



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN: 2149-3898

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ



ISPARTA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Year:
Yıl: 2023

Volume:
Cilt: 24

Issue:
Sayı: 3

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

(TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ)

e-ISSN: 2149-3898

A peer-reviewed international journal, published quarterly (March, June, September, December)
by Faculty of Forestry at Isparta University of Applied Sciences.

Yılda dört sayı olarak (Mart, Haziran, Eylül, Aralık) yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir.
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi tarafından yayınlanmaktadır.

Year/Yıl: 2023, Volume/Cilt: 24, Issue/Sayı: 3

EDITORIAL BOARD / DERGİ YAYIN KURULU

Editor-in-chief / Baş editör

Ramazan Özçelik Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

Editors / Editörler

A. Alper Babalık	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Abdullah Emin Akay	Bursa Technical University, Türkiye
Aylin Güney	İzmir Katip Çelebi University
Ayşe Deligöz	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Bart Muys	University of KU Leuven, Belgium
Carlos Gonzalez-Benecke	Oregon State University, USA
Ender Makineci	İstanbul University-Cerrahpaşa, Türkiye
Esra Bayar	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Fernando Castedo-Dorado	University of León, Spain
Hazan Alkan Akıncı	Artvin Çoruh University, Türkiye
H. Oğuz Çoban	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
İbrahim Özdemir	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
İbrahim Turna	Karadeniz Technical University, Türkiye
İ. Emrah Dönmez	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Kathryn Arano Gazal	West Virginia University, USA
Mehmet Korkmaz	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Mustafa Avcı	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Nicklas Jansson	Linköping University, Sweden
Onur Alkan	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Oytun Emre Sakıcı	Kastamonu University, Türkiye
Serkan Gülsoy	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Stephen Woodward	University of Aberdeen, Scotland (Emeritus)
Şirin Dönmez	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Taner Okan	İstanbul University-Cerrahpaşa, Türkiye
Tuğba Yılmaz Aydın	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Uzay Karahalil	Karadeniz Technical University, Türkiye
Yusuf Serengil	İstanbul University-Cerrahpaşa, Türkiye

Layout editor / Dizgi editörü

Süleyman Uysal Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

Publisher / Yayıncı kuruluş

Isparta University of Applied Sciences
Faculty of Forestry

Contact / İletişim

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Orman Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye
Phone : +90 246 214 6500
Fax : +90 246 214 6599
Web : <http://dergipark.org.tr/tjf>
E-mail : turkjfor@isparta.edu.tr

CONTENTS

Research

- The effect of different land uses on some water quality parameters in the Çöppınarı Stream watershed in Eskişehir Province
Nihat Arslan, Mehmet Özcan..... 178-187
- Variation of bark thickness on single stem of crimean pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) In Natural Stands: A case study of Isparta region
Musa Denizhan Ulsan, Ünal Eler..... 188-196
- Modeling diameter distribution of natural oriental beech stands in the Almus region using the Weibull distribution
Onur Alkan, Ramazan Özçelik, Şerife Kalkanlı Genç..... 197-207
- Fungal endophytes in the needles of native and exotic pine species in a plantation in Northwestern Türkiye
Ayşe Gülden Aday Kaya, H. Tuğba Doğmuş Lehtijärvi, Asko Tapio Lehtijärvi 208-212
- Determination of the amount of litterfall according to the development stages and of the carbon stock input into the litter in the oriental beech forests in the Marmara Region
Özgür Kiracioğlu, Şükrü Teoman Güner, Rıza Karataş 213-222
- Plant species diversity and environmental factor relations in black pine, brutian pine, crimean juniper and oak forests
Halil İbrahim Ürkmez, Serkan Gülsoy..... 223-234
- Computing true species diversity using Shannon entropy-based bias-corrected measures and upper confidence limit value of Pla estimator
Kürşad Özkan 235-240
- The incidence and infection status of the white mistletoe in Kazdağı fir forests of the West Black Sea region: A case study in Kökez Forest State Enterprise
İsmail Baysal 241-250
- Local community participation and volunteerism in wildfire area management: A systematic review
Sezin Kete 251-261
- Investigation of potential contribution of laurel (*Laurus nobilis* L.) production to rural economy and profile, problems and expectations of laurel producer (Case of Bursa province)
Edanur Ayhan, Neşat Erkan 262-271
- Customer expectations from auction log sales: The case of Ankara Regional Directorate of Forestry
Güven Kaya, Kenan Ok, Celal Kulaç 272-286
- The mediating role of certification in the relationship between green purchasing intention and green purchasing behavior in forestry
Gökhan Topaloğlu, Hasan Alkan..... 287-298
- Comparison of carbon sequestration and soil/litter characteristics in black pine and maritime pine afforestation areas in the Western Black Sea Region
Onur Kocabıyık, Şükrü Teoman Güner, Aydın Çömez..... 299-308
- Forest in Hittite texts
Hasan Tuncer 309-315
- An evaluation of occupational safety culture in woodworking and furniture industries: A case study in Gümüşhane province
Osman Komut, Şekip Şadiye Yaşar, M. Said Fidan, Mehmet Yaşar 316-322
- Effects of sodium borohydride on peroxide bleaching of *Pinus brutia* Ten. and wheat straw pulps
Mustafa Çiçekler, Ahmet Tutuş..... 323-328

Review

- Anatolian endemic Trojan fir (*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *equi-trojani* (Aschers. & Sint. ex Boiss) Coode et Cullen): What we know and research requirements
Nurbahar Usta, Çağatay Tavşanoğlu..... 329-345

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- Eskişehir ili Çöppınarı Deresi Havzasında farklı arazi kullanımlarının bazı su kalite parametrelerine etkisi
Nihat Arslan, Mehmet Özcan..... 178-187
- Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcerelerinde tek ağaçta kabuk kalınlığı değişiminin incelenmesi: Isparta yöresi örneği
Musa Denizhan Ulsan, Ünal Eler..... 188-196
- Almus yöresi doğal doğu kayını meşcerelerinin çap dağılımının Weibull dağılımı ile modellenmesi
Onur Alkan, Ramazan Özçelik, Şerife Kalkanlı Genç..... 197-207
- Türkiye'nin kuzeybatısındaki bir plantasyonda yerli ve egzotik çam türlerinin ibrelerinde görülen fungal endofitler
Ayşe Gülden Aday Kaya, H. Tuğba Doğmuş Lehtijärvi, Asko Tapio Lehtijärvi 208-212
- Marmara Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında gelişim çağlarına göre dökülme miktarının ve bu yolla ölü örtüye giren karbon stokunun belirlenmesi
Özgür Kiracıoğlu, Şükrü Teoman Güner, Rıza Karataş 213-222
- Karaçam, kızılçam, boylu ardıç ve meşe ormanlarında bitki tür çeşitliliği ve çevresel faktör ilişkileri
Halil İbrahim Ürkmez, Serkan Gülsoy..... 223-234
- Shannon entropisi temelli düzeltmeli çeşitlilik ölçümleri ve Pla kestiricisinin üst güven sınır değerini kullanarak gerçek tür çeşitliliğinin hesaplanması
Kürşad Özkan 235-240
- Batı Karadeniz Bölgesi Kazdağı göknarı ormanlarında göknar ökseotu bulunma ve bulaşma durumu: Kökez Orman İşletme Şefliği örneği
İsmail Baysal 241-250
- Yerel halkın orman yangın yönetimine katılımı ve gönüllülüğü - Sistematik bir inceleme
Sezin Kete 251-261
- Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) üretiminin kırsal ekonomiye potansiyel katkısının ve üretici profilinin, sorun ve beklentilerinin araştırılması (Bursa ili örneği)
Edanur Ayhan, Neşat Erkan 262-271
- Müşterilerin açık artırmalı tomruk satışlarından beklentileri: Ankara Orman Bölge Müdürlüğü örneği
Güven Kaya, Kenan Ok, Celal Kulaç 272-286
- Ormancılıkta yeşil satın alma niyeti ile yeşil satın alma davranışı arasındaki ilişkide sertifikasyonun aracılık rolü
Gökhan Topaloğlu, Hasan Alkan..... 287-298
- Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki karaçam ve sahil çamı ağaçlandırma alanlarının karbon birikimi ile toprak ve ölü örtü özellikleri bakımından karşılaştırılması
Onur Kocabıyık, Şükrü Teoman Güner, Aydın Çömez..... 299-308
- Hitit metinlerinde orman
Hasan Tuncer 309-315
- Ağaç işleri ve mobilya sektörlerinde iş güvenliği kültürüne yönelik bir değerlendirme: Gümüşhane ilinde bir durum çalışması
Osman Komut, Şekip Şadiye Yaşar, M. Said Fidan, Mehmet Yaşar 316-322
- Sodyum borhidrürün *Pinus brutia* Ten ve buğday sapı hamurlarının peroksit ağartması üzerindeki etkileri
Mustafa Çiçekler, Ahmet Tutuş..... 323-328

Derleme

- Anadolu endemiği Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *equi-trojani* (Aschers. & Sint. ex Boiss) Coode et Cullen): Bildiklerimiz ve araştırma gereksinimleri
Nurbahar Usta, Çağatay Tavşanoğlu 329-345

Eskişehir ili Çöppınarı Deresi Havzasında farklı arazi kullanımlarının bazı su kalite parametrelerine etkisi

Nihat Arslan^a , Mehmet Özcan^{b,*} 

Özet: Su yeryüzünde yaşayan tüm canlıların gereksinim duyduğu en önemli doğal kaynaklardan biridir. Bu kadar büyük bir öneme sahip olan suyun kalitesi sanayileşme ve nüfus artışına paralel olarak bozulabilmektedir. İklim ve arazi kullanımı su kalitesini etkileyen iki önemli faktördür. Özellikle kurak ve yarı kurak iklim özelliklerine sahip bölgelerde arazi kullanımı ve su kalitesinin kontrolü, diğer bölgelere nazaran daha da büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada yarı kurak iklim özellikleri gösteren Eskişehir ilinde bir yağış havzası boyunca farklı arazi kullanımlarının (orman, mesire ve tarım) bazı su kalite parametreleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada Çöppınarı havzası akarsularında tarımsal amaçlı arazi kullanımının orman ve mesire amaçlı kullanıma oranla kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}), sodyum (Na^{+}), potasyum (K^{+}), klorür (Cl^{-}), sülfat (SO_4^{-2}), ve elektriksel iletkenlik (EC) değerlerini önemli oranda artırdığı belirlenmiştir. Bu nedenle tarımsal alanlarda gübre kullanımında daha dikkatli olunmalıdır. Bu tür arazilerin yoğun olduğu akarsularda belirli dönemlerde su kalitesi ölçümleri yapılarak gerekli tedbirler alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: Arazi kullanımı, Orman, Tarım, Rekreasyon, Su kalitesi

The effect of different land uses on some water quality parameters in the Çöppınarı Stream watershed in Eskişehir Province

Abstract: Water is one of the most important natural resources needed by all living things on earth. The quality of water, which is of such great importance, may deteriorate in parallel with industrialization and population growth. Climate and land use are two important factors affecting water quality. Especially in regions with arid and semi-arid climates, the control of land use and water quality is even more important than in other regions. In this study, the effects of different land uses (forest, recreation and agriculture) on some water quality parameters were investigated along a precipitation basin in Eskişehir, which has semi-arid climate characteristics. In the study, it was determined that the use of agriculture significantly increased the calcium (Ca^{+2}), magnesium (Mg^{+2}), sodium (Na^{+}), potassium (K^{+}), chloride (Cl^{-}), sulphate (SO_4^{-2}) and electrical conductivity (EC) values in the waters of the Çöppınarı watershed compared to the use for forest and recreation purposes. Therefore, more care should be taken in the use of fertilizers in agricultural areas. Necessary measures should be taken by making water quality measurements in certain periods in streams where such lands are dense.

Keywords: Land use, Forest, Agriculture, Recreation, Water quality

1. Giriş

Su yeryüzünde yaşayan tüm canlıların gereksinim duyduğu ve alternatifini olmayan en önemli doğal kaynaklardan biridir. Hayatımızda bu denli büyük bir öneme sahip olan suyun kalitesinde ve miktarında sanayileşme ve nüfus artışına paralel olarak azalmalar başlamıştır. Nitekim dünya genelinde 1960-1997 yılları arasında kişi başına düşen kullanılabilir tatlı su miktarı yaklaşık %60 oranında azalmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda 2025 yılına kadar kişi başına düşen su potansiyelinde de % 50 oranında bir azalma öngörülmektedir (Özdemir, 2010).

Günümüzde artan insan faaliyetleri arazilerin bozulmasına, orman, mera ve sulak alanların yok olmasına neden olmaktadır. Bunun bir sonucu olarak su havzalarında noktasal ve noktasal olmayan kaynak kirliliği yoluyla suların kalitesinde bozulmalar olabilmektedir (Wang, 2001; Elçi ve Selçuk, 2013). Akarsu ve su kütlelerinin beslenme alanlarının

kentsel yerleşime açılması sonucunda infiltrasyon ve akış süreçleri olumsuz etkilenmektedir. Bununla birlikte su havzalarının tarıma açılması, bu alanlarda kullanılan aşırı gübre ve kimyasal ilaçların sulara karışmasına neden olmaktadır. Akarsulardaki su miktarının azalması ile birlikte de bu kimyasalların sudaki derişimi artmakta; bu ise potansiyel içme ve kullanma suyu kalitesinin düşmesine yol açmaktadır (Yolcu, 2012). Dünyanın birçok bölgesinde yapılan çalışmaların sonuçlarına bakıldığında tarım, yerleşim ve sanayi gibi arazi kullanım şekillerinin artış oranları ile su kirleticilerinin konsantrasyonları arasında pozitif (Wang ve Yin, 1997; Coulter vd., 2004; Haidary vd., 2013); ormanların artış oranlarıyla ise negatif bir ilişki olduğu görülmektedir (Jung vd., 2008; Kibena vd., 2014).

Akarsulardaki suyun kalitesi üzerinde iklim, jeoloji, topoğrafya, toprak, arazi kullanımı ve sosyo-ekonomik yapı gibi birçok faktör etkili olabilmektedir. Ancak bunlardan jeoloji ve topoğrafya gibi faktörler değiştirilemediği için bu

✉ ^a Eskişehir Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 26160, Eskişehir, Türkiye

^b Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Havza Yönetimi Anabilim Dalı, 81620, Düzce, Türkiye

✉ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): mehmetozcan@duzce.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 31.03.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 27.07.2023



Citation (Atf): Arslan, N., Özcan, M., 2023. Eskişehir ili Çöppınarı Deresi Havzasında farklı arazi kullanımlarının bazı su kalite parametrelerine etkisi. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 178-187. DOI: [10.18182/tjf.1274415](https://doi.org/10.18182/tjf.1274415)

faktörlerin su kalitesine etkileri sabit kalmakta toprak ise uygulanan işlemlere göre su kalitesi üzerinde olumlu veya olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Özhan ve Gökbülak, 2001). Zaman içerisinde değişen iklim olayları ve arazi kullanımı su kalitesini etkileyen iki önemli faktör olup bunlardaki değişimler su kaynakları üzerinde büyük baskı oluşturmaktadır (Babalık vd., 2018). Bunlardan özellikle arazi kullanımının su kalitesi üzerine etkilerini açıklayacak bulguların sağlanması ve bu bulgular ışığında arazi kullanımının ve su kaynaklarının planlanması son derece önemlidir. Nitekim su üretim havzalarında arazi kullanım faaliyetlerinin havzadaki bitki örtüsü türünü, toprağı ve suyun miktar ve kalitesini değiştirerek hidrolojik süreçleri etkilediği bilinmektedir (Johannsen ve Armitage, 2010; Wang vd., 2013).

Su varlığı ve kalitesi bağlamında düşünüldüğünde ülkemiz 160 milyon kişinin ihtiyacını karşılayacak su varlığına sahiptir. Ancak miktar ve kalitesindeki hızlı düşüş 20 yıl sonra önemli su sorunları yaşanacağına işaret etmektedir (Özdemir, 2010). Bu durum ülkemizde özellikle su varlığı açısından daha az imkânlarla sahip yarı kurak bölgelerimizde önemli derecede hissedilebilecektir. Bu bağlamda kurak ve yarı kurak iklim özelliklerine sahip bölgelerimizde arazi kullanımı ve buna bağlı olarak su kullanımı ile su kalitesinin kontrolü, diğer bölgelerimize nazaran daha da büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın amacı yarı kurak iklim özellikleri gösteren bir yağış havzasında farklı arazi kullanımlarının (orman, mesire ve tarım) bazı su kalite parametreleri üzerine etkisinin araştırılmasıdır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

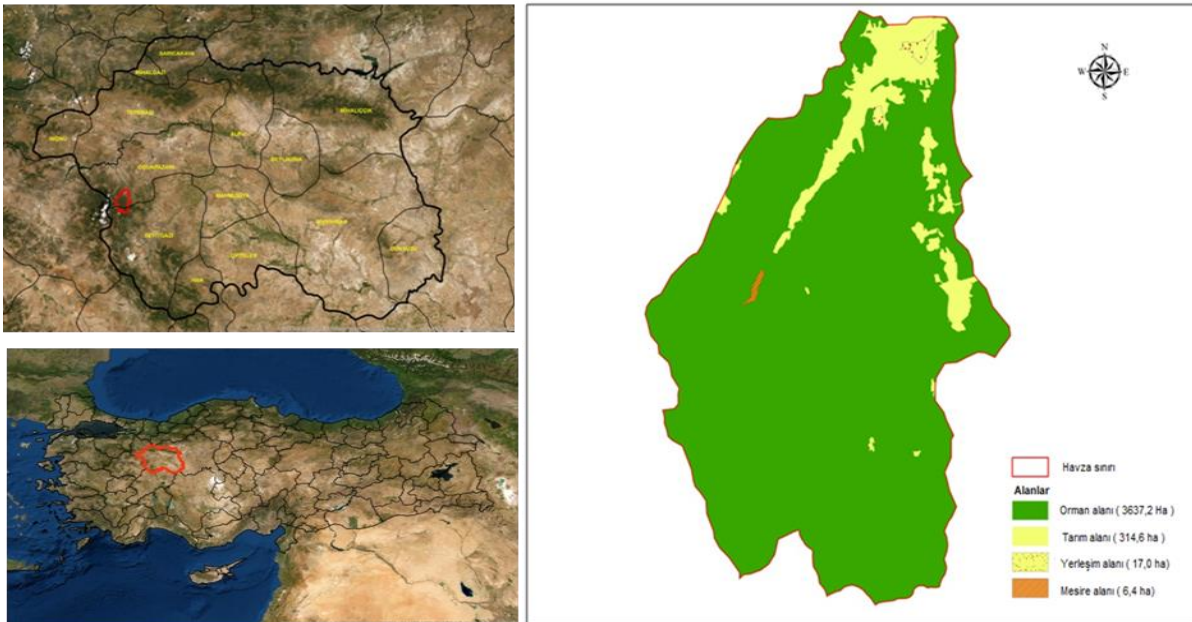
Çalışma Eskişehir İli, Odunpazarı İlçesine bağlı Aşağı Ilica ve Yukarı Ilica mahalleleri sınırları içinde kalan 3975 ha büyüklüğündeki Çöppınarı deresi havzasında

gerçekleştirilmiştir. Çöppınarı havzasının arazi kullanımının büyük kısmını (%91,4) orman oluştururken, havza içerisinde küçük bir alanda mesire yeri (%0,16) ve tarım alanları da (%7,9) yer almaktadır (Şekil 1).

Çöppınarı deresi Eskişehir iline 26 km mesafede olması nedeniyle meteorolojik veriler Eskişehir ili meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Eskişehir ili, İç Anadolu, Batı Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinin etkisi altında olması nedeniyle, kendine özgü bir iklime sahiptir. Yıllık sıcaklık ortalaması, 10,9°C dir. Eskişehir'de 1960-2012 yılları arasında ortalama yıllık yağış toplamı 363,3 mm dir. Temmuz ve Ağustos aylarında, Akdeniz yaz kuraklığı özelliklerini göstermektedir. Ancak çok hafif olarak, Karadeniz yaz yağmurlarını da alır. Uzun yıllar meteorolojik veri ortalamasının göre Eskişehir ilinde en çok yağış kış mevsiminde (127,1 mm) düşmekte, ilkbaharda da kış mevsimine yakın yağış (120,7 mm) olmaktadır. En az yağış ise yaz mevsiminde (54,2 mm) gerçekleşmektedir (Eskişehir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2023).

2.2. Yöntem

Çalışmada Çöppınarı deresi havzası arazi kullanımına göre orman, mesire ve tarım olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır. Çalışmanın materyalini ise bu üç bölümün çıkış noktalarından 15'er günlük periyotlarla alınan su örnekleri oluşturmaktadır. Çalışma 12 ay süreyle yürütülmüş ve havzanın üç farklı arazi kullanımına sahip noktalarından 15'er günlük periyotlarla usulüne uygun su örnekleri alınmıştır. Alınan su örnekleri akredite olmuş Eskişehir Orman Toprak ve Ekoloji Enstitüsü laboratuvarına getirilmiş kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, klorür sülfat, pH, ve elektriksel iletkenlik analizleri gerçekleştirilmiştir (Eskişehir Orman Toprak Laboratuvar Müdürlüğü, 1994). Elde edilen bulgular SPSS paket programı ile çoklu varyans analiziyle değerlendirilmiş; ortalamalar arasındaki fark ise %95 güven düzeyinde Duncan testi yapılarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Çöppınarı deresi havzasının konumu ve güncel arazi kullanım durumu

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çöppınarı deresinde Kalsiyum (Ca^{+2}) değerleri

Kalsiyum yüzey sularda en sık rastlanan alkali metal olup sularda sertliği oluşturur ve bu nedenle önemli bir kalite özelliğidir. Bununla birlikte kalsiyum denizlerde ve tatlı sularda en bol bulunan alkali metaldir ve birçok canlı iskeletinin temelini oluşturduğu için biyolojik açıdan önemlidir. Doğal sularda 1-150 mg/L sınırları arasında bulunur (Taş, 2010). Kalsiyum genellikle yağış sularının yüzeyel akışı veya taban suyuna sızması esnasında; havzanın yapısında bulunan kalsiyum ve magnezyum içerikli kayaların yıkanması sonucunda yüzey sularına karışır (Kılıç, 2017). Bununla birlikte evsel ve atık su deşarjı ile de sulara karışma gerçekleşebilmektedir (Kaya, 2013). Arazi kullanımı açısından kalsiyum değerleri incelendiğinde en düşük değer (21,0 mg/l) orman alanında ölçülürken en yüksek değer (28,2 mg/l) tarım arazisinde ölçülmüştür (Şekil 2). Bu değerler ışığında farklı arazi kullanımlarında ve yağış suyunda ölçülen kalsiyum değerleri TSE 266 içme suyu standartlarına göre olması gereken (100 mg/l) değerinden oldukça altında belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmede arazi kullanımları arasında %95 güven düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Bu çalışmada ormanlık alan ile mesire yeri sularında kalsiyum değerleri arasında istatistiksel bir fark bulunmazken, tarım arazisinde pozitif yönde farklılık belirlenmiştir. Nitekim Zhongwei vd. (2009)' nin yaptığı benzer bir çalışmada kentsel ve tarım arazileri ile suların kalsiyum değerleri arasında pozitif ilişki saptanırken ormanlık alanlarla negatif ilişki belirlenmiştir.

Çalışmada arazi kullanımı mevsim etkileşimi de istatistiksel olarak incelenmiş ve %95 güven düzeyinde önemli etkileşim farklılıkları olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda en düşük değer 18,08 mg/l ile piknik alanında ilkbahar mevsiminde ve en yüksek değer 36,3 mg/l ile tarım alanında sonbahar mevsiminde ölçülmüştür (Çizelge 1). Orman ve mesire alanları sularında mevsimsel olarak bir değişim gözlenmezken tarım arazilerinde özellikle yaz ve sonbahar aylarında suların kalsiyum değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Bunun nedeni ise yaz aylarında tarım arazilerinde gübre kullanımı ve bu gübrelerin yaz ve sonbahar aylarında yıkanarak dere sularına ulaşması olarak

gösterilebilir. Nitekim Muğla Tersakan çayında yapılan bir çalışmada da en yüksek kalsiyum değeri yaz ve sonbahar aylarında ölçülmüştür (Kasimoğlu ve Yılmaz, 2014). Diğer çalışmalarda da tarımsal alanlardan geçen sularda kalsiyum değerlerinin kış mevsimine oranla özellikle yaz ve sonbahar aylarında yükseldiği belirlenmiştir (Çitgez, 2017; Ediş, 2018).

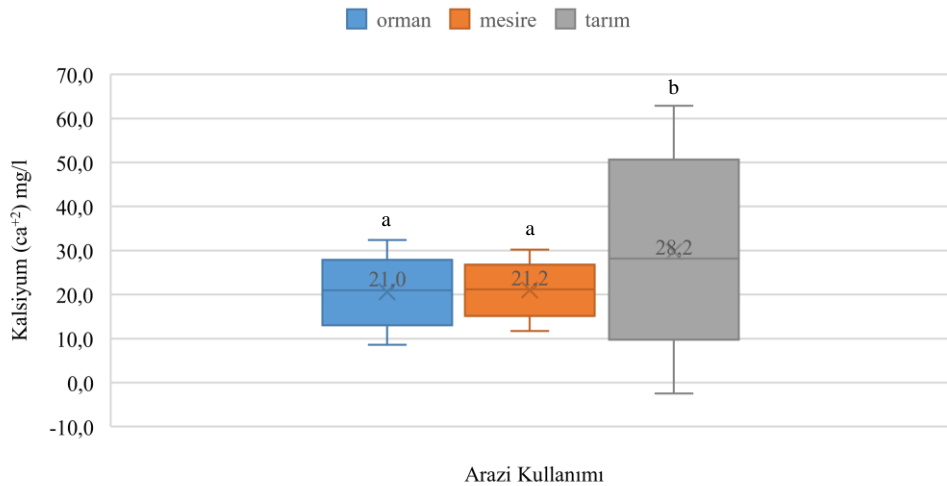
3.2. Çöppınarı deresinde magnezyum (Mg^{+2}) değerleri

Magnezyum da tıpkı kalsiyum gibi yüzey sularda en sık rastlanan alkali metal olup yüzey sularında sertliği oluşturur ve önemli bir kalite özelliğidir. Genellikle yağış sularının yüzeyel akışı veya taban suyuna sızması esnasında havzanın yapısında bulunan magnezyum içerikli kayaların yıkanması sonucunda yüzey sularına karışır (Kılıç, 2017). Çalışma kapsamında en düşük değer 11,09 mg/l ile piknik alanında en yüksek değer 12,77 mg/l ile tarım arazisinde ölçülmüştür (Şekil 3). Ölçülen magnezyum değerleri doğal sularda bulunması gereken sınırlar içerisinde (1-100 mg/l) kalmaktadır. Ayrıca her üç arazi kullanımında ölçülen magnezyum değerleri TSE içme suyu standartlarının da (30 mg/l) oldukça altında kalmaktadır. İstatistiksel açıdan tarım alanı ile diğer kullanım alanları arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($\alpha < 0,05$). Havzada tarım arazilerinin yoğun olduğu alandan alınan su örneklerindeki magnezyum değeri diğer iki arazi kullanımına göre daha yüksektir. Bu durum tarım arazilerinde kullanılan gübre veya bu alanlardan akarsulara taşınan sediment materyallerinden kaynaklı olabilmektedir. Nitekim 4 yıl süreli yapılan bir çalışmada sulardaki magnezyum konsantrasyonunun tarım yoğun havzadan orman yoğun havzaya doğru azaldığı belirlenmiştir (Chow vd., 2011).

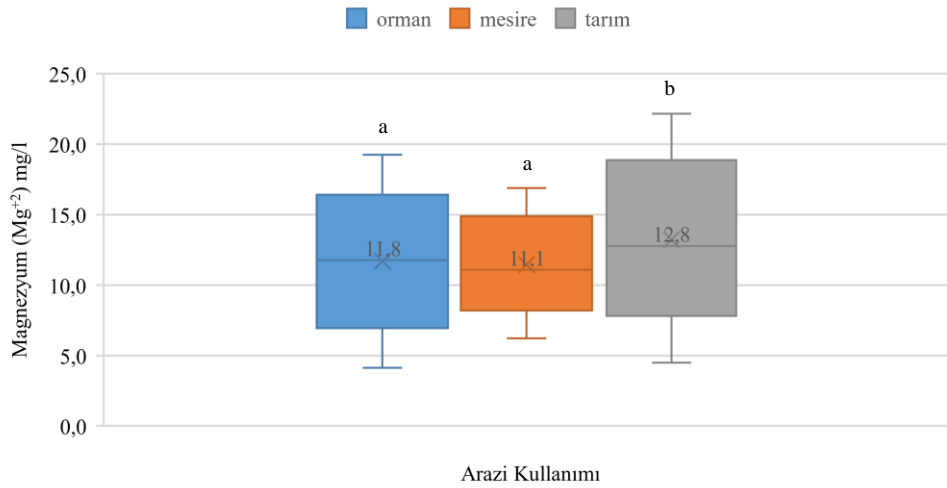
Çizelge 1. Çöppınarı deresinde kalsiyum değerlerinin arazi kullanımı-mevsim etkileşimine göre değişimi

Arazi kullanımı/mevsim*	Kış (1)	İlkbahar (2)	Yaz (3)	Sonbahar (4)
Orman (2)	22,0 a	20,48 a	22,73 a	18,65 a
Mesire (3)	21,37 a	18,08 a	23,76 a	21,40 a
Tarım (4)	22,84 a	19,33 a	34,18 b	36,30 b

*: Farklı harfler satırlar ve sütunlar arası farklılığı göstermektedir. ($P < 0,05$)



Şekil 2. Arazi kullanımına göre Çöppınarı dere suyunun kalsiyum miktarları



Şekil 3. Arazi kullanımına göre Çöppınarı dere suyunun magnezyum miktarları

Çalışmada arazi kullanımı mevsim etkileşimi de istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup en düşük değer 9,98 mg/l ile orman alanında sonbahar mevsiminde ve en yüksek değer 15,13 mg/l ile tarım alanında yine sonbahar mevsiminde ölçülmüştür (Çizelge 2). Magnezyum değerleri de tıpkı kalsiyum değerleri gibi tarım alanlarında farklılık göstermiş olup en yüksek değerler yaz ve sonbahar aylarında ölçülmüştür. Konu ile ilgili yapılan önceki araştırmalarda da benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Kasımoğlu ve Yılmaz, 2014; Çitgez, 2017; Kahriman, 2019).

3.3. Çöppınarı deresinde sodyum (Na^+) değerleri

Sodyum yer kabuğunda en fazla bulunan elementlerden biridir. Doğal sulara genellikle sodyum içeren kayaların aşınması ve taşınması yoluyla katılır. Bununla birlikte insan etkisi ile evsel ve endüstriyel atık su deşarjı, kış mevsiminde buzlanmaya karşı yapılan tuzlamalar ve denize yakın bölgelerde deniz suyunun su kütlesine karışması da sulardaki sodyum konsantrasyonunu artırmaktadır (Kaya, 2013). Doğal sulara sodyum oranı 2- 100 mg/L arasında değişim göstermektedir (Tepe vd., 2006). Çalışma kapsamında en düşük sodyum değeri 8,48 mg/l ile orman alanında, en yüksek değer ise 10,84 mg/l ile tarım arazisinde ölçülmüştür. Bu değerler TSE içme suyu standartlarına göre tavsiye edilen değerin (20 mg/l) oldukça altında kalmaktadır (TSE 266, 2005). Yapılan istatistiksel değerlendirmede arazi kullanımının suların sodyum değerleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4). Nitekim Yıldırım vd. (2020) Deliçay deresi havzasında yaptıkları çalışmada havza çıkışındaki suların sodyum değerlerinin tarımda kullanılan gübreler ve evsel atıklardan kaynaklı olarak havzanın üst tarafındaki sulara göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 2. Çöppınarı deresinde magnezyum değerlerinin arazi kullanımı-mevsim etkileşimine göre değişimi

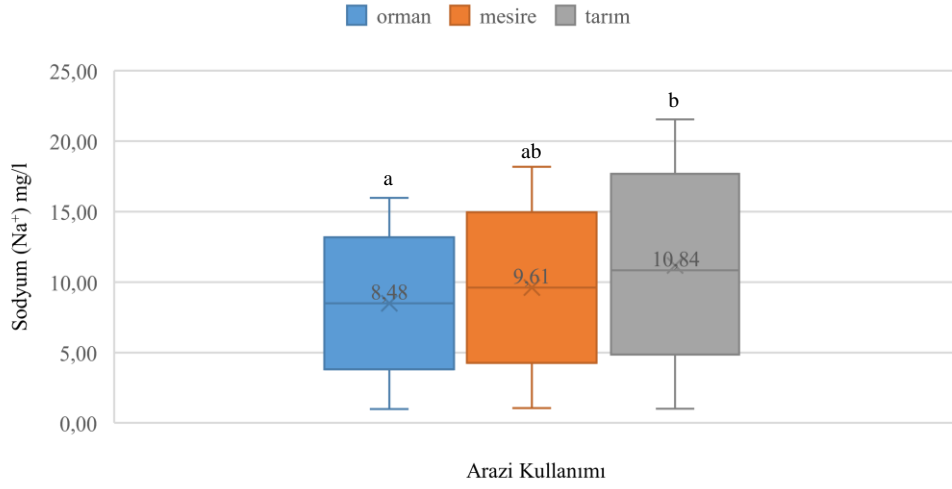
Arazi kullanımı/mevsim*	Kış (1)	İlkbahar (2)	Yaz (3)	Sonbahar (4)
Orman (2)	12,71 a	12,99 a	11,39 a	9,98 a
Mesire (3)	11,72 a	11,31 a	11,34 a	10,00 a
Tarım (4)	11,79 a	10,15a	14,03 b	15,13 b

*: Farklı harfler satırlar sütunlar arası farklılığı göstermektedir. ($P < 0,05$)

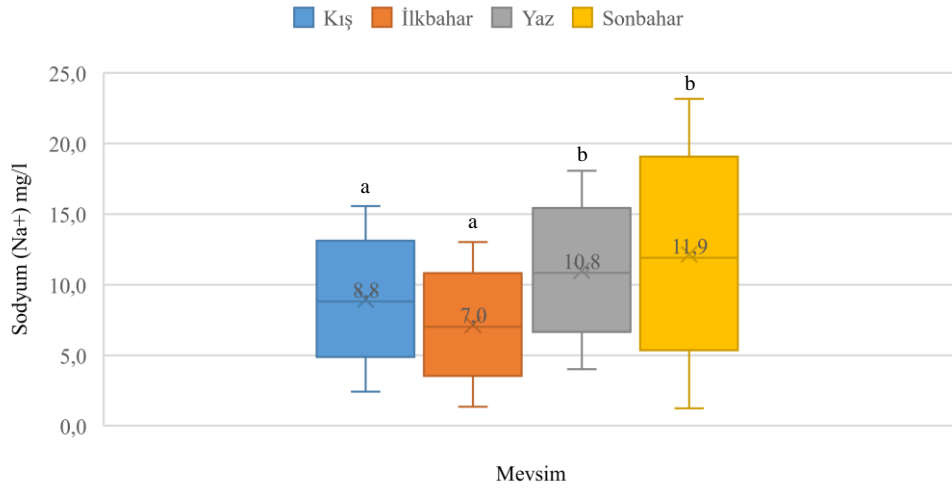
Havza sularında sodyum değerleri üzerinde mevsimin de önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir (Şekil 5). Bu bağlamda sodyum değeri yaz ve sonbahar aylarında kış ve ilkbahar aylarına göre daha yüksek belirlenmiştir. Tokat ve Düzce illerinde yapılan çalışmalarda da Çöppınarı havzasından elde edilen sonuçlara benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Çitgez, 2017; Gökbulut, 2019).

3.4. Çöppınarı deresinde potasyum (K^+) değerleri

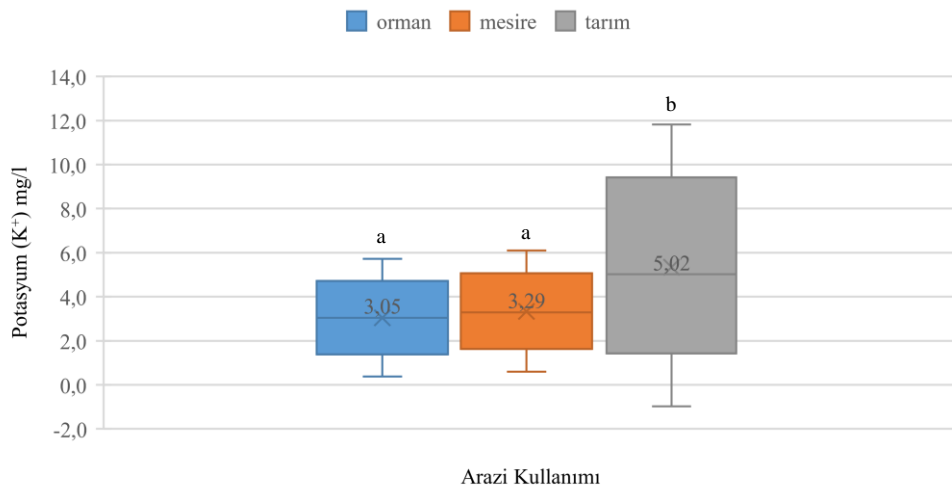
Yerkabuğunda en fazla bulunan elementlerden biri olan potasyum, doğal sulara ise çok az miktarda bulunur. Bunun nedeni ise potasyum içeren kayaların aşınmaya karşı diğer kayalara oranla daha dayanıklı olmasıdır. Nitekim doğal sulardaki potasyum konsantrasyonu 10 mg/L' yi geçmemelidir (Tepe vd., 2006). Doğal sulardaki potasyum konsantrasyonu, bu elementi içeren kayaların aşınması, potasyum tuzu kullanan endüstriyel atık su deşarjı, potasyum içerikli gübrelerin tarımda kullanılması ve yüzeysel akışla dere sularına ulaşması ile artmaktadır. Çalışmada da en yüksek potasyum konsantrasyonu 5,02 mg /l ile tarım alanında ölçülürken, en düşük değer 3,05 ile orman alanında ölçülmüştür (Şekil 6). Çalışmada mesire alanı ile orman alanındaki su örneklerindeki potasyum miktarlarının farklı olmaması mesire alanında gerçekleştirilen faaliyetlerin suyun kalitesinde olumsuz bir etki oluşturmadığını göstermektedir. Ancak tarım alanlarında potasyum miktarının yüksek çıkması bu alanlarda kullanılan tarımsal gübrelerden kaynaklanıyor olabilir. Nitekim Çitgez (2017), çalışmasında ormandan sonra tarım ve yerleşim alanlarından geçen suların potasyum değerlerinde artış olduğunu belirtmiştir.



Şekil 4. Arazi kullanımına göre Çöppınarı dere suyunun sodyum miktarları



Şekil 5. Çöppınarı deresinde sodyum miktarlarının mevsimlere göre değişimi



Şekil 6. Arazi kullanımına göre Çöppınarı dere suyunun potasyum miktarları

Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, dere sularındaki potasyum konsantrasyonu üzerinde mevsimin de istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiş ve en yüksek değer 4,82 mg/l ile sonbahar mevsiminde, en düşük değer 2,95 mg/l ile ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür (Şekil 7). Burada en yüksek değer yaz ve sonbahar aylarında ölçülmüş olması, bölgede tarımsal faaliyetlerin yaz aylarında artması ve sonbaharda da kullanılan gübrelerin yağışlarla birlikte dere sularına taşınması ile açıklanabilir (Yıldırım vd., 2020). Düzce yöresinde yapılan bir çalışmada da tarım alanlarından geçen derelerden alınan su örneklerinde en yüksek potasyum değerleri yaz ve sonbahar mevsimlerinde ölçülmüştür (Çitgez, 2017).

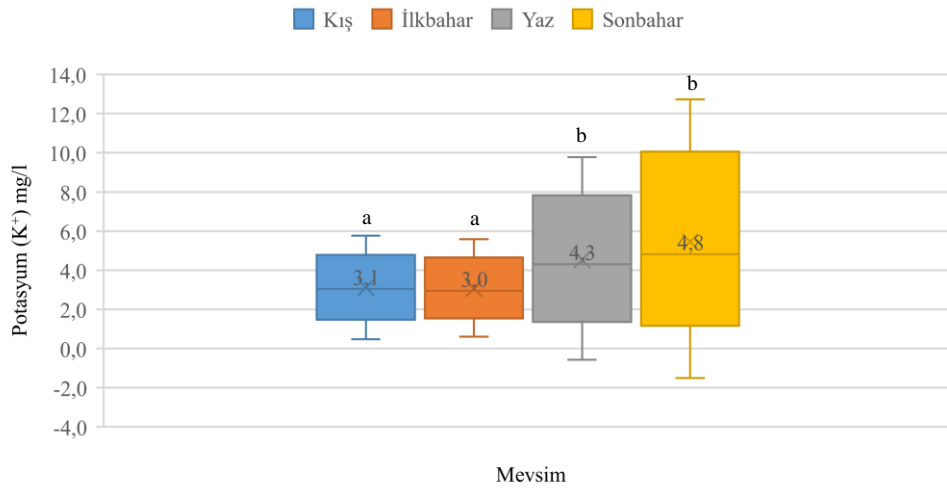
3.5. Çöppınarı deresinde klorür (Cl) değerleri

Klor elementi tuz içeren tortul kayaların aşınması, evsel ve endüstriyel atık su deşarjı, tarım arazileri ve yollardan yüzeysel akış ile taşınarak doğal sulara karışmaktadır (Chapman, 1992). Klorür tüm tabii ve kullanılmış sulara çok yaygın şekilde bulunan bir iyondur. Sularda NaCl şeklinde, ayrıca CaCl₂ ve MgCl₂ olarak bileşikler halinde bulunur (Yıldız, 2013). Klorürün doğal sulardaki konsantrasyonu 30 mg/L ye kadar çıkabilmekte fakat klorürün fazla olması durumunda içme ve kullanma suyu olarak kullanılmasında sakıncalar oluşabilmektedir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğinde ise I. sınıf sularda klorür iyonun 25 mg/L değerini geçmemesi gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada klorür miktarları su kalite yönetmeliğinde belirtilen miktarın oldukça altında bulunmuştur. En yüksek değer 7,10 mg/l ile tarım arazisinde, en düşük değer 4,99 mg/l

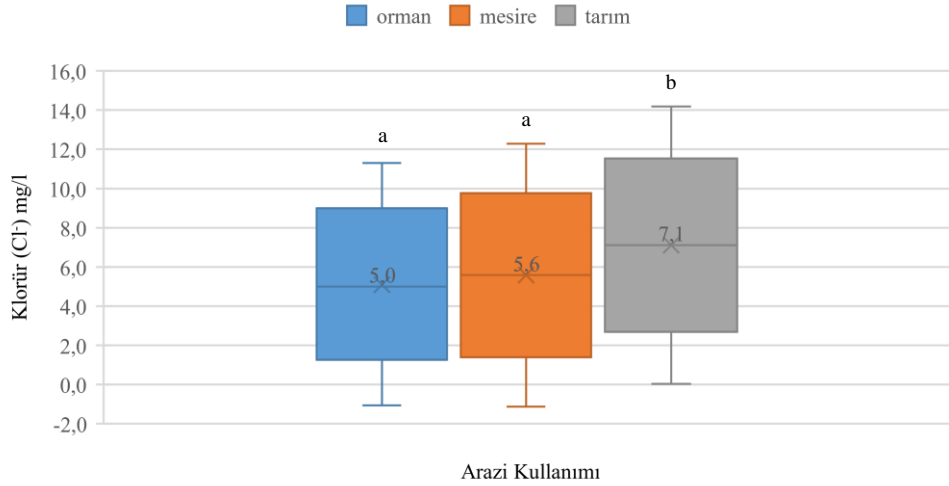
ile orman arazisinde ölçülmüştür (Şekil 8). Sulardaki klorür miktarlarının tarım alanlarında yüksek çıkması gübre kullanımı kaynaklı veya oluşan sediment taşınımı sonucunda olabilir. Nitekim A.B.D. Wisconsin’de yapılan bir çalışmada sulardaki klorür miktarı ile yerleşim ve tarım arazileri artışı arasında pozitif bir ilişki, orman arazileri artışı arasında ise negatif bir ilişki saptanmıştır (Zhongwei vd., 2009).

3.6. Çöppınarı deresinde sülfat (SO₄²⁻) değerleri

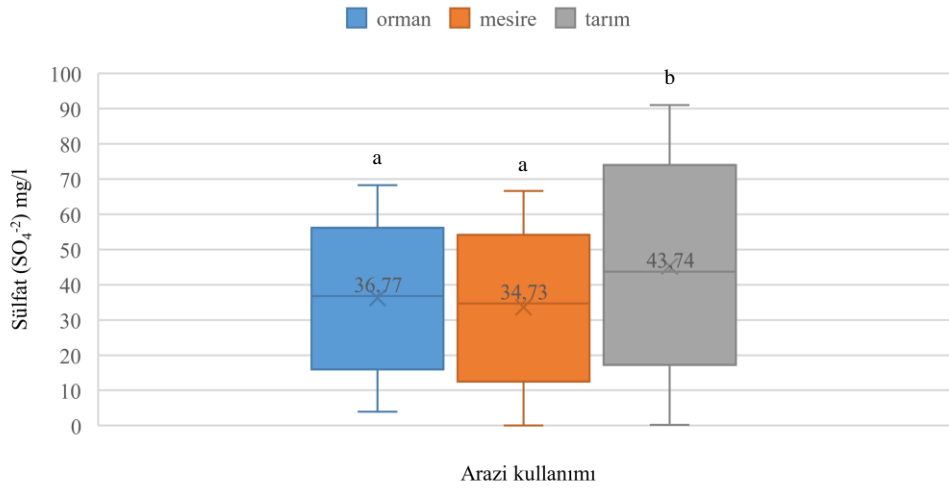
Doğal sulardaki sülfatlar ağır metal sülfürlerinin atmosferik etkiyle kısmen oksitlenerek suda çözünmesinden oluşmaktadır. Büyük kısmı sedimenter kayalardan çözünse de doğada en yaygın olan minerali jipsdir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Biyolojik verimin artması için doğal su kaynaklarında sülfatın olması gereklidir. Ancak sülfür döngüsü de azot döngüsü gibi biyolojik aktivitelerden çabuk etkilenir. Sülfür aerobik şartlarda, sülfata okside olur ve bu olay sülfürün zararlı bir form olan hidrojen sülfite dönüşmesini engeller. Doğal sularda sülfat değeri 5-100 mg/L arasında bulunmaktadır (Tepe, 2009). Çalışma kapsamında sülfat değerleri 34,7 mg/l ile en düşük mesire alanında, 43,7 mg /l ile en yüksek tarım alanında belirlenmiştir (Şekil 9). Nitekim bu çalışma sonuçlarına benzer olarak Zhongwei vd. (2009) tarım ve yerleşim alanları ile sulardaki sülfat değerleri arasında pozitif, orman alanlarıyla ise negatif bir korelasyon bulmuşlardır. Türkiye’de yapılan bir çalışmada da sulardaki sülfat değerleri ormanlık alanlarda tarımsal alanlara göre daha düşük bulunmuştur (Çitgez, 2017).



