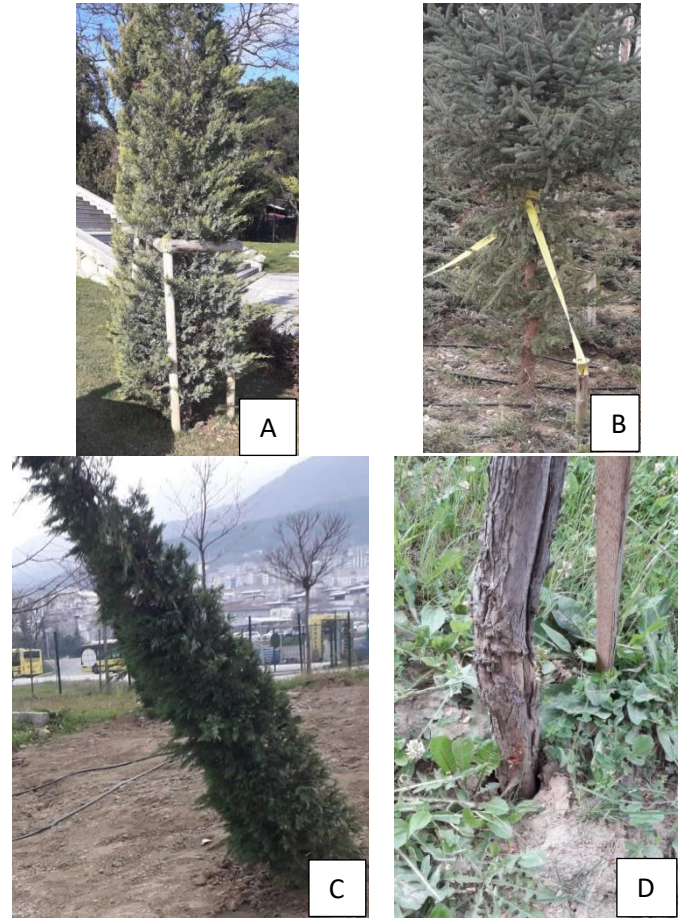
Özellikle rüzgâr yükü fazla olan herdem yeşil türlerde nakilden sonra devrilme riski daha fazladır. Palmiye gibi kök sistemi yüzlek ve gövdesi ağır ve uzun türlerin mutlaka üç noktadan toprağa sabitlenmesi gerekir. Aksi halde rüzgârla sallanmadan dolayı köklerin toprağa sabitlenmesi mümkün olmayacak ve nakil başarısızlıkla sonuçlanacaktır (Şekil 9).

Herdem yeşil rüzgâr yükü fazla olan ağaçlarda destek herekleri yerine gergileme yöntemlerinin kullanılması daha etkili olacaktır. Bu yöntemin herekleme yöntemlerine göre 2 kat daha etkili olduğu ortaya konulmuştur (Dirik, 2014).

5.2 Sulama

Ağaçlar her ne kadar uygun yöntemlerle taşınırsa bile söküm, taşıma ve dikim işlemlerinde meydana gelen kök kayıpları su ve mineral alımını azalttığından fizyolojik olarak kritik hale getirir. Bu durumda sulamaların daha özenli yapılması zorunludur. Dikim çukurunun doldurulmasından sonra kök boğazı çevresine çanak yapılarak fidanın bolca sulanması gerekir (Dirik, 2014). Ağaç söküldükten sonra mümkün olan en kısa sürede dikilmeli ve iyice sulanmalıdır.

Nakledilen ağaçlarda kök kütlelerinin önemli bir kısmı kaybolduğundan bitkilerin su alabilme kapasitesi önemli ölçüde azalır. Bu nedenle, nakledilen ağaçlar ve çalılar ciddi ölçüde su stresi yaşayabilir ve dikim şokuna girebilir (Gauthier and Kaiser, 2014). Bakım ve sulama nakledilen ağaçların tutma başarısında en kritik faktördür (Norman, 2018). Ancak yeterli miktarda ve düzenli olarak sulama uygulanırsa dikim şoku çabuk atlatılarak adaptasyon ve büyüme sağlanabilir. Bir sezonluk sulama, dikim şoku kaynaklı ölümleri %50-60 oranında azaltacaktır, ancak sorunun tamamen ortadan kalkması için iki vejetasyon dönemi sulama devam etmelidir (Ford and Foote, 1966).



Şekil 9. Üçlü kazıkla destekleme (A), üç noktadan sabitleme (B), desteklenmeyen ağaçlarda meydana gelen devrilmeler (C) ve gövdede sallanma sonucu oluşan boşluk (D)

Nakil sonrası toprağın çöküp ağacın kökleri sağlam bir şekilde yerleşinceye kadar zaman zaman sulamaya devam edilmelidir. Sulama sıklığı toprağın türüne, ağacın büyüklüğüne ve yağış miktarına bağlıdır. Ancak genel olarak iyi drenajlı topraklarda bir haftalık aralıkla 50 cm derinliğe kadar sulanması gerekir. Köklere kadar ıslanabilmesi için su yavaş verilmelidir. Suyun nüfuz ettiği derinlik bir çubukla kontrol edilebilir. Yalnızca birkaç santim derinliğe kadar, sık sık yapılan hafif sulamalar çok faydalı olmaz (Şekil 10). Sonbahar veya kışın taşınan yaprak döken ağaçlar, baharda yeni yapraklar çıkıncaya kadar çok az suya ihtiyaç duyar. Hava sıcaklığı yüksek ve nem oranı düşükse, iki hafta boyunca her gün birkaç kez taç kısmına su püskürtülebilir (Hartman et al., 2000). Sisleme uygulaması

ağacın tacına kurulan püskürtme sistemi ile de yapılabilir (Dirik, 2014). Yeterli ve uygun sulama, kök adaptasyonu ve gelişimi için önemlidir. Strese duyarlılığı en aza indirmek ve hayatta kalmayı garantilemek için kök hacmini tamamen ıslatacak şekilde sulama yapılmalıdır (Lane and Mandir, 2021). Ağaçların yetersiz sulanması toprak yüzeyine yakın kök gelişimini teşvik ettiğinden ve böylece yüzeyel gelişen kökler kurak zamanlarda daha fazla zarar göreceğinden, sık ve hafif sulama yapılmamalıdır. (Ford and Foote, 1966).

Özellikle nakilleri meyilli alana yapılan ağaçların sulanmasında daha dikkatli davranılmalıdır. Suyun kolay akıp gitmesini engellemek ve ağacın kök bölgesine sızmasını sağlamak için sulama çukuru oluşturulmalıdır. Nakledilen ağaçların etrafında çim ekilmesi ve çimin sulanması toprağın üst tabakasına nem sağlar. Fakat nemin derin katmanlara ulaşması gerekir. Bu bakımdan ağacın etrafına ekilen çim sulamaları yanıtıcı olabilir, suyun sızma derinliği kontrol edilmelidir. Gerekli görüldüğü takdirde sulama sistemlerinde nakledilen her ağaç için su çıkışı bırakılarak bol sulanmaları sağlanmalıdır.



Şekil 10. Hatalı nakil ve budama sonrası kurumuş ağaçlar

Yeni nakledilen ağaçlarda ilk 1 ila 2 hafta boyunca, her gün yaklaşık her 5 cm gövde çapı için 10-20 litre su verilerek sulanmalıdır. Daha sonraki 2 ila 3 ay boyunca her 2 ila 3 günde bir, sonrasında ağaç tutup yerleşene kadar haftada bir sulanmalıdır. Yeni nakledilen ağaçlar kesilen kök bölgesinden su emdiğinden ilk sulamalar doğrudan bu kök kütlesine uygulanmalıdır. Daha sonra tedrici olarak sulama yapılan alan genişletilir. Nem için daha büyük bir toprak hacminden yararlanılabilmesi için köklerin oluşması ve çevredeki toprağa doğru büyümesi gerekir. Köklerin de oksijene ihtiyacı vardır ve sulamalar yeni oluşan kökleri boğmadan yeterli nem sağlayacak şekilde yapılmalıdır. Sulama programı yağmurlu veya kuru koşullara göre ayarlanmalıdır (Pokorny, 1992). Mevsime, toprak tipine, drenaja ve su kalitesine bağlı olarak sulamanın sık sık yapılması gerekir. Ancak uygun drenajın sağlanması gerekir ve malçlama nemin korunmasına çok yardımcı olacaktır (Kshirsagar et al., 2018). Verilecek su miktarı ve sıklığı ağaç çağına ve iklim özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin naklin ilk yılında büyüme dönemi boyunca 20 kez, 2. yılında 15 ve 3. yılında 10 kez sulama yapılması tavsiye edilmektedir. Ekstrem şartlarda 30-50 cm çaplı ağaçlarda 500 litre, 50-80 cm çaptakilere 1 ton, 80cm'den büyük ağaçlarda 1,5 ton su verilmesi tavsiye edilmektedir (Dirik, 2014).