Şekil 7. Çöppınarı deresinde potasyum miktarlarının mevsimlere göre değişimi



Şekil 8. Arazi kullanımına göre Çöppınarı dere suyunun klorür miktarları



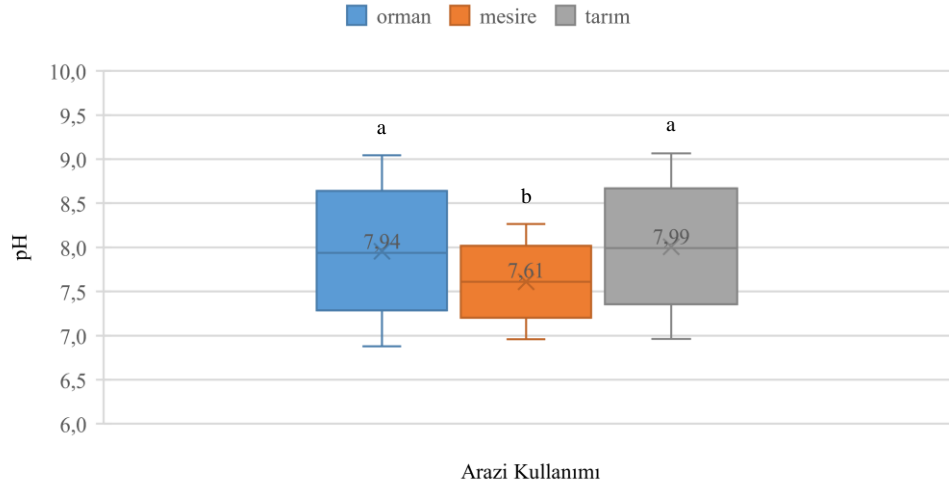
Şekil 9. Arazi kullanımına göre Çöppınarı dere suyunun sülfat miktarları

3.7. Çöppınarı deresinde pH değerleri

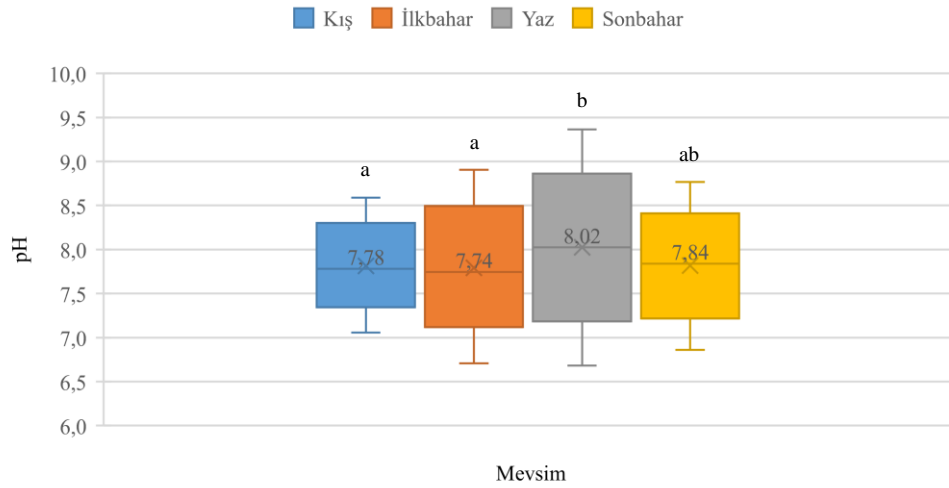
Yüzeysel sularda pH su kalitesini ve çeşitli amaçlar için kullanım uygunluğunu belirlemede kullanılan birincil parametredir (Kaya, 2013). pH değeri 0-14 arasında değişmekte olup bu değer doğal sularda 4-9 arasında seyredir. Genellikle akarsular yüksek, durgun sular ise düşük pH değerine sahiptir. Su kirliliği kontrol yönetmenliğinde suların pH değeri 6,5-8,5 arasında ise I. sınıf su olarak nitelendirilmekte olup, yüzeysel sularda pH değerinin 6,0-9,0 arasında olması gerekliliği ifade edilmektedir. Çalışma kapsamında arazi kullanımının pH değerlerini etkilediği görülmüş ve en düşük pH değeri mesire alanında, en yüksek değer tarım alanında ölçülmüştür (Şekil 10). pH değerinin tarım alanında en yüksek çıkmasının nedeni sularda kalsiyum ve magnezyum gibi alkali metallerin değerlerinin de yüksek çıkmasından kaynaklanmış olabilir (Yılmaz Öztürk ve Akköz, 2014). Nitekim çalışma bulgularında özellikle

kalsiyum miktarının tarım alanlarında en yüksek değerde olduğu görülmektedir. Mesire alanında pH'nın düşük çıkması bu alanda yürütülen faaliyetlerin toprağı sıkıştırması ve yüzeysel akışla sediment taşınımının fazla olmasından kaynaklı olabilir (Demir ve Demir, 2016). Yine bu alanda yer alan fosseptik çukurlarından meydana gelebilecek sızıntı suları da pH'nın düşmesinde etkili olmuş olabilir.

Yapılan çalışmada dere sularının pH değerleri değişimi üzerinde mevsimin de önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiş olup ortalama olarak en düşük pH değeri 7,74 ile ilkbahar mevsiminde, en yüksek pH değeri 8,02 ile yaz mevsiminde ölçülmüştür (Şekil 11). Suların pH değerleri kış ve ilkbahar aylarında daha düşük yaz ve sonbahar aylarında daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedenini Taş vd. (2010) kış aylarında sularda fitoplankton miktarının azalması ve CO₂ miktarının artması ile açıklamaktadır. Nitekim yaptıkları çalışmada da bu çalışmaya paralel bir sonuç olarak kış aylarında düşük pH ölçmüşlerdir.



Şekil 10. Arazi kullanımına göre Çöppınarı dere suyunun pH değerleri



Şekil 11. Çöppınarı deresinde pH değerlerinin mevsimlere göre değişimi

3.8. Çöppınarı deresinde elektriksel iletkenlik (EC) değerleri

İletkenlik suda çözünen tuzların toplam konsantrasyonu olarak ifade edilmektedir. Tuzlar suda elektrik iletkenliğine sahip yüklü iyonlar halinde çözünmektedirler (Yıldız, 2013). Yer üstü su kalite yönetmenliğine göre sulardaki elektriksel iletkenlik değeri maksimum 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olabilmektedir (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 2012). Çalışma kapsamında ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri bu değerin oldukça altında olup en yüksek değer 260,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile tarım alanında belirlenmiş, en düşük değer ise 203,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile orman alanında ölçülmüştür (Şekil, 12). Nitelik konu ile ilgili yapılan önceki çalışmalar, benzer şekilde tarımsal faaliyetlerin suların elektriksel iletkenlik değerlerini artırdığını ortaya koymuştur (Ahearn vd., 2005; Zhongwei vd., 2009; Chow vd., 2011; Çitgez, 2017). Bu durum tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübrelerin dere sularına karışması ile açıklanabilir.

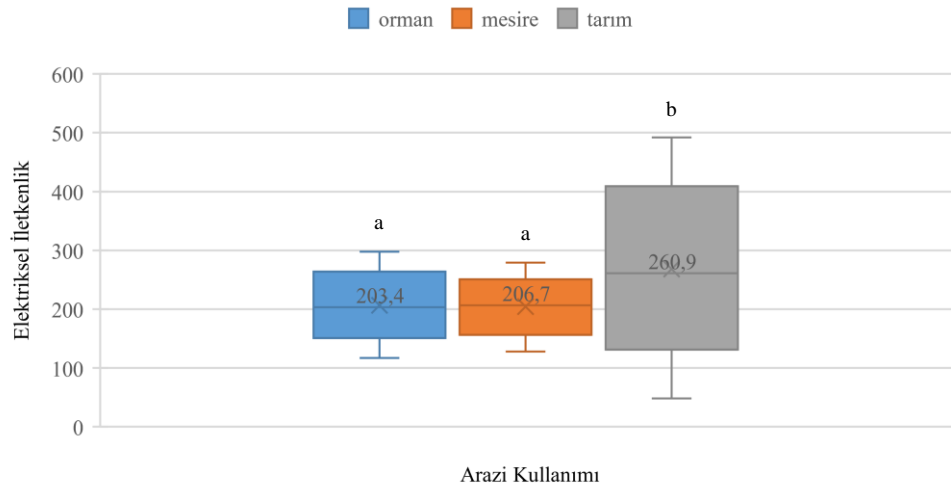
Çalışma kapsamında suların elektriksel iletkenlik değerleri bakımından arazi kullanımı mevsim etkileşimi de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En düşük değer 182,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile mesire alanında ilkbahar mevsiminde en

yüksek değer ise 329,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak tarım alanında sonbahar mevsiminde ölçülmüştür (Çizelge 3). Bu durum özellikle bölgede yazın yoğunlaşan tarım faaliyetleri ve bu faaliyetlerden kaynaklı olabilir. Aynı zamanda yaz aylarında debinin düşmesi ile iyon konsantrasyonunda meydana gelen artış bu değerlerin artmasında etkili olabilir (Usta, 2011). Sonbaharda yağışlar ile tarım alanlarından oluşan yüzeysel akışlar da bu mevsimde elektriksel iletkenliğin artmasını etkilemiş olabilir.

Çizelge 3. Sulardaki elektriksel iletkenlik değerlerinin arazi kullanımı-mevsim etkileşimine göre değişimi

Arazi kullanımı/mevsim*	Kış (1)	İlkbahar (2)	Yaz (3)	Sonbahar (4)
Orman (2)	208,1 a	202,3 a	216,7 a	186,5 a
Mesire (3)	207,1 a	182,8 a	226,2 a	210,6 a
Tarım (4)	226,3 a	196,0 a	291,6 b	329,5 b

*: Farklı harfler satırlar ve sütunlar arası farklılığı göstermektedir. ($P < 0,05$)



Şekil 12. Arazi kullanımına göre Çöppınarı dere suyunun Eİ değerleri

4. Sonuç ve öneriler

Hayatımızda büyük bir öneme sahip olan, yeryüzünde yaşayan bütün canlıların ihtiyaç duyduğu doğal bir kaynak olan suyun kalitesinde sanayileşme, nüfus artışı ve tarım gibi faaliyetler sonucunda bozulmalar olmaktadır. İçme ve kullanma sularının kalitesinin izlenmesi ve bozulmalara neden olan etmenlerin belirlenerek gerekli tedbirlerin alınması su kaynaklarının korunması açısından önem arz etmektedir. Bu bağlamda Türkiye'nin önemli büyükşehirlerinden biri olan Eskişehir ili sınırları içerisinde yer alan Çöppınarı deresi sularında arazi kullanımının su kalitesine etkisi belirlenmiştir. Aynı zamanda su kalitesinin mevsimsel değişimi de ortaya konulmuştur. Çalışma kapsamında incelenen parametreler hem arazi kullanımı hem de mevsim açısından TSE, Yer Üstü Su Kalite Yönetmeliği ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirtilen standartlar içerisinde kalmakla birlikte tarım arazilerinde artış göstermiştir. Bu bağlamda su kalitesinin korunması amacıyla tarımsal faaliyetlerde daha dikkatli davranılmalı özellikle aşırı gübre kullanımından kaçınılmalıdır. Yapılan çalışmada mesire alanında ve ormanlık alanda ölçülen su kalite parametreleri arasında fark olmadığı, dolayısıyla mesire alanında yapılan rekreasyonel faaliyetlerin su kalitesini olumsuz yönde etkilemediği görülmüştür. Ancak bu tür alanların kullanımında alan kullanım yoğunluğunun iyi ayarlanması ve toprak sıkışmasına neden olunmaması önemlidir. Nitekim yoğun kullanım neticesinde oluşacak toprak sıkışması neticesinde yağışlardan sonra oluşacak yüzeysel akışlar su kalitesinde bozulmalara yol açabilecektir. Erişilebilir yeterli ve temiz suyun önemi gün geçtikçe arttığı için gerek tarımsal gerekse rekreasyonel kullanımlarda su kalitesinin korunmasına yönelik tedbirlerin alınması ve gerekirse belirli dönemlerde su kalitesi izlemeleri yapılması gereklilik arz etmektedir.

Açıklama

Bu makale, Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde Nihat Arslan'ın yaptığı Yüksek Lisans tezi verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Ahearn, D.S., Sheibley, R.W., Dahlgren, R.A., Anderson, M., Johnson, J., Tate, K.W., 2005. Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. *Journal of Hydrology*, 313(3-4): 234-247.
- Babalık, A.A., Yazıcı, N., Dursun, İ., 2018. Farklı arazi kullanım durumlarının su kaynakları üzerine etkileri. *International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences, Abstract Book*, 26-27 April 2018, Ankara, p. 1141.
- Chapman, D., 1992. *Water Quality Assessments: A guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*, Taylor&FrancisGroup, London and Newyork.
- Chow, L., Xing, Z., Benoy, G., Rees, Meng, F., Jiang Y., Daigle, J.L., 2011. Hydrology and water quality across gradients of agricultural intensity in the Little River watershed area, New Brunswick, Canada. *Journal of Soil Water Conservation*, 66(1): 71-84.
- Coulter, C. B., Kolka R.K., Thompson, J.A., 2004. Water quality in agricultural, urban, and mixed land use watersheds. *Journal of the American Water Resources Association*, 40(6): 1593-1601.
- Çitgez, T., 2017. Farklı arazi kullanım yoğunluğundaki iki havzanın su verimi ve kalitesinin araştırılması. *Doktora tezi*, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Demir, Y., Demir, A. D., 2016. Murat nehrinde debi ve sediment konsantrasyonunun bazı su kalite parametreleri üzerine etkisi. *Middle East Journal of Science*, 2(1): 50-57.
- Ediş, S., 2018. Yarı kurak havzalarda hidrolojik modelleme ile iklim parametrelerinin ve arazi kullanımındaki değişimlerin su kalitesi üzerine etkilerinin analizi (Terme Çayı havzası örneği). *Doktora tezi*, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Elçi, Ş., Selçuk, P., 2013. Effects of basin activities and land use on water quality trends in Tahtalı Basin, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 68(6): 1591-1598.
- Eskişehir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2023. Genel Bilgiler, Eskişehir, <https://eskisehir.tarimorman.gov.tr/Menu/34/Genel-Bilgiler>, Erişim: 18.02.2023.

- Eskişehir Orman Toprak Laboratuvar Müdürlüğü, 1994. Orman toprak laboratuvarlarının kuruluş esasları ve laboratuvar teknikleri semineri, 4-8 Nisan Eskişehir, s.158-180.
- Gökbulut, S., 2019. Kızık Göleti (Tokat)'nin bazı fiziko-kimyasal parametrelerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1997. Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi. No: 43, Ankara.
- Haidary, A., Amiri, B.J., Adamowski, J., Fohrer, N., Nakane, K., 2013. Assessing the impacts of four land use types on the water quality of wetlands in Japan. *Water Resources Management*, 27(7): 2217-2229.
- Johannsen S.S., Armitage, P., 2010. Agricultural practice and the effects of agricultural land-use on water quality. *Freshwater Forum*, 28: 45-59.
- Jung, K.W., Lee, S.W., Hwang, H.S., Jang, J.H., 2008. The effects of spatial variability of land use on stream water quality in a coastal watershed. *Paddy and Water Environment*, 6(3): 275-284.
- Kahriman, A., 2019. Bezirgan Hazım Kılıç Göleti (Daday-Kastamonu)'nin su kalitesinin değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Kasimoğlu, C., Yılmaz, F., 2014. Tersakan Çayı'nın (Muğla, Türkiye) bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması. *BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16 (2): 51-67.
- Kaya, M., 2013. Küçük su kütlelerinde su kalitesinin havza bileşenleri ile etkileşimi. Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Kılıç, E., 2017. Asi havzasındaki su kalitesinin çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İskenderun.
- Kibena, J., Nhapi, I., Gumindoga, W., 2014. Assessing the relationship between water quality parameters and changes in landuse patterns in the Upper Manyame River, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth*, 67-69:153-163.
- Özdemir, A. C., 2010. İstanbul içme suyu havzalarında arazi kullanımlarının su kalitesine olan etkisinin değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özhan, S., Gökbulak, F., 2001. Bitki örtüsünün su üretim havzalarında su verimi üzerindeki etkileri. I. Türkiye Su Kongresi, 8-10 Ocak, İstanbul, Türkiye, s. 105-112.
- Taş, B., Candan, A.Y., Can Ö., Topkara, S., 2010. Ulugöl (Ordu)'ün bazı fiziko-kimyasal özellikleri. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 4(3): 254-263.
- Tepe, Y., 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi, *Ekoloji*, 70: 38-46.
- Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E., Töre, Y., 2006. Hasan Çayı (Erzin-Hatay) su kalitesi özellikleri ve aylık değişimleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 53: 149-154.
- TS 266, 2005. İnsani tüketim amaçlı sular, içme suyu standartları. TSE, Ankara.
- Usta, A., 2011. Galyan-Atasu barajı havzasında arazi kullanımının su ve toprak özelliklerine etkilerinin araştırılması. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Wang, R., Xu, T., Yu, L., Zhu, J., Li, X., 2013. Effects of land use types on surface water quality across an anthropogenic disturbance gradient in the upper reach of the Hun River, Northeast China. *Environmental Monitoring Assessment*, 185(5): 4141-4151.
- Wang, X., Yin, Z., 1997. Using GIS to assess the relationship between land use and water quality at a watershed level. *Environment International*, 23(1): 103-114.
- Wang, X., 2001. Integrating water-quality management and land-use planning in a watershed context. *Journal of Environmental Management*, 61(1): 25-36.
- Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 2012. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=16806&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, Erişim: 25.02.2023
- Yıldırım, Ü., Güler, C., Kurt, M.A., Güven, O., 2020. Kaynağından Akdeniz'e Deliçay'ın (Mersin) debisi ve su kalitesinin değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4): 1121-1135.
- Yıldız, İ., 2013. Gelevera deresi su kalitesi ve kirlilik düzeyinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
- Yılmaz Öztürk, B., Akköz, C., 2014. Investigation of water quality of Apa dam lake (Çumra-Konya) and according to the evaluation of PCA. *Biological Diversity and Conservation*, 7(2):136-147.
- Yolcu, İ.D., 2012. Bursa Nilüfer Çayı su kalitesi parametrelerinin istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi. Doktora tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Zhongwei, L., Yingru, L., Zhaohui, L., 2009. Surface water quality and land use in Wisconsin, USA- a GIS approach. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 6(1): 69-89.

Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcerelerinde tek ağaçta kabuk kalınlığı değişiminin incelenmesi: Isparta yöresi örneği

Musa Denizhan Ulusan^{a,*} , Ünal Eler^b 

Özet: Bu çalışma Isparta Yöresi Doğal Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcerelerinde tek ağaçta kabuk kalınlığının değişimini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Karaçam kalın kabuklu bir tür olması sebebiyle, hacim artımı ve eta için verilen değerlerin daha sağlıklı olarak ortaya koyulabilmesi ve eğer gelecekte kabuktan faydalanma ile ilgili teknolojik gelişmeler söz konusu olursa, envanter değerlerinin belirlenmesi gibi sebeplerden ötürü kabuk kalınlığı çalışmaları bakımından önem arz eden bir türdür. Bu doğrultuda çalışma kapsamında genç ve yaşlı ağaçlar için farklı boy gruplarında göğüs çapı ve kabuk payı ile kesit yüksekliği ile kabuk kalınlığı parametreleri arasındaki ilişkiler regresyon analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar hem göğüs çapı ile kabuk payı arasında hem de kesit yüksekliği ile kabuk kalınlığı arasında ağaç yaşları ve boy grupları bakımından istatistiksel olarak farklar olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Anadolu Karaçamı, Kabuk, Kabuk kalınlığı, Kabuk payı, Regresyon analizi

Variation of bark thickness on single stem of crimean pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) In Natural Stands: A case study of Isparta region

Abstract: This study was carried out to determine the variation of bark thickness in a single tree in Natural Crimean Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe). Anatolian Black Pine is a thick-barked species. For this reason, it is important to reveal the values given for the volume, volume increase, and allowable cut of the species in a more reliable way. On the other hand, when it comes to technological developments to benefit from the bark in different ways in the future, determining the inventory values is another feature that makes the aforementioned species important. All these reasons bring Anatolian Black Pine to the forefront in terms of crustal thickness studies. In this direction, within the scope of the study, the relationships between breast height diameter and bark allowance, section height, and bark thickness parameters in different height groups for young and old trees were evaluated by the regression analysis method. The results obtained revealed that there were statistical differences between the diameter of the breast height diameter and the bark allowance, and between the section height and the bark thickness in terms of tree age and height groups.

Keywords: Crimean pine, Bark, Bark thickness, Bark allowance, Regression analysis

1. Giriş

Karaçam Güney Avrupa'dan başlayıp ülkemize kadar geniş bir alanda yayılış gösteren, ülkemizin de hemen hemen her bölgesinde saf ve karışık meşcereler kuran bir türdür. Dikey yayılışı itibariyle 700-1400 metreleri arasında saf, 1400-1700 metreleri arasında ardıç, göknar ve sarıçam gibi türler ile karışık meşcereler oluşturmaktadır. Karaçam türü dünyada *Pinus nigra* Arnold. subsp. *nigra* (Avusturya Karaçamı), *Pinus nigra* Arnold. subsp. *laricio* (poiret) Maire (Korsika Karaçamı), *Pinus nigra* Arnold. subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco (Dalmaçya Karaçamı), *Pinus nigra* Arnold. subsp. *salzmanni* (Dunal) Franco (Pirene Karaçamı) ve *Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe (Anadolu Karaçamı) olmak üzere beş tür ile temsil edilmektedir. Bu türlerden Anadolu Karaçamı Balkanlar, Kırım, Güney Karpaz

Dağları, Güney Kıbrıs, Suriye ve Türkiye'de yayılış göstermektedir (Yaltrık, 1993). En geniş yayılışını ise Anadolu'da yapmaktadır (Alptekin, 1986). Ülkemizde OGM kayıtları itibariyle 2 830 566 hektar normal kapalı, 1 369 057 hektar boşluklu kapalı olmak üzere 4 199 623 hektarlık alansal dağılıma sahiptir (OGM, 2020).

Ekonomik değer yönünden kıymetli bir tür olan Anadolu Karaçamının öz odununun az ve sert olmasından dolayı odunu kıymetlidir. Ayrıca odunlarının kreozot ve benzeri koruyucu kimyasal maddelerle işleme tabi tutularak, açık alanlarda da kullanım olanakları bulunmaktadır. Türün bahsi geçen fiziksel özelliklerinden dolayı yapı malzemesi başta olmak üzere çeşitli alanlarda yoğun bir kullanımı söz konusudur (telgraf ve telefon direkleri, demiryolu traversleri, inşaat alanlarında, özellikle pencere doğramalarında ve çatı

✉ ^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye

^b Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Emekli Öğretim Üyesi, Isparta, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): denizhanulusan@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 17.03.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.05.2023



Citation (Atıf): Ulusan, M.D., Eler, Ü, 2023. Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcerelerinde tek ağaçta kabuk kalınlığı değişiminin incelenmesi: Isparta yöresi örneği. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 188-196.
DOI: [10.18182/tjf.1267002](https://doi.org/10.18182/tjf.1267002)

kirişlerinde, döşemecilikte, kağıtçılıkta, plastik ve selofan yapımında).

Önemli bir piyasa arzı bulunan türün odun hammaddesi olarak kullanımında odununun ölçümünün hassasiyeti ve bu odunun elde edilirken ürün kaybının en aza indirilmesi, ekonomik yönden önemli bir durumdur. Hacim hesabına ilişkin olarak detaylı şekilde ifade etmek gerekirse; amenajman planlarında yer alan hacim değerleri ile ormanda bakım ve gençleştirme alanlarında kesilen ağaçların hacimleri, kabuklu olarak belirlenmektedir. Ancak ormancılık uygulamalarında kabuksuz hacim değerleri esas alınmaktadır. Ticari olarak da satılan emval bu şekilde değerlendirilmektedir. Dolayısı ile odun hammaddesindeki kabuk payı önem arz etmektedir. Bazı türlere ait kabuk paylarına ilişkin olarak elde edilen bilgiler aşağıda sunulmuştur (Fırat, 1973).

Çizelge 1’de verilen bilgilerden anlaşılacağı üzere ağaç türlerine ait olarak kabuk payı oranlarının bilinmesi pratikte önemli bilgiler sunmasından ötürü önem arz etmektedir. Bu doğrultuda çalışma kapsamında Karaçam türüne ait olarak genç ve yaşlı ağaçlar için farklı boy gruplarında göğüs çapı ve kabuk payı ile kesit yüksekliği ile kabuk kalınlığı parametreleri arasındaki ilişkilerin ortaya koyulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma alanı

Çalışma Isparta Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma kesilen deneme ağaçlarında yapılan ölçümlerden elde edilen verilerle yürütülmüştür. Deneme ağaçları, karaçamın önemli yayılış gösterdiği Isparta Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarında kalan, Sütçüler, Eğirdir ve Burdur Orman İşletme Müdürlüklerine ait sahalardan alınmıştır. Bu sahaların bakım ve gençleştirme alanlarında iş kolaylığı ve ekonomik kayıplara neden olunmaması için, motorlu testere ile kesilmiş olan ağaçlar çalışmada materyal olarak kullanılmıştır.

Deneme ağaçları, periyodik silvikültürel müdahale görmüş aynı yaşlı saf Anadolu Karaçamı meşcerelerine aittir. Aynı yaşlı meşcerelerde, bireyler arasında 10 veya 20 yaş fark bulunması, aynı yaşlı kabul edilmektedir. Anadolu Karaçamında aynı yaşlılık için kabul edilen yaş farkı 20 yıl olarak kabul edilmektedir (Meyer, 1953; Kalıpsız, 1963; Eraslan, 1982). Çalışma kapsamında toplamda 203 adet deneme ağacında ölçüm yapılmıştır. Deneme ağaçları seçilirken kabuk kalınlığına etki eden bonitet ve yaş gibi faktörler dikkate alınmıştır.

Çizelge 1. Bazı ağaç türlerinde kabuk payları (Fırat, 1973)

Ağaç türü	Kabuk payı (%)	Ağaç türü	Kabuk payı (%)
Melez	20 (19-25)	Kızılağaç	11
Fıstık Çamı	20 (12-20)	Dişbudak	11
Karaçam	19	Gökknar	11 (10-12)
Sarıçam	15(12-20)	Ladin	10 (8-12)
Meşe	15(10-28)	Kayın	7 (6-8)

2.2. Arazi çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında ağaçların yaşı, dip kütükte gözlem yoluyla yıllık halkalar sayılıp, yükseklik durumuna göre fidan yaşı eklenerek bulunmuştur. Ağaç, motorlu testere vasıtasıyla kesildikten sonra dallar tepeye kadar budanarak şerit metre ile boyu ölçülmüş; 0.30 m, 1.30 m, 3.30 m, 5.30 m yüksekliğindeki noktalar mavi tebeşir ile işaretlenmiştir. Bu noktalardaki kabuklu ve kabuksuz çaplar, çap ölçer yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir. Her yaş sınırında, boy kademelerinde 1.30 m göğüs çapı için, kabuklu ve kabuksuz hacimler hesaplanıp, % olarak ortalama kabuk payları bulunmuş ve çizelgelere eklenmiştir. Ayrıca kesitlerde ortalama çift kabuk kalınlığı ve bunun ağaç üzerindeki dağılımı elde edilmiştir.

2.3. İstatistik değerlendirmeler

İstatistiksel analiz aşamasında ilk olarak kabuk değişkenleri ile ölçülen diğer değişkenler arasında ilişkileri belirlemek için regresyon analizi kullanılmıştır. Analizler doğrusal, logaritmik ve quadratik olarak yapılmış, en uygun modelin seçimi bu aşamadan sonra gerçekleştirilmiştir. Kullanılan regresyon analizi yönteminde ilişkiyi en iyi şekilde gösteren model araştırılmıştır. Model seçiminde “F” değerinden faydalanılarak bu değer en yüksek olduğu model tercih edilmiştir.

Göğüs çapı ile kabuk payı ilişkisi için quadratik (Formül 1), kesit yüksekliği ile kabuk kalınlığı için logaritmik (Formül 2), göğüs çapı kabuk kalınlığı için ise doğrusal regresyon modelleri (Formül 3) kullanılmıştır.

$$y = e^{a+b\left(\frac{1}{x}\right)+c\left(\frac{1}{x}\right)^2} \quad (1)$$

$$y = e^{a+bx} \quad (2)$$

$$y = a + bx \quad (3)$$

Göğüs çapı ile kabuk payı ilişkisini belirlemek için kullanılan quadratik modelde y, kabuk hacim yüzdesini (%); x, göğüs çapını (cm); e, Euler sabitini (e=2,71828); a, b ve c ise regresyon katsayılarını göstermektedir. Kesit yüksekliği ile kabuk kalınlığı için kullanılan logaritmik modelde y, kabuk kalınlığını (cm); x, kesit yüksekliğini (m); e, Euler sabitini (e=2,71828); a ve b ise regresyon katsayılarını göstermektedir. Göğüs çapı kabuk kalınlığı için kullanılan doğrusal modelde ise y, kabuk kalınlığını (cm); x, göğüs çapını (cm); a ve b ise regresyon katsayılarını ifade etmektedir.

İstatistik analizlerin yapılabilmesi için SPSS paket programından faydalanılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Kabuk hacmi miktarı (Kabuk payı, %)

Kabuğun gövde üzerindeki değişimini belirlemek amacıyla, 0.30 m, 1.30 m, 3.30 m yükseklikleri için kabuklu ve kabuksuz çaplar ölçülmüştür. Bu değerlerden yararlanarak, seksiyon yöntemi ile göğüs çapı için, kabuklu ve kabuksuz hacimler belirlenmiştir. Aradaki fark, kabuk hacmi olarak değerlendirilmiştir.

Göğüs çapı ile kabuk hacminin kabuklu hacme oranı olan kabuk payı (kabuk hacim yüzdesi) arasındaki ilişki her yaş grubunda, her boy kademesi için incelenmiştir.

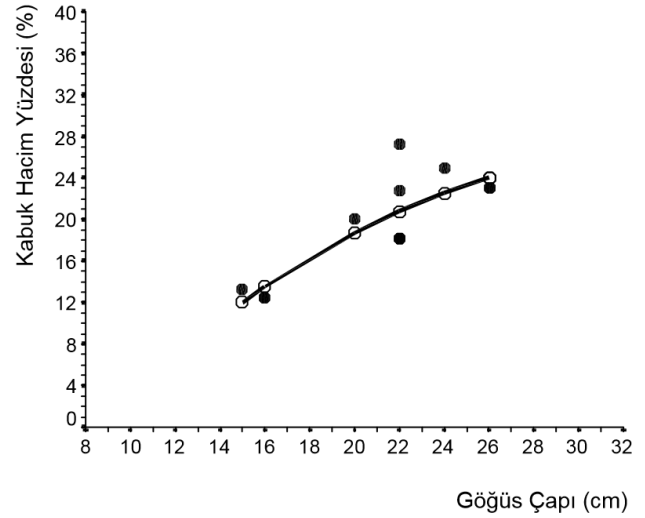
3.1.1. Genç ağaçlarda göğüs çapı ile kabuk payı ilişkisine ait bulgular

Yapılan istatistik analiz sonucunda, genç ağaçlarda üç boy grubunda göğüs çapı-kabuk payına ait sonuçlar sırasıyla Çizelge 2' de ve Şekil 1-3' de gösterilmiştir.

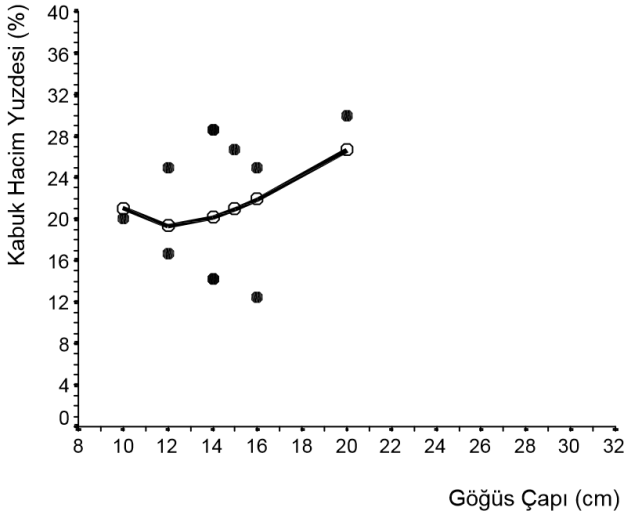
Çizelge 2'den görüleceği üzere, genç ağaçlarda göğüs çapı ve kabuk payı arasında, yapılan regresyon analiz sonucu; birinci ve üçüncü boy grubunda ilişki istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Fakat ikinci boy grubunda % 5 önem seviyesinde ilişki saptanmıştır.

3.1.2. Yaşlı ağaçlarda göğüs çapı ile kabuk payı ilişkisine ait bulgular

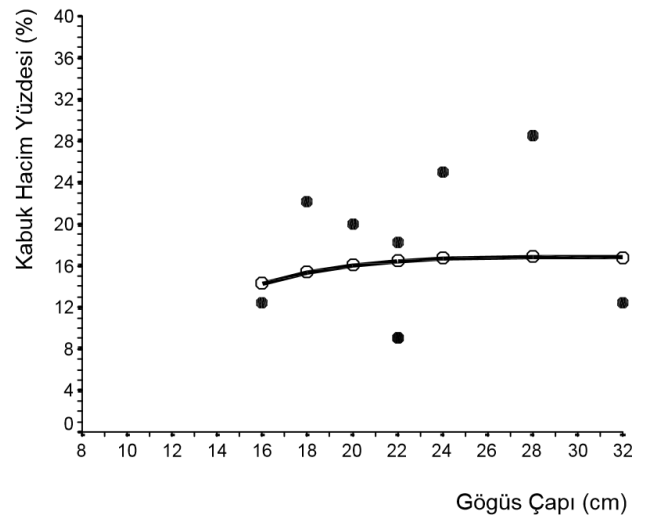
Yaşlı ağaçlardaki göğüs çapı ile kabuk payına yönelik olarak yapılan istatistik analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 3'de ve Şekil 4-6' da sunulmuştur.



Şekil 2. Genç ağaçlarda ikinci boy grubunda göğüs çapı-kabuk payı ilişkisi



Şekil 1. Genç ağaçlarda birinci boy grubunda göğüs çapı-kabuk payı ilişkisi



Şekil 3. Genç ağaçlarda üçüncü boy grubunda göğüs çapı-kabuk payı ilişkisi

Çizelge 2. Genç ağaçlarda göğüs çapı – kabuk payı arasında uygulanan regresyon analizi sonuçları

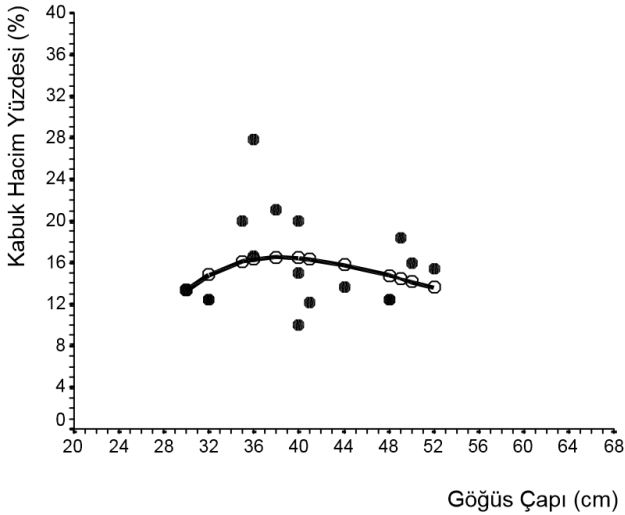
Boy grupları	Birey sayısı (n)	F	Önem seviyesi	R ²	Denklem katsayısı		
					a	b	c
Birinci boy grubu	11	0,332	----	0,08	4,979	-48,492	291,619
İkinci boy grubu	12	15,698	*	0,777	3,685	6,343	-173,874
Üçüncü boy grubu	9	0,049	----	0,049	2,540	16,106	-227,513

Önemsiz * Önemli (α : 0,05)

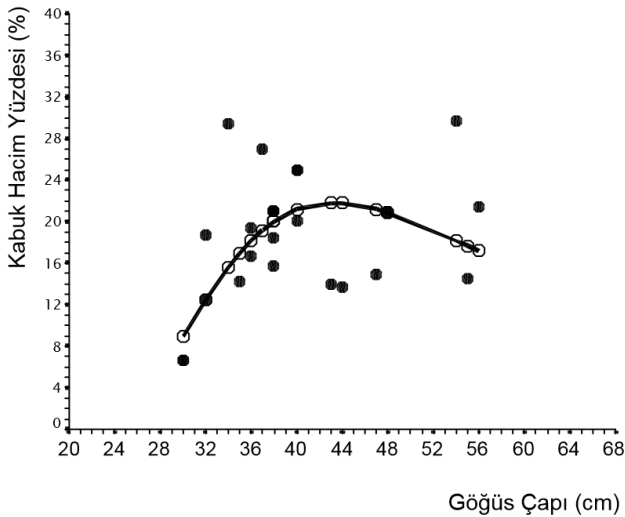
Çizelge 3. Yaşlı ağaçlarda göğüs çapı – kabuk payı arasında uygulanan regresyon analizi sonuçları

Boy grupları	Birey sayısı (n)	F	Önem seviyesi	R ²	Denklem katsayısı		
					a	b	c
Birinci boy grubu	18	0,785	----	0,095	-0,004	214,974	-4119
İkinci boy grubu	26	9,368	*	0,449	-1,502	396,07	-8554,3
Üçüncü boy grubu	22	0,300	----	0,030	1,179	123,134	-2468

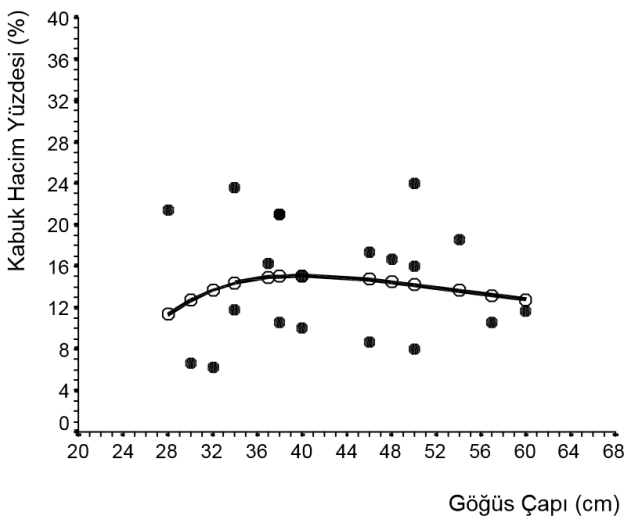
Önemsiz * Önemli (α : 0,05)



Şekil 4. Yaşlı ağaçlarda birinci boy grubunda göğüs çapı-kabuk payı ilişkisi



Şekil 5. Yaşlı ağaçlarda ikinci boy grubunda göğüs çapı-kabuk payı ilişkisi



Şekil 6. Yaşlı ağaçlarda üçüncü boy grubunda göğüs çapı-kabuk payı ilişkisi

Yapılan analiz neticesinde, yaşlı ağaçların birinci ve üçüncü boy gruplarında göğüs çapı ile kabuk payı arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır. İkinci boy grubunda ise istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde ilişki tespit edilmiştir.

Sonuç olarak bir değerlendirme yapıldığında, yaşın kabuk payı üzerinde etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Elde edilen sonuçları özetleyecek şekilde yaş ve boy gruplarına göre göğüs çapı için kabuk payı değerleri Çizelge 4' de verilmiştir.

3.2. Kabuk kalınlığının gövde üzerinde değişimi

Anadolu karaçamı ağaçlarında boy kademelerine göre 0,30 m, 1,30 m, 3,30 m, yüksekliklerinden alınmış olan kabuklu ve kabuksuz çaplardan elde edilen değerlerle, genç ve yaşlı ağaçlarda kabuk payı için belirtilen boy kademelerinde kabuk kalınlığı incelenmiştir.

3.2.1. Genç ağaçlarda kesit yüksekliği ile kabuk kalınlığı ilişkisine ait bulgular

Genç ağaçlarda kesit yüksekliği ile kabuk kalınlığına ilişkin istatistiksel analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 5'de ve Şekil 7-9'da sunulmuştur.

Genç ağaçlarda kesit yüksekliği ile kabuk kalınlığı arasında, her üç boy grubunda, istatistiksel bakımdan da önemli ilişki olduğu saptanmıştır.

3.2.2. Yaşlı ağaçlarda kesit yüksekliği ile kabuk kalınlığı ilişkisine ait bulgular

Yaşlı ağaçlarda kesit yüksekliği ile kabuk kalınlığına ilişkin elde edilen istatistik analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 6'da ve Şekil 10-12' de gösterilmiştir.

Yaşlı ağaçlarda, her üç boy grubunda da, kesit yüksekliği ile kabuk kalınlığı arasında, istatistik bakımdan önemli ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Anadolu Karaçamında kabuk kalınlığının gövde üzerinde değişimi toplu olarak Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 4. Yaş ve boy gruplarına göre göğüs çapı için kabuk payı değerleri (%)

Çap d1,30 (cm)	Yaşlar					
	Genç			Yaşlı		
	Boylar			Boylar		
	9m>	9m-11m	12m<	13m>	13m-16m	16m<
8	32,27	1,19	2,71	*	*	*
10	21,03	3,70	6,52	*	*	*
12	19,36	6,99	10,00	*	*	*
14	20,15	10,39	12,55	*	*	0,07
16	21,92	13,54	14,27	0,07	*	0,46
18	24,17	16,31	15,37	0,46	*	1,50
20	26,67	18,71	16,06	1,57	0,05	3,21
22	29,29	20,77	16,48	3,53	0,31	5,35
24	31,97	22,53	16,71	6,08	1,16	7,58
26	34,65	24,04	16,83	8,80	2,94	9,62
28	37,30	25,35	16,86	11,28	5,65	11,34
30	39,91	26,48	16,85	13,31	8,98	12,70
32	42,45	27,47	16,80	14,81	12,45	13,69
34	44,93	28,33	16,72	15,79	15,60	14,38
36	47,32	29,10	16,64	16,33	18,16	14,81
38	49,64	29,77	16,55	16,52	20,02	15,03
40	51,88	30,38	16,45	16,44	21,19	15,10
42	54,04	30,92	16,35	16,17	21,73	15,05
44	56,12	31,41	16,26	15,77	21,78	14,92
46	58,13	31,85	16,16	15,28	21,45	14,72
48	60,06	32,25	16,07	14,74	20,84	14,48
50	61,92	32,61	15,98	14,18	20,04	14,22
52	63,71	32,94	15,89	13,60	19,13	13,93
54	65,43	33,25	15,80	13,04	18,16	13,64
56	67,09	33,52	15,72	12,49	17,17	13,34
58	68,69	33,78	15,64	11,96	16,18	13,04
60	70,23	34,02	15,57	11,45	15,23	12,75
62	71,72	34,24	15,50	10,97	14,31	12,47
64	73,15	34,45	15,43	10,52	13,44	12,19
66	74,53	34,64	15,36	10,09	12,62	11,92
68	75,86	34,82	15,30	9,68	11,85	11,66
70	77,15	34,98	15,24	9,30	11,14	11,41

*: yaş ve boy grubu itibarı ile ölçümlerde bu bireylere rastlanılmamıştır. Bu nedenle ilgili kutular boş bırakılmıştır.

Çizelge 5. Genç ağaçlarda kesit yüksekliği ile kabuk payı arasında yapılan regresyon analiz sonuçları

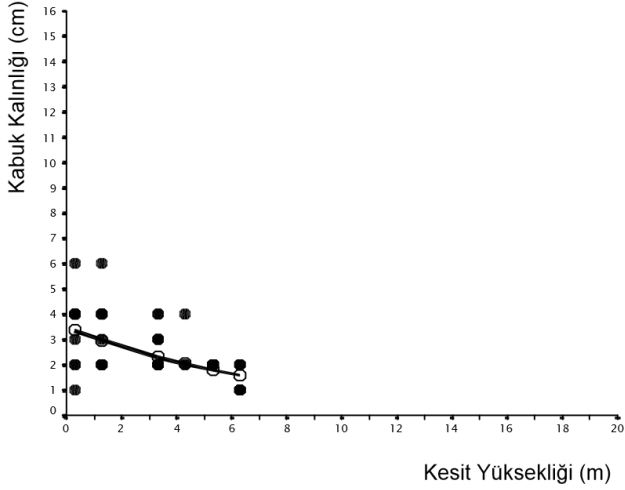
Boy grupları	Birey sayısı (n)	F	Önem seviyesi	R ²	Denklem katsayısı	
					a	b
Birinci boy grubu	52	28,401	*	0,36	1,253	-0,126
İkinci boy grubu	74	32,548	*	0,311	1,512	-0,0979
Üçüncü boy grubu	74	34,744	*	0,329	1,323	-0,0579

* Önemli (α : 0,05)

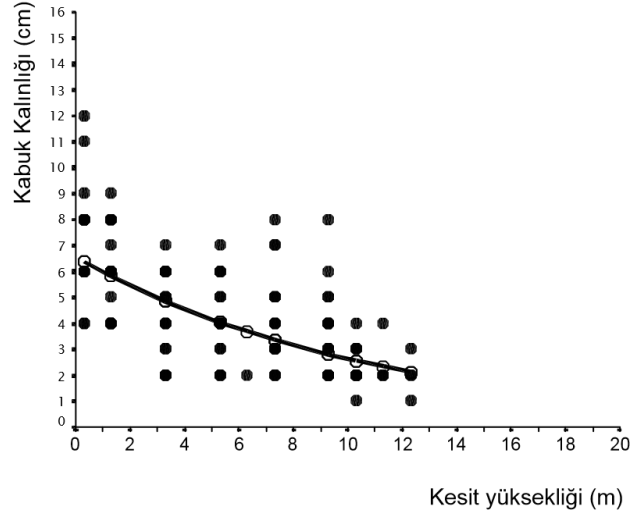
Çizelge 6. Yaşlı ağaçlarda kesit yüksekliği ile kabuk payı arasında yapılan regresyon analiz sonuçları

Boy grupları	Birey sayısı (n)	F	Önem seviyesi	R ²	Denklem katsayısı	
					a	b
Birinci boy grubu	121	88,965	*	0,428	1,883	-0,0915
İkinci boy grubu	216	204,311	*	0,488	2,101	-0,0995
Üçüncü boy grubu	215	158,394	*	0,426	1,876	-0,0756

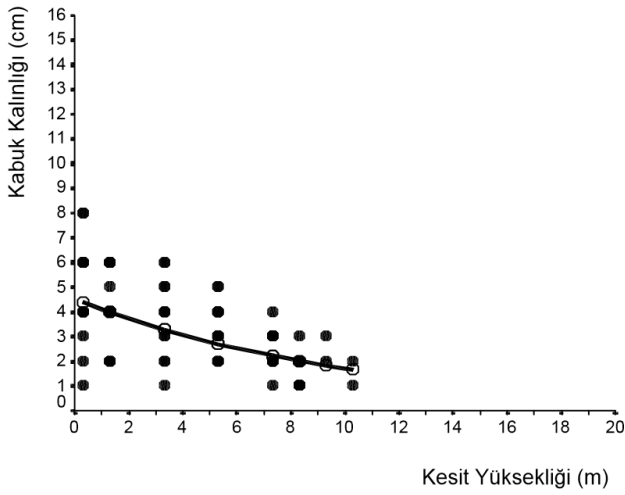
* Önemli (α : 0,05)



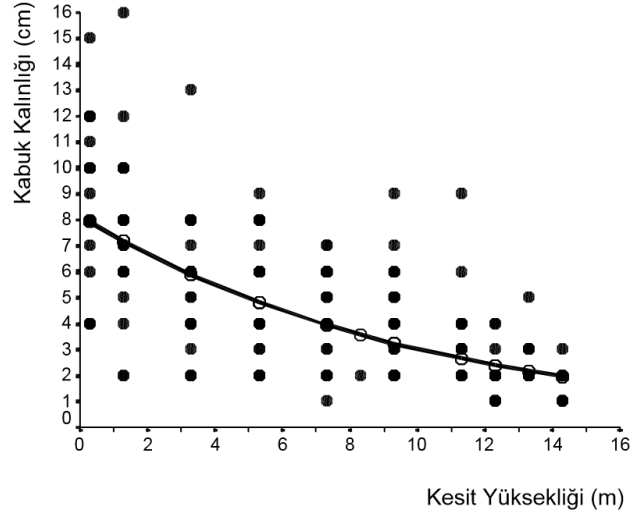
Şekil 7. Genç ağaçlarda birinci boy grubunda kesit yüksekliği-kabuk kalınlığı ilişkisi



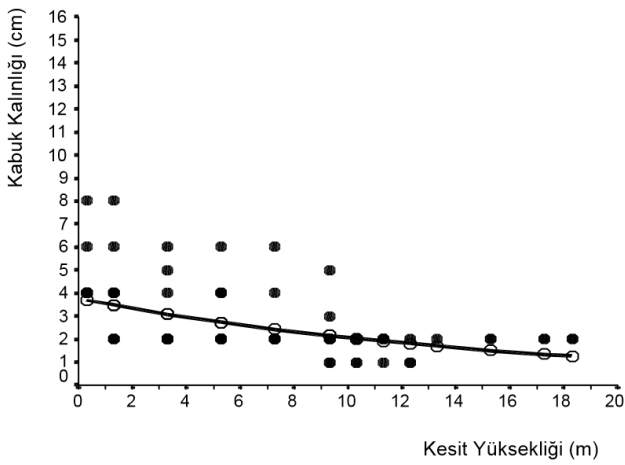
Şekil 10. Yaşlı ağaçlarda birinci boy grubunda kesit yüksekliği-kabuk kalınlığı ilişkisi



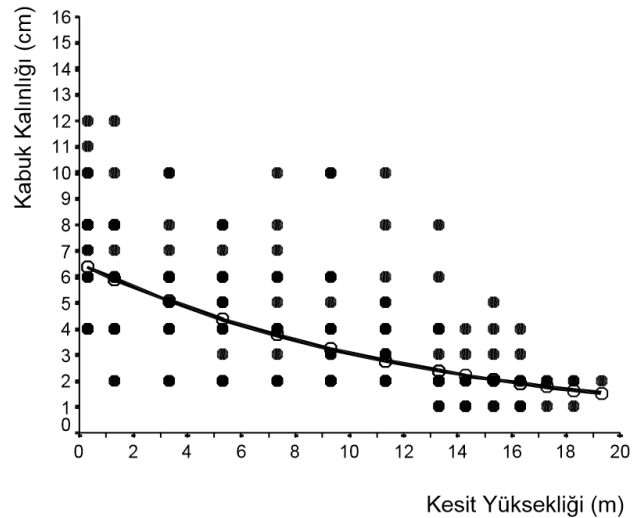
Şekil 8. Genç ağaçlarda ikinci boy grubunda kesit yüksekliği-kabuk kalınlığı ilişkisi



Şekil 11. Yaşlı ağaçlarda ikinci boy grubunda kesit yüksekliği-kabuk kalınlığı ilişkisi



Şekil 9. Genç ağaçlarda üçüncü boy grubunda kesit yüksekliği-kabuk kalınlığı ilişkisi



Şekil 12. Yaşlı ağaçlarda üçüncü boy grubunda kesit yüksekliği-kabuk kalınlığı ilişkisi

Çizelge 7. Gövde üzerinde yüksekliğe göre yaş ve boy grupları için kabuk kalınlıkları (cm)

Çap d1,30 (cm)	Yaşlar					
	Genç			Yaşlı		
	Boylar			Boylar		
	≤9m	9m-11m	12m<	≤13m	13m-16m	16m<
0,30	3,37	4,40	3,69	6,38	7,93	6,38
1	3,09	4,11	3,54	5,98	7,39	6,05
1,3	2,97	3,99	3,47	5,82	7,18	5,92
2	2,72	3,73	3,33	5,46	6,69	5,61
3	2,40	3,38	3,14	4,98	6,06	5,20
4	2,11	3,07	2,96	4,54	5,48	4,82
5	1,86	2,78	2,79	4,15	4,97	4,47
6	1,64	2,52	2,63	3,78	4,50	4,15
7	1,45	2,28	2,47	3,45	4,07	3,85
8	1,28	2,07	2,33	3,15	3,68	3,57
9	1,13	1,88	2,20	2,88	3,34	3,31
10	*	1,70	2,07	2,62	3,02	3,07
11	*	1,54	1,95	2,40	2,73	2,84
12	*	*	1,84	2,19	2,47	2,64
13	*	*	1,73	1,99	2,24	2,44
14	*	*	1,63	*	2,03	2,27
15	*	*	1,54	*	1,84	2,10
16	*	*	1,45	*	1,66	1,95
17	*	*	1,36	*	1,50	1,81
18	*	*	1,28	*	*	1,67
19	*	*	1,21	*	*	1,55
20	*	*	1,14	*	*	1,44
21	*	*	1,07	*	*	1,34
22	*	*	1,01	*	*	1,24
23	*	*	*	*	*	1,15
24	*	*	*	*	*	1,06
25	*	*	*	*	*	0,99
26	*	*	*	*	*	0,92
27	*	*	*	*	*	0,85
28	*	*	*	*	*	0,79
29	*	*	*	*	*	0,73
30	*	*	*	*	*	0,68
31	*	*	*	*	*	0,63
32	*	*	*	*	*	0,58
33	*	*	*	*	*	0,54
34	*	*	*	*	*	0,50
35	*	*	*	*	*	0,46

*: yaş ve boy grubu itibari ile ölçümlerde bu bireylere rastlanılmamıştır. Bu nedenle ilgili kutular boş bırakılmıştır.

4. Tartışma ve sonuç

Ağaç türlerinde kabuklu hacim olarak belirlenen miktar ile bundan elde edilen kabuksuz ürün hacmi arasında fark olduğu bilinmektedir. Ancak türlere yönelik olarak yapılacak çalışmalar ile elde edilecek ayrıntılı ve gerçek değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılmış bazı çalışmalarda çok genel olarak, cins bazında, çamlar başlığı altında verilmiş değerler mevcuttur. Ancak bunlar doğrudan bir türe ait gerçek ve ayrıntılı değerleri sunmamaktadır (Görcelioğlu, 1973).

Ağaç türlerinde kabuğa ilişkin olarak iki önemli husus bulunmaktadır. Bunlardan birincisi hacim olarak kabuk payı iken diğeri kabuğun gövde üzerindeki değişimidir. Hacim göğüs çapına göre belirlendiğinden, göğüs çapı için kabuk payının bilinmesi gerekmektedir. Buradan yola çıkarak da kabuksuz hacmin ne olacağı belirlenebilmektedir (Van Laar, 2007; Kurt vd., 2021).

Anadolu karaçamında yaş ve boylar için, göğüs çapına göre kabuk payı değerleri, Çizelge 4.2'de yer almaktadır. Diğer asli orman ağacı türlerimizde de, kabuk payı önemli bir konudur (Kitikidou vd., 2014). Amenajman planlarında ve uygulamada yapılan değerlendirmeler, kabuklu çaplara yönelik olarak yapılmaktadır. Ancak nihai olarak elde edilen odun ürünü, kabuksuz çaplara ait değerlerdir. Aradaki fark,

ağacın ince odun ve değerlendirilemeyen kısımlarının yanında, önemli oranda da kabuktan kaynaklanmaktadır. Bu noktada uygulamada, gerçek zayıt miktarının bilinmesinde, kabuk payının belli olması önem kazanmaktadır. Asli orman ağacı türlerinde geniş kapsamlı araştırmalar yapılarak bu konunun detaylı olarak açıklığa kavuşturulması önem arz etmektedir.

Yukarıda bahsedildiği üzere hacim hesaplarında kabuk payının bilinmesi önem arz etmektedir. Öyle ki, kabuk ham madde olarak da değerlendirilebilecek bir kaynaktır. Bu konuda literatürde yapılmış çalışmalar mevcuttur (Vázquez vd., 1987; Dönmez ve Dönmez, 2013). Yapılan bu çalışmalar incelendiğinde gerek ormancılık alanında gerekse de diğer sektörlerde gelişen teknolojiye bağlı olarak kabuktan çeşitli ürünler elde edilmesi yönünde alternatifler giderek artmaktadır (Ogunwusi, 2013; Giannotas vd., 2021).

Asli orman ağacı türlerindeki kabuk yapısı ve kullanım sürecine ilişkin verilen bilgilerin yanında dünya da ve ülkemizde dikkat edilmesi gereken bir husus bulunmaktadır. Bahsi geçen türlerde kabuk farklı bölgelerde önemli sayılabilecek oranda kabuk böceği zararı söz konusudur (Güzel, 2018; Yüksel ve Öztürk, 2019; Yüksel ve Öztürk, 2021). Kabuk böceği tehlikesi nedeniyle, iğne yapraklı ağaç türlerinin odunlarının kabukları soyularak kabuksuz ürün

olarak elde edilmektedirler. Kabuk böceği zararı söz konusu olmayan yerlerde, kabuk soyma işi yuvarlak odunların değerlendirildiği fabrikalarda yapılmakta ve elde edilen kabuk ham maddesinden yararlanılmaktadır. Kabuklu yuvarlak odunun kabuk böceği yönünden sorun yaratmaması için, belli zaman içerisinde ormandan çıkarılması gerekmektedir. Ancak bu sağlanabildiğinde, kabuklu yuvarlak odun üretimi yapılabilmektedir. Diğer yandan ek tesis kurularak, kabuklar değerlendirme yerinde soyulup, kabuktan ham madde olarak da yararlanabilmektedir (Öymen 1989; Çalışkan vd., 2006; Ermiş 2013). Bu konuda bazı ülkeler önemli gelişmeler göstererek kabuktan çeşitli ürünler elde edilebilmektedir. Çok fazla dirençli malzeme gerektirmeyecek yerlerde kullanılmak üzere, kabuktan değişik renklerde karo malzeme üretilmektedir. Kabuğun levha üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılabilme olanakları olduğu bilinmekte kimyasal olarak da farklı şekillerde kullanımı araştırılmaktadır (Kofujita vd., 1999; Hemingway, 2018; Avcı, 2021; Giannotas vd., 2022; Terzopoulou ve Kamperidou, 2022).

Karaçamın Türkiye için yayılışı ve serveti yönünden, öncelikli asli orman ağacı türlerinden birisi oluşu ve kabuğunun kalın olması sebebiyle, bu araştırmadan elde edilen sonuçların önem arz ettiği düşünülmektedir.

Araştırma sonucunda tespit edilen hususlar şu şekilde özetlenebilmektedir:

- Genç ağaçların ikinci boy grubunda, göğüs çapı arttıkça, kabuk payı da artmaktadır. Başka bir ifade ile göğüs çapı büyük olan ağaçlarda, kabuk hacminin yüzdesi de, yüksek olmaktadır.
- Yaşlı ağaçların ikinci boy grubunda, önce kabuk hacim yüzdesi, göğüs çapının artmasına bağlı olarak artmakta (40 cm' ye kadar); daha sonra , göğüs çapındaki artışa bağlı olarak kabuk hacim yüzdesi azalmaktadır. Buna göre, genç ağaçlarda, göğüs çapı kalınlığının artmasına koşut olarak, kabuk payının da arttığı; yaşlı ağaçlarda, 40 cm göğüs çapına kadar, benzer durum bulunduğu, bu çaptan sonra, kabuk payının azaldığı; boy gruplarının kabuk payı üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.
- Kesit Yüksekliği ile Kabuk Kalınlığı arasında her üç yaş grubu için ilişkiler önemli çıkmıştır. Kesit yüksekliği arttıkça kabuk kalınlığı azalmaktadır. Bu durumda, kabuk kalınlığının, gövde üzerinde değişiminin, bilinen genel duruma uyumlu olduğu; dipten tepeye doğru, yükseklik arttıkça, kabuk kalınlığının düzenli biçimde azaldığı; ancak, boy gruplarının, ilişkinin biçimine etkili olmadığı ortaya çıkmaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre kabuk kalınlığı ile ilgili çizelgeler (Çizelge 4 ve Çizelge 7) düzenlenmiştir. Uygulamada bu çizelgelerden yararlanılarak, kabuk payı ve kabuğun gövde üzerindeki değişimi ile ilgili bilgiler elde edilebilir.

Açıklama

Bu çalışma "Isparta yöresi doğal Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arnold, Subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] meşcerelerinde tek ağaçta kabuk kalınlığının değişimi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Alptekin, C.U., 1986. Anadolu Karaçamı'nın (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) coğrafik varyasyonları. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Avcı, E., 2021. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) kabuğu kullanılarak elde edilen ahşap plastik kompozitlerin T ve H tipi birleştirme özellikleri. Eurasian Journal of Forest Science, 9(1): 20-28.
- Çalışkan, E., Şentürk, N., Acar, H., 2006. Kesim sürecinde birim zaman tespiti üzerine bir araştırma. Journal of the Faculty of Forestry, 56(1): 159-167.
- Dönmez, İ.E., Dönmez, Ş., 2013. Ağaç kabuğunun yapısı ve yararlanma imkanları. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 14: 156-162.
- Eler, Ü., 2002. Orman Amenajmanı. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Isparta.
- Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Ermiş, Y., 2013. Orman depolarındaki tomruklarda üretimden kaynaklanan fiziksel zararların belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Giannotas, G., Kamperidou, V., Barboutis, I., 2021. Tree bark utilization in insulating bio-aggregates: a review. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 15(6): 1989-1999.
- Giannotas, G., Kamperidou, V., Stefanidou, M., Kampragkou, P., Liapis, A., Barboutis, I., 2022. Utilization of tree-bark in cement pastes. Journal of Building Engineering, 57: 104913.
- Görcelioğlu, E., 1973. Ağaç kabuklarının çeşitli ormancılık ve tarım uygulamalarında, endüstride ve diğer alanlarda değerlendirilmesi olanakları. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, B(2):108-130.
- Güzel, H., 2018. *Ips sexdentatus* (Boern.)'un yoğunluğu ve morfolojisi üzerine karaçam ve sarıçam meşcere özelliklerinin etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Hemingway, R.W., 2018. Bark: Its chemistry and prospects for chemical utilization. In Organic chemicals from biomass, CRC Press, Boca Raton.
- Kalıpsız, A., 1963. Türkiye'deki Karaçam Meşcerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Kitikidou, K., Papageorgiou, A., Mileos, E., Stampoulidis, A., 2014. A bark thickness model for *Pinus halepensis* in Kassandra, Chalkidiki (Northern Greece). Silva Balcanica, 15(1): 47-55.
- Kofujita, H., Ettyu, K., Ota, M., 1999. Characterization of the major components in bark from five Japanese tree species for chemical utilization. Wood science and technology, 33(3): 223-228.
- Kurt, Y., Calikoglu, M., Isik, K., 2021. Relationships between bark thickness, tree age and tree diameter in *Pinus brutia* Ten. plantations. Fresenius Environmental Bulletin, 30(4): 3122-3129.
- Meyer, H.A., 1953. Forest Mensuration. State College, Pennsylvania, U.S.A.
- OGM, 2020. Türkiye Orman Varlığı, Erişim: 14.04.2023.
- Ogunwusi, A.A., 2013. Potentials of industrial utilization of bark. J. Nat. Sci. Res, 3(2225): e2921.
- Öymen, T., 1989. Kabuk böceklerine karşı alınabilecek koruyucu önlemler ve savaş. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 39(2): 117-123.

- Özer, E., 1981. Sarıkamış yöresi sarıçamlarında çap – çift kabuk kalınlığı ilişkisi ve sarıçam hasılat tablosunda verilen genel çap-çift kabuk kalınlığı ilişkisi değerleri ile karşılaştırılması. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 1: 58-63.
- Terzopoulou, P., Kamperidou, V., 2022. Chemical characterization of wood and bark biomass of the invasive species of tree-of-heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), focusing on its chemical composition horizontal variability assessment. Wood Material Science & Engineering, 17(6): 469-477.
- Van Laar, A., 2007. Bark thickness and bark volume of *Pinus patula* in South Africa. Southern Hemisphere Forestry Journal, 69(3): 165-168.
- Vázquez, G., Antorrena, G., Parajó, J.C., 1987. Studies on the utilization of *Pinus pinaster* bark. Wood Science and Technology, 21(2): 155-166.
- Yalırık, F., 1993. Dendroloji Ders Kitabı I (Gymnospermae). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Yüksel, B., Öztürk, N., 2021. Türkiye’de Büyük göknar kabuk böceği *Pityokteines curvidens* (Germ.) zararlısının Mavi ladin (*Picea pungens* Engelm.) türünde ilk kaydı. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 24(1): 1-1.
- Yüksel, B., Öztürk, R., 2019. Bolu Aladağ yöresi çam ormanlarında primer zarar yapan kabuk böceklerinin ağaç türü tercihleri. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 16(1): 17-30.

Almus yöresi doğal doğu kayını meşcerelerinin çap dağılımının Weibull dağılımı ile modellenmesi

Onur Alkan^{a,*} , Ramazan Özçelik^a , Şerife Kalkanlı Genç^b 

Özet: Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Türkiye’de alan bakımından yapraklı ağaç türleri içerisinde ikinci sırada, endüstriyel odun üretiminde ise %15’lik payı ile ilk sırada yer almaktadır. Bu çerçevede, Doğu Kayını ormanlarının bir taraftan korunması, diğer taraftan da sürdürülebilir yönetimi amacıyla, geleceğe dönük planlama ve stratejilerin oluşturulması için bu ormanların mevcut durumuna, büyüme ve gelişme özelliklerine ilişkin güvenilir ve nitelikli bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Büyüme ve hasılat modellerinin en önemli bileşenlerinden biri olan çap dağılımı modelleridir. Bu modeller yardımıyla, meşcerelere uygulanacak farklı silvikültürel müdahaleler sonucunda ortaya çıkacak olası meşcere yapıları hakkında önemli bilgiler elde edilebilmektedir. Weibull dağılımı, diğer modellere göre daha esnek bir yapıya sahip olması ve kapalı formda eklemeli dağılım fonksiyonuna sahip olması nedeniyle pek çok araştırmacı tarafından çap dağılımlarının modellenmesi amacıyla yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Weibull dağılımı kullanılarak, Tokat-Almus yöresi doğal, aynı-yaşlı ve saf Doğu Kayını meşcereleri için çap dağılımı modelleri geliştirilmiştir. Weibull dağılım fonksiyonunun parametrelerinin tahmini için kullanılan regresyon denkleminin katsayılarını tahmin etmek amacıyla, Görünürde Uyumsuz Regresyon Denklemi (SUR) ve Değiştirilmiş Kümülatif Dağılım Fonksiyon Regresyonu (MCDF) olmak üzere iki farklı yaklaşım ile parametre tahmin yöntemi, moment ve yüzdellik temelli parametre çözümleme yöntemleri ve hibrit yöntem olmak üzere dört farklı yöntem kullanılmıştır. Çalışma kapsamında MCDF yaklaşımı ile geliştirilen modellerin SUR yaklaşımına göre daha başarılı olduğu belirlenmiştir. Parametre tahmin yöntemleri itibarıyla SUR yaklaşımı ile geliştirilen modellerde moment temelli yöntemin, MCDF itibarıyla ise hibrit yöntemin en başarılı sonuçları verdiği belirlenmiştir. Tahmin başarısı bakımından en başarısız olan yöntem ise SUR yaklaşımı kapsamında geliştirilen parametre tahmin yöntemi olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çap dağılımı modelleri, Weibull dağılımı, Doğu kayını

Modeling diameter distribution of natural oriental beech stands in the Almus region using the Weibull distribution

Abstract: Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) ranks second among hardwood tree species in terms of area in Türkiye and ranks first in industrial wood production with a rate of 15%. In this context, reliable and accurate information on the status, growth and development characteristics of these forests is needed to create future planning and strategies for both the protection and sustainable management of Oriental beech forests. The information to be obtained with the help of diameter distribution models, which is one of the most important components of growth and yield models, can reveal possible stand structures that will emerge because of different silvicultural interventions to be applied to the stands. The Weibull distribution is used extensively by many researchers for the modeling of diameter distributions because it has a more flexible structure than other models and has a cumulative distribution function in closed form. In this study, diameter distribution models were developed for natural, even-aged, and pure oriental beech stands in the Tokat-Almus region using the Weibull distribution. Two different approaches, namely the Seemingly Unrelated Regression (SUR) and Modified Cumulative Distribution Function Regression (MCDF) to estimate the coefficients of the regression equation used for the estimation of the parameters of the Weibull distribution function. Four different parameter estimation methods, namely parameter estimation method, moment- and percentile-based parameter recovery methods, and hybrid method were used. According to the results, it was determined that the models developed with the MCDF approach were more successful than the SUR approach. In terms of parameter estimation methods, it was determined that the moment-based method in the models developed with the SUR approach, and the hybrid method in terms of MCDF gave the most successful results. The poorest performer was the parameter estimation method developed within the SUR approach.

Keywords: Diameter distribution models, Weibull distribution, Oriental beech

1. Giriş

Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ülkemizde alan bakımından yapraklı ağaç türleri içerisinde ikinci sırada yer alan önemli aslı ağaç türlerimizden biridir (OGM, 2020). Doğu Kayını, ülkemizde endüstriyel odun üretiminde

%15’lik payı ile yapraklı ağaç türleri içerisinde ilk sırada yer almaktadır (Konukçu, 2001; Kahyaoğlu, 2017). Doğu Kayını ormanları, ülkemiz için önemli bir ekonomik değer olmasının yanı sıra toprak ve su kaynaklarının korunması, iklim değişiminin olumsuz etkilerinin azaltılması ve buna adaptasyonun sağlanması ve biyolojik çeşitliliğin korunması

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, 32260, Isparta

^b Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 32260, Isparta

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): onuralkan@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 15.09.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 15.10.2023



Citation (Atıf): Alkan, O., Özçelik, R., Kalkanlı Genç, Ş., 2023. Almus yöresi doğal doğu kayını meşcerelerinin çap dağılımının Weibull dağılımı ile modellenmesi. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 197-207.

DOI: [10.18182/tjf.1344934](https://doi.org/10.18182/tjf.1344934)

gibi çevresel konularda da önemli bir role sahiptir. Bu çerçevede, Doğu Kayını ormanlarının bir taraftan korunması, diğer taraftan da sürdürülebilir yönetimi amacıyla, geleceğe dönük planlama ve stratejilerin oluşturulması için bu ormanların mevcut durumuna, büyüme ve gelişme özelliklerine ilişkin güvenilir ve nitelikli bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Ülkemizde orman kaynaklarının planlanması çalışmaları, 2008 yılından itibaren ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama ilkelerine uygun bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Ekosistem tabanlı fonksiyonel planların düzenlenebilmesi ve bu planlara bağlı olarak ormanların sürdürülebilir yönetimi ve orman ürünleri endüstrisinin geleceğe dönük projeksiyonların hazırlanmasında, ağaç türlerine ilişkin büyüme ve hasılat modellerine ihtiyaç duyulmaktadır (Huang vd., 2000; Klos vd., 2007). Büyüme ve hasılat modellerinin en önemli bileşenlerinden birisi de çap dağılım modelleridir. Çap dağılım modelleri ile ormanlardan elde edilebilecek ürün çeşitleri hakkında tahmin imkânı sağlanmaktadır. Orman yöneticilerinin, özellikle odun kökenli orman kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi amacıyla doğru kararlar alabilmesi için bu kaynağın hem hâlihazırdaki hem de gelecekteki durumu hakkında güvenilir bilgilere ihtiyacı vardır. Ülkemizde yürütülen orman amenajmanı çalışmalarında, meşcerelere ilişkin çap dağılımlarının ortaya konmasında çap dağılım modelleri kullanılmamakta, bunun yerine orman envanteri çalışmaları sırasında tüm alana belirli bir aralık-mesafe ile sistematik olarak dağıtılan örnek alanlardan verimli orman alanlarına düşenler, meşcere tipleri için gruplandırılmakta ve bunların ortalaması alınarak her bir meşcere tipi için birim alandaki ağaç sayısı, hacim ve artımın çap sınıflarına; kalite sınıflarına ve silvikültürel duruma göre dağılımları elde edilmektedir. Ancak, orman amenajmanı çalışmalarına esas olan çap sınıflarının genişlikleri oldukça büyük olduğu için bu veriler kullanılarak farklı yararlanma alternatifleri için detaylı bir analiz yapılması oldukça güçtür. Üstelik bu bilgiler, amenajman planının ya da envanter çalışmasının yürütüldüğü yıla ilişkin olup, bu bilgiler kullanılarak dış etkenlere açık bir sistem olan orman alanları ve özellikle meşcereler için belirli bir yörede, gelecek 5, 10 ya da 20 yıla ilişkin olarak yapılacak değerlendirmeler gerçekçi olmamaktadır.

Günümüzde, ağaç hacmi ve buna ilişkin orman ürünleri standartları, göğüs çapı ile yakından ilişkili olduğu için meşcere özelliklerinin, çap dağılımı modelleri yardımıyla iyi bir şekilde ortaya konabileceği ifade edilmiştir (Bailey ve Dell, 1973). Bankston vd. (2021) tarafından da ifade edildiği gibi, bir meşcerenin çap dağılımı hakkındaki bilgiler, bu meşcerenin ekolojik veya ekonomik değeri hakkında fikirler vermektedir. Çap dağılım modelleri yardımı ile her bir çap sınıftaki ağaç sayısı tahmin edildikten sonra, hacim denklemleri yardımı ile ilgili çap sınıfının ve meşcerelerin ağaç serveti tahmin edilebilmektedir. Çap sınıflarındaki ağaç sayısı ve bunlara ilişkin hacim bilgileri, özellikle amenajman planlarındaki odun üretimine ilişkin planlama alternatiflerinin oluşturulmasında ve orman ürünleri endüstrisinin geleceğe dönük projeksiyonlarının yapılmasında son derece önemlidir. Kısacası geliştirilen çap dağılım modelleri yardımı ile her bir çap basamağı için birim alandaki ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, hacim ve biyokütle değerleri tahmin edilebilmektedir. Yine çap dağılım modelleri yardımı ile çap sınıfları için elde edilen bilgiler, ormanların farklı ekolojik fonksiyonları karşılama potansiyelleri hakkında da önemli bilgiler sunmaktadır. Çap

dağılım modellerinin en önemli avantajlarından birisi de çap sınıfı genişliklerinin, istenilen aralığın (1, 2 veya 4 cm vb.) esas alınarak oluşturulabilmesidir.

Bir meşcerenin mevcut çap dağılımına ilişkin bilgiler, doğrudan envanter verileri yardımı ile elde edilebilirken, aynı meşcerenin gelecekteki çap dağılımına ilişkin bilgiler ancak tahmin yolu ile elde edilebilmektedir. Geleceğe ilişkin tahminlerde, genellikle çap dağılım modelleri kullanılmaktadır. Bu amaçla, Weibull dağılımı başta olmak üzere diğer olasılık yoğunluk fonksiyonları yardımı ile elde edilen çap dağılım modelleri, büyüme ve hasılat modellerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu modeller yardımıyla orman yöneticileri, meşcerelerin gelecekteki hacim miktarlarını tahmin edebilmekte ve odun ürününün piyasa değeri hakkında finansal öngörüye sahip olabilmektedirler (Bankston vd., 2021). Öte yandan, ağaçların farklı çap sınıflarına dağılışı hakkındaki bilgiler, meşcere yapısı, yaş dağılımı ve meşcere kuruluşu gibi silvikültürel müdahalelerin planlanması açısından da önemli bilgiler sunmaktadır. Sonuç olarak, meşcerelere ilişkin çap dağılımının gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilmesi, meşcereye ilişkin büyüme ve hasılat tahminlerinin daha doğru yapılmasına ve dolayısı ile de geleceğe dönük planlama çalışmalarının daha tutarlı ve uygulanabilir olmasına yardımcı olacaktır (Bailey ve Dell, 1973).

Meşcere çap dağılımlarının modellenmesi ile ilgili çalışmalar yüz yılı aşkın bir süredir devam etmektedir. Ormancılıkta en çok tercih edilen olasılık yoğunluk fonksiyonları; Beta, Gamma, Johnson SB, Normal, Log-normal ve Weibull fonksiyonlarıdır (Bailey ve Dell, 1973; Maltamo, 1997; Liu vd., 2002). Bu fonksiyonlar yardımıyla, belirli bir çap basamağındaki ağaç sayısının toplam ağaç sayısına oranı tahmin edilebilmektedir (Bailey ve Dell, 1973). Çap dağılım modellerinin geliştirilmesine dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan birisi, uygun dağılım fonksiyonuna karar verilmesidir. Kalıpsız (1998), ağaç türü, yetişme ortamı, bonitet sınıfı, meşcere yaşı ve sıklığı gibi faktörlerin, ağaçların çap basamaklarına dağılımı üzerinde etkisi olduğunu belirtmektedir. Öte yandan Liu vd. (2014), çap dağılımını modellemek için kullanılan tüm dağılım fonksiyonlarının güçlü ve zayıf yönlerinin bulunduğunu, meşcerenin yaşı, eşit yaşlı ya da değişik yaşlı olması, tür kompozisyonu bakımından saf ya da karışık olması gibi meşcere özelliklerinin etkili olduğunu ifade etmektedir. Wang ve Rennolls (2005) ise, çap dağılımlarının modellenmesinde kullanılan fonksiyonların meşcere özelliklerine bağlı olarak kimi durumlarda oldukça başarılı sonuçlar verirken, kimi durumlarda ise başarısız olabileceğini ve bu nedenle de hiçbir dağılım fonksiyonunun her durumda en başarılı fonksiyon olarak nitelendirilemeyeceğini belirtmektedir. Hafley ve Schreuder (1977), dağılım fonksiyonlarının seçiminde, parametre tahmininin kolay yapılabilmesi, dağılım şeklinin başarılı bir şekilde ortaya konulabilmesi, farklı çap basamaklarındaki oranların tahmininde kullanılan çözümlenme yöntemlerinin basit olması ve dağılımlara ilişkin tahmin başarılarının yüksek olması gibi kriterlerin dikkate alınması gerektiğini ifade etmektedir. Ulusal literatür incelendiğinde, çeşitli olasılık yoğunluk fonksiyonlarının farklı tür ve meşcerelerdeki çap dağılımını modellemek amacıyla başarılı bir şekilde kullanıldığı görülmektedir (Ercanlı ve Yavuz, 2010; Kahriman ve Yavuz, 2011; Ercanlı vd., 2013; Bolat ve Ercanlı, 2017; Ercanlı vd., 2018).

Çap dağılımlarının modellenmesi ile ilgili çalışmalarda, genellikle iki temel konu üzerinde durulmaktadır. Bunlardan ilki araştırma alanı için uygun dağılım fonksiyonunun belirlenmesi, diğeri ise karşılaştırılan dağılım fonksiyonunun parametrelerinin belirlenmesinde en uygun yöntemin seçilmesidir. Meşcerelerin çap dağılımlarının modellenmesi amacıyla uzun yıllardan beri Beta, Log-normal, Johnson's SB ve Weibull dağılımları gibi çok sayıda çap dağılım modelleri kullanılmaktadır. Ormancılıkta ilk defa Bailey ve Dell (1973) tarafından kullanılan Weibull dağılımı; değişik dağılım şekillerinin kolayca çözülebilmesi, diğer modellere göre daha esnek bir yapıya sahip olması ve kapalı formda eklemeli dağılım fonksiyonuna sahip olması nedeniyle pek çok araştırmacı tarafından, çap dağılımlarının modellenmesi amacıyla diğer olasılık yoğunluk fonksiyonlarına göre çok daha yoğun bir şekilde kullanılmıştır (Bailey ve Dell, 1973; Borders vd., 1987; Maltamo vd., 1995; Zhang vd., 2003; Cao, 2004; Newton vd., 2005; Palahi vd., 2006; Palahi vd., 2007; Gorgoso vd., 2007; Gorgoso vd., 2012; Lei, 2008; Jiang ve Brooks, 2009; Stankova ve Zlatanov, 2010; Poudel ve Cao, 2013; Liu vd., 2014; Diamantopoulou vd., 2015; Sun vd., 2019; Schmidt vd., 2020).

Geleneksel olarak Weibull dağılımının parametreleri, doğrudan regresyon tekniği kullanılarak meşcere özelliklerinin bir fonksiyonu olarak tahmin edilebilmektedir. Son yıllarda çap moment ve/veya çap yüzdelerinden Weibull dağılımının parametrelerinin çözümü için yöntemler geliştirilmiştir. Parametre tahmin yönteminde çap dağılımının tanımlanması için dağılım parametreleri; meşcere yaşı, meşcere üst boyu ve meşcere sıklığı gibi meşcere özelliklerinden regresyon denklemleri kullanılarak doğrudan tahmin edilebilmektedir. Bu yöntem ilk defa Clutter ve Bennett (1965) tarafından Beta dağılımının parametrelerinin tahmini amacıyla kullanılmıştır. Parametre çözümü yaklaşımında ise, dağılımın parametreleri meşcere düzeyindeki özellikler yardımıyla çap momentlerinden ya da özel yüzdelerden tahmin edilmektedir. Ortalama çap ve çap varyansı gibi çap sıklık dağılımı özellikleri, dağılım parametrelerinden daha doğru öngörülebildiğinden, parametre çözümü metodunun parametre tahmin metodundan daha üstün olduğu kabul edilmiştir (Parresol, 2003). Parametre çözümü metodu, dağılım parametrelerini; moment, yüzdelik ve hibrit (karma) temelli olarak tahmin edilebilmektedir. Moment temelli parametre çözümü yaklaşımı, Weibull dağılımının parametrelerini tahmin etmek için çap momentlerini kullanmaktadır. Parametre çözümü için orta çap, kuadratik ortalama çap, göğüs yüzeyi, hacim ve çap varyansı gibi değişkenler kullanılabilir. Yüzdelik temelli parametre çözümü yaklaşımı ise meşcere yaşı, bonitet endeksi ve meşcere sıklığı gibi meşcere özelliklerinin bir fonksiyonu olarak belirli yüzdelikleri tahmin etmek için regresyon tekniğini kullanmaktadır. Tahmin edilen yüzdelikler, daha sonra dağılım parametrelerinin çözümü için kullanılmaktadır. Bu yaklaşımın temel avantajı, parametreleri çözmek için kullanılan minimum çap veya çap yüzdelikleri gibi çap dağılımı özelliklerinin, parametrelerin kendisinden daha kesin olarak tahmin edilebilmesidir (Knowe vd., 2005). Moment temelli yaklaşımın aksine (doğrusal olmayan bir denklem sistemi içerisinde sayısal çözümü teknikleri kullanılarak çözülmektedir), yüzdelik temelli yaklaşım doğrusal bir denklem sistemine dönüştürülerek kolayca çözülebilmektedir. Hibrit (karma) metot ise, moment ve

yüzdelik metotların her ikisini de kullanarak dağılım parametrelerini çözümlenmektedir.

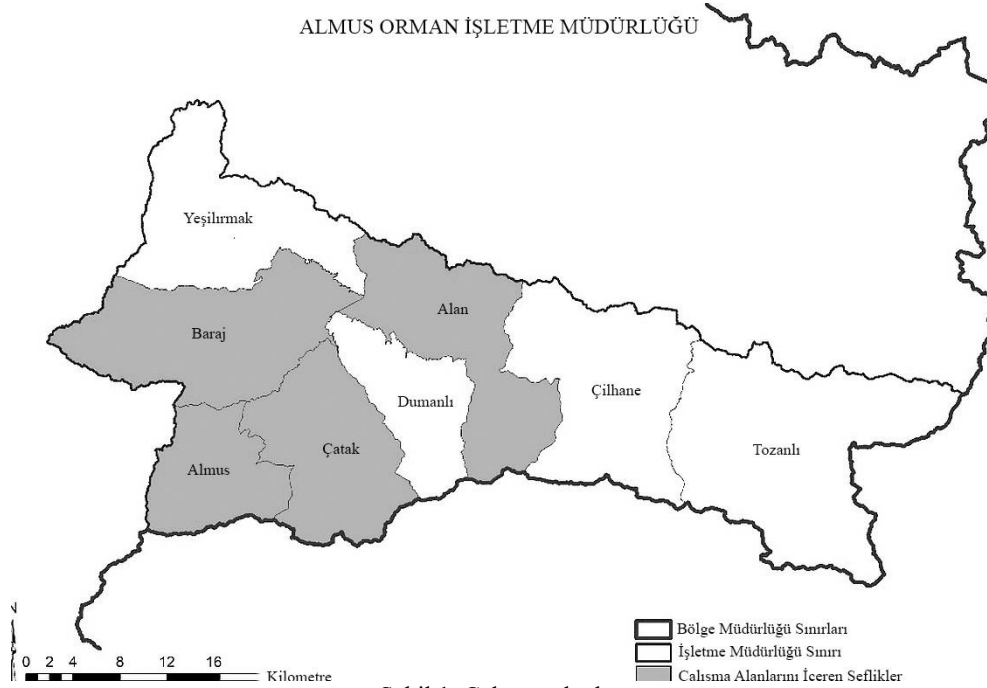
Weibull dağılımının parametre tahmini için sıklıkla en küçük kareler yöntemi (OLS) ve Görünürde Uyumsuz Regresyon Yöntemi (Seemingly Unrelated Regression, SUR) kullanılmaktadır. Cao (2004), gözlemlenen ve tahmin edilen eklemeli olasılıklar arasındaki kareli farkların toplamının minimizasyonu ile, parametre tahmin metodundaki regresyon katsayılarını elde etmiştir. Bu yeni metodu Kümülatif Dağılım Fonksiyon Regresyonu (CDFR) olarak isimlendirmiştir. Değiştirilmiş Kümülatif Dağılım Fonksiyon Regresyonu (MCDF), CDFR ile benzer bir yaklaşım olmakla birlikte, Kümülatif Dağılım Fonksiyonu (CDF)'nu hesaplamak için, CDFR yaklaşımındaki tek ağaçlar yerine çap sınıfı bilgilerini kullanmaktadır.

Bu çalışmada, Weibull dağılım fonksiyonunun parametrelerinin tahmini için kullanılan regresyon denkleminin katsayıları; Görünürde Uyumsuz Regresyon Denklemi (SUR), Değiştirilmiş Kümülatif Dağılım Fonksiyon Regresyonu (MCDF) olmak üzere iki farklı yaklaşım ile tahmin edilmiştir. Ayrıca her bir modelleme yaklaşımı kapsamında parametre tahmin, moment temelli parametre çözümü, yüzdelik temelli parametre çözümü ve hibrit yöntem olmak üzere 4 farklı yöntem test edilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışma için gerekli olan örnek ağaç verileri 2002-2023 yılları arasında Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Almus Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan saf ve doğal Doğu Kayını meşcerelerinden elde edilmiştir (Şekil 1). Çalışma kapsamında toplamda 2014 adet örnek ağaç bilgisi içeren 70 adet örnek alan kullanılmıştır. Türün yetişme ortamı koşullarını temsil edebilmek amacıyla, örnek alanların farklı bonitet sınıflarına ve gelişme çağlarına dağıtılmasına özen gösterilmiştir. Örnek alan büyüklüğüne karar verilirken her örnek alan içerisinde en az 30 ağaç girecek şekilde bir alana sahip olması amaçlanmıştır. Her örnek alandaki tüm ağaçların göğüs çapları elektronik çap ölçer yardımıyla 0.01 m hassasiyetle birbirine dik iki ölçümün ortalaması alınarak ölçülmüştür. Bununla beraber örnek alan içerisinde yer alan tüm ağaçların boyu da lazer boy ölçer ile ölçülmüştür. Çalışma kapsamında elde edilen verilerin %75'i model geliştirme amacıyla kullanılırken, kalan kısım ise geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Yine her örnek alan için hektardaki ağaç sayısı (N), hektardaki göğüs yüzeyi (G, m²ha⁻¹), üst boy (H₀), dominant çap (D₀), meşcere orta boyu (H_m) ve orta çap (D_m) ve meşcere yaşı (t) gibi temel değişkenler de belirlenmiştir. Üst boy hektarda en kalın çaplı 100 ağacın ortalama boyu; dominant çap ise hektardaki en kalın çaplı 100 ağacın ortalama çapı ilkesinin örnek alan büyüklüğüne oranlanarak hesaplanmasıyla elde edilmiştir. Her iki veri setine ait nitelendirici istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir.



Çizelge 1. Model geliştirme ve test verilerinin meşcere ve tek ağaç düzeyindeki değişkenlerinin nitelendirici istatistikleri

Değişkenler ^{a/}	Model geliştirme				Model test			
	Ortalama	Min.	Maks.	S.D.	Ortalama	Min.	Maks.	S.D.
	53 örnek alanda 1502 ağaç				17 örnek alanda 512 ağaç			
<i>d</i> (cm)	28.9	3.4	75.0	11.1	29.0	4.6	61.9	10.2
<i>h</i> (m)	18.1	4.9	34.4	4.9	18.2	4.8	30.0	5.0
Alan (m ²)	433.6	79.0	1017.0	185.2	445.7	154.0	1134.0	235.9
<i>G</i> (m ² ha ⁻¹)	51.5	16.8	111.4	18.2	53.6	23.4	90.4	15.1
<i>N</i> (ağaç ha ⁻¹)	859.8	287.8	3797.5	591.2	838.5	370.4	2013.0	375.8
<i>H</i> ₀	22.7	11.3	31.6	4.2	23.1	10.8	27.1	4.0
<i>D</i> ₀	41.0	16.0	55.7	9.8	40.6	17.9	52.4	7.6
<i>Yaş</i>	91	30	152	25.8	94.3	22.0	144.0	28.5
<i>RS</i>	0.169	0.088	0.246	0.027	0.162	0.126	0.206	0.024

^{a/}*d*, göğüs çapı; *h*, toplam ağaç boyu; *N*, hektardaki ağaç sayısı; *G*, hektardaki göğüs yüzeyi; *H*₀, üst boy ve *D*₀, dominant çap; *RS*, Nispi sıklık; *S.D.*, Standart hata.

2.2 Yöntem

Çalışma kapsamında, meşcere çap dağılımlarını modellemek amacıyla Weibull Olasılık Yoğunluk Fonksiyonunun 3 parametrelili formu kullanılmıştır (Denklemler 1).

$$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \exp\left[-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c\right] \quad (1)$$

Burada *a*, *b* ve *c* sırasıyla Weibull dağılımının yer, ölçek ve şekil parametrelerini, *x* ise ağacın göğüs çapını (*d*) ifade etmektedir.

Weibull parametrelerini, çap momentlerini veya yüzdelikleri tahmin etmek için Cao (2004) tarafından önerilen regresyon denkleminin aşağıda verilen genel formu kullanılmıştır.

$$y = \exp[b_1 + b_2RS + b_3 \ln(N) + b_4 \ln(H) + b_5/A] + \varepsilon \quad (2)$$

Burada,

y: Weibull parametreleri, çap yüzdelikleri veya momentler (ortalama veya varyans)

$$RS = \frac{\sqrt{10000/N}}{H}; \text{ nispi sıklık (Cao, 2004)}$$

N: Hektardaki ağaç sayısı

H: Üst boy (hâkim ve müşterek hâkim ağaç), (m)

A: Meşcere yaşı (yıl)

ln(.): Doğal logaritma

*b*_{*i*}: Regresyon katsayıları

ε: Tesadüfi hatayı ifade etmektedir.

2.2.1. Parametre eldesinde kullanılan yöntemler

Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının parametrelerinin belirlenmesinde (i) Parametre Tahmin (PP) Yöntemi, (ii) Moment Temelli Parametre Çözümleme (MPR) Yöntemi, (iii) Yüzdelik Temelli Parametre Çözümleme (PPR) ve (iv) Karma (HYB) Yöntem olmak üzere dört farklı yöntem kullanılmaktadır (Hyink ve Moser, 1983; Gadov ve Hui, 1999; Siipilehto vd., 2007; Poudel ve Cao, 2013).

2.2.1.1. Parametre tahmin yöntemi (Yöntem 1)

Bu yöntemde Weibull dağılımının parametreleri (a , b ve c) SAS yazılımının PROC NLP prosedürü kullanılarak Maksimum olabilirlik fonksiyonu ile elde edilmiş ve Denklem (2) de bağımlı değişken olarak kullanılmıştır.

2.2.1.2 Moment temelli parametre çözümlene yöntemi (Yöntem 2)

Moment temelli parametre çözümlene metodunda, Weibull yer parametresi (a) meşceredeki tahmin edilen minimum çap değeri \hat{D}_0 yardımı ile Denklem (3) kullanılarak hesaplanmıştır. Meşcere minimum çap değeri ise Denklem (2) kullanılarak tahmin edilmiştir. Yer parametresinin hesaplanmasına ilişkin formül aşağıdaki gibidir.

$$a = 0.5\hat{D}_0 \quad (3)$$

Burada ($\hat{\quad}$) simgesi üstünde bulunduğu değişkenin tahmin edilen değerini ifade etmektedir.

Bu yöntemde Weibull şekil ve ölçek parametreleri (b ve c), tahmin edilen kuadratik ortalama çap (\hat{D}_q) ve çap varyansı (\hat{D}_{var}) değerlerinden, Denklem (4) ve (5) ile hesaplanmaktadır.

$$b = -a G_1/G_2 + [(a/G_2)^2(G_1^2 - G_2) + \hat{D}_q^2/G_2]^{0.5} \quad (4)$$

$$b^2(G_2 - G_1^2) - \hat{D}_{var} = 0 \quad (5)$$

Burada, $G_i = \Gamma(1 + i/c)$ ve $\Gamma(\cdot)$ tam gama fonksiyonunu ifade etmektedir.

2.2.1.3.Yüzdellik temelli parametre çözümlene yöntemi (Yöntem 3)

Weibull yer parametresi Denklem (6) ile hesaplanmıştır. Weibull şekil ve ölçek parametreleri, tahmin edilen üç yüzdellikten (D_{25} , D_{50} , D_{95}), Denklem 7 ve 8 yardımıyla elde edilmiştir.

$$a = \hat{D} - bG_1 \quad (6)$$

$$c = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1-0.95)}{\ln(1-0.25)}\right)}{\ln(\hat{D}_{95}-a) - \ln(\hat{D}_{25}-a)} \quad (7)$$

$$b = \frac{\hat{D}_{50}-a}{[-\ln(1-0.50)]^{1/c}} \quad (8)$$

2.2.1.4 Karma (Hibrit) yöntem (Yöntem 4)

Bu yöntemde Weibull yer parametresi Denklem (3) yardımıyla, şekil ve ölçek parametreleri ise tahmin edilen ortalama çap (\hat{D}) ve 95'inci yüzdellik (\hat{D}_{95}) değerleri kullanılarak, Denklem (9) ve (10) yardımıyla çözümlenmiştir.

$$b = \frac{\hat{D}_{95}-a}{[-\ln(1-0.95)]^{1/c}} \quad (9)$$

$$a + b\Gamma(1 + 1/c) - \hat{D} = 0 \quad (10)$$

2.2.2 Regresyon denkleminin katsayılarının tahmininde kullanılan yaklaşımlar

Denklem (2), Weibull parametrelerinin (yer, şekil ve ölçek) yanı sıra çap moment ve yüzdelliklerini de tahmin etmek için kullanılan genel bir denklem sistemidir. Çalışma kapsamında Denklem (2)'deki regresyon katsayıları, Görünürde Uyumsuz Regresyon (SUR) ve Değiştirilmiş Kümülatif Dağılım Fonksiyon Regresyonu (MCDF) olmak üzere 2 farklı yaklaşım ile tahmin edilmiştir.

2.2.2.1 SUR yaklaşımı

Weibull parametrelerini, çap moment veya yüzdellikleri tahmin etmek için kullanılan denklemler ile hata terimleri arasında korelasyon olması regresyon analizinin temel varsayımlarından biri olan hata terimlerinin bağımsızlığı ilkesini ihlal etmektedir. Bu durum elimine edilmesi amacıyla, denklem sistemindeki regresyon katsayılarının (b_k) eşzamanlı tahminine olanak sağlayan SUR yaklaşımından faydalanılmıştır. Bu amaçla, SAS (SAS Institute, 2008) yazılımındaki Model prosedürü kullanılmıştır. Yöntem 1'de Weibull parametreleri doğrudan tahmin edilmiştir. Kalan diğer yöntemlerde ise çap momentleri ve/veya yüzdellikler denklem setini oluşturmaktadır. Weibull yer parametresi (a), Denklem (3) yardımıyla elde edilmiştir.