Çam, ladin gibi iğne yapraklı ve geniş yapraklı her dem yeşil türler kış aylarında yaprakları yoluyla su kaybetmeye devam

ettiğinden, kışın kurak dönemlerde toprak donmadığı sürece sulanmalıdır. Akçaağaç, meşe gibi kışın yaprak döken ağaçlar türler kış aylarında genellikle sulamaya ihtiyaç duymaz. Ancak az yağışlı kışlarda, yeni dikilen yaprak döken bitkilerde kış sulaması gerekebilir. Yeni nakledilen ağaçlar ve çalılar haftada en az 3-5mm/m² yağmura ihtiyaç duyarken, suyu seven ağaçlar ve kumlu topraklara nakledilenler daha fazla yağışa ihtiyaç duyar (Gauthier and Kaiser, 2014).

Nakledilen ağaçların hayatta kalmasını riske atan en ciddi tehditlerden bir tanesinde kökleri oksijensiz bırakacak kadar aşırı sulama ve toprak kökenli hastalıklardır. Ağacın nakli sonucu meydana gelen kök kaybı strese neden olur ve bazı hastalık ve zararlılara karşı duyarlılığı artırır. Nakledilen ağaçlarda karşılaşılan en yaygın hastalık, zayıf drenaj ve aşırı sulamayla ilişkili olarak ağaçların köklerinde meydana gelen fitoftora'dır. Fitoftora ile baş etmenin en iyi yolu uygun sulama uygulamalarıdır (Norman, 2018; Özyurt Öktem ve Pehlivan, 2021).

5.3 Malçlama

Malç, peyzaj ağaçları ve çalılarının dikim ve bakımının önemli bir parçasıdır. Yeni nakledilen ağaçlara malçlama yapıldığında daha iyi tutma performansı gösterir. Kök bölgesine serilen malçlar, toprak nemini korur ve yabancı otları ve istenmeyen bitki örtüsünü kontrol etmek için kullanılabilir. Ayrıca çim biçilmesi sırasında makinelerinin gövdeye vereceği zararı önler. Malçlama toprak nemini korumaya ve toprak erozyonunu azaltmaya yardımcı olurken aynı zamanda toprağın aşırı ısınmasını önler, toprağın verimliliğini artırabilir, toprak yapısını iyileştirebilir ve toprağın sıkışmasını azaltabilir. İyi uygulanmış bir malçlama toprağın havalanmasını azaltmadan toprağın kendisinden daha fazla su tutabilir (Gauthier and Kaiser, 2014; Lane and Mandir, 2021). Malç tabakasında köklenme artışı meydana gelse de malçların aynı zamanda köklenme derinliğini de artırdığı düşünülmektedir. Malçlamanın faydaları arasında toprak sıcaklığı ve toprak nemindeki dalgalanmaların azaltılması; toprağı besin bakımından zenginleştirilmesi, şiddetli yağmurlardan kaynaklanan toprak erozyonunun önlenmesi, pH'm ve katyon değişim kapasitesinin ağaç lehine düzenlenmesi bitki hastalıklarının baskılanması ve toprağın biyolojik aktivitesinin teşvik edilmesi yer almaktadır. Buna ek olarak malç, ağaç gövdesinde mekanik hasarın önlenmesine yardımcı olabilir ve buzlanma için kullanılan tuzların kök bölgesine sızmasını önlemede tampon görevi görebilir (Chalker-Scott, 2007; Hiron and Thomas, 2018). Malçlama, fidanları toprağın donma-çözülme süreçlerinde zararlardan korur, toprak yüzeyinin kurumasını geciktirir. Şiddetli yağmurlardan sonra yabancı ot büyümesini ve toprak erozyonunu azaltır. Birkaç yıl içinde ayrışan malç, toprağın organik madde içeriğine de katkıda bulunur (Carreiro et al., 2008).

Malç olarak ağaç kabuğu, talaş, ibre yapraklar, organik kompost, ağaç yaprakları gibi organik maddeler kullanılabilir. İnorganik maddeler; kırma taş, kırma tuğla, kum, çakıl, polietilen filmler, kauçuk ve plastik filmler malç olarak kullanılabilir. Fakat malç olarak siyah plastik kullanılmamalıdır. Plastik altındaki kökler oksijen alamaz ve dolayısıyla yetersiz oksijen ortamda erken kök çürümleri görülebilir. Kökler ayrıca sıcaklık dalgalanmalarının yaygın olduğu plastiğin hemen

altındaki toprak yüzeylerinde yayılış gösterir. Bu istenilen bir kök yayılışı değildir. Malçlama kök sistemi üzerine mümkün olduğu kadar geniş bir daire şeklinde 5-10 cm kalınlığında uygulanmalıdır. Bu pratik değilse, malçlama küçük ağaçlar için en az 0,3 m, orta boy ağaçlar için 1 m ve büyük ağaçlar için 3 m yarıçaplı bir daire şeklinde yapılmalıdır. Malç, ağaşın tabanı çevresinde hastalığa yol açabilecek nemi tutacağından gövdeye yakın yerleştirilmemelidir. Malçlama gövdenin değil köklerin ihtiyaçı için yapılır (Hartman et al., 2000; Gauthier and Kaiser, 2014; Hirons and Thomas, 2018). Malçlanan alanın büyüklüğü ağaşın büyüklüğüne bağlıdır. Yaklaşık 5-10 cm kalınlığındaki malç tabakası genellikle dikimden sonraki ilk iki yıl boyunca köklerin büyüyeceği alanı kaplar. Ancak kullanılan malç zararlılardan ve hastalıklardan arındırılmış olmalıdır. Uygun malçlama için ağaçların kök bölęesi şalılardan veya diğer bitkilerden arındırılmış olmalıdır (Lane and Mandir, 2021; Özyurt Öktem ve Pehlivan 2021).

Toprağın drenajı zayıf veya malç malzemeleri ince dokulu olduğunda, daha ince tabaka halinde organik malç tabakası serilir. Toprakların drenajı yetersiz olduğunda, aşırı malçlama oksijen alımını azaltacağından kökler zarar görebilir. Malçlama küçük ağaçların gövdelerine 5-10 cm den, büyük ağaçların gövdelerine ise 20 cm den daha yakın yapılmalıdır (şekil 11). Gövdeye temaslı yığılan malçlar, oksijen eksikliği veya fermentasyonla oluşan aşırı ısı nedeniyle gövdenin floem dokusunun ölüme ve aşırı nemli koşullar oluşturarak gövde kabuğunun şürütmesine neden olan patojenlerin artmasına, malçta bulunan kemirgenlerin zarar yapmasına neden olabilir. Ayrıca malçın ayrışması nitrojeni bağlayabilir ve toprağın pH'sını değiştirebilir. Bazı sert ağaç kabuğu malçları toprak pH'nı artırabilir ve iğne yapraklı türler ayrıştığından toprak pH'nı düşürebilir. Malçın kaynağına bağlı olarak, toprakta pH ilgili sorunları önlemek için azot, kireç veya kükürt ilavesiyle iyileştirmeler yapılabilir (Hartman et al., 2000; Gauthier and Kaiser, 2014).