2.2.2.2 Değiştirilmiş CDFR yaklaşımı (MCDF)

Bu yaklaşım, Cao (2004) tarafından geliştirilen Kümülatif Dağılım Fonksiyon Regresyonuna benzer bir yapıda olup, Kümülatif Dağılım Fonksiyon Regresyonu yaklaşımında tek ağaç çap değerleri kullanılırken, Değiştirilmiş CDFR yaklaşımında çap sınıfları kullanılmaktadır. Poudel ve Cao (2013) tarafından yapılan çalışmada MCDFR yaklaşımının CDFR yaklaşımına göre daha başarılı sonuçlar vermesi, bu çalışmada da MCDFR yaklaşımının tercih edilmesinde etkili olmuştur. Bununla beraber, tek ağaç çap değerlerini temel alan CDFR yaklaşımından farklı olarak MCDFR yaklaşımının çap sınıflarını temel alması, model değerlendirme kriterlerinden biri olan Hata İndeksi (EI) değerinin hesaplanmasında da yine çap sınıflarının frekanslarından faydalanılması, EI ölçütünü MCDFR yaklaşımı için daha uygun bir değerlendirme ölçütü haline getirmektedir. Bu sebeple, çalışma kapsamında CDFR yaklaşımı yerine MCDFR yaklaşımı kullanılmıştır. Bu amaçla SAS (SAS Institute, 2008) yazılımındaki Model prosedürü kullanılmıştır. 5 cm'lik çap sınıfları kullanılarak, Denklem (11)'deki fonksiyon minimize edilerek b_k değerleri tahmin edilmiştir. Denklem (11)'de,

$$\text{minimize } \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{n_i} (F_{ij} - \hat{F}_{ij})^2 / n_i \quad (11)$$

$\hat{F}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^j n_{ik}}{n_i}$, i 'inci örnek alan-yaş kombinasyonundaki j 'inci çap sınıfına ait ölçülen kümülatif olasılığı;
 n_{ik} , i 'inci örnek alan-yaş kombinasyonundaki k çap sınıfına ait ağaç sayısını;
 n_i , i 'inci örnek alan-yaş kombinasyonundaki toplam ağaç sayısını;

$\hat{F}_{ij} = 1 - \exp\left\{-\left[\frac{x_{ij}+l-a}{b}\right]^c\right\}$, j 'inci çap sınıfının üst sınırında hesaplanan Weibull CDF değerini;

x_{ij} , i 'inci örnek alan-yaş kombinasyonundaki j 'inci çap sınıfının orta noktasını ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında Almus Yöresi doğal, aynı-yaşlı ve saf Doğu Kayını meşcerelerinin çap dağılımının modellenmesi amacıyla test edilen yöntemler ve yaklaşımlar Çizelge 2'deki gibi özetlenmiştir.

2.2.3 İstatistiksel değerlendirme kriterleri

Çalışma kapsamında kullanılan yöntemlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi amacıyla Anderson-Darling (AD), Kolmogorov-Smirnov (KS), Negatif logaritmik olabilirlik ($mlogL$) ve Hata indeksi (EI) olmak üzere dört farklı uyum istatistiği kullanılmıştır. Değerlendirme kriterleri bakımından en küçük değere sahip olan yöntem en başarılı olarak kabul edilmektedir. Söz konusu uyum istatistiklerine ait denklemler aşağıda verilmiştir.

$$AD_i = -n_i - \sum_{j=1}^{n_i} (2j - 1) [\ln(u_j) + \ln(1 - u_{n_i-j+1})] / n_i \quad (12)$$

$$KS_i = \max\{ \max_{1 \leq i \leq n_i} [(j/n_i) - u_j], \max_{1 \leq i \leq n_i} [u_j - (j - 1)/n_i] \} \quad (13)$$

$$mLogL = \sum_{j=1}^{n_i} \left[\ln(b) - \ln(c) + (1 - c) \ln\left(\frac{x_{ij}-a}{b}\right) + \left(\frac{x_{ij}-a}{b}\right)^c \right] \quad (14)$$

$$EI_j = \sum_{k=1}^{m_i} |n_{ik} - \hat{n}_{ik}| \quad (15)$$

Burada,

$$u_j = F(x_j) = 1 - \exp\left\{-\left[\frac{x_j-a}{b}\right]^c\right\};$$

n_i , i 'inci örnek alan-yaş kombinasyonundaki ağaç sayısını;

x_j , her bir örnek alan-yaş kombinasyonundaki çap göğüs çapı değerlerinin küçükten büyüğe sıralanmış halini ($x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_{n_i}$);

x_{ij} , i 'inci örnek alan-yaş kombinasyonundaki j 'inci ağacın göğüs çapını;

n_{ik} ve \hat{n}_{ik} , k çap sınıfında sırasıyla ölçülen ve tahmin edilen ağaç sayısını;

m_i , i 'inci örnek alan-yaş kombinasyonundaki çap sınıfı sayısını ifade etmektedir.

Çizelge 2. Weibull parametrelerini tahmin etmek amacıyla kullanılan yöntemler

Yöntemler	SUR	MCDF
Yöntem 1: Weibull parametreleri	PP(SUR)	PP(MCDF)
Yöntem 2: D_q ve D_{var}	MPR(SUR)	MPR(MCDF)
Yöntem 3: D_{25} , D_{50} ve D_{95}	PPR(SUR)	PPR(MCDF)
Yöntem 4: \bar{D} ve D_{95}	HYB(SUR)	HYB(MCDF)

2.2.3.1 Yöntemlerin nispi sıralaması

Çalışmada test edilen yaklaşım-yöntem kombinasyonlarının başarı sıralaması için Poudel ve Cao (2013) tarafından önerilen nispi sıralama yöntemi kullanılmıştır. Bu sayede karşılaştırılan yöntemler hem başarı sıralarına göre sıralanmış hem de bu yöntemlerin birbirlerine olan başarı farklarının nispi yakınlıkları hakkında da bilgi edinilmiştir. i yönteminin nispi sıralaması Denklem (16) ile bulunabilmektedir.

$$R_i = 1 + \frac{(m-1)(S_i - S_{min})}{S_{max} - S_{min}} \quad (16)$$

Burada,

R_i , i yönteminin nispi sırasını ($i=1, 2, \dots, m$); S_i , i yöntemi ile elde edilen uyum istatistiğini; S_{min} , uyum istatistiğinin minimum değerini; S_{max} , uyum istatistiğinin maksimum değerini ifade etmektedir.

3. Bulgular ve tartışma

Çalışma kapsamında Weibull dağılımı için parametre tahmini (PP), moment temelli parametre çözümlene (MPR), yüzdellik temelli parametre çözümlene (PPR) ile hibrit (HYB) yöntem olmak üzere dört farklı yöntem kullanılarak Weibull dağılımının parametreleri tahmin edilmiştir. Her bir yöntem ise SUR ve MCDF olmak üzere iki farklı yaklaşımla toplamda 8 farklı alternatif test edilmiştir. Weibull parametrelerini, çap momentlerini veya yüzdelliklerini tahmin etmek amacıyla Denklem (2) bütün terimleriyle kullanılmıştır. İstatistiksel olarak anlamsız değişkenler ($p < 0.05$) teker teker denklemden çıkarılarak nihai model formu elde edilmiştir.

3.1. SUR Yaklaşımı

Weibull dağılımına ait parametrelere, çap momentlerine ve yüzdelliklerine ilişkin tahminler Çizelge 3'te, tahminlere ilişkin başarı performansları da Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'te yer alan dört farklı değerlendirme kriterine ait ortalama değerler kullanılarak her bir yonteme ait nispi sıralama değerleri elde edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 3. Görünürde İlişkiziz Regresyon (SUR) yaklaşımı ile Weibull parametrelerini, çap momentlerini ve çap yüzdelliklerini tahmin etmek için elde edilen regresyon denklemlerinin katsayıları.

Bağımlı değişken	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
a	5.7768	-4.1798	-0.3743		0.2280
b	2.7357	0.0599	-0.0926		-19.1341
c	0.0518				8.1584
D_0	6.9573	-4.9462	-0.5599	0.0426	9.3431
D_{var}	2.7505		-0.4040	1.3595	9.3431
D_{25}	7.7201	-5.1595	-0.5678		2.0026
D_{50}	7.4494	-4.1181	-0.5176		
D_{95}	7.9511	-4.1778	-0.5317		
\bar{D}	7.6252	-4.4730	-0.5344		0.1852
D_q	7.4374	-4.2599	-0.5202	0.0329	-0.2476

Çizelge 4. Görünürde İlişkisiz Regresyon (SUR) yaklaşımına dayalı farklı yöntemlerle elde edilen uyum istatistiklerinin ortalamaları ve standart sapmaları

Yöntem	AD		KS		mLogL		EI	
	Ort.	S.D	Ort.	S.D	Ort.	S.D	Ort.	S.D
PP	29.5900	25.7159	7.9903	1.8059	127.8730	43.6991	1564.7800	649.5241
MPR	3.2729	3.7141	6.2459	2.6938	106.6574	24.4673	1167.2000	603.7183
PPR	3.4016	4.0102	6.4211	2.7458	106.5845	24.7611	1170.8900	602.1702
HYB	3.2661	3.8153	6.2774	2.6312	106.4981	24.8222	1162.8100	578.2281

AD = Anderson-Darling istatistiği, KS = Kolmogorov-Smirnov istatistiği, mLogL = Negatif Log-Likelihood istatistiği, EI = Hata indeksi, S.D.= Standart hata, PP= Parametre Tahmin Yöntemi, MPR = Moment Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, PPR = Yüzdellik Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, HYB = Hibrit Yöntem

Çizelge 5. Görünürde İlişkisiz Regresyon (SUR) yaklaşımına dayanan dört yöntemin nispi sıralaması

Yöntem	Nisbi Sıralama				Sıralar toplamı	Genel sıralama
	AD	KS	mLogL	EI		
PP	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	16.0000	4.0000
MPR	1.0008	1.0000	1.0224	1.0328	4.0559	1.0004
PPR	1.0154	1.3012	1.0121	1.0603	4.3891	1.0841
HYB	1.0000	1.0542	1.0000	1.0000	4.0542	1.0000

AD = Anderson-Darling istatistiği, KS = Kolmogorov-Smirnov istatistiği, mLogL = Negatif Log-Likelihood istatistiği, EI = Hata indeksi, PP= Parametre Tahmin Yöntemi, MPR = Moment Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, PPR = Yüzdellik Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, HYB = Hibrit Yöntem

SUR yaklaşımı ile test edilen yöntemlerin nispi sıralama değerleri incelendiğinde, en başarılı tahminlerin hibrit bir yöntem olan HYB(SUR) (\bar{D} ve D_{95}) ile elde edildiği, en başarısız tahminlerin ise parametre tahmin yöntemi olan PP(SUR) ile elde edildiği görülmektedir. Arada kalan modellerin nispi sıralamaları incelendiğinde ise moment temelli bir parametre çözümleme yöntemi olan MPR(SUR) (D_q ve D_{var}) ve yüzdellik temelli bir parametre çözümleme yöntemi olan PPR(SUR) (D_{25} , D_{50} ve D_{95}) yöntemlerinin de oldukça başarılı tahminler yaptığı anlaşılmaktadır. Yöntemlerin nispi sıralama değerleri kullanılarak elde edilen radar grafikleri ise Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 1'de de görüleceği üzere PP(SUR) yöntemi ile diğer yöntemler arasında olan başarı farklı her bir yöntemin grafik üzerinde sahip olduğu alanının büyüklüğü itibariyle açıkça görülmektedir. Temsil ettikleri alan bakımından daha küçük dörtgene sahip olan yöntemler daha başarılı olarak kabul edilmektedir.

3.2. Değiştirilmiş CDFR yaklaşımı

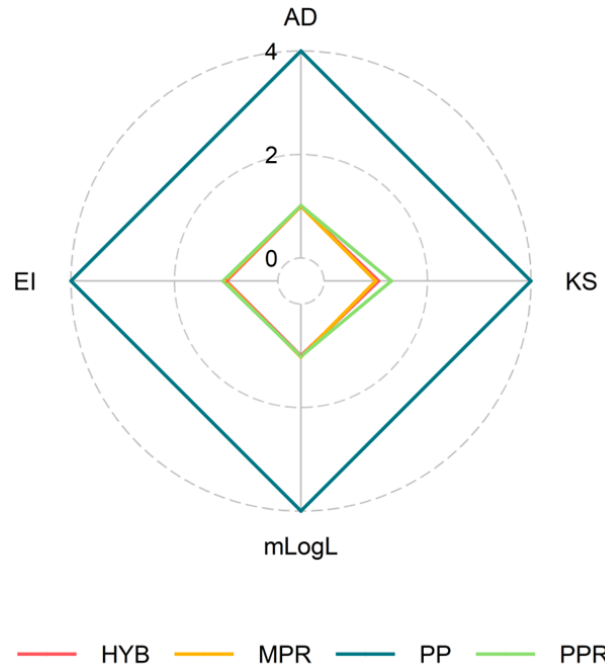
Çalışma kapsamında Değiştirilmiş CDFR (MCDF) yaklaşımını kullanarak test edilen dört yönteme ait parametre tahminleri Çizelge 6'da verilmiştir. Yöntemlerin başarı performanslarını değerlendirmek amacıyla kullanılan dört farklı uyum istatistiğine ait ortalama ve standart hata değerleri ise Çizelge 7'de görülmektedir.

Yöntemlerin her biri için hesaplanan dört uyum istatistiğine ait ortalama değerleri kullanılarak, bu grupta yer alan dört yöntemin yine kendi içerisinde nispi sıralama değerleri hesaplanmıştır. Yöntemlere ait nispi sıralama değerleri Çizelge 8'de; bu değerlerden elde edilerek oluşturulan radar grafiği ise Şekil 2'de gösterilmiştir.

MCDF kapsamında test edilen yöntemlerin nispi sıralama değerleri incelendiğinde en başarılı tahminlerin moment temelli parametre çözümleme yöntemi olan MPR (D_q ve D_{var}) ile elde edildiği görülmektedir. Bu grupta yer alan modeller arasında en başarısız tahminler ise yüzdellik temelli parametre çözümleme yöntemi olan PPR (D_{25} , D_{50} ve D_{95}) ile elde edilmiştir. Hibrit bir yöntem olan HYB (\bar{D} ve D_{95}) ise nispi sıralaması 1.67 ile en başarılı ikinci model olarak belirlenmiştir. Bununla beraber parametre tahmin yöntemi olan PP (Weibull parametreleri) yöntemi 3.73 değerindeki

nispi sırası ile en başarısız ikinci model olarak ortaya konmuştur.

MCDF yaklaşımı ile geliştirilen dört farklı yöntemle ait uyum istatistikleri kullanılarak elde edilen nispi sıralama değerleri ile oluşturulan radar grafiği (Şekil 3), her bir yöntemin başarı durumunu oluşturdukları dörtgenlerin alanları ile temsil etmektedir. Şekil 2 incelendiğinde, en başarılı yöntem olan MPR'nin en küçük alana sahip dörtgen ile temsil edildiği görülmektedir. Görsel olarak yapılan bir inceleme ile en başarılı iki model ile en başarısız iki modelin tahmin başarılarının birbirlerine yakın olduğu söylenebilir. Bir başka deyişle MPR ile HYB'nin; PP ile PPR'nin birbirine yakın tahmin performansları gösterdiği söylenebilir.



Şekil 2. SUR yaklaşımına dayanan dört yöntemin nispi sıralaması (PP= Parametre Tahmin Yöntemi, MPR = Moment Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, PPR = Yüzdellik Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, HYB = Hibrit Yöntem)

Çizelge 6. Değiştirilmiş Kümülatif Dağılım Fonksiyon Regresyonu (MCDF) yaklaşımı ile Weibull parametrelerini, çap momentlerini ve çap yüzdelerini tahmin etmek için elde edilen regresyon denklemlerinin katsayıları

Yöntem	Bağımlı değişken	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
PP	b	8.9437	-6.0422	-0.6959	-0.0586	-7.2873
	c	1.3396	-5.0889		0.1154	
MPR	D_q	8.1790	-4.6741	-0.6367	0.0680	8.1790
	D_{var}	11.3901		-1.1038	0.0772	11.3901
PPR	D_{25}	-4.1892		2.0031	-0.9173	-127.4290
	D_{50}	4.9580	-2.1247	-0.4624	0.5823	
	D_{95}	-0.2442		2.0347	-1.8867	-150.1050
HYB	\bar{D}	7.4414	-4.1653	-0.5995	0.1888	
	D_{95}	4.6396		-0.3976	0.5750	

PP= Parametre Tahmin Yöntemi, MPR = Moment Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, PPR = Yüzdellik Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, HYB = Hibrit Yöntem

Çizelge 7. Değiştirilmiş Kümülatif Dağılım Fonksiyon Regresyonu (MCDF) yaklaşımına dayalı farklı yöntemlerle elde edilen uyum istatistiklerinin ortalamaları ve standart sapmaları

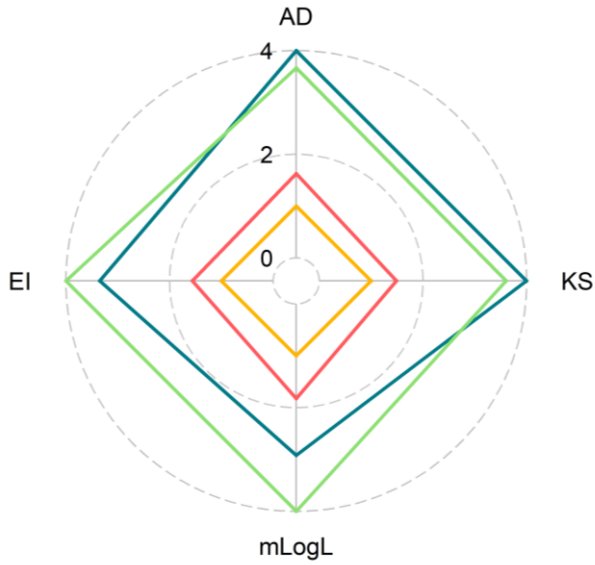
Yöntem	AD		KS		mLogL		EI	
	Ort.	S.D	Ort.	S.D	Ort.	S.D	Ort.	S.D
PP	3.7857	6.5709	0.2234	0.0807	107.2847	27.5353	1136.4200	485.5033
MPR	3.4972	5.9269	0.2107	0.0857	106.9426	27.0619	1108.2100	422.5350
PPR	3.7537	5.5024	0.2217	0.0889	107.4773	27.9738	1144.2700	490.9906
HYB	3.5575	5.9047	0.2127	0.0871	107.0898	27.1943	1114.9600	431.8553

AD = Anderson-Darling istatistiği, KS = Kolmogorov-Smirnov istatistiği, mLogL = Negatif Log-Likelihood istatistiği, EI = Hata indeksi, S.D.= Standart hata, PP= Parametre Tahmin Yöntemi, MPR = Moment Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, PPR = Yüzdellik Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, HYB = Hibrit Yöntem

Çizelge 8. Değiştirilmiş Kümülatif Dağılım Fonksiyon Regresyonu (MCDF) yaklaşımına dayanan dört yöntemin nispi sıralaması

Yöntem	Nisbi sıralama				Sıralar toplamı	Genel sıralama
	AD	KS	mLogL	EI		
PP	4.0000	4.0000	2.9198	3.3469	14.2667	3.7324
MPR	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000
PPR	3.6673	3.6046	4.0000	4.0000	15.2720	4.0000
HYB	1.6272	1.4894	1.8261	1.5616	6.5042	1.6665

AD = Anderson-Darling istatistiği, KS = Kolmogorov-Smirnov istatistiği, mLogL = Negatif Log-Likelihood istatistiği, EI = Hata indeksi, PP= Parametre Tahmin Yöntemi, MPR = Moment Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, PPR = Yüzdellik Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, HYB = Hibrit Yöntem



— HYB — MPR — PP — PPR

Şekil 3. MCDF yaklaşımına dayanan dört yöntemin nispi sıralaması (PP= Parametre Tahmin Yöntemi, MPR = Moment Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, PPR = Yüzdellik Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, HYB = Hibrit Yöntem)

3.3. SUR ve MCDF yaklaşımlarının karşılaştırılması

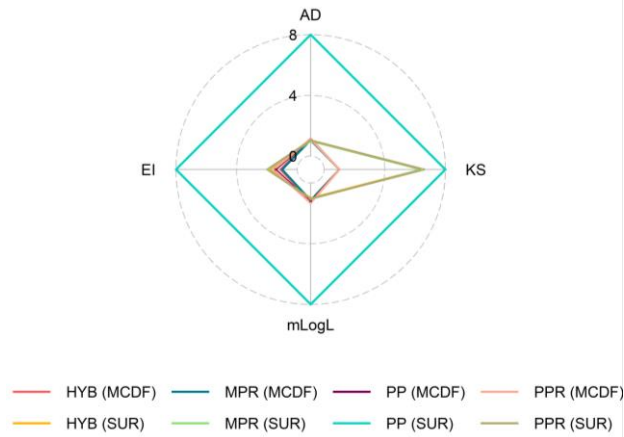
Çalışma kapsamında test edilen modellerin her iki modelleme yaklaşımı itibarıyla birlikte değerlendirilmesi ile toplamda sekiz modelin tahmin başarısı belirlenmiştir. Bu amaçla her bir yöntem için hesaplanan dört farklı uyum istatistiği kullanılarak genel bir nispi sıralama uygulanmıştır (Çizelge 9).

Çizelge 9'un incelenmesiyle toplamda sekiz model arasında en başarılı tahminleri veren modelin MCDF yaklaşımı kullanılarak geliştirilen moment temelli parametre çözümleme yöntemi olan MPR (MCDF)'nin olduğu anlaşılmaktadır. Bu kapsamda değerlendirilen modeller arasında en başarısız tahminlerde bulunan modelin ise SUR yaklaşımı kullanılarak geliştirilen parametre tahmin yöntemi olan PP (SUR) olduğu görülmektedir. Çizelge 9'da yer alan nispi sıralama değerleri kullanılarak oluşturulan ve her bir modelin uyum ölçütleri itibarıyla nispi sıralamasını dörtgenler şeklinde temsil eden radar grafiği ise Şekil 4'te verilmiştir.

Çizelge 9. SUR ve MCDF yaklaşımına dayanan toplamda sekiz yöntemin nispi sıralaması

Yöntem	Nisbi sıralama				Sıralar toplamı	Genel sıralama
	AD	KS	mLogL	EI		
PP (SUR)	8.0000	8.0000	8.0000	8.0000	32.0000	8.0000
MPR (SUR)	1.0018	6.4305	1.0522	1.9044	10.3889	2.5570
PPR (SUR)	1.0360	6.5881	1.0283	1.9610	10.6134	2.6135
HYB (SUR)	1.0000	6.4588	1.0000	1.8371	10.2959	2.5336
PP (MCDF)	1.1382	1.0114	1.2576	1.4325	4.8397	1.1594
MPR (MCDF)	1.0615	1.0000	1.1456	1.0000	4.2070	1.0000
PPR (MCDF)	1.1297	1.0099	1.3207	1.5529	5.0131	1.2030
HYB (MCDF)	1.0775	1.0019	1.1938	1.1035	4.3766	1.0427

AD = Anderson-Darling istatistiği, KS = Kolmogorov-Smirnov istatistiği, mLogL = Negatif Log-Likelihood istatistiği, EI = Hata indeksi



Şekil 4. Tüm modellerin birlikte değerlendirildiği nispi sıralama (PP= Parametre Tahmin Yöntemi, MPR = Moment Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, PPR = Yüzdellik Temelli Parametre Çözümleme Yöntemi, HYB = Hibrit Yöntem)

Tüm modellerin birlikte değerlendirildiği durumda sekiz model arasından en başarısız tahminlerde bulunan model olan PP(SUR) ile diğer modeller arasında önemli ölçüde nispi bir başarı farkı olduğu görülmektedir. Bu durum PP(SUR)'un Şekil 5'te görece çok daha büyük bir alana sahip dörtgen ile temsil edilmesinden anlaşılabilir. Kılan diğer modeller ise farklı tahmin başarısına sahip olmakla birlikte görece birbirine daha yakın nispi sıralara sahiptir. Ayrıca SUR yaklaşımı ile geliştirilen modellerin MCDF yaklaşımı ile geliştirilen modellere göre KS uyum istatistiğinin daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu durum SUR yaklaşımında, MCDF yaklaşımından farklı olarak çap sınıfları yerine tek ağaç çaplarını temel almasından kaynaklanabilir. Zira, KS istatistiği AD istatistiğine göre uçlara daha az ağırlık vermektedir (Cirillo ve Hüsler, 2009).

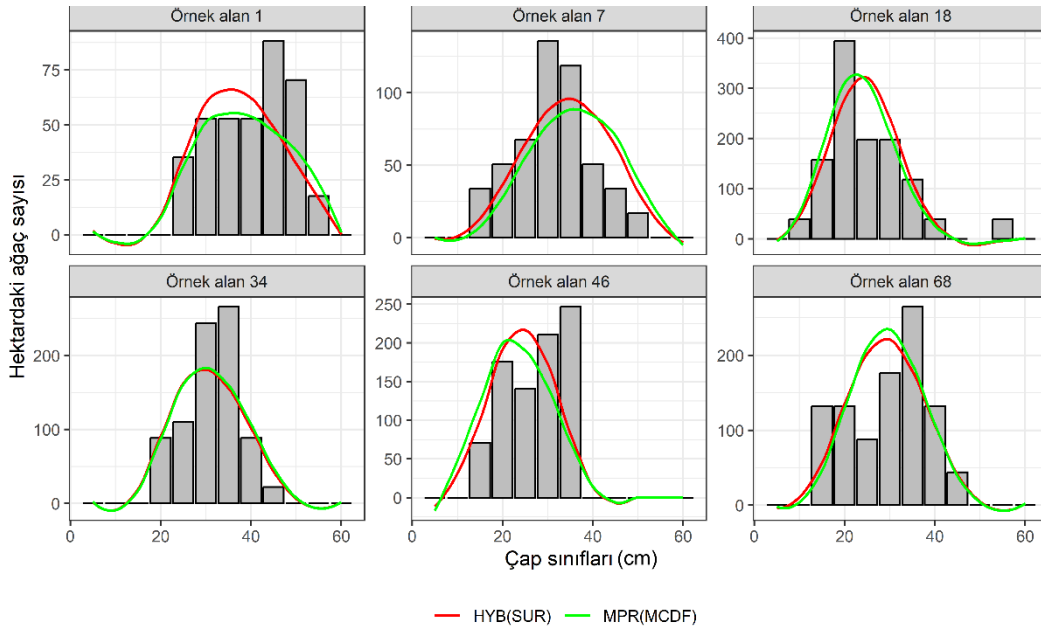
Her iki modelleme yaklaşımı ile geliştirilen tüm modeller arasında en başarısız olan model haricinde kalan modellerin, tahmin başarılarının modelleme yaklaşımı itibarıyla ayrıldığı görülmektedir. Bu kapsamda en başarılı 4 model MCDF yaklaşımı ile geliştirilen modeller olurken, SUR yaklaşımı ile geliştirilen modellerin de PP(SUR) hariç, birbirlerine benzer tahmin başarıları gösterdikleri anlaşılmaktadır. Modelleme yaklaşımları itibarıyla yapılacak olan bir değerlendirme sonucunda MCDF yaklaşımının SUR yaklaşımına göre daha başarılı modeller geliştirilmesine imkân verdiği söylenebilir. Poudel ve Cao (2013) tarafından yapılan çalışmada SUR, CDRF ve MCDF yaklaşımları kapsamında parametre tahmin, moment ve yüzdellik temelli parametre çözümleme ve hibrit yöntemlerin değerlendirildiği çalışmada, SUR yaklaşımı ile

geliştirilen modellerin CDFR ve MCDF yaklaşımı ile geliştirilen modellere göre daha başarısız sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar da Poudel ve Cao (2013) tarafından belirtilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca Cao (2004) tarafından yapılan çalışmada da yine SUR yaklaşımının CDFR yaklaşımına göre daha başarısız sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Benzer şekilde Sa vd. (2023) Weibull dağılımı parametrelerinin tahmininde kümülatif dağılım fonksiyonunun daha başarılı olduğunu belirtmiştir. Özçelik vd. (2022) CDF yaklaşımı ile geliştirilen hibrit yöntemin en başarılı sonuçları verdiğini belirtmiştir. Benzer şekilde bu çalışmada da en başarılı sonuçlar, hibrit yöntemlerin MCDF yaklaşımı ile kullanılmasıyla elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında geliştirilen modellerden SUR yaklaşımı kapsamında en başarılı sonuçları veren HYB(SUR) ile MCDF yaklaşımı kapsamında en başarılı sonuçları veren MPR(MCDF) modellerinin tahmin başarıları, model test verilerinden seçilen 6 adet örnek alan üzerinde karşılaştırılmıştır (Şekil 5).

Model test verilerinden seçilen bazı örnek alanlar üzerinde her iki modelleme yaklaşımlarının en başarılı olan iki modelin, çap dağılımının karakterize edilmesinde benzer sonuçlar verdiğini görülmektedir. Özellikle Örnek alan 34 için MPR(MCDF) ve HYB(SUR) modellerinin tahmin başarılarının birbirine çok yakın olduğu anlaşılmaktadır.

Parametre tahmin yöntemleri itibarıyla bir karşılaştırma yapıldığında moment temelli parametre çözümleme yönteminin hem SUR hem de MCDF yaklaşımları kapsamında en iyi yöntem olduğu söylenebilir. Her ne kadar MCDF yaklaşımı kapsamında en başarılı tahminlerde bulunan model hibrit bir yöntem olan HYB(MCDF) olsa da, bu model ile moment temelli parametre çözümleme yöntemi olan MPR(MCDF)'nin nispi sıralama değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu sebeple, Moment temelli parametre çözümleme yöntemlerinin diğer yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar verdiğini söylenebilir. Benzer sonuçlar Sun vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada da belirtilmiş olup, moment temelli yöntemin hibrit yöntemlere göre daha başarılı olduğu bildirilmiştir.



Şekil 5. SUR ve MCDF yaklaşımları kapsamında en başarılı tahminler yapan iki yöntemin karşılaştırılması

4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada Almus yöresi doğal Doğu Kayını meşcerelerinin çap dağılımını modellemek amacıyla ormancılık çalışmalarında sıklıkla tercih edilen ve başarılı sonuçlar veren bir olasılık yoğunluk fonksiyonu olan Weibull dağılımı kullanılmıştır. Weibull dağılımının parametre tahmini için çeşitli parametre tahmin yöntemleri test edilmiştir. Bununla birlikte, parametre tahmini için SUR ve MCDF modelleme yaklaşımlarından faydalanılmıştır. Toplamda iki farklı modelleme yaklaşımı ile dört farklı parametre tahmin yöntemi test edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, MCDF yaklaşımı ile geliştirilen parametre tahmin yöntemlerinin tümünün, SUR yaklaşımı ile geliştirilen yöntemlerden daha başarılı olduğunu göstermektedir. SUR yaklaşımı kullanılarak geliştirilen modeller arasında en başarılı sonuçlar ise hibrit ve moment temelli parametre çözümlene yöntemleri ile elde edilmiştir. MCDF yaklaşımında ise yine benzer olarak en başarılı sonuçlar yine moment temelli parametre çözümlene yöntemi ile elde edilmiştir. SUR yaklaşımı kapsamında test edilen parametre tahmin yöntemi olan PP(SUR) ise tahmin başarısı bakımından diğer yöntemlerden oldukça geri kalmaktadır.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre Almus yöresi Doğu Kayını meşcerelerinin çap dağılımının modellenmesi amacıyla MCDF yaklaşımının SUR yaklaşımına göre daha başarılı olduğu sonucuna varılabilir. MCDF yaklaşımı ile moment temelli parametre çözümlene yöntemi veya hibrit yöntemin kullanılmasının, ilgili yöre için Weibull dağılımının parametre tahmininde başarılı sonuçlar vereceği düşünülmektedir. SUR yaklaşımı kapsamında ise yine moment temelli parametre çözümlene yönteminin ilgili yöre için Doğu kayını meşcerelerinin çap dağılımının modellenmesinde güvenle kullanılabilmesi söylenebilir.

Bir meşceredeki ağaçların çap sınıflarına dağılımı, yetiştirme ortamı, bonitet, bakı, yöre ve ağaç türü gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar Tokat-Almus yöresi saf ve doğal Doğu

Kayını meşcereleri için geçerli olup, farklı yöre ve ağaç türlerinin çap dağılımının modellenmesinde ilgili yörede yersel ölçümler yapılarak model geliştirme süreci yeniden yapılmalıdır.

Açıklama

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 122R010 numaralı projedeki verilerin bir kısmı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Bailey, R.L., Dell, T.R., 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science*, 19(2): 97-104.
- Bankston, J.B., Sabatia, C.O., Poudel, K.P., 2021. Effects of sample plot size and prediction models on diameter distribution recovery. *Forest Science*, 67(3): 245-255.
- Bolat, F., Ercanlı, İ., 2017. Modeling diameter distributions by using Weibull function in forests located Kestel-Bursa. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 17(1): 107-115.
- Borders, B.E., Souter, R.A., Bailey, R.L., Ware, K.D., 1987. Percentile based distributions characterize forest tables. *Forest Science*, 33(2): 570-576.
- Cao, Q.V., 2004. Predicting parameters of a Weibull function for modeling diameter distribution. *Forest Science*, 50(5): 682-685.
- Cirillo, P., Hüsler, J., 2009. On the upper tail of Italian firms' size distribution. *Physica A: Statistical Mechanics and its applications*, 388(8): 1546-1554.
- Clutter, J.L., Bennet, F.A., 1965. Diameter distributions in old-field slash pine plantation. Georgia Forest Research Council, Report No: 13, USA.
- Diamantopoulou, M.J., Özçelik, R., Crecente-Campo, F., Eler, Ü., 2015. Estimation of Weibull function parameters for modelling tree diameter distribution using least squares and artificial neural networks methods. *Biosystems Engineering*, 133: 33-45.
- Ercanlı, İ., Bolat, F., Kahrıman, A., 2013. Comparing parameter recovery methods for diameter distribution models of Oriental spruce (*Picea orientalis* (L.) Link.) and Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) mixed stands located Trabzon and Giresun Forest Regional Directorate. *International Caucasian Forestry Symposium*, 24-26 October, Artvin, pp. 119-126.

- Ercanlı, İ., Bolat, F., Yavuz, H., 2018. Ormanların çap dağılımlarının modellenmesinde derin öğrenme algoritmalarının kullanımı: Trabzon ve Giresun Ormanları Doğu Ladini-Sarıçam karışık meşcereleri örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 4(2): 122-132.
- Ercanlı, İ., Yavuz, H., 2010. Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcerelerinde çap dağılımlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları ile belirlenmesi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 10(1): 68-83.
- Gadow, K.V. Hui, G., 1999. *Modeling Forest Development*. Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Gorgoso, J., González, J.Á., Rojo, A., Grandas-Arias, J., 2007. Modelling diameter distributions of *Betula alba* L. stands in northwest Spain with the two-parameter Weibull function. *Forest Systems*, 16(2): 113-123.
- Gorgoso, J.J., Rojo, A., Obregón, A.C., Aranda, U.D., 2012. A comparison of estimation methods for fitting Weibull, Johnson's S and beta functions to *Pinus pinaster*, *Pinus radiata* and *Pinus sylvestris* stands in northwest Spain. *Forest systems*, 21(3): 446-459.
- Hafley, W.L., Schreuder, H.T., 1977. Statistical distributions for fitting diameter and height data in even-aged stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 7(3): 481-487.
- Huang, S., Price, D., Morgan, D., Peck, K., 2000. Kozak's variable-exponent taper equation regionalized for white spruce in Alberta. *Western Journal of Applied Forest*, 15: 75-85.
- Hyink, D.M., Moser, J.W., 1983. A generalized framework for projecting forest yield and stand structure using diameter distributions. *Forest Science*, 29(1): 85-95.
- Jiang, L., Brooks, J.R., 2009. Predicting diameter distributions for young longleaf pine plantations in Southwest Georgia. *Southern Journal of Applied Forestry*, 33(1): 25-28.
- Kahriman, A., Yavuz, H., 2011. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) doğu kayını (*Fagus orientalis* lipsky) karışık meşcerelerinde çap dağılımlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları ile belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12(2): 109-125.
- Kahyaoglu, N., 2017. Sinop yöresi Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarının toprak üstü biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Kalıpsız, A., 1998. *Orman Hasılat Bilgisi*. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Klos, R.J., Wang, G.G., Dang, Q.L., East, E.W., 2007. Taper equations for five major commercial tree species in Manitoba, Canada. *Western Journal of Applied Forestry*, 22(3): 163-170.
- Knowe, S.A., Radosevich, S.R., Shula, R. G., 2005. Basal area and diameter distribution prediction equations for young Douglas-Fir plantations with hardwood competition: Coast ranges. *Western Journal of Applied Forestry*, 20(2): 77-93.
- Konukçu, M., 2001. *Ormanlar ve Ormancılığımız (Genişletilmiş 2. Baskı)*. Devlet Planlama Teşkilatı Yayın ve Temsil Dairesi Başkanlığı Yayınları, Ankara.
- Lei, Y., 2008. Evaluation of three methods for estimating the Weibull distribution parameters of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*). *Journal of Forest Science*, 54(12): 566-571.
- Liu, C., Zhang, L., Davis, C.J., Solomon, D.S., Gove, J.H., 2002. A finite mixture model for characterizing the diameter distributions of mixed-species forest stands. *Forest Science*, 48(4): 653-661.
- Liu, F., Li, F., Zhang, L., Jin, X., 2014. Modeling diameter distributions of mixed-species forest stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(7): 653-663.
- Maltamo, M., Puumalainen, J., Päivinen, R., 1995. Comparison of beta and Weibull functions for modelling basal area diameter distribution in stands of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 10(1-4): 284-295.
- Maltamo, M., 1997. Comparing basal area diameter distributions estimated by tree species and for the entire growing stocks in mixed stand. *Silva Fennica*, 31(1): 53-65.
- Newton, P.F., Lei, Y., Zhang, S.Y., 2005. Stand-level diameter distribution yield model for black spruce plantations. *Forest Ecology and Management*, 209(3): 181-192.
- OGM, 2020. *Orman Varlığımız*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Özçelik, R., Cao, Q.V., Kurnaz, E., Koparan, B., 2022. Modeling Diameter Distributions of Mixed-Oak Stands In Northwestern Turkey. *CERNE*, 28(1): e-102991.
- Palahí, M., Pukkala, T., Trasobares, A., 2006. Modelling the diameter distribution of *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* and *Pinus halepensis* forest stands in Catalonia using the truncated Weibull function. *Forestry*, 79(5): 553-562.
- Palahí, M., Pukkala, T., Blasco, E., Trasobares, A., 2007. Comparison of beta, Johnson's SB, Weibull and truncated Weibull functions for modeling the diameter distribution of forest stands in Catalonia (north-east of Spain). *European Journal of Forest Research*, 126(4): 563-571.
- Parresol, B.R., 2003. *Recovering parameters of Johnson's SB distribution*. USA: USDA Forest Service Research Papers.
- Poudel, K.P., Cao, Q.V., 2013. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. *Forest Science*, 59(2): 243-252.
- Sa, Q., Jin, X., Pukkala, T., Li, F., 2023. Developing Weibull-based diameter distributions for the major coniferous species in Heilongjiang Province, China. *Journal of Forestry Research*, 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-023-01610-9>
- SAS Institute. 2008. *SAS/IML User's Guide*. New York: Sas Institute. Inc., USA.
- Schmidt, L.N., Sanquetta, M.N.I., McTague, J.P., da Silva, G.F., Fraga Filho, C.V., Sanquetta, C.R., Soares Scolforo, J.R., 2020. On the use of the Weibull distribution in modeling and describing diameter distributions of clonal eucalypt stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 50(10): 1050-1063.
- Siipilehto, J., Sarkkola, S., Mehtätalo, L., 2007. Comparing regression estimation techniques when predicting diameter distribution of Scots pine on drained peatlands. *Silva Fennica*, 41(2): 333-349.
- Stankova, T.V., Zlatanov, T.M., 2010. Modeling diameter distribution of Austrian black pine (*Pinus nigra* Arn.) plantations: A comparison of the Weibull frequency distribution function and percentile-based projection methods. *European Journal of Forest Research*, 129(6): 1169-1179.
- Sun, S., Cao, Q.V., Cao, T., 2019. Characterizing diameter distributions for uneven-aged pine-oak mixed forests in the Qinling Mountains of China. *Forests*, 10(7): 596.
- Wang, M., Rennolls, K., 2005. Tree diameter distribution modelling: Introducing the logit logistic distribution. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(6): 1305-1313.
- Zhang, L., Packard, K.C., Liu, C. 2003. A comparison of estimation methods for fitting Weibull and Johnson's S_B distributions to mixed spruce fir stands in northeastern North America. *Canadian Journal of Forest Research*, 33(7): 1340-1347.

Fungal endophytes in the needles of native and exotic pine species in a plantation in Northwestern Türkiye

Ayşe Gülden Aday Kaya^{a,*} , H. Tuğba Doğmuş Lehtijärvi^b , Asko Tapio Lehtijärvi^c 

Abstract: The endophytic fungi present in needles of *Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster*, *Pinus nigra*, *Pinus taeda* and *Pinus radiata* were investigated in Kerpe Research Forest, İzmit in 2016. Ten trees of each pine species were sampled systematically. Previous years green needles were sampled from the lower part of the canopy, from two equally spaced positions around the tree. Each needle was surface sterilized and cut into 0.5 cm sections then individually placed onto malt extract agar plates. DNA was extracted from representative seven isolates and amplified using primers ITS1 and ITS4 targeting the nuclear 5.8S rDNA gene and the two ITS regions flanked between 18S and 28S rDNA genes. Amplicons sequenced in both directions using the universal fungal primers ITS1 and ITS4. Isolations from a total of 1000 needles (200 from each pine species) yielded 750 fungal isolates. *Pestalotiopsis funerea* (Desm.) Steyaert was isolated at the highest frequency followed by *Acremonium* sp., *Cladiosporum* sp. and *Cyclaneusma minus*.

Keywords: Fungal community, Marmara Region, ITS region

Türkiye'nin kuzeybatısındaki bir plantasyonda yerli ve egzotik çam türlerinin ibrelerinde görülen fungal endofitler

Özet: İzmit Kerpe Araştırma Ormanı'nda 2016 yılında *Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster*, *Pinus nigra*, *Pinus taeda* ve *Pinus radiata* ibrelerinde bulunan endofitik funguslar araştırılmıştır. Her çam türünden on ağacın tepe tacının alt kısmından sistematik olarak önceki yılın ibreleri örneklenmiştir. Her bir ibre yüzeysel olarak steril edilmiş ve 0,5 cm büyüklüğünde parçalara ayrılmış daha sonra Malt Ekstrakt Agar besi ortamına yerleştirilmiştir. Gelişen izolatlardan seçilen temsili 7 izolattan DNA ekstraksiyonu yapılarak, 5.8S rDNA, 18S ve 28S rDNA genleri arasında yer alan iki ITS bölgesini hedef alan ITS1 ve ITS4 primerleri kullanılarak amplifiye edilmiştir. Amplikonlar, evrensel fungus primerleri kullanılarak her iki yönde dizilenmiştir. Toplam 1000 ibreden (her çam türünden 200 ibre) yapılan izolasyonda 750 fungus izolatu elde edilmiştir. En fazla oranda *Pestalotiopsis funerea* izole edilmiş, bunu *Acremonium* sp., *Cladiosporum* sp. ve *Cyclaneusma minus* takip etmiştir.

Anahtar kelimeler: Fungal topluluk, Marmara Bölgesi, ITS bölgesi

1. Introduction

Many species of fungi are specialized to infect conifers. Some of these fungi are pathogens that cause disease symptoms after relatively short incubation period. Others are endophytic causing quiescent infections (Sieber, 2007). Together, pathogens and endophytes from the microbial communities in conifer tissues. Fungal endophytes defined as organisms that inhabit plant organs or colonize internal plant tissues without causing apparent harm to the host (Petrini, 1991), can significantly affect plant responses to other abiotic and biotic agents or contribute to acquired resistance (Ganley et al., 2004; Rodriguez et al., 2009). Members of classes including Dothideomycetes, Sordariomycetes, Leotiomyces, Eurotiomycetes and Pezizomycetes are the main classes with endophytic life strategies colonies in most plants (Jumpponen and Jones, 2009).

Most endophytes of conifer needles are filamentous Ascomycota (Petrini, 1991). Some endophytes in the natural

flora of plants may become pathogenic due to stress factors that affect the host. Very few endophytes have been identified as weak pathogens, except where the host is affected by physiological stress (Brown et al., 1998). Changes in host or environment, however, may trigger pathogenicity in previously asymptomatic endophytes. Therefore, detection of the fungus is difficult and may take time. As the host or pathogen matures, signs or symptoms of disease appear under the influence of adverse environmental and/ or nutritional conditions (Agrios, 1988; Rojas et al., 2010). A single conifer can host hundreds of fungal species (Arnold et al., 2007). In conifer needles, fungal endophytes grow slowly, but remain viable in the tissues despite having limited host biomass for colonization and nutrition. Thus, restricted infections allow many different types of fungal endophytes to colonize the same needle. Arnold et al. (2007) tested detection of the endophytic fungi in needles of *Pinus taeda* (L.) both by culture and PCR cloning, demonstrated that and the molecular method was better. As the study indicated that many of

✉ ^a Department of Forestry, Yenişarbademli Vocational School, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

^b Faculty of Forestry, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

^c Department of Forestry, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Vocational School, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): guldenaday@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 17.05.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 15.09.2023



Citation (Atıf): Aday Kaya, A.G., Doğmuş Lehtijärvi, H.T., Lehtijärvi, A., T., 2023. Fungal endophytes in the needles of native and exotic pine species in a plantation in North-west Türkiye. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 208-212. DOI: [10.18182/tjf.1297920](https://doi.org/10.18182/tjf.1297920)

the endophytic fungi could not be isolated from the host plant, it was suggested that greater effort was required to verify their presence with a taxonomic approach (Arnold et al., 2007). In other countries, *Picea abies* (L.) H. Karst, *Pinus mugo* Turra, Giorn., *Pinus sylvestris* L., *Pinus monticola* Douglas ex D. Don., *Pinus nigra* (J.F.) Arnold, *Pinus tabulaeformis* Carr., *Pinus taeda* Carr., *Pinus thunbergii* Parl., and *Pinus densiflora* Siebold & Zucc. have all been examined for the endophytes in a range of plant tissues, including roots, stems, and foliage (Hata et al., 1998; Müller and Hallaksela, 2000; Ganley et al., 2004; Giordano et al., 2009; Arnold et al., 2007; Guo et al., 2008).

The aim of this study was to determine the fungal communities present in needles of endemic and exotic pine species growing in a plantation forest in the Marmara Region of Türkiye.

2. Material and methods

2.1. Material

Needles of endemic *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* and exotic *Pinus pinaster* Ait., *Pinus taeda* and *Pinus radiata* D. Don were collected from twenty years old trees in in İzmit - Kerpe Research Forests (Figure 1). In İzmit-Kerpe, an industrial afforestation with fast growing species was established for research and development purposes within the framework of the project UNDP TUR-71/521 in cooperation with Research Institute for Poplar and Fast-Growing Forest Trees and FAO in 1976 (Ercan, 2002). Soil types in the stands were forest brown earth, light hydromorphic grey-brown podzolic brown earth, and andesite brownstone earth over the rock.