5.4 Gövdenin sarılması

Çoğu nakilde ağaç gövdesinin sarılmasına gerek yoktur. Fakat güneş yanığı ve don çatlaklarını önlemek amacıyla gövde ve kalın dallar tekstil ve kâğıt kökenli örtülerle sarılabilir. Kuzey bölgelerde, yeni dikilen ağaçları güneşin sıcaklığından güney yöndeki kambiyumun zarar görmesini önlemek için gövde sarılabilir. Gölgeyi yetişme ortamından güneşli bir alana nakledilen ağaçların kabukları güneş yanığına karşı daha hassastır ve korumak için sarılmalıdır. Dirik (2014) gövdeleri siperli durumda yetişen *Tilia* spp, *Liriodendron* spp, *Fagus* spp, *Prunus* spp, *Acer* spp, *Ulmus* spp, gibi ince kabuklu türlerin yeni dikim ortamlarında kuvvetli güneş ışınlarında kambiyum ölümleri ve güneş yanıkları ortaya çıkabileceğini ve seyrek de olsa soğuk kışlarda don çatlaklarının görülebileceğini bildirmektedir. Kabuk yanmaları fizyolojik olarak zayıflamaya neden olabileceği gibi patojenlere de zemin hazırlar. Bu gibi sakıncaları gidermek için dikim sonrası fidan gövdelerinin kâğıt, sargı bantları, çuval bezi, hasır, kumaş örgüleri, plastikten yapılmış geçirgen materyalle sarılması gerekir (Dirik, 2014). Sargılar sağlam bir şekilde bağlanmalı ve bir yıl kaldıktan sonra çıkarılmalıdır. Yeni nakledilen ağaçta gövdenin sarılması, bazen kabuk böceklerinin artmasına ve sarılmayan ağaçlara kıyasla zararın artmasına neden olabilir. Sarılan malzemenin altında

gövdenin ıslak kalması mantar ve kanserlerin gelişimini teşvik edebilir. Özellikle çam ve meşeler bu tür kanserlere karşı hassastır. Bazı ağaçları kemirgenlere karşı korumak için sonbaharda ağaşın dip kısmına çepeçevre metal koruyucu sarılabilir. Çimlere dikilen ağaçların, çim biçme makinasından kaynaklanan dip yaralanmaları önlemek için koruyucularına ihtiyaç olabilir. Bu sarma aynı zamanda sera etkisi yaparak sıcaklık, nem ve karbondioksiti artırıp genellikle boy uzamasının artmasına, ancak gövde kalınlığının azalmasına neden olur. Ağaç korunakları nakledilen ağaşın gövde uzunluğuna bağlı olarak 1-5 metre yüksekliğinde olabilir (Hartman et al., 2000).



şekil 11. Volkanik cüruf (üst) ve dekoratif çakılla (alt) hatalı malçlama

Çoğu ağaç güneş yanığından/kış yaralanmasından etkilenmezken, ince kabuklu türler kışın gündüz/gece sıcaklık dalgalanmalarına karşı son derece hassastır. İnce kabuklu akçağaş, keçiboynuzu ve elma gibi türlerde yeni dikilen ağaçlar bir ile üç yıl kış mevsimi boyunca gövdeleri sarılarak korunmalıdır. Donlar başlamadan önce sonbahar sonunda beyaz kaba kâğıtlarla kaplanmalı ve donma riski geçtikten sonra ilkbaharda çıkarılmalıdır. Beyaz ağaç sargıları hassas gövdelere gelen güneş ışığını yansıtır ağaç kabuğunu donma-çözülme döngülerine karşı yalıtıma yardımcı olur. Asla siyah plastik drenaj borusu veya plastik ağaç koruyucuları kullanılmamalıdır. Çünkü bunlar kış aylarında ve dormant dönemlerde daha yüksek yüzey sıcaklıklarına neden olabilir (Gauthier and Kaiser, 2014).

5.5 Nakilden sonra gübreleme

Nakilden sonra gübreleme yapılmaz ve ağaçların en az bir yıl mevcut ortamdaki besin maddeleri ile büyümelerine izin verilir. Nakil alanında besin eksikliği yoksa gübrelemeye hiç gerek yoktur. Hem malç hem de dolgu toprağına eklenen organik maddenin ayrışması yoluyla besin maddelerinin orta

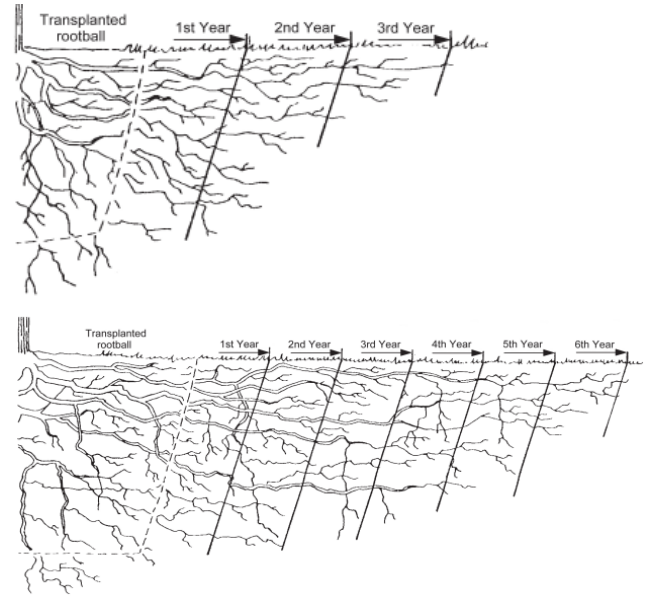
derecede salınımı ilk nakil döneminde yeterlidir. Aşırı gübre uygulaması ve yetersiz su alımı sonucu “gübre yakması” meydana gelebilir (Lane and Mandir, 2021). İlk yılda amaç, kök sistemlerinin yeniden gelişmesidir. Kural olarak nakil sırasında gübre uygulanırsa dahi ilk sezondaki büyüme döneminde ağaç tarafından kullanılmayacağından yeni kökler oluşuncaya kadar fazla azot uygulanmamalıdır. Yüksek düzeyde azotun kök büyümesi üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu ve nakil şokunu uzatabileceği belirlenmiştir. Toprak koşullarına bağlı olarak ilk vejetasyon döneminden sonra gübre uygulamalarına başlanabilir. Dikim sırasında gübre kullanılacaksa, özellikle dolgu toprağında azot oranı düşükse, çok az takviye edilmesi önerilir. Aşırı yağış alan kumlu topraklarda, yavaş salımlı gübreler tercih edilmelidir. Ağaç nakledildikten sonra 10-15 cm derinlikte açılan deliklere uygulanıp kapatılmalıdır (Hartman et al., 2000). Gübreleme daha fazla yaprak üretimi sağlar. Bitkiler genellikle gübrelemeden önce dikim şokunu atlattırlarsa daha iyi gelişir. Çoğu toprak türü, ek besin gereksinimi olmadan, belirli bir süre bitki büyümesine yetecek kadar verimlidir. Dikimden 1-2 yıl sonra toprak tahlili sonuçlarına göre gübre uygulanabilir. Uygulamalar sonbahar sonu veya ilkbahar başında yapılmalıdır (Gauthier and Kaiser, 2014). Nakillerde zarar verme ihtimaline karşı ağacın büyüklüğüne göre 4,5-23 kg arasında iyi yanmış sığır gübresi önerilmektedir (Ürgenç, 1990). Başta koniferler olmak üzere bazı özel nitelikli türlerde “taban gübrelemesi” yapılabilir. Dikim çukuru kök derinliğinin 2 katı açılarak çukurdaki harcin üzerine 8-10 cm yavaş salımlı gübreler ve üzerine tekrar 10-15 cm harç konularak dikim yapılabilir (Dirik, 2014).

6. Nakilden Sonra Kök Gelişimi

Nakil şokunun atlatılması ve köklerin hızlı büyümesi için yedek enerji gerekir (Hartman et al., 2000). Kök büyümesi için gerekli besin, yapısal olmayan karbonhidratlardan, vejetatif dönemde depolanan ve sürgün büyümesi sona erdikten sonra yeni fotosentatlardan sağlanır. Nakil sırasındaki kök kaybı kökte depolanan karbonhidratları azaltmaktadır. Bir ağacın kök sisteminde, ince kök oluşumu için odunsu köklere kıyasla 10-15 kat daha fazla karbonhidrat gereklidir (Janssens et al., 2002). İnce köklerinin çoğunu kaybetmiş, nakledilen bir ağaçta kök oluşumunu desteklemek için gereken karbonhidratlar önemli ölçüde azalacaktır. Gövde çapı 60 mm'ye kadar olan ağaçlarda kök toprak kütlesi içinde toplam kök biyokütlesinin yüzdesi %53-100, gövde çapı 60-200 mm olan ağaçlar için %29-83 olduğu bildirilmektedir (Gerhold and Johnson, 2003). Yetişkin ağaçlarda gövde, dal ve yapraklarda, kök sistemine göre daha fazla karbonhidrat depolanabilir (Kozłowski and Pallardy, 1997). Sökülen ağacın kök toprağında nem çabuk kaybolabilir. Su stresi şartlarında sürgün büyümesine ayrılan besin miktarı azaldığından, köklerdeki karbonhidrat miktarı artabilir (Galvez et al., 2011). Kök kaybı stres yaratabilir ve yaprak alanını azaltabilirken (Watson, 2004), azalan fotosentat üretimi kök büyümesini sınırlayabilir. Köklerde depolanan karbonhidrat miktarı dikimden bir yıl sonra nakledilen ağaçlarda, taşınmayan ağaçlara göre daha yüksek olabilir (Pryor and Watson (2016).

Uygun büyüme ortamında ağaçlar tacın 2,5-3 katı daha fazla yatay kök yayılımı yaparlar. Bu köklerin %95'inden fazlası toprağın sadece 1 metrelik üst kısmında ve %60 dan fazlası taç izdüşümünün dışında meydana gelir. En ince kökler ise 15

cm'lik üst kısımda yayılım gösterir. Bu durum ağaç taşındığında ince köklerin sadece küçük bir kısmının nakledilebileceğini göstermektedir. Köklerin yaklaşık %91-95'inin nakil esnasında toprakta kaldığı tahmin edilmektedir. Nakilden sonra ince köklerin çoğu toprakta kaldığından alınabilir su miktarında azalma olacaktır. Sulama, gübreleme, balyalama, fidan üretim metodu gibi bazı hususlar nakledilen kök miktarını etkileyebilmektedir. Kök uçlarının yok olması hormon sentezini ve sürgün oluşumundaki kök sinyalini ortadan kaldırmaktadır (Harris and Bassuck, 1993). Uygun koşullar altında, yeni köklerin yanal olarak yılda yaklaşık 45 cm uzaması beklenir. Elbette bu oran türe, toprak koşullarına, ağacın sağlığına vb. bağlı olarak değişebilmektedir (Watson, 1987) (Şekil 12).



Şekil 12. Ağaçlarda nakilden sonraki kök gelişimi, üstte küçük ve altta büyük ağaçlarda nakilden sonra kök gelişimleri (Watson, 2005)

Kök çapı 1,1 metre olan bir ağacın kökleri ilk yılda yaklaşık 2 m'ye çıkar, ancak orijinal hacmin yalnızca yüzde 9'u kadardır. Nakilden sonraki ikinci yılda kök hacmi iki katına çıkmasına rağmen, orijinal emici kök yüzey alanının hala onda birinden daha azı ağacın su besin alımını destekler niteliktedir. 10/1 oranındaki taç/kök oranı, stomaların kapanması ve yaprak boyutunun küçülmesi gibi fizyolojik tepkilere rağmen besin ve su alımını telafi edemez ve ağaç genellikle şiddetli su stresi altına girer. Bu durum sürgün büyümesini ve tomurcuk oluşumunu engeller. Kök sisteminin çapı, ikinci yılda orijinal hacmin yüzde 23'ü artarak 3 m'ye çıkar. İkinci yılda da ağacın orijinal emici kök alanının yalnızca bir kısmı taç desteklediğinden ve bitki hala su stresi altındadır ve mevcut sezondaki büyümeyi azaltır. Üçüncü ve dördüncü yılda, kök çapı sırasıyla 4 m'ye (orijinal hacmin yüzde 41'i) ve 5 m'ye (orijinal hacmin yüzde 60'ı) yükselir. Kök sisteminin çapı arttıkça, yanal büyümenin birbirini izleyen yıllık artışı, daha büyük bir kök ve kullanılan toprak hacmini temsil eder. Nakilden sonra dengenin sağlanması yavaş olduğunda strese verilen normal fizyolojik tepkiler artabilir. 10 cm gövde çapında nakledilen bir ağacın kök sisteminin yeniden orijinal boyutuna ve yüzey alanının yüzde 100'üne ulaşması ancak beşinci yılda mümkün olur. Bu süre büyük çaplı ağaçlarda daha uzundur.

(Watson, 1987). Bir ağacın kök sistemini yeterli toprak hacmine kavuşturmak için ihtiyaç duyduğu süre, dikimden önce kökün yayılma derecesine göre değişir (Pryor and Watson, 2016). Büyük nakledilen bir ağacın taç büyümesi uzun bir süre o kadar yavaş seyrederek ki, tam boyutuna ulaştığında, aynı zamanda nakledilen daha küçük bir ağaç aynı boyutta veya daha büyük olabilir. Dikimden sonra kök sistemi her iki ağacın da boyutunu sınırlayan faktördür. Nakil, her iki kök sistemini de o kadar azaltmıştır ki, kök kütlesindeki 8-10 cm'lik fark 10 veya 15 yıllık bir süre içinde önemsiz hale gelir. 10 cm çaplı bir fidanın tam olarak adaptasyonu yaklaşık beş yıl, 25 cm çaplı bir ağacın ise yaklaşık 13 yıl sürdüğü tahmin edilmektedir (Watson et al., 1982; Watson, 1987; Pryor and Watson, 2016).

Kök büyüme hızını toprak sıcaklığı oldukça etkilemektedir. Toprağın yıl boyunca sıcak olduğu iklimlerde kökler daha hızlı büyür, ağaçlar daha çabuk gelişir. Sıcak, nemli topraklar ve orta dereceli hava sıcaklıkları (düşük terleme), hızlı kök büyümesi, minimum stres başarılı nakil için ideal şartlardır (Harris et al., 2004; Richardson-Calfee and Harris, 2005). Kök uzama oranları yağışlı mevsimlerde kurak mevsimlere göre daha yüksektir (Green et al., 2005). Büyük ağaçlar genç olanlara göre daha az sürgün uzamasına, daha düşük fotosentetik hızı, daha düşük stoma iletkenliğine ve ayrıca daha düşük terleme oranlarına (su ve besin alımı için daha az potansiyel) sahip olabilir. Ağaçlardaki besin deposunun uzun vadeli nakil başarısı üzerinde bir belirleyici olduğu bildirilmektedir (Pryor and Watson, 2016).

7. Nakil Şoku-Nakil Stresi

Kök/sürgün oranı, kök sistemi ile ağacın tacı arasındaki fiziksel ve fizyolojik dengenin bir ifadesidir. Nakil stresi, kök sistemi ile taç arasındaki dengesizlik sonucu oluşur. Nakilde meydana gelen kök kaybı, stresin veya şokun uzun sürmesine neden olabilir. Daha düşük kök/taç oranlarına sahip ağaçların, daha yüksek kök/sürgün oranlarına sahip ağaçlara göre, nakil sonrasında hayatta kalma şansı genellikle daha düşüktür. Kök sisteminin nakilden hemen sonra faaliyete geçemediği durumlarda nakil stresi veya nakil şoku oluşur (Hirons and Thomas, 2018). İnce kök kaybının yüksek düzeyde su stresi yaratma potansiyeli vardır. Toprakta sökülen ağaçların nakli sırasında, özellikle su alımı için gerekli olan 2mm'den küçük ince emici köklerin yalnızca %5-18'i kök toprak kütlesinde kalır (Gilman, 1988; Gilman and Beeson, 1996). Bir ağacın nakil sırasında yaşadığı su stresinde; nakilden önce kök budama, kök kütlesindeki toprağın nem tutma kapasitesi, kökü saran toprak kütlesinin dağılması gibi faktörler etkili olur. Su stresi ile birlikte, mekanik zararlar ve çevresel anormallikler nakledilen ağacı böceklerin ve patojenlerin saldırısına açık hale getirebilir (Pryor and Watson (2016). Toprak drenajının kötü olması, yüksek kil içeriğine sahip ağır topraklar, toprağın sürekli ıslak olması, toprak sıkışması nedeniyle kök büyümesinin ve oksijenin-su-hava değişiminin ve suyun nüfuzunun azalması gibi faktörlerle güneş ve gölge seven ağaçların nakil yerlerindeki uygun olmayan güneşlenme ve ışık şartları da nakil şokuna neden olabilir. Yanlış sulama, çok az veya hiç sulamama, özellikle ağır killi topraklarda aşırı sulama, sık sık fakat hafif yağmurlama sulama, fazla miktarda azotlu gübre verilmesi sonucu vejetatif aksamın aşırı büyümesi sonucu

kök/taç dengesinin bozulması gibi uygulamalarda strese neden olabilmektedir (Gauthier and Kaiser, 2014) (Şekil 13).