2.2. Methods

2.2.1. Collection of needles from native and exotic pine species

In 2016, twenty previous season green needles were collected from 10 trees of *P. sylvestris*, *P. nigra*, *P. taeda*, *P. radiata*, and *P. pinaster*. In total, 1000 needles (200 from each tree species) were analyzed. Needles were first placed in paper bags which were stored in bigger plastic bags for transfer to the laboratory in cold boxes at 4°C. Isolations were performed within 24 hours, after collection.

2.2.2. Isolation of fungi from needles and morphological identification

Each needle was soaked in 96% ethanol for 1 minute, 6% sodium hypochlorite for 5 minutes, washed with 96% ethanol for 30 seconds and dried on sterile blotting papers. Each needle was divided into pieces and, placed onto 2% (w / v) Malt extract agar (MEA) amended with 100 mg/L streptomycin to suppress bacterial growth and incubated at 20°C for two weeks. The fungal colonies that developed from each fragment were recorded, grouped according to their morphology and re-isolated onto fresh MEA media.

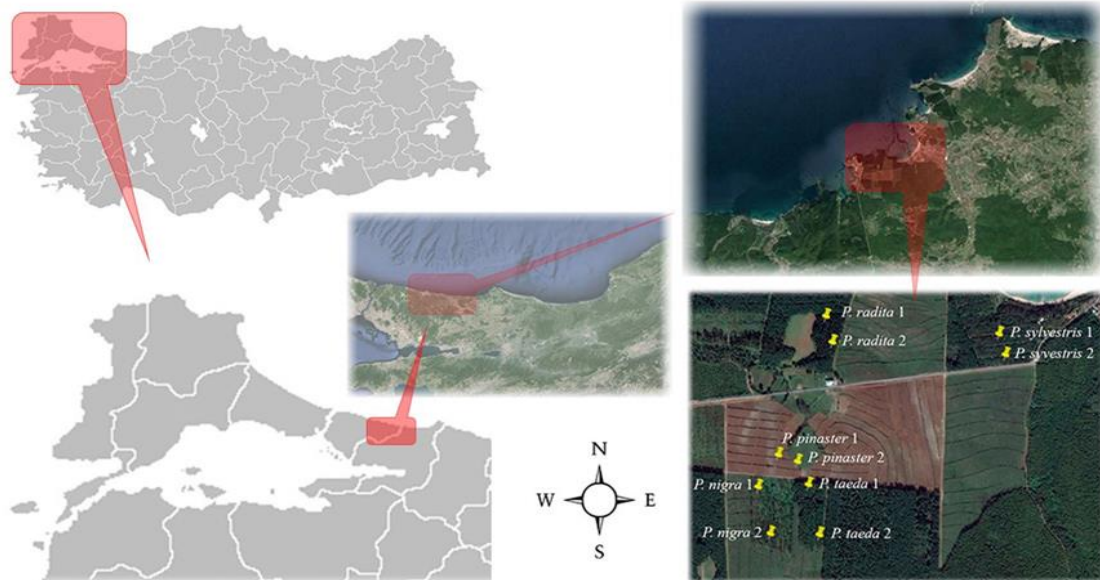


Figure 1. Map of the surveyed areas

2.2.3. Molecular identification

2.2.3.1. DNA extraction and ITS-PCR analysis

Isolates were subcultured to petri dishes containing fresh MEA covered with cellophane membrane and incubated at 21°C for 7 days. Mycelia were ground to fine powder in liquid nitrogen using a mortar and pestle and genomic DNA was extracted using Qiagen DNeasy Plant Mini kit.

PCR amplification of the internal transcribed spacer (ITS) region of the rDNA gene was performed using the primer set ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') and ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'; (White et al., 1990) in 50 µl reactions containing 50 ng genomic DNA, 250 nM of each primer, 200 µM of each dNTP, 25 mM MgCl₂, 1U Taq polymerase, 1 × Q solution and 1 × PCR buffer (Promega Corporation, Madison, WI, USA). PCR was conducted in a Bio-Rad MJ Mini Personal Thermal Cycler. Conditions were denaturing at 95°C for 1 min, followed by 30 cycles of amplification (20s denaturation at 94°C, 25s annealing at 55°C and 1 min extension at 72°C). The final extension was at 72°C for 10 min. Amplification products were separated by electrophoresis on gels containing 1% (w/v) of agarose (Biobasic Inc., Canada) and length of the products estimated using DNA molecular size markers with 100 bp repeats (Biobasic Inc., Canada). PCR products were sequenced in both directions by IonTek (Istanbul, Türkiye) using the primer set ITS1 and ITS4. Sequences were compared with those in the GenBank database (National Centre for Biotechnology Information, NCBI) using BLAST (Basic Local Alignment Search Tool).

3. Results

Isolations from a total of 1000 needles (200 from each pine species) yielded 750 fungal isolates. Details on fungal colonization are shown in Table 1. The highest numbers of isolates were obtained from the exotic species *P. pinaster* and *P. radiata*, 299 and 159, respectively. The number of fungal colonies obtained from the native *P. nigra* and *P. sylvestris* and the exotic *P. taeda* were 96, 102 and 94. The representative isolates from mainly obtained species se-

quences were submitted to the Gen bank with accession number (OR527451-OR527452-OR527453-OR527454-OR527455-OR527456-OR527457).

However, species richness (number of species) did not differ greatly among exotic and native trees. Additionally, Shannon and Simpson indices were not significantly different among host species as revealed by t-tests ($P < 0.05$).

Pestalotiopsis funerea (Desm.) Steyaert was isolated at the highest frequency in both native and exotic pine species followed by *Cladosporium* sp. *Acremonium* sp. was isolated from native pine species. *Cyclaneusma minus* was present on all pine species except for *P. taeda*.

Lophodermium conigenum was isolated from only native pine species while *C. ferruginosum* was isolated from exotic pine needles except *P. pinaster*. *Eurotium repens* was infrequently isolated from four pine species, the highest percentage being on *P. taeda* (14%).

Frequently isolated Ascomycota were *Alternaria* sp. and *Aspergillus niger*. In addition to these species, other contaminants such as *Mucor* and *Rhizopus* were also abundant in needles of each pine species.

4. Discussion

The discovery of novel endophytic species colonizing various plant organs contributes to our expanding knowledge of these intricate inter-Kingdom relationships. The estimated number of fungal endophytes species ranges from 500,000 and 600,000 with approximately 465,000 of these species yet to be formally described (Botella and Diez, 2011). Despite ongoing research, the roles played by endophytic fungi remain largely enigmatic.

In our study, the diversity of fungal isolates was not pronounced in *Pinus pinaster* and *P. sylvestris* among the pine species examined. However, this richness was relatively modest, a finding consistent with the results of Tokumasu (1978). This phenomenon might be due to morphology and structure of pine needles. Needles of *Pineaceae* are characterized by an enveloping, robust, waxy cuticle, acting as a barrier to water loss and to microbial invasion. The penetration of this cuticle is a pivotal step for fungal colonization.

Table 1. Incidence of fungal species isolated from needles of different tree species

Fungal species	Incidence of detected endophyte fungi %				
	Native		Exotic		
	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus radiata</i>	<i>Pinus taeda</i>
<i>Cenangium ferruginosum</i> (Fr.)	0	5	0	8	9
<i>Cyclaneusma minus</i> (Butin) DiCosmo, Pered & Minter	14	10	3	3	0
<i>Cladosporium</i> sp.	13	12	13	14	19
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Penz. & Sacc	3	2	0	0	9
<i>Acremonium</i> sp.	23	20	20	0	5
<i>Pestalotiopsis funerea</i> (Desm.) Steyaert	16	13	25	34	32
<i>Rhizosphaera</i>	0	2	1	6	0
<i>Lophodermium conigenum</i> (Brunaud) Hiltizer	3	5	0	0	0
<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht Synder & Hansen	2	3	5	4	4
<i>Eurotium repens</i> de Bary Hedwigia	2	9	3	0	14
<i>Aspergillus niger</i> van Tieghem	6	4	10	9	4
<i>Alternaria</i> sp.	6	7	14	12	2
Contaminants	12	8	6	10	2

Some studies on endophytes have focused on host-specific fungal colonization (Petrini., 1990; Lehtijärvi and Barklund 1999.; Collado et al., 2000; El-Morsy et al., 2006). In addition to these studies, changes in the number of endophyte species from a particular tree species or depending on environmental conditions in relation to the season are frequently discussed (Collado et al., 1999; Suryanarayanan et al., 2002; Martín et al., 2006). Kowalski and Zych (2002) reported that the species composition varied depending on the position of the needle in the crown, as the top of the tree is subject to sunshine and wind more than the lower part. Zamora et al. (2008) obtained 45 fungal species in isolations made from healthy and necrotic needles from 40-50 years old *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. sylvestris* and *P. uncinata* trees. Fungal species did not differ based on plantation sites and pine species, but they were differences in needle sampling, in terms of the season in which they were taken and the isolation method. The number of taxa recorded in this study is similar to fungal communities reported from coniferous hosts growing in temperate climates elsewhere (Bills 1996; Collado et al., 1999; 2000; Danti et al., 2002; Santamaría and Diez, 2005; Göre and Bucak, 2007).

In the work reported here, *Cyclaneusma minus*, *Cenangium ferruginosum* and *Clodiosporum* sp. appeared to be dominant fungi based on culturing in all pine species. *C. ferruginosum*, isolated from *P. radiata*, *P. taeda* and *P. sylvestris* needles, is known as a common opportunistic fungus that kills the cambium of the bark and branches and shoots of trees weakened as a result of pests or adverse environmental conditions (Sinclair et al., 1987; Jurc et al., 2000). However, Santamaría et al. (2006) found that *C. ferruginosum* does not cause damage on most pine tissues.

Many Leotiomyces are considered important as endophytes within gymnosperms (Berbee and Taylor, 2001; Scheneider et al., 2004). In our study, *L. conigenum* was an endophyte in *Pinus* sp. and specifically of *Pinus nigra* and *P. sylvestris*. However, it is possible that this fungal species is restricted to native *Pinus* species in Türkiye as it was not isolated from the exotic species. *Lophodermium conigenum* was rare in needles of native pine species in the study area. While *L. conigenum* was a common fungus on senescent needles of *P. sylvestris* (e.g. Minter and Millar, 1980) it may not be so common as an endophyte, neither in symptomatic nor in healthy looking needles (e.g. Kowalski, 1982; 1993). *Lophodermium* Chevall., a genus in the Rhytismataceae, includes over 20 species commonly isolated from needles of coniferous trees and shrubs, the majority of which can survive endophytically in green needles without causing any damage to the hosts (Sinclair et al., 1987; Kirk et al., 2001). It is known that the pathogenic species of this genus on pines is *L. seditiosum* (Minter and Millar, 1980). In our country, the existence of 4 different species of *Lophodermium* has been reported which include *L. seditiosum* Minter, Staley & Millar, *L. nervisequium* (DC.) Chevall, *L. conigenum* (Brunaud) Hilitzer and *L. pinastri* (Schrad.) Chevall (Lehtijärvi et al., 2010).

In this study, *P. funerea* was isolated from green needles of all pine species. It is already known that several *Pestalotiopsis* species may have endophytic and pathogenic stages in their life cycle (Wei et al., 2007). *Rhizopus stolonifer*, *Mucor hiemalis*, *Trichothecium roseum*, and *Penicillium* spp. are saprophytes and rarely found as endophytes in healthy plant tissues; they have been isolated from green, healthy, and surface-sterilized needles,

possibly as a form of contamination. No clear conclusions might be drawn regarding any of the fungi detected in this study and their relationship to tree health.

In conclusion, this is the first report of endophytic fungi in needles of native and exotic pine species planted in Türkiye. This will provide a comprehensive assessment of the endophytic mycobiota of *Pinus* sp. in this country. It contributes to comprehensive assessment of the endophytic mycobiota of *Pinus* sp. in this country. The evaluation and understanding of the ecology of endophytic fungal biodiversity in Türkiye is still in progress. This study was carried out to determine fungal endophyte diversity by isolation from needles. Further works needs to be planned to use high throughput sequencing methods to identify the diversity of fungal endophytes in needles of the same host species.

Acknowledgment


We would like to thank Zeynep Tunali and Şule Yeltekin for assisting in the laboratory.

References

- Agrios, G.N., 1988. Plant Pathology. Academic Press, New York, USA.
- Arnold, A.E., Henk, D.A., Eells, R.L., Lutzoni, F., Vilgalys, R., 2007. Diversity and phylogenetic affinities of foliar fungal endophytes in loblolly pine inferred by culturing and environmental PCR. *Mycologia*, 99: 185-206.
- Bills, G.F., 1996. Isolation and analysis of endophytic fungal communities from woody plants. See Reference, 124: 31-65.
- Brown, K.B., Hyde, K.D., Guest, D.I., 1998. Preliminary studies on endophytic fungal communities of *Musa acuminata* species complex in Hong Kong and Australia. *Fungal Diversity*, 1: 27-51.
- Botella, L., Dize, J.J., 2011. Phylogenetic diversity of fungal endophytes in Spanish stands of *Pinus halepensis*. *Fungal Diversity*, 47:9-18.
- Collado, J., Platas, G., Peláez, F., González, I., Peláez, F., 1999. Geographical and seasonal influences on the distribution of fungal endophytes in *Quercus ilex* L. *New Phytologist*, 144: 525-532.
- Collado, J., Platas, G., Peláez, F., González, I., Peláez, F., 2000. Host specificity in fungal endophytic populations of *Quercus ilex* and *Quercus faginea* from Central Spain. *Nova Hedwigia*, 71: 42-430.
- Danti, R., Sieber, T.N., Sanguineti, G., 2002. Endophytic mycobiota in bark of European beech (*Fagus sylvatica*) in the Apennines. *Mycological Research*, 106: 1343-1348.
- El-Morsy, E.M., Dohlob, S.M., Hyde, K.D., 2006. Diversity of *Alternaria alternata* a common destructive pathogen of *Eichhornia crassipes* in Egypt and its potential use in biological control. *Fungal Diversity*, 23: 139-158.
- Ercan, M., 2002. İzmit- Kerpe Araştırma Ormanı. Çevre ve Orman Bakanlığı Teknik Bülten 213 (15): 114s.
- Ganley, R.J., Brunsfeld, S.J., Newcombe, G., 2004. A community of unknown, endophytic fungi in western white pine. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 101: 10107-10112.
- Giordano, L., Gonthier, P., Varese, G.C., Miserere, L., 2009. Mycobiota inhabiting sapwood of healthy and declining Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees in the Alps. *Fungal Diversity*, 69-83.
- Gou, L.D., Huang, G.R., Wang, Y., 2008. Seasonal and tissue age influences on endophytic fungi of *Pinus tabulaeformis* (Pinaceae) in the Dongling Mountains, Beijing. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(8): 997-1003.
- Göre, M.E., Bucak, C., 2007. Geographical and seasonal influences on the distribution of fungal endophytes in *Laurus nobilis*. *Forest Pathology*, 37: 281-288.

- Hata, K., Futai, K., Tsuda, M., 1998. Seasonal and needle age-dependent changes of the endophytic mycobiota in *Pinus thunbergii* and *Pinus densiflora* needles. *Can J Bot*, 76:245–250.
- Jumpponen, A., Jones, K.L., 2009. Massively parallel 454 sequencing indicates hyperdiverse fungal communities in temperate *Quercus macrocarpa* phyllosphere. *New Phytologist*, 184: 438–448.
- Jurc, D., Jurc, M., Sieber, T.N., Bojovic, S., 2000. Endophytic *Cenangium ferruginosum* (Ascomycota) as a reservoir for an epidemic of *Cenangium dieback* in Austrian pine. *Phyton-Annales Rei Botanicae*, 40: 103–108.
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., David, J.C., Stalpers, J.A., 2001. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*, 9th Edition. CABI Publishing.
- Kowalski, T., 1982. Fungi infecting *Pinus sylvestris* needles of various ages. *European Journal of Forest Pathology*, 12: 182–190.
- Kowalski, T., 1993. Fungi in living symptomless needles of *Pinus sylvestris* with respect to some observed disease processes. *Journal of Phytopathology*, 139: 129–145.
- Kowalski, T., Zych, P., 2002. Endophytic fungi in needles of *Pinus nigra* growing under different site conditions. *Polish Botanical Journal*, 47 (2): 251–257.
- Lehtijärvi, A. T., Barklund P., 2000. Seasonal patterns of colonization of Norway spruce needles by *Lophodermium piceae*. *Forest Pathology*, 30: 185–193.
- Lehtijärvi, A., Oskay, F., Aday, A.G., Doğmuş Lehtijärvi, H.T., 2010. Isparta- Yenişarbademli ilçesi konifer ormanlarında ibre ve sürgün hastalıklarına neden olan fungal etmenlerin tespiti. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Trabzon, s. 1420-1430.
- Martín, P., Pajares, J.A., Pando, V., Diez, J.J., 2006. Fungi isolated from diseased nursery seedlings in Spain. *New Forests*, 31: 41–56.
- Minter, D.W., Millar, C.S., 1980. Ecology and biology of three *Lophodermium* species on secondary needles of *Pinus sylvestris*. *European Journal of Forest Pathology*, 10: 169–181.
- Müller, M.M., Hallaksela, A.M., 2000. Fungal diversity in Norway spruce: a case study. *Mycological Research*, 104(9):1139–1145.
- Petrini, O., 1991. Fungal endophytes in tree leaves, In: *Microbial Ecology of Leaves* (eds. J.H. Andrews and S.S Hiraro) Springer New York, pp. 179–197.
- Rodriguez, R.J., White, J.F., Arnold, A.E., Redman, R.S., 2009. Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytologist*, 182(2): 314–330.
- Rojas, E.I., Rehner, S.A., Samuels, G.J., Van Bael, S.A., Herre, E.A., 2010. *Colletotrichum gloeosporioides* s.l. associated with *Theobroma cacao* and other plants in Panama: multilocus phylogenies distinguish host associated pathogens from asymptomatic endophytes. *Mycologia*, 102: 1318–1338.
- Santamaría, O., Diez, J.J., 2005. Fungi in leaves, twigs and stem bark of *Populus tremula* from northern Spain. *Forest Pathology*, 35: 95–104.
- Santamaría, O., Tejerina, L., Pajares, J.A., Diez, J.J., 2006. Effects of associated fungi *Sclerophoma pythiophila* and *Cenangium ferruginosum* on *Gremmeniella abietina* dieback in Spain. *Forest Pathology*, 36: 1–8.
- Sieber, T., 2007. Endophytic fungi in forest trees: are they mutualists? *Fungal Biology Reviews*, 21:75–89.
- Sinclair, W.A., Lyon, H., 1987. *Diseases of trees and shrubs*. Comstock Publishing Associates, London.
- Suryanarayanan, T.S., Senthilarasu, G., Muruganandam, V., 2000. Endophytic fungi from *Cuscuta reflexa* and its host plants. *Fungal Divers*, 4:117–123.
- Tokumasu, S., 1978. Leaf litter fungi of the forests of *Pinus densiflora* and four introduced pines at Sugadaira, central Japan. *Transactions of the Mycological Society of Japan*, 19: 383–390.
- Wei, J.G., Xu, T., Guo, L.D., Liu, A.R., Zhang, Y., Pan, X.H., 2007. Endophytic *Pestalotiopsis* species associated with plants of *Podocarpaceae*, *Theaceae* and *Taxaceae* in southern China. *Fungal Diversity*, 24: 55–74.
- White, T., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J., 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: *PCR Protocols, a Guide to Methods and Applications* (Ed: Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J., White, T.J.), Academic Press, New York, pp. 315–322.
- Zamora, P., Martínez-Ruiz, C., Diez, J.J., 2008. Fungi in needles and twigs of pine plantations from northern Spain. *Fungal Divers*, 30:171–184.

Marmara Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında gelişim çağılarına göre dökülme miktarının ve bu yolla ölü örtüye giren karbon stokunun belirlenmesi

Özgür Kiracıoğlu^a , Şükrü Teoman Güner^{b,*} , Rıza Karataş^c 

Özet: Bu çalışma Marmara Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında gelişim çağılarına göre dökülme miktarlarını ve bu yolla ölü örtüye giren karbon stoklarını ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Denemeler, b (d_{1,3}=8,0-19,9 cm), c (d_{1,3}=20,0-35,9 cm) ve d (d_{1,3}=36,0-51,9 cm) gelişim çağında bulunan, bakı, yükselti, eğim, yamaç konumu ve meşcere gelişimi bakımından farklılık gösteren toplam 18 alanda tesis edilmiştir. Her deneme alanına beş adet 50×50 cm ebadında kapan kurulmuş ve üç yıl boyunca aylık olarak dökülme materyalleri toplanmıştır. Araziden alınan dökülme materyalleri laboratuvarında bileşenlerine (yaprak, dal, kabuk, diğer) ayrılarak 65 °C'de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuş ve tartılmıştır. Daha sonra öğütülen örneklerde karbon analizi yapılmıştır. Kapanlardan elde edilen dökülme bileşenlerine ait kütleler hektara çevirme katsayısı kullanılarak bir hektar alandaki dökülme miktarları elde edilmiş daha sonra bu değerler analizler sonucu elde edilen karbon yoğunlukları ile çarpılarak bir hektar alanda dökülme sonucu ölü örtüye katılan karbon stokları hesaplanmıştır. Elde edilen veriler varyans, korelasyon ve aşamalı çoklu regresyon analizleri ile değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, gelişim çağıının ilerlemesine bağlı olarak dökülme miktarı artmış ve toplam dökülme 3959 ile 5698 kg/ha/yıl arasında değişmiştir. Dökülmeye ait ağırlıklı karbon oranı %50,3 olarak belirlenmiştir. Toplam dökülme ile ölü örtüye giren C stoku gelişim çağılarına göre 1988-2857 kg/ha/yıl arasında değişmektedir. Kayın ormanlarındaki toplam dökülme meşcere özellikleri, iklim özellikleri ve fizyografik faktörler ile tahmin edilmiştir. Elde edilen modeller kullanılarak yöredeki ve benzer yetiştirme ortamlarındaki kayın meşcerelerinde yıllık dökülme miktarı tahmin edilebilir. Bu araştırma ile ortaya konulan bulgular arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık sektörünün uzun dönemli hedefleri arasında yer alan modelleme çalışmalarında kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: *Fagus orientalis*, İklim değişikliği, Ölü örtü, Karbon

Determination of the amount of litterfall according to the development stages and of the carbon stock input into the litter in the oriental beech forests in the Marmara Region

Abstract: This study was carried out in order to reveal the amount of litterfall according to the development stages in the oriental beech forests in the Marmara Region and the carbon stocks input into forest floor in this way. The research was conducted in a total of 18 sample plots, which differ in terms of aspect, elevation, slope, slope position and stand development stages namely the b (dbh=8.0-19.9 cm), c (dbh=20.0-35.9 cm) and d stages (dbh=36.0-51.9 cm). Five litter traps (50×50 cm) were set up each sample plot and litterfall material was collected monthly for three years. The litterfall materials taken from the field were separated into their components (leaf, branch, bark, miscellaneous) in the laboratory, dried at 65 °C until they reached a constant weight and weighed. Afterwards, carbon analysis was performed on the milled samples. The amount of litterfall in one-hectare area was determined by using the conversion coefficient to hectares of the masses of the litterfall components collected from the traps. Then, these values were multiplied by the carbon concentration obtained as a result of the analysis, and the carbon stocks into forest floor through litterfall in a hectare area were calculated. The data were evaluated with variance, correlation and stepwise multiple regression analyzes. According to the results of the research, the amount of litterfall increased depending on the growth of the development stage and the total litterfall ranged between 3959 and 5698 kg/ha/year. The weighted carbon concentration of the litterfall was determined to be 50.3%. C stock, which enters the forest floor with total litterfall, varies between 1988-2857 kg/ha/year according to the development stages. Total litterfall in beech forests was estimated by stand characteristics, climatic characteristics and physiographic factors. Using the models obtained, the amount of annual litterfall can be estimated in the beech stands in the region and in similar sites. The findings of this research can be used in modeling studies, which are among the long-term goals of the Land Use, Land Use Change and Forestry sector.

Keywords: *Fagus orientalis*, Climate change, Litter, Carbon

✉ ^a Orman Genel Müdürlüğü, İzmir Orman Bölge Müdürlüğü, 35530, Karşıyaka, İzmir

^b Bartın Üniversitesi, Ulus Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, 74600, Ulus, Bartın

^c Emekli, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, 26160, Eskişehir

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): stguner@bartin.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 22.06.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 27.07.2023



Citation (Atıf): Kiracıoğlu, Ö., Güner, Ş.T., Karataş, R., 2023. Marmara Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında gelişim çağılarına göre dökülme miktarının ve bu yolla ölü örtüye giren karbon stokunun belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 213-222.

DOI: [10.18182/tjf.1318425](https://doi.org/10.18182/tjf.1318425)

1. Giriş

Orman ekosistemlerinde büyük miktarlarda organik materyal oluşmakta ve dökülme ile mineral toprağa geri dönmektedir (Qin vd., 2019). Dökülme, orman biyokütlesinin ve besin döngüsünün önemli bir bileşeni olup, ayrışması yoluyla toprak verimliliği üzerinde önemli etkiler yapmaktadır (Pérez vd., 2023). Orman ekosistemlerinde aslı üretimin ve besin döngüsünün sürdürülmesine yardımcı olan (Zhu vd., 2021), aynı zamanda ölü örtüye önemli miktarda karbon girişi de sağlayan (Berg ve Lazkowski, 2005) dökülme; orman ekosistemlerinin biyotik ve çevresel etkilere karşı verdiği tepkilerin değerlendirilmesinde önemli bir göstergedir. Dökülmenin izlenmesiyle ormanın sağlık durumu hakkında değerlendirme yapmak da mümkündür (Ukonmaanaho vd., 2016).

Küresel iklim değişimi etkilerinin azaltılmasına yönelik olarak yapılan uluslararası anlaşmalar, ülkelere karbon emisyonlarını ve karbon yutaklarını bildirme yükümlülüğü getirmiştir. Türkiye de taraf olduğu anlaşmalar gereği ulusal düzeyde sera gazı envanteri yapmakta ve sektörler itibarıyla emisyonlarını ve yutak alanlarını Birleşmiş Milletlere bildirmektedir. Bu bildirimlerin yapıldığı Ulusal Sera Gazı Envanter raporlarında hesaplamalar IPCC (LULUCF ve AFOLU) kılavuzlarında belirtilen katsayılarla yapılmaktadır. Ancak daha hassas seviyede raporlamaların yapılması için çalışmalar devam etmektedir. Orman ekosistemlerinde karbon bitkisel kütle, ölü odun, ölü örtü ve toprak havuzlarında tutulmaktadır. Türkiye şartlarında orman topraklarında diğer havuzlardan daha fazla karbon depolanabilmektedir. Ancak topraklarda yıllık olarak depolanan karbon miktarı çok değişkendir. Hatta topraklar toprak canlılarının solunumu ile CO₂ salımına da yol açabilmektedir. Yine toprak karbonunda sızma yoluyla da kayıplar meydana gelebilmektedir. Bitki örtüsünün yıllık olarak biriktirdiği karbon miktarı orman envanteri verilerinden özellikle yıllık artımdan faydalanarak hesaplanabilmektedir. Topraklara karbon girişi büyük oranda ölü örtü ve ölü köklerin ayrışması ile olmaktadır. Bu konuda ölü örtü ayrışması ile toprağa karbon girişi ölü köklere oranla çok daha fazladır. Bu nedenle orman ekosistemlerinin karbon bütçelerinin belirlenmesinde çoğunlukla yaprak, dal, kabuk, kozalak vb. organik maddelerin yıllık olarak dökülen miktarı ve bunların ayrışma hızlarının takibine dayanan yöntemlere odaklanılmıştır. Bu sebeple, dökülme ile toprağa karbon girişinin belirlenmesi yıllık karbon birikiminin hesaplanmasında önemli bir yere sahiptir (Çömez vd., 2016).

Türkiye’de yayılış yapan en önemli yapraklı ağaç türlerinden birisi doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) dır. Yapraklı türler içerisinde (1 878 049 hektar) yayılış alanı bakımından meşeden (*Quercus* ssp.) sonra ikinci sırada yer almaktadır (OGM, 2021). Dolayısıyla doğu kayını, üzerinde araştırma yapılması gereken öncelikli türlerden biridir. Türkiye’de türle ilgili olarak dökülme konusunda Marmara Bölgesi’nde (Irmak ve Çepel, 1968; Çakır ve Akburak, 2017) ve Batı Karadeniz Bölgesi’nde (Çakıroğlu, 2011; Sargıncı vd., 2021) yapılmış araştırmalar bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar çoğunlukla olgunluk çağındaki meşcerelerin yaprak döküm miktarına ait veriler sunmaktadır. Ancak farklı gelişim çağıları, yaprak dışındaki dökülme bileşenleri ve karbon içerikleri ile dökülme miktarının tahmini konusunda bilgi eksikliği bulunmaktadır. Bu çalışma, i) gelişim çağılarına göre dökülme miktarlarını ve bu yolla ölü örtüye giren karbon stokunu ortaya koymasını, ii) dökülmenin

meşcere ve yetişme ortamı özellikleri ile modellenmesi bakımından diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Bu araştırma, farklı gelişim çağındaki doğu kayını meşcerelerinde dökülme miktarlarını (dal, kabuk, yaprak ve diğer) ve bu yolla ölü örtüye katılan karbon stokunu ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Elde edilen veriler arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık (AKAKDO) sektörünün uzun dönemli hedefleri arasında yer alan modelleme çalışmalarında kullanılabilir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Araştırma alanının tanıtımı

Araştırma, Türkiye’nin Marmara Bölgesi’nde, Bursa ili, İnegöl ilçesi sınırları içerisindeki doğal doğu kayını ormanlarında yürütülmüştür. Araştırma alanı 39°54’90’’-29°39’80’’ kuzey enlemleri ile 39°52’60’’-29°37’19’’ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1).

Araştırma alanları granit, granodiorit ve kuvarşlı diorit anakayalar üzerinde yer almaktadır (MTA, 2021). Araştırma alanlarında yaygın olarak bulunan toprak tipi Luvisols dür (IUSS Working Group WRB, 2015). Ayrıca araştırma alanındaki kayın ormanları kum, balçıklı kum, kumlu balçık, kumlu killi balçık, kumlu kil, killi balçık, balçık türünde, kireçsiz ve tuzsuz topraklar üzerinde yayılış göstermektedir.



Şekil 1. Araştırma alanının konumu

İklim değerlendirmelerinde İnegöl meteoroloji istasyonunun (284 m) 15 yıllık (2005-2019) verileri kullanılmıştır. Meteoroloji istasyonu verileri deneme alanlarına enterpole edilirken sıcaklık değerleri her 100 m'de 0,5 °C azaltılmış, yağış değerleri ise her 100 m'de yıllık yağışa 54 mm ilave edilmiştir (Özyuvacı, 1999). Örnekleme alanlarındaki yıllık ortalama sıcaklık 6,8–10,2 °C, ortalama yüksek sıcaklık 26,5–29,9 °C, ortalama düşük sıcaklık (-9,2)–(-5,8) °C arasında değişmektedir. Yıllık yağış miktarları 903–1276 mm, en kurak ayın (ağustos) yağış miktarı 24–34 mm, bahar aylarındaki (mart+nisan+mayıs) yağış miktarı 241–340 mm, yaz aylarındaki (haziran+temmuz+ağustos) yağış miktarı 161–227 mm arasında değişmektedir (MGM, 2020). Erinç yöntemine göre araştırma alanlarının iklimi yarı nemli ile nemli arasında değişmektedir (Özyuvacı, 1999).

Araştırma alanındaki hâkim ağaç türünü *Fagus orientalis* oluşturmaktadır. Araştırma alanında 600-1100 metrelerde, *Trachystemo orientalis* – *Fagetum orientalis* bitki birliği yayılış göstermektedir. Ayırdedici türleri *Trachystemon orientalis*, *Cardamine bulbifera* ve *Campanula olympica*'dır. Floristik kompozisyonuna giren bitki taksonlarının %54,5'i Euro-Siberian, %1,8'i Mediterranean flora bölgelerine aittir. Çok bölgeli veya flora bölgesi bilinmeyen taksonlar %43,7'sini oluşturur (Akman vd., 1979; Türe vd., 2005).

2.2. Arazi çalışmaları

Deneme, b ($d_{1,3}=8,0-19,9$ cm), c ($d_{1,3}=20,0-35,9$ cm) ve d ($d_{1,3}=36,0-51,9$ cm) gelişim çağında bulunan, bakı, yükselti, eğim, yamaç konumu ve meşçere gelişimi bakımından farklılık gösteren toplam 18 alanda tesis edilmiştir. Deneme alanlarının 5 adedi b, 7 adedi c, 6 adedi ise d gelişim çağında bulunmaktadır. Araştırma alanı içerisinde a gelişim çağında ($d_{1,3}<8,0$ cm) meşçere bulunmadığı için bu gelişim çağından deneme alanı alınmamıştır. Yine, deneme alanları genel olarak 3 kapalı (kapalılık derecesi=0,7-1,0) meşçereler arasından seçilmiş olup, c gelişim çağından bir adet, d gelişim çağından iki adet deneme alanı 2 kapalı (kapalılık derecesi=0,4-0,7) meşçerelerden seçilmiştir.

Deneme alanları meşçereyi temsil edecek yerlerden ve içerisine en az 20 ağaç girecek büyüklükte, arazinin yapısına göre değişimle birlikte b meşçerelerinde 10×10 m, c meşçerelerinde 20×20 m ve d meşçerelerinde ise 30×30 m ebadında tespit edilmiştir. Deneme alanlarının koordinat, bakı, eğim, yükselti ve yamaç konumu özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra deneme alanlarının içerisindeki tüm ağaçların göğüs çapları ve boyları ölçülmüş, meşçere üst boyunda bulunan üç ağaçta da yaş tespiti yapılmıştır (Çizelge 1).

Ölü örtü dökümü miktarını belirlemek için deneme alanlarında 0,5×0,5 m = 0,25 m² ebatlarındaki çerçevelere 1 mm gözlü polyester ağ geçirilmiş kapanlar kurulmuştur. Kapanlar yere paralel olacak şekilde ve zeminden yaklaşık 100 cm yükseğe tesis edilmiştir (Şekil 2). Her deneme alanına 5 adet ölü örtü dökümü kapalı kurulmuş ve alanların çevresi dikenli tel ile çevriliyerek korunmuştur. 2017 yılı eylül ayı başlangıcından, 2020 yılı ağustos ayı sonuna kadar ölü örtü dökümü materyali toplanmıştır. Materyaller, deneme alanlarının bulunduğu sahaya ulaşım sağlanabildiği sürece (mart-kasım) aylık olarak her ayın son haftası toplanmıştır. Kar yağışı sebebiyle sahaya ulaşılabilen kış mevsiminde (aralık-şubat) ise tek örnekleme yapılmış ve alınan materyalin ölçüm miktarları oransal olarak ölçümün yapılamadığı üç aya enterpole edilmiştir. Toplamda 30 dönemde örnekleme yapılmıştır.

2.3. Laboratuvar analizleri

Laboratuvarlara getirilen ölü örtü dökümü materyali yaprak, dal, kabuk ve diğer (polen, çiçek, tohum, kupula) olmak üzere tasnif edilmiştir. Örnekler 65°C'de etüvde sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuş ve tartılarak kütlesi belirlenmiştir. Daha sonra öğütülen örneklerin karbon yoğunlukları LECO CNH TruSpec elementer analiz cihazında (Leco Corporation, St. Joseph, Michigan) tayin edilmiştir. Analizler her örnekleme döneminin sonunda ve ölü örtü dökümü materyalinin her bir bileşeni için ayrı olarak yapılmıştır.

Çizelge 1. Deneme alanlarına ait bazı özellikler

Deneme alanı	Meşçere tipi	Koordinatlar		Yükselti (m)	Eğim (%)	YK (%)	Bakı	MY (yıl)	MOB (m)	MOÇ (cm)
		Doğu	Kuzey							
1	Knbc3	35S 0726366	4421805	980	18	72,7	kd	62	22,9	25,1
2	Kncd3	35S 0727479	4421721	1000	20	93,4	kb	93	22,8	28,4
3	Kncd3	35S 0727328	4421002	1130	25	16,3	kb	63	22,2	27,4
4	Kncd2	35S 0727544	4420279	1090	18	48,5	gd	85	22,3	25,5
5	Knd2	35S 0727079	4420294	1160	24	37,3	gd	72	26,9	45
6	Knbc3	35S 0727275	4419626	1150	15	47,3	gd	43	21,4	23,1
7	Knd3	35S 0726116	4417682	1330	30	52,8	d	106	32,8	45,1
8	Knbc3	35S 0727784	4418237	1210	8	31	kb	34	16,5	12,3
9	Knd3	35S 0727628	4418242	1190	18	46,3	k	94	31,3	42,8
10	Knbc3	35S 0727584	4418122	1190	20	63,7	kb	39	18,2	17,9
11	Kncd3	35S 0726261	4421740	1020	28	64,9	kd	60	23,4	25,2
12	Knd2	35S 0726316	4417693	1350	24	54,8	kb	66	19,5	19,2
13	Knd3	35S 0724578	4420945	1140	38	93,9	kb	102	33,2	49,7
14	Knd3	35S 0724108	4421069	1180	27	83	k-kb	102	29,8	47,5
15	Kncd3	35S 0727531	4420316	1100	23	42,3	gd	70	24,6	31,6
16	Kncd3	35S 0723834	4419895	1260	11	89,6	k	75	29,2	46,4
17	Knbc3	35S 0727962	4418160	1230	21	87,6	kd	44	21,2	21,4
18	Kncd3	35S 0725110	4421377	1090	29	37,7	k-kb	24	15,7	12

YK: yamaç konumu, MOB: meşçere orta boyu, MOÇ: meşçere orta çapı, MY: meşçere yaşı, k: kuzey, kd: kuzey doğu, kb: kuzey batı, gd: güney doğu, d: doğu



Şekil 2. Ölü örtü dökümü materyallerinin toplanması

2.4. Değerlendirme yöntemi

Örnek alanlardaki kapanlarda toplanan ölü örtü dökümü miktarı hektara çevirme katsayısı kullanılarak bir hektar alandaki dökülme miktarları bulunmuş daha sonra bu değerler analizler sonucu elde edilen karbon yoğunlukları (%) ile çarpılarak bir hektar alanda dökülme sonucu ölü örtüye katılan karbon stokları hesaplanmıştır.

Toplam dökülmeye ait ağırlıklı karbon oranlarının belirlenmesinde denklem 1 kullanılmıştır (Erkan ve Güner, 2018)

$$wcc = \sum_{i=1}^4 (ccc_i * cb_i) / 100 \quad (1)$$

Denklemden; wcc: toplam dökülmeye ait ağırlıklı karbon yoğunluğunu (%), ccc_i : i. döküntü bileşenine ait karbon yoğunluğunu (%), cb_i : i. döküntü bileşen kütlesinin toplam dökülme kütlesine oranını (%) ifade etmektedir.

Deneme alanlarının yükseltisi m, eğim ve yamaç konumu %, bakışı ise denklem 2 kullanılarak radyasyon indeksine dönüştürülmüş (Moisen ve Frescino, 2002; Aertsens vd., 2010) ve istatistik analizlerde kullanılmıştır.

$$RI = \frac{1 - \cos\left(\frac{\pi}{180}\right)(Q-30)}{2} \quad (2)$$

Denklemden; RI radyasyon indeksini, Q deneme alanının kuzeye göre semt açısını ifade etmektedir.

Araştırmada meşcere gelişim çağı işlem olarak alınmıştır. Deneme parsellerinden toplanan ölü örtü dökümü bileşenlerinin miktarı, karbon yoğunlukları, bu yolla ölü örtüye giren karbon stoku bakımından meşcere gelişim çağları arasındaki farklılıklar ile ölü örtü dökümü miktarı bakımından örnekleme dönemleri ve örnekleme yılları arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Varyans analizleri öncesinde veri setlerinin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi, varyansların homojenliği ise Leneve testi ile kontrol edilmiştir. Normal dağılım göstermeyen veri setlerine açısız dönüşüm ($\text{ArcSin}\sqrt{x}$), karekök (\sqrt{x}) dönüşümü veya logaritma ($\log x$) dönüşümü uygulanarak normal dağılıma dönüştürülmüştür. Varyans analizi sonucunda anlamlı farklılıklar bulunması durumunda Duncan testi uygulanarak benzer gruplar oluşturulmuştur. Meşcere özellikleri, iklim özellikleri ve fizyografik faktörler ile ölü örtü dökümü miktarı arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile incelenmiştir. Yine meşcere özellikleri, iklim özellikleri ve fizyografik faktörler ile toplam dökülme miktarını modellemek amacıyla aşamalı çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. Elde edilen modellerin tahmini performanslarını değerlendirmek için 10 katlı çapraz

geçerlilik testi uygulanmıştır (Aertsens vd., 2010; Özkan ve Berger, 2014). Sonuçlar $\alpha \leq 0,05$ düzeyinde istatistik olarak farklı kabul edilmiştir. İstatistik analizlerde SPSS paket programı (SPSS, 2015), model performanslarının değerlendirilmesinde DTREG paket programı (DTREG, 2023) kullanılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Meşcere özellikleri

Deneme alanlarına ait bazı meşcere özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Buna göre b, c ve d gelişim çağındaki deneme alanlarının ortalama yaşı sırasıyla 44, 67 ve 90, göğüs yüzeyi 35,1; 41,5 ve 35,5 m²/ha, hektardaki ağaç adetleri ise 1163, 848 ve 270 olarak belirlenmiştir.

3.2. Dökülme miktarı

Bileşenler itibarıyla yıllık dökülmenin gelişim çağlarına göre değişimi Çizelge 3’de verilmiştir. Yaprak, dal, diğer ve toplam dökülme bakımından meşcere gelişim çağları arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P < 0,05$). Yaprak, dal ve toplam dökülme b gelişim çağındaki meşcerelerde en az, c ve d gelişim çağındaki meşcerelerde ise daha yüksek düzeyde bulunmuş ve bu gelişim çağları (c ve d) arasında önemli bir farklılık göstermemiştir ($P > 0,05$). Diğer bileşenlere ait dökülme b (894 kg/ha/yıl) ve c (697 kg/ha/yıl) gelişim çağındaki meşcereler arasında anlamlı bir farklılık göstermemiş, ancak d gelişim çağındaki meşcerelerde önemli düzeyde daha yüksek (1266 kg/ha/yıl) bulunmuştur (Çizelge 3). Keza, sarıçamda (Çömez vd., 2016), kızılçamda (Erkan vd., 2018) ve karaçamda (Koray ve Tolunay, 2020) yapılan çalışmalarda, gelişim çağının artmasına bağlı olarak toplam dökülmenin arttığı belirlenmiştir. Bu durum, meşcere gelişim çağının ilerlemesi ile toprak üstü bitkisel kütlenin ve beraberinde dökülmenin artması ile açıklanmıştır. Düzce yöresindeki doğu kayını meşcerelerinde toplam dökülme 5190 kg/ha/yıl (Sargıncı vd., 2021), Bartın yöresindeki doğu kayını meşcerelerinde yaprak dökülmesi 4245 kg/ha/yıl (Çakıroğlu, 2011) bulunmuştur. Yaprak dökülmesine ait bulgularımız Çakıroğlu (2011) tarafından yapılan çalışmadan düşük, toplam dökülmeye ait bulgularımız ise Sargıncı vd. (2021) tarafından yapılan çalışmaya benzer bulunmuştur. İrmak ve Çepel (1968) tarafından İstanbul’da 51 yaşındaki kayın meşceresinde yapılan çalışmada, yıllık yaprak döküm miktarı 3350-4000 kg arasında bulunmuş olup, çalışmamızda b gelişim çağındaki meşcerelerde belirlenen miktardan yüksek, c ve d gelişim çağlarındaki meşcerelere yakındır. Avrupa kayınında (*Fagus sylvatica* L.) yapılan çalışmalarda, yıllık dökülme miktarı, Bulgaristan’da 1683-5373 kg/ha/yıl (Dimitrova vd., 2023), Yunanistan’da 4000 kg/ha/yıl (Kavvadias vd., 2001), İspanya’da 4682 kg/ha/yıl (Regina ve Tarazona, 2000) olarak bulunmuştur. Kayın cinsi üzerine yapılan bu çalışmalardaki farklılıkların araştırmalara konu türler yanında meşcere ve yetişme ortamı özellikleri arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kayın ormanlarında gelişim çağı ayırımına gidilmeden yapılan değerlendirmede, yıllık dökülmenin %72,9’unu yaprak, %7,7’sini dal, %0,6’sını kabuk ve %18,8’ini diğer bileşenlere ait dökülme oluşturmaktadır. Buna göre kayın ormanlarındaki yıllık dökülmenin yaklaşık 3/4’ünü yaprak dökülmesinin oluşturduğu söylenebilir (Şekil 3). İspanya’daki Avrupa kayını ormanlarında yapılan çalışmada,

yaprak, dal, meyve, çiçek ve diğer bileşenlere ait dökülmenin toplam dökülmeye oranları sırasıyla %61,9; 17,6; 12,3; 0,7 ve 7,5 olarak bulunmuştur (Regina ve Tarazona, 2000). Bu iki çalışmada elde edilen bulgular arasındaki farklılığın yukarıda ifade edildiği gibi türler ve yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer yandan, dökülme bileşenlerindeki yıllık değişkenlikler yaprak dökümünün toplam dökülme içerisindeki payını etkileyebilmektedir. Örneğin Jonczak (2013) Polonya'daki Avrupa kayını ormanlarında toplam dökümün %80'inden fazlasının yapraklardan oluştuğunu ancak bol tohum yılında bu oranın %47'ye kadar düştüğünü belirlemiştir.

Araştırma dönemi boyunca bileşenler itibarıyla dökülmenin mevsimlere göre değişimi Şekil 4'te verilmiştir. Buna göre özellikle yaprak ve toplam dökülmenin önemli bir kısmının beklendiği gibi sonbahar (eylül-kasım) mevsiminde meydana geldiği görülmektedir.

Yaprak, dal, diğer ve toplam dökülme bakımından mevsimler arasındaki farklılıklar önemli ($P < 0,05$), kabuk dökülmesi bakımından ise önemsiz ($P > 0,05$) bulunmuştur. Yaprak dökülmesi sonbahar (3381 kg/ha), dal dökülmesi kış

(148 kg/ha), diğer bileşenlere ait dökülme ilkbahar (342 kg/ha) ve sonbahar (341 kg/ha), toplam dökülme ise sonbahar (eylül-kasım) mevsiminde (3842 kg/ha) en yüksek düzeye ulaşmıştır (Çizelge 4). Keza, kayında Batı Karadeniz Bölgesi'nde (Bartın) yapılan bir çalışmada, yaprak dökülmesi sonbaharda (Çakıroğlu, 2011) en yüksek miktarda gerçekleşmiştir. Ilıman kuşakta yaprak döken türlerin, yaprak dökümü sonbaharda olduğundan ve dökümün de %70-80'i yapraklardan oluştuğu için dökümün en fazla sonbaharda olması beklenen bir olgudur. Ancak farklı sonuçların elde edildiği çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalardan, dökülme sarıçamda temmuz-eylül'de (Bueis vd., 2017), halep çamında ağustos-eylül'de (Bueis vd., 2017; Navarro vd., 2013; Jiménez ve Navarro, 2016) ve Meksika çamında (*Pinus pseudostrubus* Lindl.) ise nisan-mayıs aylarında en fazla bulunmuştur (González-Rodríguez, 2019). Bu durumun araştırmalara konu türler arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira yukarıda sıralanan türler iğne yapraklı türler olup, bu türlerde özellikle yaprak dökümü yılın her mevsiminde gerçekleşmektedir.