Şekil 13. Nakilden sonra sulama sistemi kurulan (sol) ve nakilden sonra aşırı sudan zarar gören ağaçlar (orta ve sağ)

Nakilden önce kök kütlesinin kuruması ve donması, kazma, taşıma veya dikim sırasında mekanik yaralanma, dikimde köklerin sıkışması, özellikle makina ile dikimde çukurun kenarlarının parlak, kaygan ve sıkışmış bir yüzey oluşturması, gövdeyi çok sıkı bağlama malzemeleri, nakilde kök sarmada kullanılan ve dikimden sonra biyolojik olarak parçalanmayan telisler, çok derin veya çok sık dikimler, ağaç kabuğunun kış soğuklarında ve yaz sıcaklarından zarar görmesi sonucu don çatlağı veya yazın güneş yanıklarının oluşması, ağacın gövdesinde uzun süre kalan sarma malzemeleri, dikim sırasında aşırı gübre kullanımı sonucu "gübre yanığı" oluşması, ot biçme makinalarının kök boğazı noktasında verdiği zararlar nakil şokuna neden olabilmektedir (Gauthier and Kaiser, 2014).

Ağacın stresi dikimden hemen veya bir müddet sonra gözlemlenebilir. Uygun bitkilerin nakledilmesi, tekniğine uygun nakil işlemi gerçekleştirilmesi, ekolojilerine uygun yere ve uygun zamanda nakledilmesi, ölü ve zayıf dalların çıkarılması nakilden sonra yeterli ve sürekli sulama, naklin ertesi yıldan itibaren gübre uygulanması, malçlama stresin azaltılmasını ve daha yüksek nakil başarısı sağlar (Gauthier and Kaiser, 2014; Lane and Mandir, 2021). Başarılı bir nakil, kök kütlesinin dışındaki toprakta yeni köklerin hızlı oluşmasına ve gelişmesine bağlıdır. Nakil başarısı; ağacın eski yerindeki sürgün büyüme hızına yeniden ulaşması olarak görülebilir (Pryor and Watson, 2016).

8. Doğru Nakil Prosedürleri

Uygun olmayan nakiller ağaç ölümünün ana nedenlerinden biridir. Başarılı bir nakil için şu hususlar önemlidir (Gauthier and Kaiser, 2014).

8.1 Fidan tipi

Odunsu türlerin en yaygın üretim tipleri, kaplı, balyalı ve çıplak köklüdür. Balyalı fidanlar fidanlıklar toprağında yetiştirilir ve satıştan önce kazılır. Kökleri saran toprakla birlikte ekim alanlarına taşınmak üzere telis bezine sarılır. Çıplak köklü bitkiler de fidanlıklar toprağında yetiştirilir ancak dikilinceye kadar gömüde veya soğuk depoda 4-5 °C arasında tutulmalıdır (Gauthier and Kaiser, 2014). Fidanlıkta kaplarda veya toprakta

yetiştirilip balyalanan aynı tür fidanların tutma başarısı çıplak köklülere göre daha yüksektir.

8.2 Bitkilerin korunma ve kullanımı

Ağaçlar ve çalılar ister kaplarda ister toprakta yetiştirilmiş olsun, sökümden sonra mümkün olan en kısa sürede dikilmelidir. Nakilden önce veya nakil esnasında fiziksel hasardan, dondan, sıcaktan, kuraklıktan veya diğer olumsuz koşullardan korunmalıdır. Nakliye sırasında nemlendirilmiş telis, talaş, kompost veya yosun gibi nemli tutan maddelerle kökler sarılarak muhafaza edilmelidir. Kökler ilk olarak kesilmiş uç kısımlardan yenilenmeye başlar. Bu bakımdan köklerin canlılığını muhafaza etmek için kök kütlesini saran toprak nemli kalmalıdır. Hemen dikme imkânı yoksa uygun şekilde gömüye alınmaları gerekir (Gauthier and Kaiser, 2014).

8.3 Yer Seçimi

Yalnızca estetik unsurlar gözetilerek değil, aynı zamanda bitkilerin en iyi uyum sağlayacağı ve gelişeceği yerler seçilmelidir. Ağaçlar tam boyuta ulaştıklarında tellere, binalara, yola, itlere, diğer bitkilere zarar vermemelidir. Dikimden önce güneşe ve rüzgâra maruz kalmış ağaçlara özel ihtimam gösterilmelidir. Dikim yeri verimli, gevşek, iyi drenajlı, sert veya sıkışmış toprak katmanının bulunmadığı, derin topraklı olmalıdır (Gauthier and Kaiser, 2014).

8.4 Dikim zamanı

Ağaçların uyku döneminde taşınması önerilmektedir. İdeal nakil zamanları sonbaharda yaprak dökülmesinden sonra ve erken ilkbaharda tomurcukların patlamasından öncedir. Toprak neminin yüksek olduğu bu uyku döneminde erken kök gelişimi sağlanarak hayatta kalma oranları artar. Sonbahar dikimlerinde yeni köklerin gelişimi için daha fazla zaman vardır, çünkü kökler sonbahar ve kiş ayları boyunca, toprak donmadığı sürece büyüme devam eder. Meydana gelen yeni kök sistemleri, sıcak ve kurak yaz koşullarında su alımını artırır. Sonbahar dikimlerinin aksine, aşırı soğuk veya donma-özölme döngüsünün fazla olduğu kiş aylarında erken ilkbahar dikimleri tercih edilebilir. İlex, şimşir ve orman gülleri gibi geniş yapraklı her dem yeşil bitkilerin erken ilkbaharda nakilleri önerilir. Bu bitkiler kişin yaprak dökmedikleri için yapraklardan su kaybı daha fazla olabilir. Kurutucu rüzgârlar, yaprakların ve dokularının su kaybetmesine ve kurumasına neden olur (İles and Wray, 2000; Gauthier and Kaiser, 2014).

8.5 Sarma ve bağlama materyalinin çıkarılması

Dal ve gövdenin bağlama malzemelerinin boğmasını önlemek için dikimden sonra tekniğine uygun yapılmış destek bağlamaları hariç tüm fidanlık etiketleri, ip, sicim veya teller çıkarılmalıdır. Kaplarda yetiştirilen fidanlarda dikimden önce kabı kolay çıkarmak için yanlardan ve kap dibinden baskı uygulanabilir. Balyalı veya telisle sarılmış ağaçlardaki tel sepetler çıkarılmalıdır. Sentetik uval bezi genellikle ürümez, doğal çuval bezinin çürümesi de yavaştır. Her iki durumda da kökler bu malzemeleri geçmekte zorlanır ve sarmal kök büyümesi meydana gelebilir. Ambalaj ve paketleme

malzemeleri daima çıkarılır ve asla dikim çukurunun dibinde bırakılmaz (Gauthier and Kaiser, 2014). Balyalı dikilen ağaçlarda telislerin çıkarılmaması bazen kurumalara neden olabilmektedir. Özellikle kök gelişmesini sınırlandıracak kadar kalın, toprakta kolay ürümeyen ve köklerin geçemediği bir telis kurumaları artırmaktadır. Köklerin geçemeyeceği bir telisle balyalama yapılmışsa mutlaka çıkarılmalıdır. Ağaçlara yapılan sabit desteklemelerin uzun süre kalması, büyüme sonucu odun içine gömülmelerine neden olur. Bu nedenle destekle ağaç arasına esnek kauçuk malzemeler konulmalıdır (şekil 14).



şekil 14. Gövdede ip ve tel boğması ve desteklemelerde büyüme sonucu oluşan deformasyon ve desteklemede tampon kauçuk kullanımı

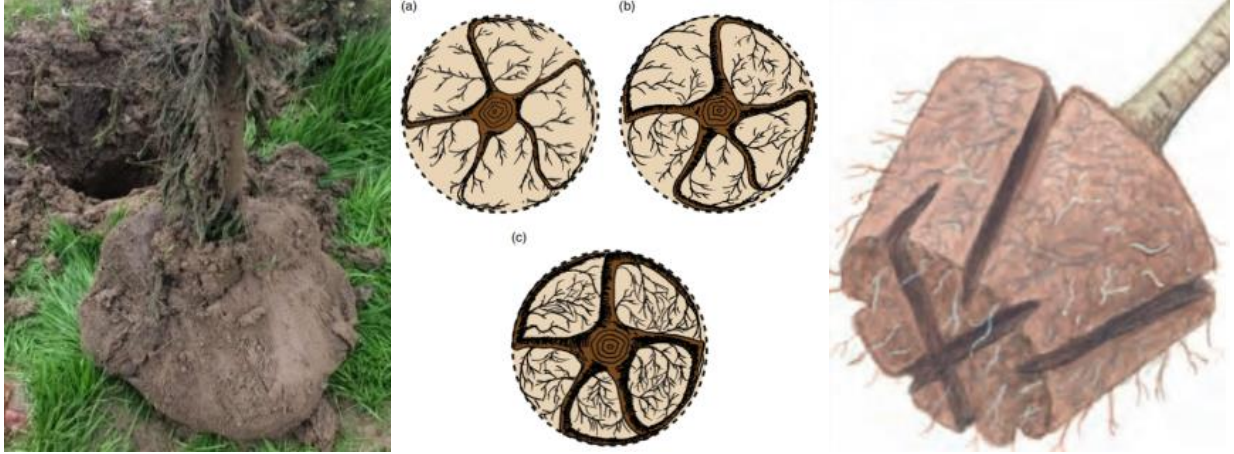
8.6 Çıplak köklü ve kaplı fidanlarda kök budaması

Plastik ambalajlı fidanlar kaptan dikkatli çıkarılmalıdır. Kaplı fidanlar kök sistemlerine, özellikle de hassas kılcal köklere zarar vermeden nakledildiklerinde yaşama oranları oldukça yüksektir (Carreiro et al., 2008). Bitkiler dikim çukuruna yerleştirildikten ve ambalaj malzemeleri çıkarıldıktan sonra kökleri incelenir. Hasar görmüş veya kırık kökler, hastalıklı ve ölü kök uçları keskin aletlerle zarar gören yerin gerisinden budanmalıdır. Hasarlı kök dokuları hastalık etmenleri için ideal giriş yerleridir. Çıplak köklü bitkilerin kökleri dikim çukurlarına eşit şekilde yayılmalıdır. Kökleri küçük bir çukura sıkıştırmak kökleri kıvrıacak ve kökün sarmal yapı oluşturmasını teşvik edecektir (Bozkuş, 1997; Gauthier and Kaiser, 2014).

Kaplı fidanlarda en önemli sakınca fazla bekletilmekten veya zamanında kap değiştirilmemesinden kaynaklanan “dairesel kök oluşumu” veya “kök dönmeleri” dir. Özellikle yuvarlak kesitli saksılarda daha çok rastlanan bu duruma “kuş yuvası” veya “yumak kök” oluşumu denilmektedir (Ürgeç, 1998). Kaplarda yetişen ağaçlar uzun süre kaldıklarında kök sistemleri kabın şekline uymaya zorlanır ve zamanla sarmal kök oluşumu (kuş yuvası oluşumu) meydana gelir. Kap içindeki bitkilerde kökler sarmal hale gelmişe dikim çukurunda da sarmal kök büyümesi devam eder. Bu ağaçlar toprakla kuvvetli

tutunamadıkları için ilerleyen yıllarda kar, rüzgâr, fırtına gibi etkilerle devrilebilmektedir. Kök gelişimi dar bir alanda olduğundan beslenme ve büyümeleri daha yavaş olmaktadır (Dirik, 2014). Kök dolanmasını önlemek için kökleri birbirinden ayırarak kesmek gerekir. Kabın dış kısmına denk gelen, sarmal

büyüme alışkanlığı gösteren kök katmanını budama makasıyla alttan çapraz, yanlardan da 3 cm derinliğinde 4-6 adet dikey kesim yapılmalıdır (Hartman et al., 2000; Gauthier and Kaiser, 2014) (Şekil 15).



Şekil 15. Sarmal kök yapısının oluşumu (Pokorny, 1992)

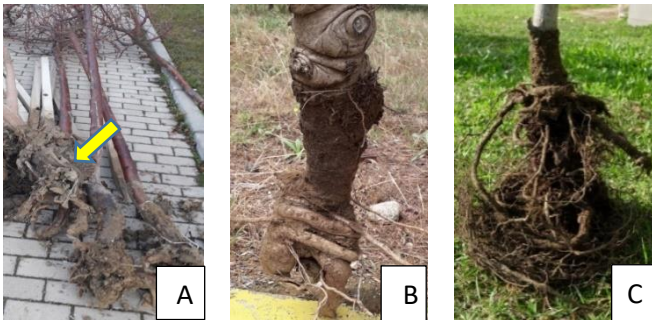
Kaplı fidanlarda sarmal kök oluşumu nedeniyle kazık kök sistemleri gelişmeyeceğinden ağaçta dengesizlik ve zayıf tutunmayla sonuçlanacaktır. Nakilden sonra devam eden kuş yuvası oluşumu, sonuçta ağacın devrilmesine neden olacaktır (Şekil 16). *Pinus contorta* gibi bazı türler kaplarda çok uzun süre kaldıklarında nakle son derece hassas hale gelir. Uygun boyutta ve şekilde tasarlanmış kap kullanımı, havai kök budaması ve kapların iç cidarının bakır ve bakır bazlı ürünlerle kaplanmaları gibi fiziksel yöntemler kök sistemini daha saçaklı hale getirilebilir ve sarmal kök büyümesi önenebilir (Konijnendijk et al., 2005; Hiron and Thomas, 2018).

Kapta yetiştirilen ağaçlarla ilgili bir başka potansiyel sorun, küçük bir hacimde yoğunlaşan çok sayıda kökün bulunması nedeniyle sulamanın düzensiz yapılması halinde su kaybına bağlı kök ölümlerinin meydana gelmesidir. Bu bakımdan kabın şekli ve boyutu ağacın yaşama ve büyümesinde fark yaratabilir (Hiron and Thomas, 2018).

Kaldırma mutlaka kök kütesinde yapılmalı, gövdenin kaldırma ve taşıma esnasında zarar görmesini önlemek için sarılmalıdır (Ürgenç, 1990). Ağaçların nakilden önce veya nakilde sökümüleri, budanmaları veya taşınmaları esnasında köklerinde veya gövdede yaralanmalar meydana gelebilir. Özellikle su yürüdüktan sonra, gövdeden yapılan kaldırmalar ince kabuklu ağaçlarda kabuğun soyulmasına neden olabilir (Şekil 17). Bu dönemde bitkiler daha dikkatli taşınmalı, ağacın halata bağlanan noktasına tampon konulmalıdır. Gövdede meydana gelen kısmi yaralanmalarda aşı macunu, katran gibi uygun kapatma maddeleriyle yara yerleri kapatılmalıdır.

Taşıma sırasında ve nakil yerinde güneş ve rüzgâra maruz kalma gibi çevresel koşullardaki değişikliklerden kaynaklanan faktörler ağacı etkileyebilir. Nakilden sonra kök toprak kütesi tam nemlendirilmezse kısa sürede kuruma meydana gelebilir. Nakil yaraları, su stresini artırarak hastalıklara ve haşere saldırılarına karşı hassasiyeti artırır (Bozkuş, 1997; Pryor, 2014).

Büyük kök hasarları ve kayıpları sadece ağaçların su ve besin temini açısından değil, aynı zamanda statik sorunlara da neden olmaktadır. Azalan kök sistemleri ağacın gücünün azalmasına, zararlılara ve mantarlara karşı duyarlılığın artmasına neden olur (Konijnendijk et al., 2005). Kök ve taç kısmındaki budama kesiminin boyutu, ağacın yarayı kapatması için gereken zamanı ve besin kaynaklarını etkiler. Nakledilen büyük ağaçlarda yaralar büyük oluşabilir. Ağaçlardaki büyük yaralar çürüme için uygun yerlerdir. Bazı çalışmalarda köklerde budama arttıkça kök çürümesinin de arttığı bildirilmektedir (Pryor and Watson, 2016).