Çizelge 2. Deneme alanlarına ait bazı meşcere özellikleri (Ort.±SS)

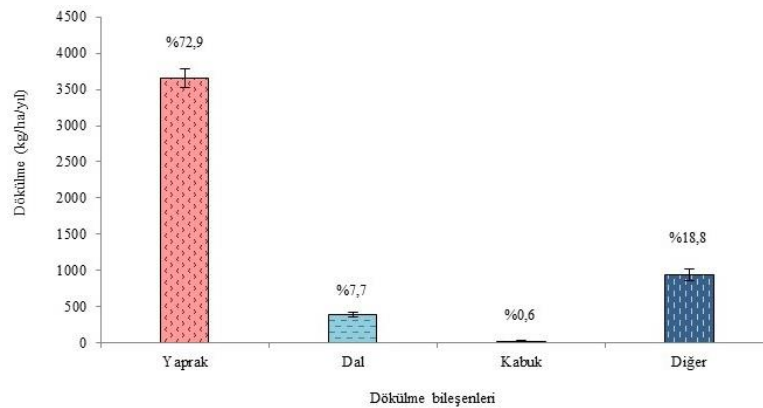
Meşcere özellikleri	Meşcere gelişim çağıları		
	b (d1,3=8-19,9 cm)	c (d1,3=20-35,9 cm)	d (d1,3=36-51,9 cm)
Ortalama yaş (yıl)	44±11	67±22	90±17
Ortalama çap (cm)	19,6±5,0	28,1±10,2	41,5±11,2
Ortalama boy (m)	20,0±2,6	22,9±3,9	28,9±5,1
Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	35,1±6,6	41,5±12,6	35,5±14,4
Ağaç sayısı (ad/ha)	1163±538	848±737	270±167

SS: standart sapma

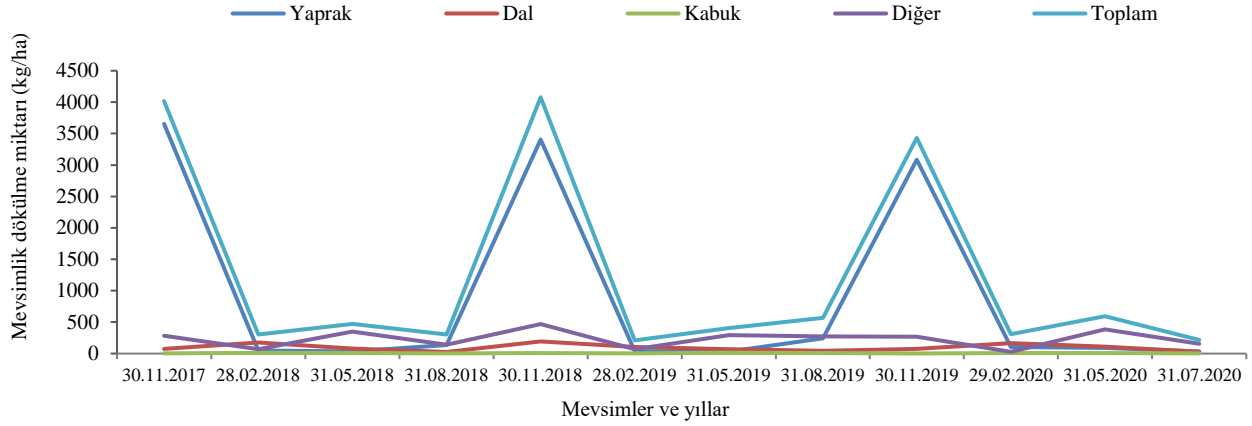
Çizelge 3. Bileşenler itibarıyla yıllık dökülmenin gelişim çağılarına göre değişimi [Ort.±SH (%)]

Meşcere gelişim çağıları	Dökülme bileşenleri (kg/ha/yıl)				
	Yaprak	Dal	Kabuk	Diğer	Toplam
b (d1,3=8-19,9 cm)	2789 ^A ±1157 (70,4)	249 ^A ±139 (6,3)	27 ^A ±36 (0,7)	894 ^A ±555 (22,6)	3959 ^A ±850
c (d1,3=20-35,9 cm)	3994 ^B ±570 (77,0)	464 ^B ±259 (9,0)	28 ^A ±25 (0,5)	697 ^A ±268 (13,5)	5183 ^B ±783
d (d1,3=36-51,9 cm)	3989 ^B ±560 (70,0)	412 ^B ±264 (7,2)	29 ^A ±33 (0,5)	1266 ^B ±753 (22,3)	5696 ^B ±1195
F	13,062	142,183	0,029	5,266	14,036
P	0,000	0,028	0,971	0,008	0,000

Sütünlardaki aynı harfler aralarında fark bulunmayan ($P > 0,05$) benzer grupları göstermektedir, Ort.: aritmetik ortalama, SH: standart hata, P: önem düzeyi



Şekil 3. Dökülme bileşenlerinin toplam dökülme içerisindeki payları (hata çubukları standart hatayı göstermektedir)



Şekil 4. Bileşenler itibariyle mevsimlik dökülme miktarları (birim)

Çizelge 4. Bileşenler itibariyle dökülmenin mevsimlere göre değişimi [Ort.±SH (%)]

Mevsimler	Dökülme bileşenleri (kg/ha)				
	Yaprak	Dal	Kabuk	Diğer	Toplam
Kış (aralık-şubat)	63,6 ^A ±8,8 (23,1)	148,4 ^C ±19,3 (54,0)	8,5 ^A ±2,0 (3,1)	54,2 ^A ±10,0 (19,8)	274,8 ^A ±26,1
İlkbahar (mart-mayıs)	53,5 ^A ±6,2 (10,9)	86,5 ^B ±12,6 (17,6)	8,5 ^A ±2,0 (1,7)	341,8 ^C ±14,4 (69,7)	490,4 ^B ±22,9
Yaz (haziran-ağustos)	159,8 ^A ±22,5 (39,1)	36,9 ^A ±4,4 (9,0)	6,9 ^A ±1,9 (1,7)	204,8 ^B ±30,3 (50,2)	408,4 ^A ±51,5
Sonbahar (eylül-kasım)	3380,9 ^B ±130,0 (88,0)	115,7 ^B ±18,4 (3,0)	4,6 ^A ±1,5 (0,1)	340,9 ^C ±53,6 (8,9)	3842,1 ^C ±132,8
F	617,416	10,071	0,977	18,258	554,892
P	0,000	0,000	0,405	0,000	0,000

Sütunlardaki aynı harfler aralarında fark bulunmayan ($P>0,05$) benzer grupları göstermektedir. Ort.: aritmetik ortalama, SH: standart hata, P: önem düzeyi

Bileşenler itibariyle dökülme miktarı yıllar arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir (Çizelge 5). Atatürk Arboretumundaki (İstanbul) kayın meşcerelerinde yapılan bir çalışmada, üç yıl boyunca (2009-2011) dökülme izlenmiş ve en düşük dökülme 2011 yılında 3902 kg/ha, en yüksek dökülme ise 2010 yılında 6160 kg/ha bulunmuştur (Çakır ve Akburak, 2017). Genel olarak yapılan çalışmalarda dökülme yıllar arasında önemli farklılıklar göstermiştir (Starr vd., 2005; Portillo-Estrada vd., 2013; Çömez vd., 2016; Lado-Monserrat vd., 2016). Ancak çalışmamızda dökülmenin yıllar arasında farklılık göstermemesi araştırma alanımızdaki yağış miktarının yüksek olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

3.3. Dökülme ile ölü örtüye giren karbon miktarı

Karbon yoğunluğu bakımından dökülme bileşenleri arasında istatistiksel bakımdan anlamlı bir farklılık belirlenmiştir ($P<0,001$). Karbon yoğunluğu en yüksek dal bileşeninde (%52,2), en düşük ise kabuk (%49,6) ve diğer bileşenlere ait dökülmeye (%49,6) belirlenmiştir. Dökülme bileşenlerinin tümünü içeren ağırlıklı C oranı ise kayın ormanları için %50,3 olarak hesaplanmış olup, karbon hesaplamalarında kullanılabilir (Çizelge 6). Doğu kayında yapılan bir çalışmada, yaprak, dal ve diğer bileşenlere ait dökülmenin karbon oranları sırasıyla %48,06; 48,84 ve 47,78 bulunmuştur (Çakır ve Akburak, 2017). Yine doğu kayınında yapılan başka bir çalışmada, yaprak dökülmesine ait C oranı % 45,7 olarak belirlenmiştir (Çakıroğlu, 2011). Bulgaristan'da Avrupa kayınında yapılan bir çalışmada, yaprak dökülmesine ait karbon yoğunluğu %45,8-49,3 arasında bulunmuştur (Dimitrova ve Damyanova, 2023). Karbon oranlarına ait bu çalışmalardaki farkın yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira, *Abies nordmanniana* subsp. *equitrojani* (Güner, 2019) ve *Pinus pinaster* (Güner vd., 2019) türlerinde yapılan çalışmalarda, tüm ağaç kütlelerine ait

ağırlıklı karbon yoğunluğunun coğrafik bölgeler arasında önemli farklılıklar ($P<0,05$) gösterdiği bildirilmektedir.

Yaprak, dal, diğer ve toplam dökülme ile ölü örtüye giren yıllık karbon miktarı bakımından gelişim çağları arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P<0,05$). Kabuk dökülmesi ile ölü örtüye giren karbon miktarı bakımından ise gelişim çağları arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($P>0,05$). Ölü örtüye giren karbon miktarı, yaprak, dal ve toplam dökülmeye c ve d gelişim çağındaki meşcerelerde, diğer bileşenlere ait dökülmeye ise d gelişim çağındaki meşcerelerde en yüksek düzeyde olmuştur (Çizelge 7). Doğu kayınında yapılan bir çalışmada, toplam dökülme ile ölü örtüye katılan karbon miktarı ortalama 2189 kg/ha/yıl bulunmuştur (Çakır ve Akburak, 2017). Polonya'daki Avrupa kayını meşcerelerinde toprağa karbon girişinin yıllara göre 1322-2611 kg/ha arasında değiştiği belirlenmiştir (Jonczak, 2013). Bulgaristan'daki Avrupa kayını meşcerelerinde ise yaprak dökülmesi ile ölü örtüye 764,6-1274,4 t/ha/yıl karbon girdiği belirlenmiştir (Dimitrova ve Damyanova, 2023).

3.4. Dökülme ile meşcere ve yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler

Bileşenler itibariyle dökülme miktarı ile meşcere özellikleri, iklim özellikleri ve fizyografik faktörler arasındaki ilişkiler Çizelge 8'de verilmiştir. Genel olarak meşcere özellikleri ile yaprak, diğer ve toplam dökülme arasında pozitif ($P<0,01$), dal ve kabuk dökülmesi arasında ise anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir ($P>0,05$). Genel olarak değerlendirildiğinde, meşcere yaşının ilerlemesine bağlı olarak meşcerenin çap, boy ve göğüs yüzeyinin artması, dolayısıyla, birim alandaki toprak üstü kütlelerin artmasıyla dökülme miktarı artmıştır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara ulaşılmıştır (Clark vd., 2001; Erkan vd., 2018; Çömez vd., 2019).

Çizelge 5. Bileşenler itibarıyla dökülmenin yıllara göre değişimi [Ort.±SH (%)]

Yıllar	Dökülme bileşenleri (kg/ha/yıl)				
	Yaprak	Dal	Kabuk	Diğer	Toplam
1.yıl	3890 ^A ±145 (76,0)	371 ^A ±61 (7,2)	25,7 ^A ±7,3 (0,5)	833 ^A ±110 (16,3)	5121 ^A ±228
2.yıl	3567 ^A ±208 (72,0)	398 ^A ±47 (8,0)	32,4 ^A ±7,5 (0,7)	955 ^A ±140 (19,3)	4953 ^A ±215
3.yıl	3515 ^A ±285 (70,7)	393 ^A ±66 (7,9)	27,2 ^A ±7,4 (0,5)	1037 ^A ±165 (20,9)	4972 ^A ±370
F	0,848	0,057	0,228	0,530	0,107
P	0,434	0,944	0,797	0,0,592	0,898

Sütünlardaki aynı harfler aralarında fark bulunmayan (P>0,05) benzer grupları göstermektedir, Ort.: aritmetik ortalama, SH: standart hata, P: önem düzeyi

Çizelge 6. Karbon yoğunluğunun dökülme bileşenlerine göre değişimi (Ort.±SH)

C (%)	Dökülme bileşenleri				Ağırlıklı C oranı	F	P
	Yaprak	Dal	Kabuk	Diğer			
	50,2 ^B ±0,11	52,2 ^C ±0,15	49,6 ^A ±0,42	49,6 ^A ±0,15	50,3	53,893	0,000

Satırlardaki aynı harfler aralarında fark bulunmayan (P>0,05) benzer grupları göstermektedir, Ort.: aritmetik ortalama, SH: standart hata, P: önem düzeyi

Çizelge 7. Farklı gelişim çağındaki meşcerelerde dökülme ile ölü örtüye giren karbon miktarları (Ort.±SH)

Dökülme bileşenleri	Meşcere gelişim çağıları			F	P
	b (d1,3=8-19,9 cm)	c (d1,3=20-35,9 cm)	d (d1,3=36-51,9 cm)		
Yaprak C (kg/ha/yıl)	1396 ^A ±148	2001 ^B ±63	1987 ^B ±65	12,962	0,000
Dal C (kg/ha/yıl)	132 ^A ±19	243 ^B ±29	217 ^B ±33	3,717	0,031
Kabuk C (kg/ha/yıl)	14 ^A ±5	14 ^A ±3	14 ^A ±4	0,016	0,985
Diğer C (kg/ha/yıl)	446 ^A ±72	347 ^A ±30	637 ^B ±90	5,325	0,008
Toplam C (kg/ha/yıl)	1988 ^A ±110	2606 ^B ±85	2857 ^B ±140	14,052	0,000

Satırlardaki aynı harfler aralarında fark bulunmayan (P>0,05) benzer grupları göstermektedir, Ort.: aritmetik ortalama, SH: standart hata, P: önem düzeyi

Yaprak dökülmesi ile yıllık ortalama sıcaklık arasında pozitif (P<0,01), yıllık toplam yağış arasında negatif (P<0,01) ilişkiler belirlenmiştir. Dal, kabuk, diğer ve toplam dökülme ile iklim özellikleri arasında ise anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir (P>0,05). İklim ile yaprak dökülmesi arasındaki bu ilişkinin temelini su kısıtı oluşturmaktadır. Her ne kadar araştırma alanının iklimi yarı nemli ile nemli arasında değişmekte olsa da sıcaklığın artması, yağışın azalması beraberinde su kısıtı olan yetişme ortamlarını getireceğinden dökülmenin artması beklenen bir durumdur. Zira konu ile ilgili yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara ulaşılmıştır (Pausas, 1993; Erkan vd., 2018).

Fizyografik faktörlerden yükselti ile yaprak dökülmesi arasında negatif (P<0,05), eğim ile yaprak ve toplam dökülme arasında pozitif (P<0,01), RI ile diğer bileşenlere ait dökülme arasında negatif (P<0,05) ilişkiler belirlenmiştir. Yükselti ile yaprak dökülmesi arasındaki ilişki, yükseltideki artış ile yağışın artmasına, sıcaklığın azalmasına, daha nemli yetişme ortamlarının oluşmasına ve dolayısıyla dökülmenin de azalmasına sebep olması ile açıklanabilir. Eğim ile yaprak ve toplam dökülme arasındaki ilişkiler, eğimli alanlardaki toprakların daha sığ, daha taşlı, birim hacimdeki toprak miktarının daha az ve bu alanlardaki toprakların daha az su tutma kapasitesine sahip olması ile açıklanabilir. Diğer yandan İrmak ve Çepel (1968), iklim koşullarının dökülme miktarını etkilediğini bildirmektedir. Keza, dökülme miktarı bir önceki yılın sıcak geçmesi veya yaprakların gelişim döneminde sıcak ve nemli hava koşulları nedeniyle fazla yaprak kütlesi oluşumu gibi faktörlere bağlı olarak da artabilmektedir (Bille-Hansen ve Hansen, 2001). Genel olarak bakı ile dökülme arasındaki ilişkilerin önemsiz bulunması, araştırma alanının hâkim bakışının kuzey ve iklim tipinin nemli olması sebebiyle bakı farkının baskın olarak ortaya çıkmaması ile açıklanabilir.

3.5. Toplam dökülmenin fizyografik faktörler, meşcere ve iklim özellikleri ile tahmin edilmesi

Toplam dökülme (kg/ha/yıl) ile fizyografik faktörler, meşcere ve iklim özellikleri arasındaki aşamalı çoklu regresyon analizi sonuçları Çizelge 9'de verilmiştir. Çizelge 9 incelendiğinde 4 model ortaya çıkmıştır. Bunlardan meşcere yaşı, meşcere göğüs yüzeyi, bakı ve yamaç konumunun bağımsız değişken olarak girdiği 4. modelin (denklem 3) toplam dökülmeyi açıklama oranı eğitim veri seti için %64,5, test veri seti için %58,9 olup, modelin tahmini hatası 724 kg/ha'dır. Elde edilen modeller kullanılarak yöredeki ve benzer yetişme ortamlarındaki kayın meşcerelerinde yıllık dökülme miktarı tahmin edilebilir. Kızılçamda yapılan çalışmada, toplam dökülme meşcere kapalılığı (%), göğüs yüzeyi (m²/ha), hacim (m³/ha) ve bonitet endeksi (m) ile modellenmiş ve modelin toplam dökülmeyi açıklama oranı %81,5 bulunmuştur (Erkan vd., 2018). Sarıçamda yapılan çalışmada, toplam dökülme göğüs yüzeyi (m²/ha) ve bonitet endeksi (m) ile modellenmiş ve modelin toplam dökülmeyi açıklama oranı %66,6 olarak bulunmuştur (Çömez vd., 2019). Kayın, sarıçam ve kızılçamda yapılan bu çalışmalarda modeller giren ortak değişken meşcere göğüs yüzeyi olmuştur. Dolayısıyla toplam dökülmenin modellenmesinde meşcere göğüs yüzeyinin önemli bir değişken olduğu söylenebilir.

$$TD = 2764,652 + 34,919(MY) + 48,195(GY) - 2504,169(RI) - 20,108(YK) \quad (3)$$

Denklemden; TD: toplam dökülme miktarını (kg/ha/yıl), MY: meşcere yaşını (yıl), GY: göğüs yüzeyini (m²/ha), RI: radyasyon indeksini (birimsiz), YK: yamaç konumunu (%) ifade etmektedir.

Çizelge 8. Dökülme ile meşcere ve yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları (r) ve ilişkilerin önem düzeyleri (P)

Meşcere ve yetiştirme ortamı özellikleri	Dökülme bileşenleri (kg/ha)				
	Yaprak	Dal	Kabuk	Diğer	Toplam
Meşcere yaşı (yıl)	0,481**	0,206 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,353**	0,608**
Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	0,405**	0,045 ^{ns}	0,052 ^{ns}	0,036 ^{ns}	0,352**
Meşcere orta çapı (cm)	0,425**	0,199 ^{ns}	0,054 ^{ns}	0,386**	0,579**
Meşcere orta boyu (m)	0,464**	0,222 ^{ns}	0,042 ^{ns}	0,490**	0,667**
Yıllık ortalama sıcaklık (°C)	0,326**	-0,095 ^{ns}	-0,126 ^{ns}	-0,260 ^{ns}	0,105 ^{ns}
Yıllık toplam yağış (mm)	-0,326**	0,095 ^{ns}	0,126 ^{ns}	0,260 ^{ns}	-0,105 ^{ns}
Yükselti (m)	-0,326*	0,095 ^{ns}	0,126 ^{ns}	0,260 ^{ns}	-0,105 ^{ns}
Eğim (%)	0,413**	-0,137 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,096 ^{ns}	0,350**
Yamaç konumu (%)	-0,057 ^{ns}	-0,243 ^{ns}	-0,153 ^{ns}	0,123 ^{ns}	-0,039 ^{ns}
Bakı (RI)	0,131 ^{ns}	-0,019 ^{ns}	0,076 ^{ns}	-0,272*	-0,035 ^{ns}

^{ns}: önemsiz, *: P<0,05, **: P<0,01, RI: radyasyon indisi (birimsiz)

Çizelge 9. Toplam dökülme (kg/ha/yıl) ile fizyografik faktörler, meşcere ve iklim özellikleri arasındaki aşamalı çoklu regresyon analizi sonuçları

Model	R ² (Eğitim veri seti)	R ² (Test veri seti)	P (Model)	SH	Modele giren değişkenler	P (Değişkenler)	VIF	
1	0,370	0,342	0,000	937	Sabit sayısı	3033,338	0,000	-
					Meşcere yaşı (yıl)	28,916	0,000	1,000
2	0,475	0,442	0,000	863	Sabit sayısı	1836,347	0,000	-
					Meşcere yaşı (yıl)	28,191	0,000	1,002
					Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	33,026	0,000	1,002
3	0,540	0,489	0,000	816	Sabit sayısı	1726,966	0,000	-
					Meşcere yaşı (yıl)	27,926	0,000	1,003
					Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	49,791	0,000	1,418
					Radyasyon indisi	-1633,926	0,000	1,415
4	0,645	0,589	0,000	724	Sabit sayısı	2764,652	0,000	-
					Meşcere yaşı (yıl)	34,919	0,000	1,209
					Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	48,195	0,000	1,420
					Radyasyon indisi	-2504,169	0,000	1,665
					Yamaç konumu (%)	-20,108	0,000	1,480

R²: belirleme katsayısı, P: önem düzeyi, SH: tahmini standart hata, VIF: varyans şişirme faktörü

4. Sonuç ve öneriler

Marmara Bölgesindeki doğu kayını ormanlarında meşcere gelişim çağlarına göre dökülme miktarını ve bu yolla ölü örtüye katılan karbon stokunu belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, toplam ölü örtü dökümü miktarı gelişim çağlarına göre 3959 kg/ha/yıl ile 5698 kg/ha/yıl arasında değişmekte olup, gelişim çağının ilerlemesine bağlı olarak dökülme miktarı artmıştır. Kayın ormanlarındaki yıllık dökülmenin yaklaşık 3/4'ünü yaprak dökülmesi oluşturmaktadır (3658 kg/ha/yıl). Gerek yaprak dökülmesi (3380 kg/ha) ve gerekse toplam dökülme (3842 kg/ha) en fazla sonbahar mevsiminde oluşmaktadır. Dökülmeye ait ağırlıklı karbon oranı %50,3 olarak belirlenmiştir. Bu değer kayın ormanlarında dökülme ile ölü örtüye katılan karbon miktarının hesaplanmasında kullanılabilir. Toplam dökülme ile ölü örtüye giren C stoku gelişim çağlarına göre 1988-2857 kg/ha/yıl arasında değişmektedir. Çalışmamızda normal kapalıltaki meşcerelerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Kapalıltığın azaltılarak meşcere yapısının değiştirilmesi durumunda ölü örtüye karbon girişinin nasıl etkileneceği ileride yapılacak olan araştırmalarla ortaya konulmalıdır. Kayın ormanlarındaki toplam dökülme meşcere özellikleri, iklim özellikleri ve fizyografik faktörler ile tahmin edilmiştir. Elde edilen modeller kullanılarak yöredeki ve benzer yetiştirme ortamlarındaki kayın meşcerelerinde yıllık dökülme miktarı tahmin edilebilir. Bu araştırma ile ortaya konulan bulgular AKAKDO sektörünün uzun dönemli hedefleri arasında yer

alan modelleme çalışmalarında kullanılabilir. Benzer çalışmaların farklı coğrafik bölgelerde ve farklı ağaç türlerinde yapılmasına özen gösterilmelidir.

Açıklama

Bu çalışma, Orman Genel Müdürlüğü tarafından "Kayın meşcerelerinde ölü örtü dökümü miktarı ve karbon içeriğinin belirlenmesi (ESK-32(6322)/2017-2022)" isimli proje kapsamında desteklenmiştir.



Kaynaklar

- Aertsen, W., Kint, V., Orshoven, J., Özkan, K., Muys, B., 2010. Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling*, 221(8): 1119-1130. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.01.007>
- Akman, Y., Barbero, M., Quezel, P., 1979. Contribution à l'étude de la végétation forestière d'Anatolie méditerranéenne. *Phytocoenologia*, 5(3): 277-346.
- Berg, B., Lazkowski, R., 2005. Litter Fall. *Advances in Ecological Research*, 38: 19-71. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(05\)38002-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(05)38002-0)
- Bille-Hansen, J., Hansen, K., 2001. Relation between defoliation and litterfall in some danish *Picea abies* and *Fagus sylvatica* stands. *Scandian Journal of Forest Research*, 16: 127-137. <https://doi.org/10.1080/028275801300088189>

- Bueis, T., Bravo, F., Pando, V., Turrión, M.B. 2017. Influencia de la densidad del arbolado sobre el desfronde y su reciclado en pinares de repoblación del norte de España. *Bosque*, 38(2): 401-407. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000200017>
- Clark, D.A., Brown, S., Kicklighter, D.W., Chambers, J.Q., Thomlinson, J.R., Ni, J., Holland, E.A. 2001. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. *Ecological Applications*, 11: 371-384. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[0371: NPPITF\] 2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[0371: NPPITF] 2.0.CO;2)
- Çakır, M., Akburak, S., 2017. Litterfall and nutrients return to soil in pure and mixed stands of oak and beech. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(2): 178-193. <http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.301602>
- Çakıroğlu, K., 2011. Bartın ili Arıt yöresindeki kayın, göknar, göknar-kayın meşcerelerindeki ölü örtü ayrışması ve yıllık yaprak dökülmesinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Çömez, A., Güner, Ş.T., Tolunay, D., 2016. Sündiken Dağları Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde İbre Dökümü ve Ölü Örtü Ayrışması ile Üst Topraktaki Karbon Birikimi Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: ESK-09 (6303), Eskişehir.
- Çömez, A., Tolunay, D., Güner, Ş.T. 2019. Litterfall and the effects of thinning and seed cutting on carbon input into the soil in Scots pine stands in Turkey. *European Journal of Forest Research*, 138(1): 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10342-018-1148-6>
- Dimitrova, V., Damyanova, S., 2023. Chemical composition of litterfall in beech (*Fagus sylvatica* L.) forests. *Wseas Transactions on Environment and Development*, 19: 412-417. <https://doi.org/10.37394/232015.2023.19.38>
- Dimitrova, V., Dimitrov, D., Malchev, D., 2023. Litterfall in beech forest (*Fagus sylvatica* L.). V. International Halich Congress on Multidisciplinary Scientific Research, 15-16 January, Istanbul, Türkiye, pp. 702-706.
- DTREG., 2023. DTREG predictive modeling software. <https://www.dtreg.com/>, Erişim: 06.06.2023.
- Erkan, N., Güner, Ş.T., 2018. Determination of carbon concentration of tree components for Scotch pine forests in Türkmen Mountain (Eskişehir, Kütahya) Region. *Forestist*, 68(2): 87-92. <https://doi.org/10.26650/forestist.2018.330657>
- Erkan, N., Comez, A., Aydın, A.C., Denli, O., Erkan, S., 2018. Litterfall in relation to stand parameters and climatic factors in *Pinus brutia* forests in Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33(4): 338-346. <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1406135>
- González-Rodríguez, H., López-Hernández, J. M., Ramírez-Lozano, R. G., Gómez-Meza, M. V., Cantú-Silva, I., Sarquís-Ramírez, J. I., Mora Olivo, A. 2019. Litterfall deposition and nutrient return in pine-oak forests and scrublands in northeastern Mexico. *Madera y Bosques*, 25(3): e2531514. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531514>
- Güner, Ş.T., 2019. Changes in carbon concentration of tree components for Kazdağ fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equitrojani*) forests. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(1): 116-123.
- Güner, Ş.T., Özel, C., Türkkın, M., Akgül, S., 2019. Türkiye'deki sahilçamı ağaçlandırmalarında ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluklarının değişimi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 6(2): 167-176. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.546116>
- Irmak, A., Çepel, N., 1968. Belgrad Ormanı'nda seçilen birer kayın, meşe, karaçam meşceresinde yıllık yaprak dökümünün miktarı ve bu yolla toprağa verilen besin maddelerinin tespiti üzerine araştırmalar. *Istanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A18(2): 53-76.
- IUSS Working Group WRB, 2015. World reference base for soil resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106, FAO, Rome.
- Jiménez, M.N., Navarro, F.B., 2016. Thinning effects on litterfall remaining after 8 years and improved stand resilience in Aleppo pine afforestation (SE Spain). *Journal of Environmental Management*, 169: 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.12.028>
- Jonczak, J., 2013. Dynamics, structure and properties of plant litterfall in a 120-year old beech stand in Middle Pomerania between 2007-2010. *Soil Science Annual*, 64(1): 8-13.
- Kavvadiasa, V.A., Alifragisa, D., Tsiontsisb, A., Brofasc, G., Stamatelosd, G., 2001. Litterfall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece. *Forest Ecology and Management*, 144: 113-127. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00365-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00365-0)
- Koray, E.Ş., Tolunay, D., 2020. Türkmen Dağı karaçam meşcerelerinde döküm ile ekosisteme giren besin maddesi miktarları. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 21(3): 201-214. <https://doi.org/10.18182/tjf.727552>
- Lado-Monserrat, L., Lidón, A., Bautista, I., 2016. Erratum to: Litterfall, litter decomposition and associated nutrient fluxes in *Pinus halepensis*: Influence of tree removal intensity in a Mediterranean forest. *European Journal of Forest Research*, 135(1): 203-214. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0893-z>
- MGM., 2020. Meteorolojik Veri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Moisen, G.G., Frescino, T.S., 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, 157: 209-225. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00197-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00197-7)
- MTA., 2021. 1:500,000 Ölçekli Türkiye jeoloji haritaları. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/500bas>, Erişim: 04.01.2021.
- Navarro, F.B., Romero-Freire, A., Del Castillo, T., Foronda, A., Jiménez, M.N., Ripoll, M. A., Sánchez-Miranda, A., Huntsinger, L., Fernández-Ondono, E. 2013. Effects of thinning on litterfall were found after years in a *Pinus halepensis* afforestation area at tree and stand levels. *Forest Ecology and Management*, 289(1): 354-362. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.026>
- OGM., 2021. Türkiye Orman Varlığı 2020. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Özkan, K., Berger, U., 2014. Predicting the potential distribution of plant diversity in the yukarıgökdere forest district of the Mediterranean region. *Polish Journal of Ecology*, 62: 441-454.
- Özyuvacı, N., 1999. Meteoroloji ve Klimatoloji. İstanbul Üniversitesi Yayın No. 460, İstanbul.
- Pausas, J.G., 1993. Litterfall in two Pyrenean stands of *Pinus sylvestris* L. under different environmental conditions. *Folia Botanica Miscelanea*, 9: 127-136.
- Pérez-Alaveza, Y., Rodríguez-Ortiz, G., Santiago-Garciab, W., Campos-Angelesa, G.V., Enriquez-del Vallea, J.R., Martin, M.P., 2023. Effect of thinning intensity on litterfall biomass and nutrient deposition in a naturally regenerated *Pinus pseudostrobus* Lind. forest in Oaxaca, Mexico. *Journal of Sustainable Forestry*, 42(1): 77-94. <https://doi.org/10.1080/10549811.2021.1946410>
- Portillo-Estrada, M., Korhonen J.F.J., Pihlatie, M., Pumpanen, J., Frumau, A.K. F., Morillas, L., Tosens, T., Niinemets, Ü., 2013. Inter- and intra-annual variations in canopy fine litterfall and carbon and nitrogen inputs to the forest floor in two European coniferous forests. *Annals of Forest Science*, 70: 367-379. <https://doi.org/10.1007/s13595-013-0273-0>
- Qin, Q., Wang, H., Li, X., Xie, Y., Lei, X., Zheng, Y., Yang, D., Wang, F., 2019. Spatial heterogeneity and affecting factors of litter organic carbon and total nitrogen over natural spruce-fir mixed forests in northeastern China. *Catena*, 174: 293-300. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.020>

- Regina, I.S., Tarazona, T., 2000. Nutrient return to the soil through litterfall and throughfall under beech and pine stands of sierra de la Demanda, Spain. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14(3): 239-252. <http://dx.doi.org/10.1080/089030600406653>
- Sargıncı, M., Yıldız, O., Tölunay, D., Toprak, B., Temür, Ş., 2021. Leaf litter dynamics in Western Black Sea mountainous forest ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(12): 1821-1832. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0489>
- SPSS., 2015. *SPSS 22.0 Guide to Data Analysis*, published by Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Starr, M., Saarsalmi, A., Hokkanen, T., Merilä, P., Helmisaari, H.S., 2005. Models of litterfall production for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Finland using stand, site and climate factors. *Forest Ecology and Management*, 205: 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.047>
- Türe, C., Tokur, S., Ketenoğlu, O., 2005. Contribution to the syntaxonomy and ecology of the forest and shrub vegetation in Bithynia, Northwestern Antolia, Turkey. *Phyton (Austria)*, 45: 81–115. <https://eurekamag.com/research/004/088/004088365.php>
- Ukonmaanaho, L., Pitman R, Bastrup-Birk A, Breda N, Rautio P, 2016: Part XIII: Sampling and Analysis of Litterfall. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Thünen Institute for Forests Ecosystems, Eberswalde, Germany, 15 p. <http://www.icpforests.org/Manual.htm>].
- Zhu, X., Zou, X., Lu, E., Deng, Y., Luo, Y., Chen, H., Liu, W., 2021. Litterfall biomass and nutrient cycling in karst and nearby non-karst forests in tropical China: a 10-year comparison. *Science of The Total Environment*, 758: 143619. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143619>

Karaçam, kızılçam, boylu ardıç ve meşe ormanlarında bitki tür çeşitliliği ve çevresel faktör ilişkileri

Halil İbrahim Ürkmez^{a,*} , Serkan Gülsoy^a 

Özet: Bu çalışmada Dursunbey (Balıkesir) ilçesinde Karaçam, kızılçam, boylu ardıç ve meşe ormanlarında, bitki tür çeşitliliği ile çevresel değişkenler ve bazı meşçere özellikleri ilişkilendirilmiştir. Alternatif indis (Shannon-Wiener, Simpson, Whittaker) ve sayısal dönüşümlerden faydalanılarak alfa, beta ve gama düzeylerinde çeşitlilik hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. İkili doğrusal ilişkiler ve modelleme analiz sonuçlarına göre, yörede karaçam, kızılçam ve boylu ardıç türlerinin hâkim olduğu ormanlarda, meşe ormanlarına kıyasla alfa bitki çeşitliliği daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca vadi ya da kanyon arazi yüzey formu özelliği bu ormanlardaki alfa tür çeşitliliğine önemli katkı sağlamıştır. Beta çeşitliliğinde kullanılan alternatif ölçekler ilişkilerde önemli farklılığa sebep olmuştur. 20x20m ölçekli dört alt örnek alan verisine göre yapılan hesaplamalarda beta çeşitliliği meşe ormanlarında en yüksek bulunurken, 100x100m boyutlarındaki ana örnek alanlardan elde edilen verilerde bu durumun tersi olarak meşe ormanlarında en düşük, karaçam ormanlarında ise en yüksek beta çeşitliliği hesaplanmıştır. Diğer yandan meşçerelerin kapalılık derecesi beta çeşitliliğinde önemli fark oluşturmuştur. Beta çeşitliliği en yüksek boşluklu kapalı meşçerelerde (%1-10 arası), en düşük ise tam kapalı meşçerelerde (%71-100 arası)'dir. Beta çeşitliliğinde en etkili çevresel değişken ise yükselti olmuştur. İlçe ormanlarında yükseltinin artışı ile değişen iklim koşulları ve jeomorfolojik heterojenlik beta çeşitliliğinin yükselmesine sebep olmuştur. Bu çalışmada gama çeşitlilik düzeyinde ise istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturan herhangi bir çevresel değişken belirlenememiştir.

Anahtar kelimeler: Biyoçeşitlilik, Çevresel faktörler, Vegetasyon örtüsü, Meşçere tipi, Yükselti

Plant species diversity and environmental factor relations in black pine, brutian pine, crimean juniper and oak forests

Abstract: In this study, plant species diversity in Black pine, Red pine, Crimean juniper and oak forests in Dursunbey (Balıkesir) district was associated with some environmental variables and stand characteristics. Diversity calculations were performed at alpha, beta and gamma levels by using alternative indices (Shannon-Wiener, Simpson, Whittaker) and numerical transformations. According to the results of linear correlations and modeling analysis, alpha plant diversity was found to be higher in the forests where black pine (*Pinus nigra*), red pine (*Pinus brutia*), and juniper (*Juniperus excelsa*) species are dominant compared to oaks. In addition, the valley or canyon landforms contributed significantly to the alpha species diversity in these forests. Alternative scales used in the study caused significant differences in beta diversity. In the calculations made according to the data of 4 sub-samples of 20x20m, beta diversity was found to be the highest in oak forests, whereas in the data obtained from the main sample areas of 100x100m, on the contrary, the lowest beta diversity was calculated in oak forests and the highest in black pine forests. The degree of the canopy of the stands made a significant difference in beta diversity. Beta diversity is highest in discontinuous stands (1-10%), and the lowest in full canopy stands (71-100%). The most significant environmental variable for beta diversity was elevation. Changing climatic conditions and geomorphological heterogeneity due to the increase in elevation in the forests of the district have led to an increase in beta diversity. No statistically significant relationship was found between environmental variables and gamma diversity.

Keywords: Biodiversity, Environmental factors, Vegetation covace, Stand type, Elevation

1. Giriş

Farklı bakış açılarına göre dünya genelinde kabul gören büyük uluslararası çevre ve ormancılık örgütleri (FAO, IUFRO, UNFCCC, UN-CBD) tarafından, ormanların değişik tanımları, değerlendirilmesi ve taşıdığı değer ifade edilmiştir (Chazdon vd., 2016). Bu tanımlamalarda genel olarak alansal (0.5-1 ha), tepe tacı örtüş alanı (%10'dan fazla), olgun bireylerdeki ağaç boyu (en az 2-5m) gibi kriterlere göre ormanın tanımlamaları yapılmıştır. Genel bir yaklaşımla ele alındığında ise ormanlar sayısız canlı için yaşama ortamları

olup, insanların yiyecek, su, enerji, yapı malzemesi, yakacak odun, turizm ve rekreasyon gibi ihtiyaçlarını karşıladığı, sayısız diğer birçok canlı için yaşama ortamı olan en temel karasal ekosistemler olarak tanımlanabilmektedir (Teshager vd., 2018). Dolayısıyla ormanlar sadece belirli bir kapalılığa ve sınıra sahip bir ağaç topluluğu değil, bitki, hayvan, mantar, toprak, su ve iklim gibi birçok canlı ve cansız unsuru bünyesinde barındıran eşsiz ekosistemlerdir.

Dünya üzerindeki türlerin büyük bir bölümünü barındıran karmaşık yapıdaki ormanlar insanlar ve diğer canlılar için önem arz eden tedarik, düzenleme, kültürel ve destekleme

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): halilibrahimurkmez10@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 02.08.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 25.08.2023



Citation (Atf): Ürkmez, H.İ., Gülsoy, S., 2023. Karaçam, kızılçam, boylu ardıç ve meşe ormanlarında bitki tür çeşitliliği ve çevresel faktör ilişkileri. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 223-234.

DOI: [10.18182/tjf.1336614](https://doi.org/10.18182/tjf.1336614)

fonksiyonlarına sahip birçok ekosistem ürün ve hizmetleri sunmaktadır (Pan vd., 2013). Ormanlar için ifade edilen ekosistem hizmetlerinin en önemli bileşenlerinden birisi biyoçeşitliliğin korunması olup, karasal habitatlar arasında, yapısal heterojenlikleri ve nişlerin çeşitliliği göz önünde bulundurulduğunda ormanlar en yüksek biyolojik çeşitliliğe sahip ekosistemler olarak tanımlanmaktadır (Fredericksen, 2021). Farklı mikro iklim koşulları, nişler ve habitatlar sunan ormanlar, zengin yapısal çeşitlilik formasyonları ile biyolojik çeşitliliğin artışına imkân sağlamaktadır (Pan vd., 2018). Küresel ölçekte karasal ekosistemlerin yaklaşık %30'unu kaplayan ormanlar, tanımlanmış bitki ve hayvan türlerinin %50'den fazlasını barındırarak biyoçeşitliliğin merkezinde yer almaktadır (Morales-Hidalgo vd., 2015; Keenan vd., 2015). Zira dünyadaki karasal türlerin büyük bir bölümünün ormanlarda barındığı bilinmektedir (Primack, 2014). Hatta bazı taksonların yaşama ortamlarının sadece ormanlar ile sınırlı olduğu ifade edilmektedir (IUCN, 2019). Dünyada birçok türün tehdit altında olarak listelenmesi, yakın zamanda daha yüksek bir tehdit kategorisine dahil olması ve popülasyonlarının azalması ile ormansızlaşma arasında doğru orantı olduğu ifade edilerek, bu duruma bağlı küresel biyoçeşitlilik kaybının kritik bir çevresel kriz boyutuna ulaştığı ifade edilmektedir (Betts vd., 2017).

Dünya biyolojik çeşitliliğinin üçte ikisini barındırdığı tahmin edilen tropik bölgelerde, ormanların yılda %0.8 oranında yok olduğu, son 25 yılda ise insan kaynaklı faaliyetler sonucu %10'unu kaybettiği ifade edilmektedir (Arora, 2018). Yine 1980 yılından sonra yaklaşık 30 yıllık bir dönemde dünyanın oksijen merkezi olarak kabul edilen tropikal ormanlarda, 150 milyon hektardan fazla alanın tarıma açıldığı belirtilmiştir (Gibbs vd., 2010; Edwards vd., 2019). Sonuç olarak ormanların bu ve benzeri sebepler ile tahrip olması, küresel ölçekte biyolojik çeşitlilik için önemli kayıpların ve kaygıların oluşumuna sebep olmuştur.

Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi tarafından belirlenen temel hedeflerden birisi, ormanları, sulak alanları, çöl ekosistemlerini ve biyolojik çeşitliliği korumak şeklinde ifade edilmiştir (Li, 2020). Yaşam için iki büyük zorunluluk olan iklim değişikliği ve biyolojik çeşitliliğin merkezinde yer alan ormanların başarılı bir şekilde yönetimi ile, orman yapısı ve bileşimi muhafaza edilerek uzun vadede ormanların ekosistem hizmetleri güvence altına alınıp, biyolojik çeşitlilik kaybının durdurulması ve iklim değişikliği etkilerinin hafifletilmesi mümkün olabilecektir (Messier vd., 2019; Asbeck vd., 2021). Ormanlarda ağaçların kompozisyonu, yapısı ve mekânsal düzenlemesindeki farklılıklar şeklinde yönetimsel değişkenlikler ile ekosistemde bir yandan biyokütle ve karbon stokları şekillenirken, diğer yandan biyolojik çeşitlilik için manidar sonuçların elde edilebileceği ifade edilmiştir (Storch vd., 2018). Durum böyle olmasına rağmen, orman yönetiminin biyolojik çeşitlilik üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileri henüz tam olarak netleşmiş durumda değildir (Bohn ve Huth, 2017). Dolayısıyla ormanlarda ekolojik araştırmalar ile biyolojik çeşitliliğin ekosistem işleyişini ve süreçlerini nasıl etkilediğine dair bilgilerin netleştirilmesi gerekmektedir (Yue vd., 2022).

Bitki tür zenginliği ve endemizm oranlarına göre hemen hemen tüm Avrupa ülkelerinin önünde yer alan Türkiye'de (Davis vd., 1988; Özhatay vd., 2009), biyolojik çeşitliliğin ana merkezi dünya genelinde olduğu gibi ebetteki yine orman alanlarıdır. Dolayısıyla ekonomik, ekolojik ve sosyokültürel işlevlerini yerine getiren ülke ormanlarında, biyolojik

çeşitliliğin korunması, sürdürülebilirliği ve iyileştirilmesi adına bilimsel çalışmaların tamamlanması ve yönetimsel uygulamaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Özdemir vd., 2005; Özçelik, 2006). Bu doğrultuda özellikle yapılacak olan ekolojik araştırmalara ise her zaman ihtiyaç duyulmaktadır.

Biyolojik çeşitlilik ile ilgili olarak tamamlanan ekolojik araştırmalar, genel olarak tür çeşitliliği, ekosistem çeşitliliği ve genetik çeşitlilik olmak üzere üç kategoride ele alınmaktadır (Gülsoy ve Özkan, 2008; Negiz ve Kurt, 2017). Bunlar içerisinde Türkiye'de orman alanlarında biyolojik çeşitlilik ile ilgili tamamlanan ekolojik araştırmaların büyük bir bölümü bitki tür çeşitliliği ile alakalı olmuştur (Özkan, 2006; Özkan ve Süel, 2008; Işık ve Uğurlu, 2011; Negiz ve Kurt, 2017). Bu çalışmalarda genel olarak tür çeşitliliği alfa, beta ve gama (Whittaker, 1972; Legendre vd., 2005; Özkan, 2010; Özkan, 2016) düzeylerinde ele alınarak incelenmiştir. Yine orman ekosistemlerinde yapılan bu çalışmaların büyük bir bölümünde ise tür çeşitliliği ve yetiştirme ortamı arasındaki ilişkiler ele alınmıştır (Özkan, 2006; Negiz ve Aygül, 2019; Şentürk vd., 2019). Konuya yönelik tamamlanan bu çalışmalarda farklı orman ağacı türlerinin hâkim olduğu meşçere formasyonlarında bitki tür çeşitliliğinin durumu hakkında bilgiler ise pek araştırılmamıştır. Buradan hareketle gerçekleştirilen bu çalışmada karaçam, kızılçam, ardıc ve meşe ormanlarında, bitki tür çeşitliliği belirlenerek hem çevresel faktörler ile çeşitlilik arasındaki ilişkiler, hem de farklı meşçere formasyonlarında bitki tür çeşitliliği değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Araştırmanın gerçekleştirildiği alan Balıkesir ili Marmara Bölgesine bağlı olmasına rağmen Dursunbey ilçesi Ege bölgesi özelliklerini taşımaktadır. Dursunbey ilçesi, 28° 22' 20" - 28° 45' 06" doğu boylamları ile 39° 40' 48" - 39° 32' 41" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). 26 000 ha büyüklüğünde olan çalışma alanının yüksekliği 258 m ile 1318 m arasında değişmektedir. Alan Ege iklim kuşağı ile Marmara iklim kuşağı arasında geçiş bölgesinde olup, Koppen sınıflamasına göre Csa (Kışı ılık, yazı çok sıcak ve kurak iklim) ve Csb (Kışı ılık, yazı sıcak ve kurak iklim) iklim tiplerinin etkisi altında kalmaktadır (Erinç, 1984). Emberger'in biyo-iklim sınıflamasına göre ise çalışma alanı az yağışlı-soğuk iklim tipi sınıfında yer almaktadır (Akman, 1990). Thornthwaite yönteminden elde edilen yağış etkinlik indisi (Im)'ne göre ise bölge Kurak-İklimler (C1) iklim sınıfına denk gelmektedir (Thornthwaite, 1948). Alanın uzun yıllara ait aylık ortalama sıcaklık verileri incelendiğinde en yüksek sıcaklığın yaşandığı ayın 25.6 °C ile Temmuz ayı, en düşük sıcaklığın yaşandığı ayın ise 4.7 °C ile Ocak ayı olduğu tespit edilmiştir. Bölgedeki ortalama yağış miktarına bakıldığında yıllık ortalama yağış miktarının 599.4 mm olduğu tespit edilmiştir.

Akdeniz iklimine sahip çalışma alanında bitki coğrafyasına bakıldığında, araştırma alanı Davis (1965-1985) kareleme sistemine göre B2 karesinde ve Akdeniz flora bölgesinde yer almaktadır. Bölgedeki en baskın ağaç türleri kızılçam ve karaçamdır.

2.2. Yöntem

Bu çalışma süresince 100x100 m (10 000 m²) boyutlarında 108 adet ana örnek alanda ve bu örnek alanların içerisinde 20x20 m (400 m²) boyutlarında 4 alt örnek alanda envanter yapılmıştır (Şekil 2).