Şekil 16. Telisle dikim yapılan süs elmalarında kurumalar (A), yetersiz kap boyutu nedeniyle sarmal hale gelen kök yapıları (kuş yuvası oluşumu) (B, C)

9. Nakil Esnasında Meydana Gelen Yaralanmalar ve Tedavi

Ağaçlar hangi yöntemle taşınırsa taşınısın, hiçbir zaman gövdelerinden tutularak kaldırılmaz. Kök toprağının köklerle irtibatı kopar ve birkaç sene içinde kuruma ihtimali olur.



Şekil 17. Manolyada taşıma esnasında meydana gelen kabuk soyulması (A) ve çınardaki gövde yaralanması (B)

Nakilden sonra bakımlar esnasında da yaralanmalar meydana gelebilir. Özellikle çim alanların içinde bulunan ağaçlarda çim biçme veya misinalı ot biçme makinaları ağacın kök boğazında kabuk soyulmalarına ve yaralanmalara neden olmaktadır (Hirons and Thomas, 2018) (Şekil 18). Bu yaralanmaları kambiyum oluşumu bir dereceye kadar tolere ederek kapatabilmektedir. Fakat gövdedeki floem dokusunun tekrar kapatıp iletimi sağlayamayacak kadar geniş ve çepeçevre soyulması ağacın ölümüne neden olmaktadır. Hatta koruma önlemleri alınmadığı takdirde kabuk yaralarının 10 yıl içinde çürüme ihtimali %50'dir (Wiedenbeck and Smith, 2018). Kabuktaki kısmi soyulmalarda ise ağaç hayatiyetini devam ettirebilir. Yaralı ağaçlar genç, sağlıklı ve %10-20 oranında iletim dokusu varsa hayatta kalabilir. Ağacın gövde çevresinin %30'una kadar sağlam doku varsa yaşama ihtimali daha yüksektir (Albers et al., 2003; Moore, 2013). Bu tip ağaçlar kurumasa bile uzun süre gelişme gerilikleri görülmekte, ağaçlar zayıf kalmakta ve hastalık ve zararlılara dayanıksız hale gelmektedir.



Şekil 18. Kök boğazında misina yaralanması ve gövdenin güney yönünde güneş yanığı

Misina yaralanmaları toprak yüzeyine yakın kısımda (kök boğazı) meydana geldiğinden toprak kaynaklı hastalık ve zararlıların bitki dokularına girişi için çok müsait durum oluşmaktadır. Ağaçların dip kısımlarından yaralanmaları tedavi edilmezse ve ağacın kapatabileceği kadar büyük ise çürükçül mantarlar zarar yapmaya başlar ve dip kısmından çürüyen ağacın devrilmesi daha kolay olmaktadır. Bu bakımdan çim

veya yabancı otların biçilmesi esnasında dikkatli olunmalı, gerekirse gövdeyi koruyucu siperlik kullanılmalıdır.

Yaralanmalardan sonraki dört ile sekiz haftalık sürede yaralar ısıdan, ışıktan ve kurumadan korunarak kallus büyümesi teşvik edilir. Yaraların üzerinde kallus oluştuktan sonra, yeni floem, ksilem ve kabuk kaplama oluşturur. Yaralar hızlı bir şekilde kapatılırsa, çürümeye neden olan organizmaların girişinden korunmuş olur (Stebbins and MacCaskey, 1989). Kenarları parçalanmış yaraları onarmak için, sağlam dokulara zarar vermeden keskin bir bıçakla tüm parçalanmış kabuk kenarları düzeltilir ve yara içerisindeki kabuk çapakları alınır. Yaralanmış odun ve kabuk kısımları keskin aletlerle özsu akışı yönünde düzgün şekilde kesilip çıkarılır. Mümkünse yaraya dikey yönde uzun, oval şekil verilmelidir. Yaranın etrafındaki kabuklar kalkmamış olmalıdır (Clatterbuck, 2006). Kabuğun koptuğu durumlarda, kabuk hala kurumamış ve nemli ise tekrar kambiyum üzerine küçük çivilerle tutturularak üzeri kambiyumun kurumamasını önlemek için bir çuval beziyle sarılabilir (Joyce, 2017).

Reçine kanallarının bulunduğu *Pinus* ve *Picea* gibi birçok kozalaklı ağaçta yaralanma sonucu travmatik reçine kanalları oluşur. Bu reçine zararlıların ve patojenlerin nüfuzuna karşı oldukça dirençli, hidrofobik bir katman oluşturur ve çürümeyi engeller (Blanchette and Biggs, 1992; Bhatla and Lal, 2023). Reçine kanallarının bulunmadığı türlerde de mekanik yaralanma, mikroorganizma veya böcek aktivitesi nedeniyle patolojik veya travmatik salgı kanalları oluşturabilmektedir. Bu salgı maddeleri patojenlere karşı toksik etki yaparak ya da böceklerin ağız kısımlarını fiziksel olarak tıkayarak etkili olur (Hirons and Thomas, 2018). Yaranın yüzeyi antiseptik bir macunla da kapatılabilir. Macunla kapatmanın amacı kallusun gelişerek yarayı tamamen kapatabilmesi için gereken zamanda çürümenin önlenmesidir (Mol, 2010). Doğal çam katranı da yapraklı ağaçlarda yaraların tedavisinde kullanılabilir (Parlak, 2023).

Kaynaklar

- Albers, J.S., Pokorny, J.D., Johnson, G.R., 2003. How to Detect and Assess Hazardous Defects in Trees. [in:] S. Paul, (Ed.) Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation. USA. USDA, Forest Service, Northeastern Area, State and Private Forestry, 41-116.
- Atay İ., 1986. Önemi Artan Bir Bakım Tedbiri «Budama». Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 36(1) 21-30.
- Bhatla, S.C., Lal, M.A., 2023. Plant Physiology, development and metabolism. Springer Nature. p. 1251.
- Blanchette, R.A., Biggs., A.R., 1992. Defense Mechanisms of Woody Plants Against Fungi, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 478.
- Bozkuş, H., 1997. Kent Ağaçlarında Başlıca Tesis ve Bakım Sorunları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 44(1-2), 83-100.
- Carreiro, M.M., Yong-Chang, S., Wu, J., 2008. Ecology, Planning, and Management of Urban Forests International Perspectives. Springer Science+Business Media, LLC.