Örnek alanlarda bitki türleri Braun-Blanquet örtü-bolluk skala sistemine göre kaydedilmiştir (Braun-Blanquet, 1964). Daha sonra Fontaine vd. (2007) tarafından ve Westhoff ve Van Der Maarel (1973) tarafından önerilen sistematığe göre bitki türlerine ait bolluk değerlerinin kantitatif dönüşüm işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu matris var-yok veri setine dönüştürülmüştür. Özetle çalışma alanında kayıt edilen tüm bitki türlerinin kaplama alan değerleri, çeşitlilik hesabına uygun şekilde bolluk skalasına uygun olarak sayısal değerlere dönüştürülmüştür.

Örnek alanlarda sırasıyla Shannon-Wiener indisi (H') (Shannon, 1948) ve Simpson indisi (λ) (Simpson, 1943) indisi kullanılarak alfa çeşitlilik hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad (1)$$

$$\lambda = \sum_{i=1}^s p_i^2 \quad (2)$$

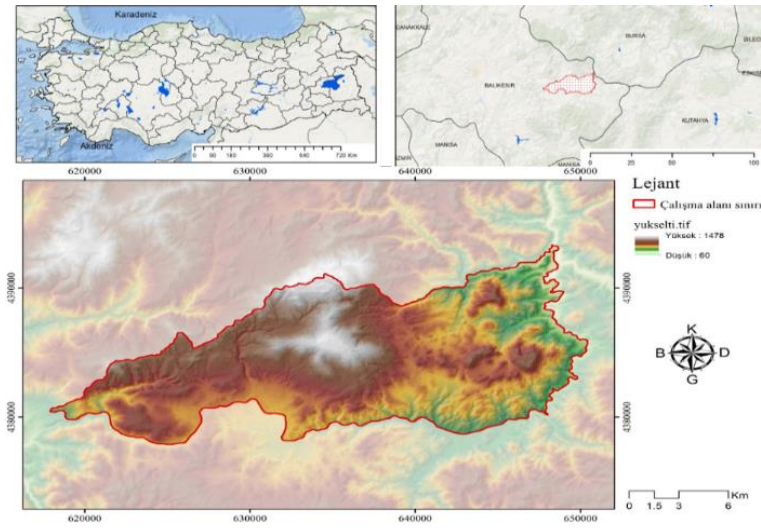
Formüllerde yer alan p_i türlerin oransal değerleridir. Simpson indisi (λ) hesaplamalarında alfa çeşitliliğinin 1- λ heterojenlik formülü kullanılmıştır (Özkan, 2016).

Tür zenginliği hesabında aşağıdaki indisten yararlanılmıştır (Peet, 1974).

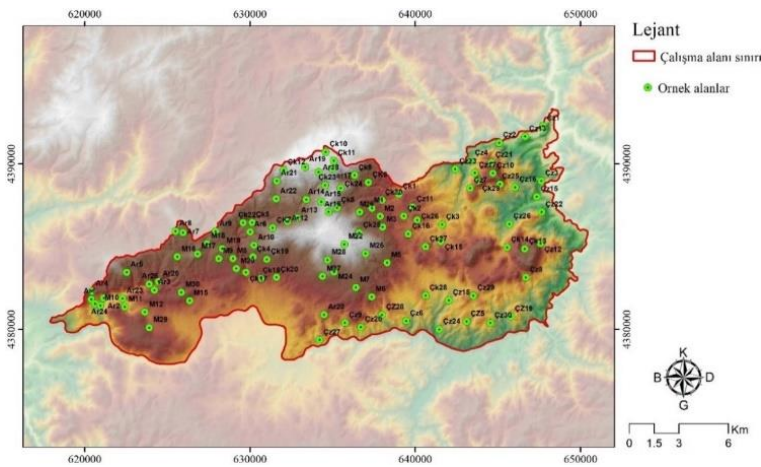
$$S = \sum_i^S S_i \quad (3)$$

Örnek alanlarda türlerin sahip oldukları örtüş değerlerine göre dengeli dağılımlarını belirlemek için aşağıdaki indis ile eşitlik hesaplamaları gerçekleştirilmiştir (Pielou, 1966).

$$E = H'/H_{\max} \quad (4)$$



Şekil 1. Çalışma alanı konum haritası



Şekil 2. Araştırma alanı içerisinde çalışma yapılan örnek alanların dağılımı

Beta çeşitliliği için ise bolluk verilerine göre evrensel beta hesaplamalarında aşağıdaki indis kullanılmıştır (Lande, 1996).

$$H_{ara} = \sum_j q_j H_{(j,T)} \quad (5)$$

Var-yok verilerine göre evrensel beta hesaplamalarında kullanılan indis ise aşağıda verilmiştir (Whittaker, 1960).

$$\beta_w = \frac{\gamma}{\alpha} - 1 \quad (6)$$

Bolluk verilerine göre evrensel beta çeşitliliği hesaplama sürecinde aynı zamanda 4 alt toplumlu ana toplumun (üst toplum) gama çeşitliliği γ değeri olarak bu aşamada hesaplanmıştır. Biyolojik çeşitlilik bileşenleri ile ilgili hesaplamaların tamamı “Biyolojik Çeşitlilik Bileşen (BİÇEB) Hesaplama Yazılımı” ile gerçekleştirilmiştir (Özkan vd., 2020).

Biyoçeşitlilik bileşenleri ile ilişkilendirilmek üzere çalışmaya dahil edilen çevresel değişken değerlerinin tümü araştırma alanı ölçeğinde oluşturulan sayısal altlık haritalardan temin edilmiştir. Bu süreçte ilk olarak araştırma alanı sınırlarına göre ArcMAP içerisinde sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur (Mitchell ve Minami, 1999; Mitchell, 2005; Mitchell, 2012). Daha sonra bu SYM’den yararlanılarak Spatial Analyst Tools/Surface araç takımı ile eğim sınıfları, bakı sınıfları ve gölgelenme indeksi haritaları oluşturulmuştur. Çalışma alanına ait eğim sınıfları 9 grupta kategorize edilmiştir. Fakat çalışma yapılan örnek alanlardan hiçbirisi 0°-2° arası “Düz” eğimli arazi ve 45°’den büyük “Pek sarp” arazi sınıfına denk gelmemiştir. Dolayısıyla eğim sınıfları 1 (az eğimli): 2.1°-5.0°; 2 (orta eğimli): 5.1°-10.0°; 3 (çok eğimli): 10.1°-20.0°; 4 (dik): 20.1°-30.0°; 5 (sarp): 30.1°’den büyük şeklinde kategorize edilmiştir. Bakı grupları ise 1: kuzey, 2: kuzeydoğu, 3: doğu, 4: güneydoğu, 5: güney, 6: güneybatı, 7: batı, 8: kuzeybatı şeklinde kategorize edilmiştir. Topography Tools/Upland aracı ile arazi yüzey formu indeksi, sırasıyla sabah 08:00, öğle 12:00 ve genel solar aydınlanma indeksi haritaları, topografik nemlilik indeksi ve topografik pozisyon indeksi altlık haritaları elde edilmiştir. Araştırma alanına ait arazi yüzey formu 10 grupta sınıflandırılmış olup bunlar; 1: Kanyon, 2: Sığ vadi, 3: Kuru dereler, 4: U şeklinde vadi, 5: Düzlük- Ovalık, 6: Sabit eğimli yamaçlar, 7: Üst yamaç araziler, 8: Vadi içi tepeler, 9: Hafif eğimli tepeler ve 10: Dağ zirvesi şeklinde kategorize edilmiştir. Terrain Tools ve Geomorphometry & Gradient Metrics/Surface Texture araç dizilimi yardımıyla ise engebellelik indeksi ve pürüzlülük indeksi haritası oluşturulmuştur. Spatial Analyst Tools/Map Algebra araç dizilimi ile sırasıyla radyasyon indeksi (Moisen ve Frescino, 2002; Peterson vd., 2007; Aertsen vd., 2010; Wei vd., 2010; Brown ve Ahl, 2011; Mert ve Kıraç, 2017) ve sıcaklık indeksi

(Parker, 1988; Austrheim vd., 1999; Zeleny ve Chytry, 2007; Pal Axel vd., 2009; Anderson vd., 2013; Mert ve Kıraç, 2017) formülleri kullanılarak bu iki değişkene ait altlık haritaları oluşturulmuştur.

Çalışma alanına ait anakaya haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü’nden temin edilerek koordinatlı hale dönüştürülmüştür (MTA, 2011). Çalışma alanı sınırlarına 6 farklı grupta anakaya formasyonu denk gelmektedir. Bunlar sırasıyla 1: Mermer; 2: Karasal kırıntılı kayalar; 3: Piroklastik kayalar; 4: Ofiyolitik melanj; 5: Metakrıntılı ve metakarbonatlı kayalar; 6: Ayrılmamış volkanitler şeklinde kategorize edilmiştir. Çevresel altlıkların hazırlanması sürecinin bir diğer aşamasında www.worldclim.org (WorldClim) adresinden yıllık ortalama sıcaklık (°C/BIO1) ve yıllık toplam yağış (mm/BIO12) verileri indirilerek (Fick ve Hijmans, 2017) çalışma alanı boyutlarına göre kesilmiştir. Özetle çalışma yapılan 108 adet ana örnek alanda 18 adet çevresel değişken ilişkilere dahil edilmek üzere kodlar verilerek kayıt edilmiştir (Çizelge 1).

Çalışma süresince 1: kızılçam (Çz); 2: karaçam (Çk); 3: boylu ardıç (Ar) ve 4: meşe (M) meşçereleri ayrı birer sınıf değişkeni olarak analizlere dahil edilmiştir. Son olarak meşçerenin tepe kapallılığına göre 1: boşuklu kapalı meşçereler (%1-10); 2: gevşek kapalı meşçereler (%11-40); 3: orta kapalı meşçereler (%41-70) ve 4: tam kapalı meşçereler (%71-100) biçiminde bir diğer sınıf değişkeni kategorize edilmiştir.

Tüm arazi ölçümlerinin yapılması ve envanter çalışmalarının tamamlanmasının ardından kaydedilen veriler daha önceden hazırlanmış olan altlıklar ve bioiklim değişkenleri ile istatistiksel süreçte kullanılmak üzere sayısal ortamda kaydedilmiştir. İstatistiksel değerlendirme sürecinde öncelikle çevresel değişkenler ve çeşitlilik değişkenleri kendi aralarında korelasyon analizine tabi tutulmuştur. Yapılan korelasyon analizi sonucunda çevresel değişkenler ya da biyolojik çeşitlilik değişkenleri arasında yüksek korelasyon gösteren değişkenler işlemlerde çoklu bağlantı problemine neden olmaması için faktör analizine tabi tutulmuştur. Böylece istatistiksel değerlendirmelerde bağımlı ve bağımsız değişkenler için temsili değişkenler belirlenmiştir. Çeşitlilik parametrelerinin birbirleri ve çevresel değişkenler ile ilişkilendirilmesi süreçlerinde ise sırasıyla Pearson Korelasyon, Kruskal-Wallis Testi, varyans analizinde farkın hangi değişkenden kaynaklandığının tespit edilmesinde posthoc seçeneği olarak Duncan Testi yöntemlerinden yararlanılmıştır (Özdamar, 2013). Çeşitlilik değerlerinin modellenmesi sürecinde Regresyon Ağacı yöntemi kullanılmıştır (Breiman vd., 1984). Ayrıca korelasyon analiz sonuçlarının görselleştirilmesinde R Studio içerisinde psych (Revelle, 2019), ggplot2 (Wickham, 2011), corplot (Wei ve Simko, 2017) ve RColorBrewer (Neuwirth, 2014) paketlerinden faydalanılmıştır.

Çizelge 1. İstatistik aşamasında kullanılacak değişkenlerin isimleri ve kısaltmaları

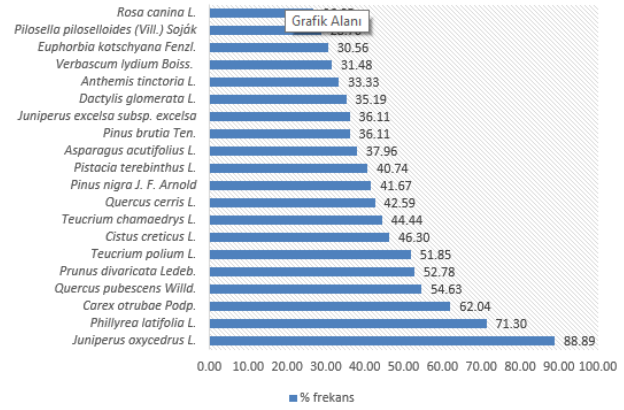
Değişkenler	Kısaltmalar	Değişkenler	Kısaltmalar
Yükselti (m)	Yukselti	Engibellelik İndeksi	Engel
Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)	Sicaklik	Gölgelenme indeksi	GolgeI
Yıllık toplam yağış ortalaması (mm)	Yagis	Solar aydınlanma (sabah 08:00)	SASbh8
Eğim (°)	EgimD	Solar aydınlanma (öğlen 12:00)	SAOgle
Eğim sınıfı	EgimS	Solar aydınlanma genel	SAGenel
Bakı sınıfları	BakiS	Topografik nemlilik indeksi	TNI
Radyasyon İndeksi	RI	Anakaya formasyonu	KayacF
Sıcaklık İndeksi	SI	Arazi yüzey formu indeksi	AYFI
Pürüzlülük İndeksi	PuruzI	Topografik pozisyon indeksi	TPI

3. Bulgular

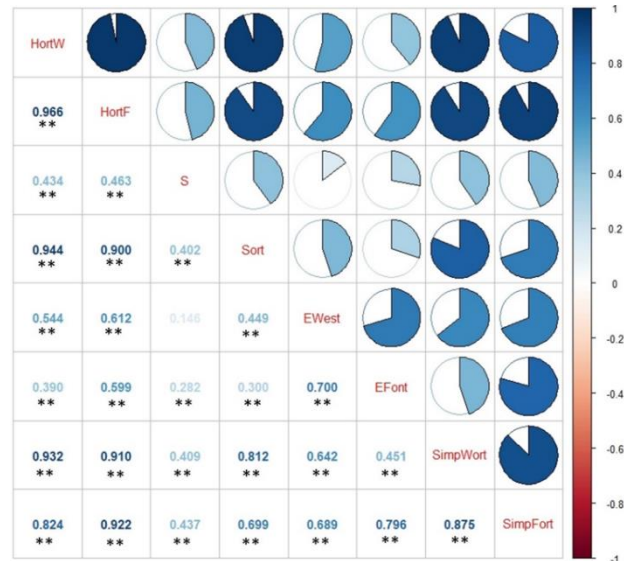
Çalışmada 100x100 m (10 000 m²) ölçeğinde toplam 108 ana örnek alanda ve bunların içerisinde 20x20 m (400 m²) boyutlarında 4 farklı örneklem şeklinde toplam 432 alt örnek alanda yapılan envanter neticesinde toplam 189 farklı bitki taksonu kayıt edilmiştir. Çalışmada en yüksek frekansa sahip olan taksonlar Şekil 3'te verilmiştir.

100x100 m'lik (10 000 m²) ana örnek alanlarda tür zenginlik değeri en düşük 9 tür, en yüksek 35 tür olarak belirlenmiştir. 20x20 m'lik (400 m²) alt örnek alanların ortalaması olarak tür zenginlikleri ise 4.5 ile, 19.25 arasında değişim göstermiştir. Shannon-Wiener indisi (H') indisi ile Fontaine vd. (2007), ölçeğine göre, hesaplanan ortalama alfa çeşitlilik değerleri 1.939 ile 2.7303 arasında, Westhoff ve Van Der Maarel (1973) ölçeğine göre, hesaplanan ortalama alfa çeşitlilik değerleri ise 1.3969 ile 2.8916 arasında değişim göstermiştir. Fontaine vd. (2007), ölçeğine göre ortalama eşitlik değerleri (E) 0.6698 ile 0.9564 arasında değişim gösterirken, Westhoff ve Van Der Maarel (1973), ölçeğine göre, bu değerler 0.8968 ile 0.9958 arasında değişmiştir. Son olarak Simpson indisi ($1-\lambda$) ile Fontaine vd. (2007) ölçeğine göre, hesaplanan alfa çeşitlilik değerleri 0.5693 ile 0.9150 arasında değişirken, Westhoff ve Van Der Maarel (1973) ölçeğine göre, hesaplanan alfa çeşitlilik değerleri 0.7057 ile 0.9408 arasında değişim göstermiştir. Tüm bu alfa çeşitlilik parametrelerinin arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile test edilmiştir (Şekil 4).

Westhoff ve Van Der Maarel (1973) ölçeğine göre, hesaplanan eşitlik değeri ile 100x100 m ölçeğindeki ana örneklem tür zenginliği arasında herhangi bir istatistiksel olarak anlamlı korelasyon bulunmazken, diğer tüm alfa çeşitlilik değerleri arasında pozitif yönlü ve istatistiksel olarak $p < 0.01$ (**) düzeyinde anlamlı ilişki mevcuttur. Dolayısıyla tüm bu alfa çeşitlilik parametrelerini çevresel değişkenler ile ilişkilendirmek yerine aralarında temsilci değişken belirlemek için uygulanan faktör analizi sonucunda birinci temel bileşen değişkenler arasındaki varyansın %69.55'ini açıklarken, bu bileşen üzerinde en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan *HortF* aynı eksen üzerinde diğer tüm alfa çeşitlilik parametreleri ile yüksek korelasyon göstermiştir. Dolayısıyla diğer alfa çeşitlilik hesaplamaları için temsilci olan *HortF* değişkeni ile sürekli veri tipindeki çevresel değişkenler Pearson korelasyon analizi ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 5). Bu aşamada nominal ya da ordinal kategorik değişken olarak kaydedilen çevresel değişkenler için ise Kruskal-Wallis H testi uygulanmıştır (Çizelge 2).

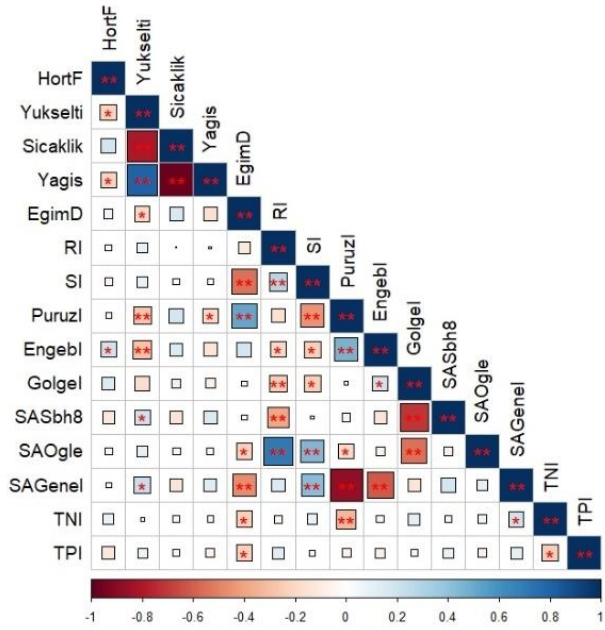


Şekil 3. Örnek alanlarda en yüksek bulunma frekansına (%) sahip türler



S: 100x100 m (10 000 m²) örnek alan boyutundaki tür zenginliği, Sort: 20x20 m (400 m²) boyutundaki 4 alt örnek alanın ortalama tür zenginliği, *HortW*: Westhoff ve Van Der Maarel (1973) ölçeğine göre 20x20 m (400 m²) boyutundaki 4 alt örnek alanın ortalama Shannon-Wiener çeşitliliği, *HortF*: Fontaine vd., (2007) ölçeğine göre 20x20 m (400 m²) boyutundaki 4 alt örnek alanın ortalama Shannon-Wiener çeşitliliği, *EWest*: 20x20 m (400 m²) boyutundaki 4 alt örnek alanın Westhoff ve Van Der Maarel (1973) ölçeğine göre ortalama eşitlik değeri, *EFont*: 20x20 m (400 m²) boyutundaki 4 alt örnek alanın Fontaine vd., (2007) ölçeğine göre ortalama eşitlik değeri, *SimpWort*: 20x20 m (400 m²) boyutundaki 4 alt örnek alanın Westhoff ve Van Der Maarel (1973) ölçeğine göre simpson çeşitlilik değeri, *SimpFort*: 20x20 m (400 m²) boyutundaki 4 alt örnek alanın Fontaine vd., (2007) ölçeğine göre simpson çeşitlilik değeri

Şekil 4. Alfa çeşitlilik parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları ve ilişki düzeyleri



Şekil 5. *HortF* değişkeni ile sürekli çevresel değişkenler arasındaki ilişkiler (* 0.05 anlamlılık düzeyinde, ** 0.01 anlamlılık düzeyinde ilişkiyi gösterir)

Çizelge 2. *HortF* değişkeni ile kategorik çevresel değişkenler arasındaki ilişkiler

	EgimS	BakiS	KayacF	AYFI
Kruskal-Wallis H	3.182	8.974	8.573	9.745
sd	4	7	5	9
p	0.528	0.255	0.127	0.371

*sd: serbestlik derecesi, p: önem seviyesi (p<0.05)

Uygulanan korelasyon analizi neticesinde *HortF* değişkeni sürekli veri tipindeki çevresel değişkenlerden yükselti (r:-0.218) ve yağış (r:-0.214) ile negatif, engebelilik indeksiyle ise (r:0.203) pozitif korelasyon göstermiştir. *HortF* değişkeni ile kategorik çevresel değişkenler arasında ise herhangi bir istatistiksel olarak anlamlı (p<0.05) ilişki bulunmamıştır. Bir sonraki aşamada *HortF* değişkeni ile meşçere tipleri (MesTip) ve meşçere kapalılığı (MesKap) değişkenleri sırasıyla Kruskal-Wallis H testi ve varyans analizi (duncan testi) ile ilişkilendirilmiştir (Çizelge 3 ve Çizelge 4). Uygulanan analizlerde meşçere tiplerine göre alfa çeşitlilik hesaplamalarından *HortF* değişkeninin istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturduğu fakat meşçere kapalılığı ile *HortF* arasında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Bu işlemlerin ardından son olarak *HortF* değişkeni ile tüm çevresel değişkenler ve meşçere parametreleri regresyon ağacı tekniği ile modellenmiştir. Modele sırasıyla en çok katkı sağlayan değişkenler MesTip, AYFI, BakiS, KayacF, RI, Sıcaklık, EgimS, TPI, MesKap ve Puruzl olurken, modelin eğitim veri seti R²: 0.590, test veri seti R²: 0.387 olmuştur. İlgili ağaç model ait kurallar, tartışma ve sonuç bölümünde ele alınmıştır.

Çalışmada var-yok verilerine göre hesaplanan evrensel beta çeşitlilik (BetaWhit) değerleri 0.2222 ile 2.6250 arasında, Fontaine vd. (2007) göre hesaplanan evrensel beta çeşitlilik (*HaraF*) değerleri 0.0671 ile 1.0480 arasında, Van Der Maarel (1973) göre, hesaplanan evrensel beta çeşitlilik (*HaraW*) değerleri ise 0.1170 ile 1.1510 arasında değişim göstermiştir. Ayrıca Fontaine vd. (2007) verisine göre, hesaplanan gama çeşitliliği (*GamaF*) 1.3318 ile 2.9700

arasında, Van Der Maarel (1973) verisine göre, hesaplanan gama çeşitliliği değerleri ise 1.8720 ile 3.1966 arasında değişim göstermiştir. Bu bölümdeki beta ve gama çeşitlilik parametrelerinin arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile test edilmiştir (Şekil 6).

Çizelge 3. *HortF* ile meşçere tip ve kapalılık değişkenleri arasındaki uygulanan Kruskal-Wallis testi bulguları

	MesTip	MesKap
Kruskal-Wallis H	17.766	0,707
sd	3	3
p	0.000	0.872

*sd: serbestlik derecesi, p: önem seviyesi (p<0.05)

Çizelge 4. *HortF* ile meşçere tip ve kapalılık değişkenleri arasındaki uygulanan varyans analizi (duncan testi) bulguları

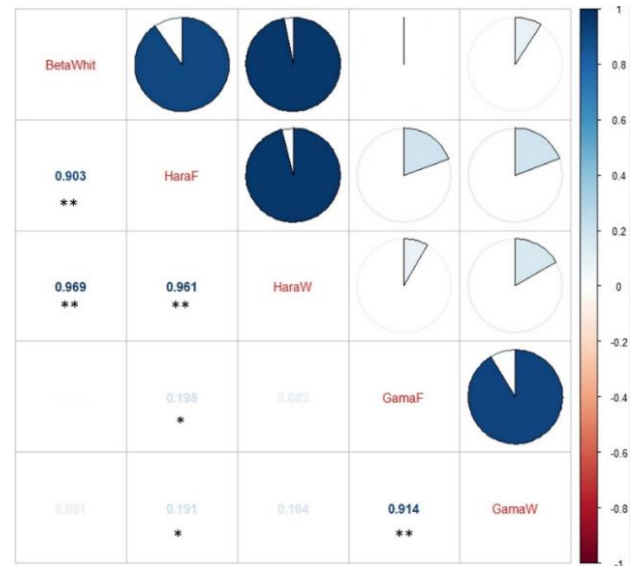
	<i>HortF</i>	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Gruplar arası		1.885	3	0.628	5.911	0.001
Grup içi		11.056	104	0.106		

MesTip		
Grup	Örnek	
4	25	1.616a
2	30	1.854b
3	23	1.930b
1	30	1.961b

	<i>HortF</i>	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Gruplar arası		0.050	3	0.017	0.133	0.940
Grup içi		12.892	104	0.124		

MesKap		
Grup	Örnek	
2	29	1.819a
1	36	1.838a
4	32	1.862a
3	11	1.887a

*Çizelgede yer alan harfler gruplar arası istatistiksel farkı (p<0.05) ifade etmektedir



BetaWhit: var-yok verilerine göre hesaplanan evrensel beta çeşitliliği (β_w), HaraF: Fontaine vd. (2007) göre hesaplanan evrensel beta çeşitliliği (H_{ara}), HaraW: Van Der Maarel (1973) göre hesaplanan evrensel beta çeşitliliği (H_{ara}), GamaF: Fontaine vd. (2007) göre hesaplanan gama çeşitliliği (γ), GamaW: Van Der Maarel (1973) göre hesaplanan gama çeşitliliği (γ)

Şekil 6. Beta ve gama çeşitlilik ölçümleri arasındaki korelasyon katsayıları (* 0.05 anlamlılık düzeyinde, ** 0.01 anlamlılık düzeyinde ilişki önemlidir)

Görüleceği üzere tüm beta çeşitlilik hesaplamaları birbirleriyle oldukça yüksek pozitif ilişki göstermiştir. Fontaine vd. (2007) ölçeği ve Westhoff ve Van Der Maarel (1973) ölçeğine göre, hesaplanan gama değerleri ise yine birbiri ile oldukça yüksek ve istatistiksel olarak anlamlı pozitif ilişki göstermiştir. Ayrıca her iki gama çeşitlilik hesaplaması Fontaine vd. (2007) göre, hesaplanan evrensel beta çeşitliliğiyle $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinde ilişki göstermiştir. Aralarında yüksek korelasyon bulunan beta çeşitlilik değerleri için temsilci bir değişken belirlemek üzere uygulanan faktör analiz neticesinde birinci temel bileşen değişkenler arasındaki varyansın %96.304'ünü açıklamıştır (Çizelge 5). Bu bileşen üzerinde en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan değişken Westhoff ve Van Der Maarel (1973)'e göre hesaplanan evrensel beta çeşitliliği (*HaraW*) olmuştur. Dolayısıyla *HaraW* değişkeni tüm diğer beta çeşitlilik hesaplamaları için bu aşamadan sonra temsilci değişken olmuştur.

Bir sonraki aşamada *HaraW* değişkeni ile sürekli veri tipindeki çevresel değişkenler Pearson korelasyon analizi ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 7).

Uygulanan analiz neticesinde *HaraW* değişkeni sürekli veri tipindeki çevresel değişkenlerden yükselti ($r:0.292$) ve yağış ($r:0.324$) ile pozitif, sıcaklık ($r:-0.293$) ve engebelilik indeksiyle ise ($r:-0.224$) negatif korelasyon göstermiştir. Nominal ya da ordinal kategorik olarak kaydedilen çevresel değişkenler ile *HaraW* arasındaki ilişkileri belirlemek için ise Kruskal–Wallis H testi uygulanmıştır (Çizelge 6). *HortF* değişkeni ile kategorik çevresel değişkenlerden kayaç formasyonu istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluştururken ($p < 0.05$), diğer değişkenlerin herhangi bir istatistiksel olarak anlamlı ilişkisi bulunamamıştır.

HaraW değişkeninin kayaç formasyonu ile olan ilişkisini detaylandırmak için bir sonraki aşamada varyans analizi (duncan testi) uygulanmıştır (Çizelge 7). Analiz sonucunda ayrılmamış volkanit kayaçlar (6) üzerinde beta çeşitliliği en yüksekken, metakırıntılı ve metakarbonatlı kayaçlar (5) üzerinde beta çeşitliliği en düşük seviyede bulunmuştur.

Bir sonraki aşamada *HaraW* değişkeni ile meşçere tipleri (*MesTip*) ve meşçere kapallığı (*MesKap*) değişkenleri sırasıyla yine ilk önce Kruskal–Wallis testiyle, sonrasında ise varyans analizi (Duncan testi) ile ilişkilendirilmiştir (Çizelge 8 ve Çizelge 9).

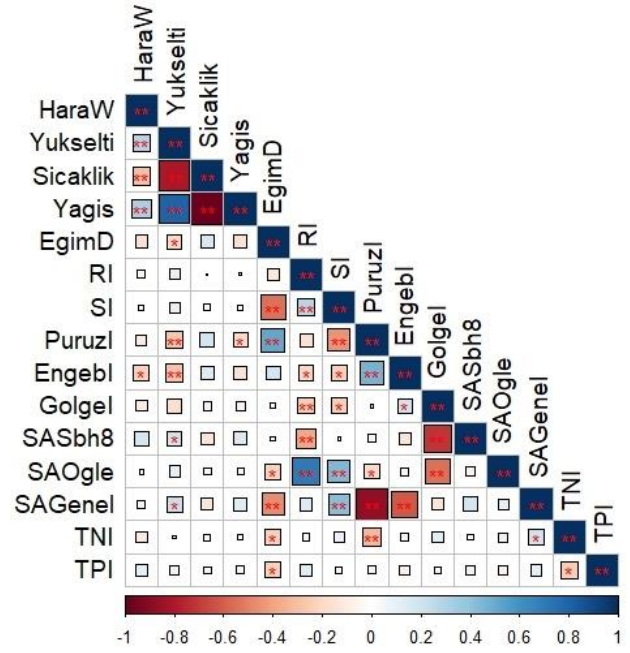
Çizelge 5. Beta çeşitlilik ölçümleri için uygulanan faktör analiz bulguları

Bileşen	Özdeğer katsayısı	% Varyans
1	2.889	96.304
Değişken	Bileşen 1	Bileşen 2
BetaWhit		0.976
<i>HaraF</i>		0.973
<i>HaraW</i>		0.995

Çizelge 6. *HaraW* değişkeni ile kategorik çevresel değişkenler arasındaki ilişkiler

	EgimS	BakiS	KayacF	AYFI
Kruskal-Wallis H	8.086	2.737	25.001	2.908
sd	4	7	5	9
p	0.088	0.908	0.000	0.968

*sd: serbestlik derecesi, p: önem seviyesi ($p < 0.05$)



Şekil 7. *HaraW* değişkeni ile sürekli veri tipindeki çevresel değişkenler Pearson korelasyon analizi

Çizelge 7. *HaraW* ile kayaç formasyonu (*KayacF*) değişkeni arasında uygulanan varyans analizi (Duncan testi) bulguları

<i>HaraW</i>	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Gruplar arası	1.752	5	0.350	6.302	0.000
Grup içi	5.673	102	0.056		
KayacF					
Grup	Örnek	1	2	3	
5	2	0.319a			
2	25	0.392ab	0.392ab		
3	11	0.509ab	0.509ab		
4	12	0.569abc	0.569abc	0.569abc	
1	52		0.655bc	0.655bc	
6	6			0.832c	

*Çizelgede yer alan harfler gruplar arası istatistiksel farkı ($p < 0.05$) ifade etmektedir

Çizelge 8. *HaraW* ile meşçere tip ve kapallık değişkenleri arasındaki uygulanan Kruskal–Wallis testi bulguları

	MesTip	MesKap
Kruskal-Wallis H	48.070	15.114
sd	3	3
p	0.000	0.002

*sd: serbestlik derecesi, p: önem seviyesi ($p < 0.05$)

Çizelge 9. HaraW ile meşçere tipi ve kapalılık değişkenleri arasındaki uygulanan varyans analizi (Duncan testi) bulguları

HaraW	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Gruplar arası	3.472	3	1.157	30.449	0.000
Grup içi	3.953	104	0.038		
MesTip					
Grup	Örnek	1	2	3	
1	30	0.399a			
2	30		0.511b		
3	23		0.544b		
4	25			0.885c	
HaraW	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Gruplar arası	1.135	3	0.378	6.256	0.001
Grup içi	6.290	104	0.060		
MesKap					
Grup	Örnek	1	2		
4	32	0.435a			
2	29	0.562ab		0.562ab	
3	11			0.622b	
1	36			0.691b	

*Çizelgede yer alan harfler gruplar arası istatistiksel farkı ($p < 0.05$) ifade etmektedir

Uygulanan analizlerde meşçere tipleri ve meşçere kapalılığına göre beta çeşitlilik hesaplamalarından HaraW değişkeninin istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturduğu belirlenmiştir. Bu işlemlerin ardından son olarak HaraW değişkeni ile tüm çevresel değişkenler ve meşçere parametreleri regresyon ağacı tekniği ile modellenmiştir. Modele sırasıyla en çok katkı sağlayan değişkenler MesTip, Yükselti ve RI olurken, modelin eğitim veri seti $R^2: 0.577$, test veri seti $R^2: 0.518$ olmuştur. İlgili ağaç model ait kurallar, tartışma ve sonuç bölümünde ele alınmıştır.

Çalışmada ayrıca her bir meşçere tipinde (Çk, M, Ar, Çz) 23'er adet ana örnek alanda ($100 \times 100 \text{m}^2$) var-yok verisi ile evrensel beta çeşitlilik değerleri (β_w) (Whittaker, 1960) hesaplanmıştır (Çizelge 10). Bu aşamada örnek alan sayısı en düşük Boylu ardıç (Ar) meşçerelerinin (23 adet) olduğu için, diğer meşçere tiplerinin örnek alan sayıları rastgele olacak şekilde bu değere eşit olarak azaltılmıştır.

Burada görüleceği üzere ana örnek alanlar arasında hesaplanan beta çeşitlilik değerlerinde farklılıklar oluşmuştur. Son olarak gama çeşitlilik düzeyinde (GamaF) istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturan herhangi bir çevresel değişken belirlenemezken, sadece Kruskal-Wallis H testinde meşçere kapalılığına göre GamaF değişkeninin varyasyonunda istatistiksel olarak bir fark görülmüştür. Fakat varyans analizinde buradaki varyasyonun gruplar arasında bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 10. Farklı meşçere tiplerinde çalışılan ana örnek alanlarda var-yok verisi ile hesaplanan evrensel beta çeşitlilik değerleri

	Çk	M	Ar	Çz
β_w	5.673	3.733	3.946	5.205

4. Tartışma ve sonuç

Biyoeçitlilik kavramı denildiğinde ilk olarak ekosistemlerdeki bitkiler, hayvanlar ve mantarlar gibi çok hücreli canlılar akla gelmektedir. Oysaki yaşama ortamlarında ökaryotlar, bakteri ve prokaryotlar gibi birçok tek hücreli canlılar yine biyolojik çeşitliliğin önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Burki vd., 2020). Tüm canlılar içerisinde ise küresel biyolojik kütlelerin büyük bir bölümünü (yaklaşık %80) oluşturan özellikle karasal ekosistemlerdeki bitkiler (Bar-On vd., 2018), biyolojik çeşitlilik konusunda daha çok ilgi görmektedir. Bu noktada en temel çeşitlilik parametresi olarak bu canlıların doğrudan tür zenginliği hesaplamaları başta olmak üzere, farklı çeşitlilik bileşenlerine yönelik ölçüm ve hesaplamalar yapılmaktadır.

Dünya üzerinde en güncel verilere göre yaklaşık 404 bin adet karasal bitki türünün tanımı yapılmıştır (Lughadha vd., 2016). Tanımı yapılan bu karasal bitki türlerinin büyük bir bölümünü başta tropikal ormanlar olmak üzere, dünya üzerinde farklı coğrafyalarda ve farklı ekolojik koşullara sahip ormanların barındırdığı ifade edilmiştir (Myers vd., 2000). Dolayısıyla karasal ekosistemler içerisinde oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan ormanlar, insanlara çok sayıda ekosistem hizmeti sunmanın yanında biyolojik çeşitlilik için ise doğrudan tampon görevini üstlenmiştir (Díaz vd., 2018).

Üç farklı bitki coğrafyasının kesişim noktasında bulunan (Takhtajan, 1986) ve dünyadaki 36 farklı biyolojik çeşitlilik sıcak noktasının 3'ünü sınırlarında barındıran ülkemiz ormanları (Reid, 1998; Mittermeier vd., 2004; Hrdina ve Romportl, 2017), oldukça heterojen jeomorfolojik ve biyoiklimsel yapısıyla her noktasında ayrı bir tür zenginliği, biyolojik çeşitlilik ve endemizm oranlarına sahiptir (Noroozi vd., 2019). Dolayısıyla yatay ya da düşey ölçekte fark etmeksizin ülkemizin her bölgesinde tamamlanacak biyolojik çeşitlilik konusundaki araştırmalar ile önemli bilgilere ulaşılması kaçınılmaz olmaktadır. Bu doğrultuda konuya katkı sağlamayı amaçlayan çalışmamızda, Davis (1965-1985)'in ülkemiz için uyguladığı kareleme sisteminde B2 karesinde kalan ve genel olarak Akdeniz flora bölgesinin zengin bitki karakteristiklerini barındıran Dursunbey (Balıkesir) ilçesi ele alınmıştır. Çalışmada genel olarak 4 farklı meşçere tipi (kızılçam, karaçam, boylu ardıç, meşe) içerisinde seçilen toplam 108 örnek alan verisi ile bir yandan bitki biyolojik çeşitliliği ile ekolojik faktörler ilişkilendirilirken, diğer yandan meşçere tipi ve meşçere kapalılığı ile bitki tür çeşitliliği ilişkileri tespit edilmiştir.

Örnek alanlarda farklı ölçekler, farklı sayısal dönüşümler ve alternatif farklı indislerle hesaplanan tüm alfa çeşitlilik ölçümlerinin birbirleriyle oldukça yüksek pozitif korelasyona sahip oldukları tespit edilmiştir. Tür zenginliği hesaplamaları da dahil olmak üzere tüm alfa çeşitlilik hesaplamaları için temsilci (pozitif) olan, Fontaine vd. (2007), sayısal dönüşümüne göre 4 alt örnek alanın ortalama Shannon-Wiener çeşitliliği (HortF) değişkeninin, uygulanan ikili doğrusal ilişkiler neticesinde yörede yükseltinin ve yağışın arttığı kısımlarda azaldığı, engebelilik indeksinin yüksek olduğu kısımlarda ise arttığı tespit edilmiştir. Fakat bu aşamada ikili doğrusal ilişkileri belirlemek için uygulanan korelasyon analiz sonuçlarının çok sınır değerlerde anlamlı sonuç verdiği görülmektedir. Dolayısıyla buradaki bulgular çok değişkenli modelleme sonuçları ile birlikte yorumlandığında daha doğru olacağı kanaatine varılmıştır. Ayrıca alfa çeşitliliğinin meşçere parametreleri ile olan ilişkilerine bakıldığında ise yöredeki tüylü meşe (*Quercus*

pubescens Willd.), saçlı meşe (*Quercus cerris* L.), mazi meşesi (*Quercus infectoria* Oliv.) ve makedonya meşesi (*Quercus trojana* Webb.) türlerinin birinin ya da birkaçının baskın olduğu (meşcere tepe kapallığı ya da örtme derecesi yönünden) Meşe meşcere tiplerinde alfa çeşitliliğinin, Karaçam, kızılçam ve boylu ardıç meşcere tiplerine kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Karaçam, kızılçam ve boylu ardıç meşcere tiplerinin birbirleri arasında ise alfa çeşitlilik değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmamıştır.

Alfa çeşitlilik hesaplamalarını temsilen bir sonraki aşamada *HortF* için uygulanan modelleme analizi sonucunda, tıpkı ikili doğrusal ilişki analizlerinde olduğu gibi Meşe harici meşcere tiplerinin (Çk, Çz ve Ar) yoğun olduğu orman alanlarının alfa çeşitliliği daha yüksek bulunmuştur. Buradaki bulgular yörede iğne yapraklı ormanların altında alfa tür çeşitliliğinin daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum söz konusu ormanlarda özellikle yıl genelinde devam eden ve dönemsel olarak değişkenlik gösteren ıslık, sıcaklık ve nem gibi biyoiklimsel değişkenlerin zamansal gözlem değerleriyle ilişkilendirilmesi sonucunda daha net açıklanabileceği düşünülmektedir. Diğer yandan meşe harici bu alanlarda arazi yüzey formu özellikleri bakımından kanyon, sığ vadi, sabit eğimli yamaçlar ve vadi içi tepelik alanların yer aldığı; anakaya formasyonu olarak karasal kırıntılı kayaçlar ya da ofiyolitik melanjların olduğu ve eğim sınıfları bakımından ise az eğimli (2.1-5.0°) ya da dik eğimli (20.1-30.0°) arazilerin olduğu kısımlar alfa çeşitliliği için pozitif yönde ayırt edici diğer en önemli değişkenler olmuştur. Model sonuçlarına göre genel olarak vadi ya da kanyon türevi arazi yüzey formuna sahip iğne yapraklı ormanlarında alfa tür çeşitliliği daha yüksek bulunmuştur. Nitekim Kuzey Finlandiya'daki Kevo Doğa Koruma Alanı'nda regresyon modellerinin kullanıldığı benzer bir çalışmada nehir ve derelerin uzunluğunun, sarp duvarların bolluğunun, dik kenarlı geçitlerin ve vadilerin, en temel alfa çeşitlilik ölçümlerinden birisi olan tür zenginliği için önemli belirleyici bir faktör olduğu ifade edilmiştir (Heikkinen ve Neuvonen, 1997). Benzer şekilde Mısır-Kuzey Sinai bölgesinde tıbbi aromatik bitki tür çeşitliliği ve yetişme ortamı ilişkileri ile alakalı olarak gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, alfa tür çeşitliliği açısından boğazların ve vadilerin önemine değinilmiştir (Abd El-Wahab vd., 2008). Ayrıca Abutaha vd. (2021) tarafından yine Mısır'da tamamlanan bir başka çalışmada ise alfa ve beta bitki çeşitliliğinin mekansal dağılımında vadi sistemlerinin, dağlık alanların ve yüksek yamaçlarının önemine vurgu yapılmıştır. Son olarak modelde yer alan eğim sınıfları ve kayaç formu ile ilgili olan ilişkilerde ise modele katkı oranları itibarıyla bu iki değişkenin meşcere tipleri ve arazi yüzey formu özelliklerinin biraz gerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu iki değişkenin alfa çeşitliliği üzerinde doğrudan ve çok net etkilerinden söz etmek yerine, lokal etkilerinin olabileceğini ifade etmenin daha doğru olacağı kanaatine varılmıştır. İkili doğrusal ilişkilerde sınır değerler olarak anlamlı sonuç veren, yükselti, yağış ve engebelilik indeksi değişkenleri ise modele anlamlı katkı sağlayan değişkenler arasında yer almamıştır. Bu nedenle bu değişkenlerin yöredeki ormanların alfa bitki tür çeşitliliğine etkileri tartışmaya açık kalmıştır.

Alfa çeşitlilik hesaplamaları sürecinde örnek alanlar içerisindeki türlerin oransal değerlerine göre hesaplanan eşitlik değerlerinin kısmen alfa çeşitlilik indisleri ve tür zenginliği değerleri ile temsil edilebileceği görülmektedir. Bu

çalışmada uygulanan faktör analizi neticesinde alfa çeşitlilik değişkenleri için en yüksek varyasyonu açıklayan 1. bileşen ile bu değişken en yüksek korelasyonu gösterdiği için *HortF* değişkeni ile temsil edilmiştir. Diğer bir ifadeyle bu değişken diğer tüm alfa ölçümleri için olduğu gibi, *HortF* değişkeni ile dolaylı olarak yorumlanmıştır. Fakat bu değişkenin çalışmalara dahil edilmesi durumunda mutlaka alfa çeşitlilik ölçümleri ile olan ilişkileri göz önünde bulundurulmalı ve buna göre ayrı bir bağımlı değişken olmasına ya da olmamasına karar verilmez. Bu konuda örneğin Esmailzadeh vd. (2012) ve Hosseinzadeh vd. (2016)'nin çalışmalarında eşitlik ayrı bir bağımsız değişken olarak ele alınmış ve bu değişken üzerinde arazinin yükselti, bakı ve eğim sınıflarının etkilerinden söz edilmiştir.

Çalışmada tıpkı alfa çeşitlilik ölçümlerinde olduğu gibi farklı ölçekler, farklı sayısal dönüşümler ve farklı indisler kullanılarak, örnek alanlarda hesaplanan 3 farklı beta çeşitlilik değerinin (*HaraF*, *HaraW* ve *BetaWhit*) birbirleriyle oldukça yüksek pozitif yönde korelasyonu mevcuttur. Faktör analizi sonucunda bu üç değişken için temsilci olarak belirlenen Westhoff ve Van Der Maarel (1973)'e göre hesaplanan evrensel beta çeşitliliği (*HaraW*) değerleri ile çevresel değişkenlerin ikili doğrusal ilişkilerinde yükselti ve yağış ile pozitif, sıcaklık ve engebelilik indeksiyle ise negatif yönde anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Çevresel değişkenlerden kayaç formasyonlarının yine beta çeşitliliğine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi söz konusu olmuştur. Özellikle ayrılmamış volkanit kayaçlar ve mermer üzerinde beta çeşitliliği diğer kayaç formasyonlarına kıyasla yüksek bulunurken, metakırıntılı, metakarbonatlı ve karasal kırıntılı kayaçlar üzerinde beta çeşitliliği düşük bulunmuştur. Meşcere özellikleri ile ilgili olarak çalışmaya dahil edilen değişkenlerin (meşcere tipi ve meşcere kapallığı) her ikisinin de yine ortamda istatistiksel olarak anlamlı düzeyde beta çeşitliliğini etkileyen değişkenler oldukları tespit edilmiştir. Uygulanan analizler neticesinde alfa çeşitliliğinin tam tersi olarak beta çeşitliliği meşe (M) meşcere tiplerinde en yüksek bulunmuştur. En düşük beta çeşitliliği kızılçam (Çz) meşcerelerinde belirlenirken, ardıç (Ar) ve karaçam (Çk) meşcerelerinde orta düzeyde beta çeşitliliği belirlenmiştir. Meşcere tepe kapallığı yönünden bir değerlendirme yapıldığında ise özellikle tam kapalı (%71-100 arası) meşcerelerde beta çeşitliliğinin en düşük düzeylerde olduğu, en yüksek değerlere ise boşluklu kapalı (%1-10 arası) meşcerelerde ulaştığı tespit edilmiştir. Nitekim orman ekosistemleri gibi yüksek biyokütle üretimi olan ortamlarda, ışık rekabeti nedeniyle çeşitli türlerin yok olmaya zorlanabileceği ifade edilmiştir (Grime, 1973; Hautier vd., 2009). Çalışma yapılan yörenin tam kapalı ormanlarında şekillenen bu tarz bir ilişkinin, beta çeşitliliğinde düşüşe sebep olduğunu söylemek mümkündür.