- Chalker-Scott, L., 2007. Viewpoint impact of mulches on landscape plants and the environment: A review. *Journal of Environmental Horticulture*, 25, 239–249.
- Clatterbuck, W.K., 2006. Tree Wounds, Response of Trees and What You Can Do," The University of Tennessee Agricultural Extension Service, SP683-13.5M-10/06 R12-4910-065-009-07 07-0073, https://trace.tennessee.edu/utk_agexfores/83.
- Çorbacı, Ö.L., Ekren, E., Usta, Ö., 2023. Bitki Transplantasyon Uygulamaları: Rize Kenti Örneği. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 8(3), 291-299.
- Day, S.D., Wiseman, P.E., Dickinson, S.B., Harris, J.R., 2010. Contemporary concepts of root system architecture of urban trees. *Arboriculture and Urban Forestry* 36(4), 149-159.
- Dirik, H. (1998). Orman ağaçlarında köklerin büyümesi ve yenilenmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 48(1-2-3-4), 41-58.
- Dirik, H., 1995. Ornamental ağaçların budanması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 43(3-4),43-56.
- Dirik, H., Arborikültür (Kentsel ağaç kültürü). Kayıhan ajans. İstanbul Üniversitesi yayın no: 5200, Orman Fakültesi yayın no: 509 İstanbul.
- Ford, D.H., Foote, L.E., 1966. Large Tree Moving. Forester and Director, respectively Office of Environmental Services Department of Highways St. Paul, Minnesota.
- Galvez, D.A., Landhauser, S.M., Tyree, M.T., 2011. Root carbon reserve dynamics in aspen seedlings: does simulated drought induce reserve limitation? *Tree Physiology*, 31, 250–257.
- Gauthier, N.W., Kaiser, C., 2014. Transplant Shock: Disease or Cultural Problem?. *Plant Pathology*, 1-10.
- Gerhold, H.D., Johnson, A.D., 2003. Root dimensions of landscape tree cultivars. *Journal of Arboriculture*, 29, 322–325.
- Gilman, E.F., Stodola, A., Marshall, M.D., 2002. Root pruning but not irrigation in the nursery affects live oak root balls and digging survival. *Journal of Environmental Horticulture*, 20, 122–126.
- Gilman, E.F. 1988. Predicting root spread from trunk diameter and branch spread. *Journal of Arboriculture*, 14, 85–89.
- Gilman, E.F., 1988. Tree root spread in relation to branch dripline and harvestable root ball. *HortScience*, 23, 351–353.
- Gilman, E.F., 1994. Establishing trees in the landscape. In G. W. Watson & D. Neely (Eds.), *The Landscape Below Ground* (pp. 69–77). Savoy, Illinois: International Society of Arboriculture.
- Gilman, E.F., 2002. *An Illustrated Guide To Pruning*. Second edition. a division of Thomson Learning, Inc. Printed in the United States.
- Gilman, E.F., Beeson, R.C. Jr. 1996. Nursery production method affects root growth. *Journal of Environmental Horticulture*, 14, 88–91.
- Green, J., Dawson, L., Proctor, J., Duff, E., Elston, D., 200). Fine root dynamics in a tropical rain forest is influenced by rainfall. *Plant and Soil*, 276, 23–32.
- Harris, J.R., Bassuck, N.L., 1993. Tree planting fundamentals. *Journal of Arboriculture* 19(2), 64-70.
- Harris, R., Clark, J., Matheny, N., 2004. Integration of growth over time. In: *Arboriculture: Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines*, 4th edn. Prentice Hall, pp. 49–51.
- Hartman, J.R., Pirone, T.P., Sail, M.A., 2000. *Pirone's Tree Maintenance Seventh Edition*. Oxford University Press, Inc.
- Hirons, AD., Thomas, PA., 2018. *Applied Tree Biology*. John Wiley & Sons Ltd.
- Iles, J., Wray, P.H., 2000. *Transplanting Trees and Shrubs*. Forestry Extension Notes Forestry Extension Notes Iowa State University University Extension.
- Janssens, I.A., Sampson, D.A., Curiel-Yuste, J., Carrara, A., Ceulemans, R., 2002. The carbon cost of fine root turnover in a Scots pine forest. *Forest Ecology and Management*, 168, 231–240.
- Joyce, D., 2017. *Pruning & Training* Christopher Brickell, Dorling Kindersley Limited DK, a Division of Penguin Random House LLC, 339 pp.
- Joyce, D., 2017. *Pruning & Training* Christopher Brickell, Dorling Kindersley Limited DK, a Division of Penguin Random House LLC, 339 pp.
- Koeser, A., Stewart, J.R. 2009. Effects of transplanting on the growth and survival of nursery stock. In G. Watson, et al. (Eds.), *The Landscape below Ground III* (pp. 222–229). Savoy, IL: International Society of Arboriculture.
- Konijnendijk, C.C., Nilsson, K., Thomas B. Randrup, Schipperijn, J., 2005. *Urban Forests and Trees*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Kozłowski, T., 1987. Soil moisture and absorption of water by tree roots. *Journal of Arboriculture*, 13, 39–46.
- Kozłowski, T.T., Pallardy, S.G., 1997. *Physiology of Woody plants (Second Edition)*. New York, NY: Academic Press. 411 pp.
- Kshirsagar, Y., Palanikumar, B., Manjunatha, T.V., Vrishini, S., 2018. Tree Transplanting: Success Stories of Trees Transplanting at Karnataka, India. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 7(10), 2709-2716.
- Kumar, M.A., 2022. *Transplantation of Trees - An Informative Manual for Freshers*.
- Lane, M., Mandir, M., 2021. *Large Tree Transplanting Guidelines A Guide to tree transplanting for the Common Central Secretariat, Building -1,2,3 DOC. NO.: CPWD-CS-GD-PL-101B. HCP Design, Planning & Management Pvt Ltd*.
- Mol, T., 2010. Kent Ağaçları ve Süs Bitkilerinde Bakım ve Budama Esasları. Bölüm: Bitkilere Zarar Veren Çeşitli Faktorler, 117-133. İBB basımevi., İstanbul.
- Moore, G.M., 2013. Ring-barking and girdling: how much vascular connection do you need between roots and crown? *Proceedings of The 14th National Street Tree Symposium*, September 2013, Australia, pp 87-96.
- Norman, K., 2018. *The art of tree moving*. *Arboricultural Consultant Volume* 51(4), 3-6.
- Özyurt Ökten, S.S., Pehlivan, G., 2021. İleri yaşta palmye (*Washingtonia filifera*) taşıma süreçlerine dair bir uygulama, İskenderun Teknik Üniversitesi örneği. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10(1), 175-184.
- Parlak, S., 2023. Ağaçlarda Yara İyileşmesi. 2. Uluslararası Topkapı Bilimsel Araştırmalarda Güncel gelişmeler Kongresi 20-21 Ekim 2023, 734-762-İstanbul.

- Pokorny, J.D., 1992. Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation. USDA Forest Service Northeastern Area. NA-TP-03-03.
- Pryor, M., 2014. Extreme Arboriculture: Lessons from moving big trees. In Proceedings of Trees People and the Built Environment II conference p196-209. Institute of Chartered Foresters. Birmingham UK. (April 2015).
- Pryor, M., Watson, G., 2016. Mature tree transplanting: Science supports best management practice, *Arboricultural Journal*, 38(1), 2-27.
- Richardson-Calfee, L.E. Harris, J.R., 2005 A review of the effects of transplant timing on landscape establishment of field-grown deciduous trees in temperate climates. *Horticultural Technology* 15(1), 132–135.
- Stebbins, R.L., MacCaskey, M., 1989. Pruning how to guide for gardeners, HP Books, Horticultural Publisher.
- Swanson B.T., Calkins J.B., Kleinhuizen, D., 2024. Planting and Transplanting.
- Turna, İ., 2012. Kent ormancılığı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi ders notları no: 92, Trabzon.
- Urbis Limited., 2013. A comprehensive street tree management plan for Hong Kong. (Unpublished report). Development Bureau, Works Branch, HKSAR Government.
- Ürgenç, S., 1990. Genel plantasyon ve ağaçlandırma tekniği (Arborikültür). İ.Ü. Basımevi, Üniversite yayın no: 3644, fakülte yayın no: 407. İstanbul.
- Ürgenç, S., 1998. Ağaç ve süs bitkileri fidanlık ve yetiştirme tekniği. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Rektörlük No: 3395, Fakülte No: 442, Dilek ofset matbaacılık, İstanbul, 717 s.
- Wang, Z., Guo, D., Wang, J., Mei, L., 2006. Fine root architecture, morphology and biomass of different branch orders of two Chinese temperate tree species. *Plant and Soil* 288(1), 155–171.
- Watson, G.W. Himelick, E.B., 1982. Root distribution of nursery trees and its relationship to transplanting success. *J. Arboricult.* 8, 225-229
- Watson, G.W., 1987. The relationship of root growth and tree vigour following transplanting. *Arboricultural Journal*, 11(2), 97-104.
- Watson, G.W., 1998. Tree growth after trenching and compensatory crown pruning. *Journal of Arboriculture* 24(1), 47–53.
- Watson, G.W., 2004. Effect of transplanting and paclobutrazol on root growth of ‘Green Column’ black maple and ‘Summit’ green ash. *Journal of Environmental Horticulture*, 22, 209–212.
- Watson, G.W., Himelick, E.B. 1982. Seasonal variation in root distribution of nursery trees and its relationship to transplanting success. *J Arboriculture* 8, 225–229.
- Watson, W.T., 2005. Influence of tree size on transplant establishment and growth. *HortTechnology*, 15(1), 118-122.
- Wiedenbeck, J., Smith, K.T., 2018. Hardwood management, tree wound response, and wood product value. *The Forestry Chronicle*, 94(3), 292-306.