Beta çeşitliliğinin modellenmesi sonucunda ise yörede yükseltinin 781.5 m'den fazla olduğu alanların radyasyon indeksi değerlerinin 0.717'den düşük ya da eşit olduğu meşe (M) meşcere tiplerinde beta çeşitliliği en yüksek bulunmuştur. Burada 0-1 arasında değişim gösteren radyasyon indeksi değerlerinin 0'a yaklaştığı kısımlar daha gölgeli bakıları temsil etmektedir. Bu durum ilgili modelde yöredeki meşe meşcerelerinin daha gölgeli bakılarında beta çeşitliliğinin yüksek olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Yükseltinin 478m'nin altındaki meşe haricindeki diğer meşcerelerde ise beta çeşitliliği en düşük bulunmuştur. Zira bu kurala sadece kızılçam meşcereleri uyduğu için yörede

478m'nin altındaki kızılçam meşcereleri beta çeşitliliğinin en düşük olduğu kısımlar olmuştur.

Sonuç olarak yörede beta çeşitliliği ile ilgili olarak yapılan değerlendirmelerin bileşkesi olarak yükseltinin ve buna bağlı olarak değişen yağış ve sıcaklık faktörlerinin beta çeşitliliğinde önemli etkilerinin olduğu görülmektedir. Toprakta mevcut suyun mevsimsel olarak düşük sıcaklıklarla sınırlı olduğu yüksek rakımların beta çeşitliliği için sınırlandırıcı bir faktör olabileceğini ifade edilebilir (Brockway, 1998). Bu bilgiye göre yorum yapıldığında, yörede beta çeşitliliği ile yükselti arasında negatif bir ilişki beklentisi oluşmaktadır. Fakat burada çalışma yapılan örnek alanların yükseltisinin 285-1235m arasında olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Genel olarak Akdeniz ve geçiş iklim karakteristiği (Akdeniz ve karasal iklim arası) görülen bu yörede çalışma yapılan yükselti aralığı ekstrem iklim koşullarının oluşabileceği Alpin ya da Subalpin kuşakları içermektedir. Dolayısıyla buradaki yükselti artışı ve buna bağlı sıcaklık ve yağış değişimleri beta çeşitliliğinde sınırlandırıcı bir faktör konumuna gelmemiştir. Tam tersine buradaki yükselti ortamında beta çeşitliliğini olumlu etkileyen iklimsel heterojenlik sağlamıştır. Zira ülkemizde Gümüş ve Avcı (2020) tarafından, Akdeniz Bölgesi'nde iki farklı vadi ekosisteminde gerçekleştirilen çalışmada tıpkı bu çalışmada olduğu gibi beta çeşitlilik (β_w) değerleri ile vadilerin üst yükselti basamakları arasında pozitif ilişki belirlenmiştir. Özellikle bu yöre özelinde yükseltiyle birlikte şekillenen dağlık ekosistemlerde oluşan sıcaklık değişimleri, yıllık yağış miktarları ve topografik değişkenliğin beta çeşitliliğinde olumlu yönde etkili olduğu bir durum ortaya çıkmıştır (Antonelli vd., 2018).

Çalışmada bir diğer bağımlı değişken olarak değerlendirmeye alınan gama çeşitliliği (100x100 m örnek alanlar için hesaplanan) ile HortF alfa değişkeni (20x20 m boyutlarındaki 4 alt örnek alan ortalaması) arasında pozitif yönlü anlamlı ilişki mevcuttur. Bu durum alfa çeşitlilik için bulunan sonuçların gama çeşitliliği için benzer olacağını düşündürmektedir. Uygulanan analizler ile ikili doğrusal ilişkilerine bakıldığında gama çeşitliliği ile çevresel değişkenler arası ilişkilerin yönleri genel olarak alfa çeşitliliği ile benzer olmasına rağmen, sonuçlar istatistiksel olarak anlamsız kalmıştır. Benzer iki değişken için hesaplamaların farklı ölçeklerde olmasının, bu duruma etki eden sebep olduğu düşünülmüştür.

Son olarak tüm çalışma alanı ölçeğinde envanter yapılan 25 adet meşe, 30 adet karaçam ve 30 adet kızılçam örnek alanları, alt sınır değere sahip olan ardıç meşcereleriyle uyumlu olacak şekilde örnek alan sayıları rastlantısal olarak 23'e düşürülüp her bir meşcere tipi için evrensel beta hesabı yapılmıştır. Hesaplama sonucunda beta çeşitliliği karaçam'da en yüksek bulunurken, onu sırasıyla kızılçam, ardıç ve meşe meşcereleri takip etmiştir. Dolayısıyla daha önce 20x20 m (400 m²) 4 alt örnek için hesaplanan evrensel beta hesabında meşe meşcereleri en yüksek değere sahip olurken, burada tam tersi bir sonuç çıkmıştır. Bu durum lokal ölçekte ve yakın mesafede yapılan beta hesaplamalarının, tüm yöre ölçeğinde yapılan hesaplamaları temsil etmediği sonucunu ortaya çıkarmıştır. Diğer bir ifade ile ölçek farkı ve örnek alanlar arası mesafenin beta çeşitliliğinde önemli değişimlere sebep olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak ormanların karbon depolaması ve biyolojik çeşitliliğinin korunması başta olmak üzere, tüm ekosistem hizmetlerini yerine getirerek doğru bir yönetim planı ile işletilmesi büyük önem arz etmektedir. Dünya'da artan

nüfusla birlikte, ormanlardan beklenen faydalanma şekli ve orman yönetimi sadece odun ve kereste üretimine dayalı olmaktan çıkıp, tüm fonksiyonları sağlayacak biçimde dengeli bir yararlanma şekline dönüşmesi gerekmektedir. Özellikle biyolojik çeşitlilik kaybı ve tehditlere karşı, ormanların oynayabileceği hafifletici rollere ilişkin toplumsal farkındalık artırılmalıdır. Özellikle orman alanlarında biyolojik çeşitliliğin yüksek olduğu yerlerin korunması ve düşük olduğu yerlerde biyolojik çeşitliliği artırmaya yönelik müdahalelerin yapılması gerekmektedir. Bunun için ise ormanlarda biyolojik çeşitlilik ile ilgili ekolojik araştırmalar yapılmamıştır. Bu doğrultuda tamamlanan çalışmada ülkemiz Dursunbey (Balıkesir) ilçesi orman ekosistemlerindeki topografik değişkenlik, mikro/makro iklimler ve arazi örtüsü gibi birçok değişkenin bitki tür çeşitliliği için önemli tanımlayıcı rolleri belirlenmiştir. Elde edilen bu bilgilerin uygulamaya aktarılması ve benzer çalışmalar ile bu bilgilerin artırılması neticesinde ormanlarımızdaki bitki tür çeşitliliği için önemli kazanımların olacağı düşünülmektedir.

Açıklama

Bu çalışmada TÜBİTAK 2237-A - Bilimsel Eğitim Etkinliklerini Destekleme Programı kapsamında gerçekleştirilen "Analitik Doğa - Kümeleme ve Ordinasyon Teknikleri (BİDEB Proje No: 1129B371901423)", "Doğal Ekosistemler İçin CBS ve Uydu Görüntüleri Kullanılarak Çevresel Altlıkların Hazırlanması (BİDEB Proje No: 1129B372000372)" ve "Biyolojik Çeşitliliğin Tür, Taksonomik, Fonksiyonel ve Yapısal Özelliklere Dayalı Tespiti (BİDEB Proje No: 1129B372100514)" isimli bilimsel etkinliklerden edinilen bilgilerden faydalanılmıştır. Bu kapsamda ilgili projelerin ekibi ve TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

- Abd El-Wahab, R.H., Zaghoul, M.S., Kamel, W.M., Moustafa, A.R.A., 2008. Diversity and distribution of medicinal plants in north sinai, Egypt. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 2(7): 157-171.
- Abutaha, M.M., El-Khouly, A.A., Jürgens, N., Oldeland, J., 2021. Predictive mapping of plant diversity in an arid mountain environment (Gebel Elba, Egypt). *Applied Vegetation Science*, 24(2): e. 12582.
- Aertsen, W., Kint, V., Van Orshoven, J., Özkan, K., Muys, B., 2010. Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling*, 221: 1119-1130.
- Akman, Y., 1990. İklim ve Biyoiklim. *Palme Yayın Dağıtım*, Ankara.
- Anderson, G.B., Bell, M.L., Peng, R.D., 2013. Methods to calculate the heat index as an exposure metric in environmental health research. *Environmental Health Perspectives*, 121(10): 1111-1119.
- Antonelli, A., Kissling, W.D., Flantua, S.G., Bermúdez, M.A., Mulch, A., Muellner-Riehl, A.N., Krefl, H., Linder, H.P., Badgley, C., Fjeldså, J., Hoom, C., 2018. Geological and climatic influences on mountain biodiversity. *Nature Geoscience*, 11(10): 718-725.
- Arora, N.K., 2018. Biodiversity conservation for sustainable future. *Environmental Sustainability*, 1(2): 109-111.
- Asbeck, T., Sabatini, F., Augustynczyk, A.L., Basile, M., Helbach, J., Jonker, M., Knuff, A., Bauhus, J., 2021. Biodiversity response to forest management intensity, carbon stocks and net primary production in temperate montane forests. *Scientific Reports*, 11(1): 1-11.

- Austrheim, G., Gunilla, E., Olsson, A., Grontvedt, E., 1999. Land use impact on plant communities in seminatural subalpine grasslands of Budalen, Central Norway. *Biological Conservation*, 87: 369-379.
- Bar-On, Y.M., Phillips, R., Milo, R., 2018. The biomass distribution on earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(25): 6506-6511.
- Betts, M.G., Wolf, C., Ripple, W.J., Phalan, B., Millers, K.A., Duarte, A., Butchart, S.H., Levi, T., 2017. Global forest loss disproportionately erodes biodiversity in intact landscapes. *Nature*, 547(7664): 441-444.
- Bohn, F.J., Huth, A., 2017. The importance of forest structure to biodiversity-productivity relationships. *Royal Society Open Science*, 4(1): 160521.
- Braun-Blanquet, J., 1964. *Pflanzensociologie: Grundzüge der Vegetationskunde*. 3te aufl. Springer-Verlag, Wein. 865 pp.
- Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R., Stone, C., 1984. Classification and regression trees. *Wadsworth International Group*, 37(15): 237-251.
- Brockway, D.G., 1998. Forest plant diversity at local and landscape scales in the Cascade Mountains of Southwestern Washington. *Forest Ecology and Management*, 109(1-3): 323-341.
- Brown, J.S.R., Ahl, R.S., 2011. The Region 1 Existing Vegetation Mapping Program (vmap) Beaverhead-Deerlodge Methodology. Region One Vegetation Classification, Mapping, Inventory And Analysis Report, No:11-02.
- Burki, F., Roger, A.J., Brown, M.W., Simpson, A.G., 2020. The new tree of eukaryotes. *Trends in Ecology & Evolution*, 35(1): 43-55.
- Chazdon, R.L., Brancalion, P.H., Laestadius, L., Bennett-Curry, A., Buckingham, K., Kumar, C., Moll-Roczek, J., Vieira, I.C.G., Wilson, S.J., 2016. When is a forest a forest? Forest concepts and definitions in the era of forest and landscape restoration. *Ambio*, 45(5): 538-550.
- Davis, P.H., 1965-1985. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands, I-IX*. Edinburgh University Press, 355.
- Davis, P.H., Tan, K., Mill, R.R., 1988. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, United Kingdom.
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K.M.A., Baste, I.A., Brauman, K.A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P.W., Van Oudenhoven, A.P.E., Van Der Plaats, F., Schröter, M., Lavorel, S., Aumeeruddy-Thomas, Y., Bukvareva, K., Davies, S., Demissew, G., Gunay, E., Failler, C., Guerra, C.A., Hewitt, C.L., Keune, H., Lindley, S., Shirayama, Y., 2018. Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359(6373): 270-272.
- Edwards, D.P., Socolar, J.B., Mills, S.C., Burivalova, Z., Koh, L.P., Wilcove, D.S., 2019. Conservation of tropical forests in the anthropocene. *Current Biology*, 29(19): 1008-1020.
- Eriñç, S., 1984. *Klimatoloji ve Metotları*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.
- Esmailzadeh, O., Hosseini, S.M., Asadi, H., Ghadiripour, P., Ahmadi, A., 2012. Plant biodiversity in relation to physiological factors in afratakhteh yew (*Taxus baccata* L.) habitat, NE Iran. *Iranian Journal of Plant Biology*, 4(12): 1-12.
- Fick, S.E., Hijmans, R.J., 2017. *WorldClim 2: New 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas*. *International Journal of Climatology*, 37(12): 4302-4315.
- Fontaine, M., Aerts, R., Özkan, K., Mert, A., Gülsoy, S., Süel, H., Waelkens, M., Muys, B., 2007. Elevation and exposition rather than soil types determine communities and site suitability in Mediterranean mountain forests of Southern Anatolia, Turkey. *Forest Ecology and Management*, 247(1-3): 18-25.
- Fredericksen, T.S., 2021. Special issue editorial: Biodiversity conservation in managed forests. *Forests*, 12(8): 1054.
- Gibbs, H.K., Ruesch, A.S., Achard, F., Clayton, M.K., Holmgren, P., Ramankutty, N., Foley, J.A., 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(38): 16732-16737.
- Grime, J.P., 1973. Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature*, 242(5396): 344-347.
- Gülsoy, S., Özkan, K., 2008. Tür çeşitliliğinin ekolojik önemi ve kullanılan bazı indisler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1: 168-178.
- Gümüş, S.A., Avcı, M., 2020. Biyoçeşitlilik indisleri kullanılarak öncelikli koruma alanı seçimine bir örnek: Kargı Çayı ve Karpuz Çayı vadileri (Akdeniz Bölgesi-Türkiye). *Coğrafya Dergisi*, 41(1): 147-164.
- Hautier, Y., Niklaus, P.A., Hector, A., 2009. Competition for light causes plant biodiversity loss after eutrophication. *Science*, 324(5927): 636-638.
- Heikkinen, R.K., Neuvonen, S., 1997. Species richness of vascular plants in the subarctic landscape of Northern Finland: modelling relationships to the environment. *Biodiversity & Conservation*, 6(9): 1181-1201.
- Hosseinzadeh, R., Soosani, J., Alijani, V., Khosravi, S., Karimikia, H., 2016. Diversity of woody plant species and their relationship to physiographic factors in central Zagros Forests (Case study: Perc forest, Khorramabad, Iran). *Journal of Forestry Research*, 27(5): 1137-1141.
- Işık, D., Uğurlu, E., 2011. Bitki komunitelerinde beta çeşitlilik. *Celal Bayar Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(1): 154-171.
- IUCN, 2019. The IUCN red list of threatened species. Version 2019-3. <https://www.iucnredlist.org>, Accessed: 01.01.2022.
- Hrdina, A., & Romportl, D. (2017). Evaluating global biodiversity hotspots-Very rich and even more endangered. *Journal of Landscape Ecology*, 10(1), 108-115.
- Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., De Freitas, J.V., Grainger, A., Lindquist, E., 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO global forest resources assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, 352: 9-20.
- Lande, R., 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5-13.
- Legendre, P., Boccard, D., Peres-Neto, P.R., 2005. Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monography*, 75(4): 435-450.
- Li, X., 2020. Prospects for Forest and Biodiversity Protection. In *Green Civilization*, 171-188.
- Lughadha, E.N., Govaerts, R., Belyaeva, I., Black, N., Lindon, H., Allkin, R., Magill, R.E., Nicolson, N., 2016. Counting counts: revised estimates of numbers of accepted species of flowering plants, seed plants, vascular plants and land plants with a review of other recent estimates. *Phytotaxa*, 272(1): 82-88.
- Mert, A., Kırac, A., 2017. Isparta-Sütçüler yöresinde *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876)'nin habitat uygunluk haritalaması. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 1(1): 16-22.
- Messier, C., Bauhus, J., Doyon, F., Maure, F., Sousa-Silva, R., Nolet, P., Mina, M., Aquilué, N., Fortin, M.J., Puettmann, K., 2019. The functional complex network approach to foster forest resilience to global changes. *Forest Ecosystems*, 6(1): 1-16.
- Mitchel, A., 2005. *The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2: Spatial measurements and statistics*. ESRI Guide to GIS Analysis.
- Mitchell, A., Minami, M., 1999. *The ESRI guide to GIS analysis: Geographic patterns & relationships (Vol. 1)*. ESRI, Inc.
- Mitchell, A., 2012. *The ESRI guide to GIS analysis: modeling suitability, movement, and interaction (Vol. 3)*. Esri Press.
- Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J., Da Fonseca, G.A.B., 2004. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Moisen, G.G., Frescino, T.S., 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, 157(2-3): 209-225.

- Morales-Hidalgo, D., Oswalt, S.N., Somanathan, E., 2015. Status and trends in global primary forest, protected areas, and areas designated for conservation of biodiversity from the Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, 352: 68-77.
- MTA, 2011. Burdur ve Isparta İllerine Ait 1/100000 Ölçekli sayısal jeoloji haritaları. <http://www.mta.gov.tr>, Erişim: 01.01.2022.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A., Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772): 853-858.
- Negiz, M.G., Aygül, T.İ., 2019. Kurucuova Yöresi'nde odunsu tür zenginliğinin yetişme ortamı faktörlerine göre dağılımı. *Turkish Journal of Forestry*, 20: 123-132.
- Negiz, M.G., Kurt, E.Ö., 2017. Orman yetişme ortamında alfa tür çeşitliliğinin hesaplanması ve çevresel değişkenlerle ilişkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1): 93-98.
- Neuwirth, E., 2014. RColorBrewer: ColorBrewer palettes. R package version 1.1-2. <http://CRAN.R-project.org/package=RColorBrewer>. Accessed: 01.09.2021.
- Noroozi, J., Zare, G., Sherafati, M., Mahmoodi, M., Moser, D., Asgarpour, Z., Schneeweiss, G. M., 2019. Patterns of endemism in Turkey, the meeting point of three global biodiversity hotspots, based on three diverse families of vascular plants. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7: 159.
- Özçelik, R., 2006. Biyolojik çeşitliliği korumaya yönelik yapılan (Planlama ve Koruma) çalışmalar ve Türkiye ormancılığına yansımaları. *Turkish Journal of Forestry*, 7(2): 23-36.
- Özdamar, K., 2013. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi (Cilt 1). Nisan Kitapevi, Ankara.
- Özdemir, İ., Özçelik, R., Asan, Ü., Eler, Ü., 2005. Biyolojik çeşitliliğin korunması ve fonksiyonel planlama sistemine entegrasyonu. *Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu*, 8-10 Eylül, Isparta, 579-585.
- Özhatay, N., Kültür, S., Aslan, S., 2009. Check-list of additional taxa to the supplement flora of Turkey IV. *Turkish Journal of Botany*, 33: 191-226.
- Özkan, K., 2006. Beyşehir Gölü havzası Çarıkisaraylar yetişme ortamı yöreler grubunda fizyografik yetişme ortamı faktörleri ile ağaç ve çalı tür çeşitliliği arasındaki ilişkiler analizi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7: 157-166.
- Özkan, K., 2010. Orman ekosistem çeşitliliği haritalama çalışmaları için ekolojik alan çeşitliliğinin belirlenmesi üzerine bir öneri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11(2): 136-148.
- Özkan, K., 2016. Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (α , β ve γ) Nasıl Ölçülür? Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Isparta.
- Özkan, K., Küçükşille, E., Mert, A., Gülsoy, S., Süel, H., Başar, M., 2020. Biyolojik çeşitlilik bileşenleri (BİÇEB) hesaplama yazılımı. *Turkish Journal of Forestry*, 21(3): 344-348.
- Özkan, K., Süel, H., 2008. Endemic plant species in a karstic canyon (Mediterranean Region, Turkey): relation to relief and vegetation diversity. *Polish Journal of Ecology*, 56(4): 709-715.
- Pal-Axel, O., Linda-Maria, M., Hans-Henrik, B., 2009. Acidification of sandy grasslands – consequences for plant diversity. *Applied Vegetation Science*, 12: 350-361.
- Pan, Y., Birdsey, R.A., Phillips, O.L., Jackson, R.B., 2013. The structure, distribution, and biomass of the world's forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 44: 593-622.
- Pan, Y., McCullough, K., Hollinger, D.Y., 2018. Forest biodiversity, relationships to structural and functional attributes, and stability in New England Forests. *Forest Ecosystems*, 5(1): 1-12.
- Parker, K.C., 1988. Environmental relationships and vegetation associates of columnar cacti in the northern Sonoran Desert. *Vegetatio*, 78: 125-140.
- Peet, R.K., 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1): 285-307.
- Peterson, A.T., Papeş, M., Eaton, M., 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography*, 30: 550-560.
- Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144.
- Primack, R.B., 2014. *Essentials of Conservation Biology*, 6th edn. Sinauer Associates, Oxford University Press.
- Reid, W.V., 1998. Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(7): 275-280.
- Revelle, W., 2019. An introduction to the psych package: Part I: Data Entry and Data Description. Northwestern University.
- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3): 379-423.
- Simpson, G.G., 1943. Mammals and the nature of continents. *American Journal of Science*, 241(1): 1-31.
- Storch, F., Dormann, C.F., Bauhus, J., 2018. Quantifying forest structural diversity based on large-scale inventory data: a new approach to support biodiversity monitoring. *Forest Ecosystems*, 5(1): 1-14.
- Şentürk, Ö., Negiz, M.G., Gülsoy, S., 2019. Kızılcım meşcerelerinde alfa tür çeşitliliği- yetişme ortamı ilişkileri: Gölhisar Yöresi örneği. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3:178-188.
- Takhtajan, A., 1986. *Floristic Regions of the World*. Berkeley: University of California Press.
- Teshager, Z., Argaw, M., Eshete, A., 2018. Woody species diversity, structure and regeneration status in Weiramba Forest of Amhara Region, Ethiopia: Implications of managing forests for biodiversity conservation. *Journal of Natural Sciences Research*, 8(5): 16-31.
- Thornthwaite, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1): 55-94.
- Wei, T., Simko, V., 2017. An Introduction to Corplot Package. R package version.
- Wei, X., Z., Jiang, M., X., Huang, H., D., Yang, J., Y., Yu, J., 2010. Relationships between environment and mountain riparian plant communities associated with two rare tertiary-relict tree species, *Euptelea pleiospermum* (Eupteleaceae) and *Cercidiphyllum japonicum* (Cercidiphyllaceae). *Flora*, 205: 841-852.
- Westhoff, V., Van Der Maarel, E., 1973. The BraunBlanquet Approach. In R. H. Whittaker (Ed.), *Handbook of Vegetation Science 5: Ordination and classification of communities*. (pp. 617-726)
- Whittaker, R.H., 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30: 279-338.
- Whittaker, R.H., 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2-3): 213-251.
- Wickham, H., 2011. *Wiley interdisciplinary reviews: Computational statistics*, 3(2): 180-185.
- Yue, Q., Hao, M., Geng, Y., Wang, X., Von Gadow, K., Zhang, C., Zhao, X., Gao, L., 2022. Evaluating alternative hypotheses behind biodiversity and multifunctionality relationships in the forests of Northeastern China. *Forest Ecosystems*, 9: 100027.
- Zeleny, D., Chytrý, M., 2007. Environmental control of the vegetation pattern in deep river valleys of the Bohemian Massif. *Preslia*, 79: 205-222.

Shannon entropisi temelli düzeltmeli çeşitlilik ölçümleri ve Pla kestiricisinin üst güven sınır değerini kullanarak gerçek tür çeşitliliğinin hesaplanması

Kürşad Özkan^{a,*} 

Özet: Bu çalışma Pla kestiricisinin düzeltilmiş üst güven değeri ($\hat{H}^e + 1,96\sigma_{\hat{H}}^*$) ve Shannon entropisi temelli düzeltmeli tür çeşitlilik (SDÇ) ölçümleri (Jackknife indisi (JK), düzeltilmiş en büyük olabilirlik kestiricisi ($MLEbc$), Chao ve Shen düzeltmeli çeşitlilik eşitliği (\hat{H}_{CS}), Özkan düzeltmeli çeşitlilik kestiricisi (\hat{H}_O), Bilgi teorisi temelli düzeltmeli çeşitlilik indisi (\hat{H}_{CWJ}), Miller sapma düzeltme eşitliği (\hat{H}_{Miller}) ve Grassberger sapma düzeltme eşitliği (\hat{H}_{ψ}) kullanılarak gerçek tür çeşitliliğinin nasıl hesaplanabileceği bilgisini vermek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda ilk olarak 5 toplumun JK , $MLEbc$, \hat{H}_{CS} , \hat{H}_O , \hat{H}_{CWJ} , \hat{H}_{Miller} , \hat{H}_{ψ} ve $\hat{H}^e + 1,96\sigma_{\hat{H}}^*$ değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra her bir toplum için hesaplanan $\hat{H}^e + 1,96\sigma_{\hat{H}}^*$ değerinin altında kalan indis değerleri kullanılarak örnek toplumların gerçek tür çeşitlilik değerleri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyolojik çeşitlilik, Shannon indisi, Nadir tür, Negatif sapma, Düzeltilmiş tür çeşitliliği, Eksik envanter

Computing true species diversity using Shannon entropy-based bias-corrected measures and upper confidence limit value of Pla estimator

Abstract: This study was conducted to illustrate how to estimate true species diversity using upper confidence limit value of Pla unbiased estimator ($\hat{H}^e + 1,96\sigma_{\hat{H}}^*$) and Shannon entropy-based bias-corrected diversity (SCD) measures (i.e., Jackknife index (JK), bias-corrected maximum likelihood estimator ($MLEbc$), Chao and Shen bias-corrected estimator (\hat{H}_{CS}), Özkan bias-corrected estimator (\hat{H}_O), information theory-based bias-corrected estimator (\hat{H}_{CWJ}), Miller index (\hat{H}_{Miller}) and Grassberger index (\hat{H}_{ψ})). In this regards, firstly JK , $MLEbc$, \hat{H}_{CS} , \hat{H}_O , \hat{H}_{CWJ} , \hat{H}_{Miller} , \hat{H}_{ψ} and $\hat{H}^e + 1,96\sigma_{\hat{H}}^*$ values of five communities were calculated. Next for each community, true diversity values are calculated using the SCD values below $\hat{H}^e + 1,96\sigma_{\hat{H}}^*$ value.

Keywords: Biodiversity, Shannon index, Rare species, Negative bias, Unbiased species diversity, Incomplete inventory


1. Giriş


Biyolojik çeşitlilik ekosistemlerin esnekliği, sağlığı, dinamizmi, verimliliği ve karbon depolama kapasitesi için temel göstergelerden biridir. Bu yüzden biyolojik çeşitlilik doğa bilimlerinin en önemli konuları içerisinde yer almaktadır. Peet (1974) tarafından ifade edildiği üzere biyolojik çeşitlilik, indisler kullanılarak hesaplanmaktadır. Biyolojik çeşitliliğin hesaplanması için geliştirilen veya önerilen birçok indis bulunmakta olup, bunların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bu indisler tür çeşitlilik indisleri başlığı altında genel olarak, tür zenginlik indisleri, heterojenlik indisleri ve tür bolluk modelleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Özkan, 2020). Tür çeşitliliğinin, heterojenlik indisleri ve tür bolluk modelleri ile hesaplanmasında temel girdiler tür sayısı ve türlere ait bolluk değerleridir. Tür sayısı ve onların bolluk değerine dayalı çeşitlilik hesaplamasında en fazla kullanılan indis ise Shannon entropisidir (Shannon, 1948).


Bir toplumu temsil etmek üzere örnekleme yapıldığında veya örnek alan alındığında; bu örnek alanın o toplumu tam olarak temsil ettiğini kabul etmek yanlıgılara sebep olabilir. Diğer bir ifade ile bir toplumu temsil etmek üzere örnekleme

veya örnek alan alındığında büyük ihtimalle bir negatif sapma söz konusudur. Böyle durumlar için tür çeşitlilik indisleri yetersiz kalmaktadır. Düzeltilmiş tür çeşitlilik indisleri bu yetersizliği ortadan kaldırmak için geliştirilmiştir. Düzeltilmiş tür çeşitlilik indisleri, düzeltilmiş tür zenginlik indisleri, Simpson indisine dayalı düzeltilmiş tür çeşitlilik indisleri ve Shannon entropisine dayalı düzeltilmiş tür çeşitlilik indisleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

Shannon entropisi temelli düzeltilmiş tür çeşitlilik indisleri (SDÇ) düzeltilmiş tür zenginlik indislerinden ve Simpson indisi temelli düzeltilmiş tür çeşitlilik indislerinden daha fazla tercih edilmektedir. SDÇ indisleri grubunda Jackknife yöntemi (JK) (Zahl, 1977), düzeltilmiş en büyük olabilirlik kestiricisi ($MLEbc$) (Chao vd., 1993; Chao vd., 2000), Chao ve Shen düzeltilmiş çeşitlilik eşitliği (\hat{H}_{CS}) (Chao ve Shen, 2003), Özkan düzeltilmiş çeşitlilik kestiricisi (\hat{H}_O) (Özkan, 2020), bilgi teorisi temelli düzeltilmiş çeşitlilik indisi (\hat{H}_{CWJ}) (Chao vd., 2013), Miller sapma düzeltme eşitliği (\hat{H}_{Miller}) (Strobl, 2005; Miller, 1955) ve Grassberger sapma düzeltme eşitliği (\hat{H}_{ψ}) (Bonachela vd., 2008) bulunmaktadır.

 ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, 32260, Isparta

 ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): kursadozkan@isparta.edu.tr

 **Received** (Geliş tarihi): 24.05.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 10.07.2023



Citation (Atıf): Özkan, K., 2023. Shannon entropisi temelli düzeltilmiş çeşitlilik ölçümleri ve Pla kestiricisinin üst güven sınır değerini kullanarak gerçek tür çeşitliliğinin hesaplanması. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 235-240. DOI: [10.18182/tjf.1302074](https://doi.org/10.18182/tjf.1302074)

Pla (2004) tarafından önerilen düzeltmeli çeşitlilik hesabı (\hat{H}^e), Shannon entropisi temelli düzeltmeli tür çeşitlilik (SDÇ) indisleri grubuna dahil edilebilir. Ancak, Pla (2004)'nın önerdiği düzeltmeli çeşitlilik hesabı popüler bir yaklaşım değildir. Bunun muhtemel iki sebebi vardır. Birinci sebep, \hat{H}^e indisinin SDÇ formlarına göre genelde daha düşük kestirim değeri vermesidir. Bu durum \hat{H}^e 'in negatif sapma ile ortaya çıkan farkı kapatmada yetersiz kaldığı anlamına gelmektedir. Diğer sebep, önerilen bu yaklaşımın simülasyon ürünü esnek olmayan istatistiksel bir denkleme dayandırılmış olmasıdır. Bununla birlikte bu yöntemin sağladığı önemli bir avantaj vardır. Zira bu yaklaşımdan varyans değeri hesaplanabildiğinden, düzeltmeli çeşitlilik değerine eşlik edebilecek düzeltmeli alt ve üst güven düzeyi değerleri de ($\hat{H}^e \pm 1,96\sigma_{\hat{H}^e}^*$) elde edilebilmektedir.

Negatif sapmadan kaynaklanan farkı kapatmama riskinin yüksek olmasından dolayı \hat{H}^e ve haliyle $\hat{H}^e - 1,96\sigma_{\hat{H}^e}^*$ değerlerinin düzeltmeli çeşitlilik değerleri olarak kullanılmasına mesafeli durmak mantıklı bir seçenektir. Bununla birlikte $\hat{H}^e + 1,96\sigma_{\hat{H}^e}^*$ değerini, SDÇ indislerinin sonuçlarını kontrol veya teyit etmek için kullanımı önerilebilir. Zira $\hat{H}^e + 1,96\sigma_{\hat{H}^e}^*$ değeri \hat{H}^e 'in üst sınır değeri olduğundan, bunun negatif sapmadan kaynaklanan farkı kapatma ve hatta geçme ihtimali yükselmektedir.

O halde, bir örnek alan verisi için, düzeltilmeli üst güven düzeyi değeri, o örnek alan verisine uygulanan SDÇ indis grubu değerlerinin geçerliliği için kullanılabilir. Böylece SDÇ indislerinin olması gerekenden veya $\hat{H}^e + 1,96\sigma_{\hat{H}^e}^*$ değerinden daha yüksek bir kestirim değeri pozitif sapmaya atfedilebilir ve pozitif sapma gösteren SDÇ indislerinin sonuçları geçersiz kılınabilir. Diğer bir ifade ile, bir örnek alan için SDÇ indislerine ait kestirimler eğer o örnek alan için elde edilen $\hat{H}^e + 1,96\sigma_{\hat{H}^e}^*$ değerinden düşük ise geçerli olduğu kabul edilebilir ve örnek alanı temsil eden toplumun çeşitlilik değeri için kullanılabilir. Özetle, SDÇ indisleri içinde geçerli sonuçlar $\hat{H}^e + 1,96\sigma_{\hat{H}^e}^*$ değerinin altında ise kabul edilebilir ve bu kabule uygun SDÇ indislerine ait sonuçların ortalaması ile

o örnek alanı en ideal temsil edecek düzeltilmiş çeşitlilik değeri elde edilebilir.

Bu çalışma, örneklem veya örnek alan verileri için Pla (2004)'nın yaklaşımı ile elde edilen düzeltmeli üst limit tür çeşitlilik değerini baz alarak, Shannon entropisi temelli düzeltmeli tür çeşitlilik indislerinin (SDÇ) geçerliliğini nasıl sorgulayacağımızı ve nihayetinde örneklem için en uygun düzeltmeli çeşitlilik değerini nasıl elde edebileceğimizi göstermek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma materyali

Çalışmada materyal olarak Çizelge 1'deki verilen 5 toplum verisi kullanılmıştır. Bunlardan DT, NT, EW ve CP kod isimleri verilmiş 4 toplum verisi daha evvel Chao ve Shen (2003) ve Özkan (2020) tarafından kullanılmış olup, Janzen (1973a ve 1973b)'den alınmıştır. Beşinci toplum verisi (HP) ekstrem tür dağılıma örnek olması amacıyla yapay olarak üretilmiştir.

Çizelge 1'de f_k değerlerinin toplamı gözlenen tür sayısına denk gelmektedir ($\sum f_k = S$). k , türlere ait birey sayılarını ifade etmekte ve $k \times f_k$ değerlerinin toplamı toplam birey sayısını (N) vermektedir. Örneğin DT toplumunda, tek bireyli 59 tür, iki bireyli 9 tür, 3 bireyli 3 tür, 4 bireyli 2 tür, 5 bireyli 2 tür, 6 bireyli 2 tür ve 11 bireyli 1 tür olmak üzere toplamda 78 tür ve 127 birey bulunmaktadır.

2.2. Shannon entropisi temelli düzeltmeli tür çeşitlilik indisleri

Bu makalede kullanılan Shannon entropisi temelli düzeltmeli tür çeşitlilik (SDÇ) indisleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek veri setleri (DT, NT, EW, CP verileri Janzen (1973a ve 1973b)'den alınmıştır.)

														Toplam
DT	k	1	2	3	4	5	6	11						127
	f_k	59	9	3	2	2	2	1						78
NT	k	1	2	3	5	7	10	14	16	18				170
	f_k	56	9	7	2	1	1	1	1	1				79
EW	k	1	2	3	5	6	11	16	21	25	26	35		170
	f_k	4	3	5	1	1	1	1	1	1	1	1		20
CP	k	1	2	3	4	5	9	11	14	20	30	65		198
	f_k	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1		14
HP	k	1	3	5	8	14	41	62						236
	f_k	84	4	3	1	1	1	1						95

k : türlere ait birey sayıları, f_k : gözlenen tür sayıları

Çizelge 2. Shannon entropisi temelli düzeltmeli tür çeşitlilik indisleri (SDÇ)

İndislerin formülleri	İndis no
$JK = n \ln n - (n - 1) \ln(n - 1) + \frac{1}{n} \sum_{k=2}^n f_k k^2 \ln \frac{(k-1)}{k} - \frac{1}{n} \sum_{k=2}^n f_k k \ln(k - 1)$	(1)
$MLEbc = \hat{H}_{MLE} + (\hat{S}_{ACE} - 1)/2n$	(2)
$\hat{H}_{CS} = -\sum_{i=1}^S \frac{\hat{p}_i \ln \hat{p}_i}{1-(1-\hat{p}_i)^n} I(A_i) = -\sum_{i=1}^S \frac{\hat{C}\hat{p}_i \ln \hat{C}\hat{p}_i}{1-(1-\hat{C}\hat{p}_i)^n} I(A_i)$	(3)
$\hat{H}_O = -\sum_{i=1}^S \frac{\hat{p}_k \ln \hat{p}_k}{1-(1-\frac{1}{S_{obs}})^{\sum_{i=1}^S f_k k + \sum_{i=1}^S f_k \hat{k}}} I(A_i) = -\sum_{i=1}^S \frac{\hat{p}_k \ln \hat{p}_k}{1-(1-\frac{1}{S_{obs}})^{\sum_{i=1}^S f_k \hat{k}}} I(A_i)$	(4)
$\hat{H}_{Cwj} = \sum_{1 \leq X_i \leq n-1} \frac{X_i}{n} [\psi(n) - \psi(X_i)] + \frac{f_1}{n} (1 - A)^{-n+1} \left\{ -\ln(A) - \sum_{r=1}^{n-1} \frac{1}{r} (1 - A)^r \right\}$	(5)
$\hat{H}_{Miller} = H(p) + \frac{S-1}{n}$	(6)
$\hat{H}_\psi = \sum_{i=1}^S \frac{X_i}{n} \left(\ln n - \psi(X_i) - \frac{(-1)^{X_i}}{X_i(X_i+1)} \right)$	(7)

Jackknife indisinde (JK) (Çizelge 2, indis 1) n toplumdaki toplam birey sayısını, k türlerin gözlemeleme sayısını ifade etmektedir. f_k birey sayılarının k . değerine denk gelen tür sayısıdır (Zahl, 1977).

Düzeltilmiş en büyük olabilirlik kestiricisinde ($MLEbc$) (Çizelge 2, indis 2) bulunan \hat{H}_{MLE} en büyük olabilirlik kestiricidir. \hat{S}_{ACE} bolluk verilerine dayalı örtü kestiricidir ve hesabı bol ve nadir görünen türlerin sayısına (S_{abun} , S_{rare}) dayanmaktadır (Chao vd., 1993; Chao vd., 2000).

$$\hat{H}_{MLE} = -\sum_{i=1}^S \hat{p}_i \ln \hat{p}_i = -\sum_{i=1}^S \frac{X_i}{n} \ln \left(\frac{X_i}{n} \right) \quad (8)$$

$$\hat{S}_{ACE} = S_{abun} + \frac{S_{rare}}{\hat{C}_{rare}} + \frac{f_1}{\hat{C}_{rare}} \hat{\gamma}^2 \quad (9)$$

Eşitlikte $\hat{p}_i = X_i/n$, p_i 'nin MLE 'si olmaktadır. $\hat{C} = 1 - f_i/n$ ve $\sum_{m=1}^n m f_m = n$ bağlantı eşitlikleri olup, $\hat{C}_{rare} = 1 - f_1/\sum_{m=1}^k m f_m$ eşitliği ile hesaplanır. Genellikle $\kappa=10$ olarak alınmaktadır (Chao vd., 2000).

Chao ve Shen (2003)'in önerdikleri sapma-düzeltilme çeşitlilik eşitliği (\hat{H}_{CS}) (Çizelge 2, indis 3) Horvitz-Thompson düzeltmesi (Horvitz ve Thompson, 1952) temelinde inşa edilmiştir. \hat{H}_{CS} indisinde $\hat{p}_i = \hat{C}\hat{p}_i$ ve $\hat{C} = 1 - (f_i/n)$ olup, f_i tek bireye sahip türlerin sayısını ifade etmektedir. $\hat{p}_i = X_i/n$, p_i 'nin MLE 'sidir.

Özkan (2020) tarafından önerilen sapma düzeltmeli çeşitlilik kestirimi (\hat{H}_O) (Çizelge 2, indis 4) Von Neuman Entropisi'nin yarı dolanıklık yoğunluk matrisine dayanmaktadır. Bu yöntemde ilk olarak yarı dolanıklık yoğunluk matrisinden λ_{max} hesaplanmaktadır. \hat{H}_O hesabında f_k türlerin birey sayısı ($k = 1, 2, \dots, m$) olup, \hat{k} bir türün birey sayısına eklenecek değeri ifade etmektedir. Diğer bir deyişle \hat{k} gözlenmeyen türlere atfen k kere gözlenen türün kestirilen birey sayıdır. $\hat{k} = \lambda_{max} k/k^k$ olup, buradan $\hat{k} = \hat{k} + k$ hesabı gerçekleştirilir ve böylece \hat{p}_k değerleri ($\hat{p}_k = \hat{k}/\sum_{i=1}^S f_k \hat{k}$) belirlenebilir. \hat{p}_k i . tür için kullanılacak oransal değeri ifade etmektedir. Her k değeri için i . türe ait \hat{p}_k değerleri elde edildikten sonra sapma düzeltmeli çeşitlilik (\hat{H}_O) hesaplanır. \hat{H}_O eşitliğinde (Çizelge 2, indis 4) $I(A_i)$ gösterge fonksiyonudur. Eğer A_i doğru ise o zaman $I(A_i) = 1$, eğer yanlış ise $I(A_i) = 0$ olmaktadır.

Bilgi teorisi temelli düzeltmeli çeşitlilik indisinde (\hat{H}_{Cwj}) (Çizelge 2, indis 5), X_i i . türün birey sayısını, n toplumdaki toplam birey sayısını, f_i tek bireyli türlerin sayısını ve f_2 iki bireyli türlerin sayısını ifade etmektedir (Chao vd., 2013). $\psi(x)$ digama fonksiyonu olup (Kokologiannaki ve Krasniqi, 2013), bu fonksiyonda yer alan $\gamma = \lim_{m \rightarrow \infty} \left(\sum_{l=1}^m \frac{1}{l} - \ln m \right) = 0,577215665 \dots$ Euler sabitesi'dir (Choi ve Srivastava, 2000). \hat{H}_{Cwj} formülünde yer alan A 'nın tespiti aşağıdaki eşitlikler ile gerçekleştirilmektedir.

$$A = \begin{cases} 2f_2/[(n-1)f_1 + 2f_2], & f_2 > 0 \\ 2/[(n-1)(f_1 - 1) + 2], & f_2 = 0, f_1 \neq 0 \\ 1, & f_1 = f_2 = 0, \end{cases} \quad (10)$$

Miller sapma düzeltme indisinde (\hat{H}_{Miller}) (Çizelge 2, indis 6) $H(p)$ Shannon entropisi ($H(p) = -\sum_{i=1}^S p_i \log p_i$), S tür sayısı ve n toplam birey sayısıdır (Strobl, 2005; Miller, 1955).

Grassberger (1988, 2003) tarafından önerilen sapma-düzeltilme eşitliği (\hat{H}_ψ) (Çizelge 2, indis 7) Bonachela vd. (2008) tarafından özetlenerek verilmiştir. \hat{H}_ψ indisinde, daha önce \hat{H}_{Cwj} indisinde de açıklandığı üzere $\psi(x)$, digama fonksiyonu ve γ , Euler sabitesi'dir.

2.3. Pla düzeltmeli tür çeşitlilik kestirim metodu

SDÇ grubunda yer alabilecek bir diğer düzeltmeli çeşitlilik hesaplama yaklaşımı Pla (2004) tarafından önerilmiştir. Ancak Pla (2004)'nin önerdiği yaklaşım SDÇ indislerinden yapısal olarak farklıdır. Zira Pla (2004) tarafından önerilen yaklaşımda bootstrap toplumlarından Shannon indisine dayalı düzeltmeli tür çeşitliliği hesaplanmaktadır.

Hatırlanacağı üzere bir toplumun çeşitlilik hesabı için kullanılan Shannon indisi (Shannon, 1948) aşağıdaki gibidir.

$$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (11)$$

Burada H ilgili toplum için doğru çeşitlilik değerini ifade etmektedir ve bu hesap, o toplum ile ilgili verinin eksiksiz

elde edildiği kabulüne dayanmaktadır. Bu durumda, S toplumdaki doğru tür sayısını ve p_i , i . türün doğru nispi bolluk değerini ifade etmektedir.

Bir toplumu temsil etmek üzere örnekleme yapıldığında veya örnek alan alındığında az veya çok negatif bir sapma söz konusu olur. Bu durumda Shannon indisi için H yerine \hat{H} terminini kullanmak uygun olur (Pla, 2004).

$$\hat{H} = - \sum_{i=1}^S \hat{p}_i \ln \hat{p}_i \quad (12)$$

\hat{H} eşitliğinde, \hat{S} toplumu temsil eden örnek alandaki tür sayısını ve \hat{p}_i , toplumu temsil etmek üzere alınan örnek alandaki i . türün bolluk değerinin (n_i) o örnek alandan elde edilen toplam bolluk değerine (N) oranını ($\hat{p}_i = n_i/N$) ifade etmektedir. Haliyle, \hat{H} toplumu değil, toplumu temsil eden örnek alanın çeşitlilik değerini ifade etmektedir.

Shannon entropisine dayalı olarak bir topluma ait tür çeşitlilik değerini, diğer bir deyişle düzeltilmiş tür çeşitlilik değerini hesaplamak için daha önceden bahsi geçtiği üzere, Pla (2004) bootstrap toplumlarının kullanılmasını önermiştir.

Bu bağlamda öncelikle ana veri setinden üretilen her bir bootstrap toplumunun Shannon indisi (H_j^*) değeri hesaplanır. Daha sonra hesaplanan H_j^* değerlerinin ortalaması (\bar{H}^*) alınır.

$$\bar{H}^* = \frac{1}{B} \sum_{j=1}^B H_j^* \quad (13)$$

Varyans (σ_H^{*2}) ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak tespit edilir.

$$\sigma_H^{*2} = \frac{1}{B} \sum_{j=1}^B (H_j^* - \bar{H}^*)^2 \quad (14)$$

Simülasyon şartlarında, en iyi ampirik sapma kestirimine ve buradan indis nokta kestirimine (\hat{H}^e) yönelik denklemler Pla (2004) tarafından üretilmiştir. \hat{H}^e değerine ulaşılmasını sağlayan bu denklemler aşağıda verilmiştir.

$$(\hat{H} - H) = 1,73(\bar{H}^* - \hat{H}) + 0,02\bar{H}^* - 0,0003\hat{S} \quad (15)$$

$$\hat{H}^e = 2,73\hat{H} - 1,75\bar{H}^* + 0,0003\hat{S} \quad (16)$$

Buradan $\hat{H}^e \pm 1,96\sigma_H^*$ ile düzeltilmiş güven aralıkları elde edilir (Pla, 2004). Nihayetinde, işlem "eğer Shannon entropisi temelli i . düzeltilmeli tür çeşitlilik indisinin (SDC_i) değeri $< \hat{H}^e + 1,96\sigma_H^*$ ise, hesap kabul edilir aksi durumda reddedilir" koşullandırması ile son bulur.

Koşullandırma testinden geçen SDC_i indislerinin değerleri aşağıdaki formüle aktarılarak düzeltilmeli çeşitlilik değeri (\bar{H}_{bc}) elde edilir.

$$\bar{H}_{bc} = \ln(\sum_{i=1}^T e^{SDC_i I(A)} / \sum_{i=1}^T I(A)) \quad (17)$$

Formülde T Shannon entropisi temelli düzeltilmeli tür çeşitlilik indislerinin toplam sayısını ve $I(A)$ gösterge değerini ifade etmektedir. Eğer SDC grubunun i . indisine ait değer $< \hat{H}^e + 1,96\sigma_H^*$ ise $I(A) = 1$, aksi durumda $I(A) = 0$ olur.

Çalışmada bütün hesaplamalar bu amaçla hazırlanmış olan bir Microsoft Excel Spreadsheet programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. \hat{H}^e , $\hat{H}^e + 1,96\sigma_H^*$ hesapları her örnek veri seti için 500 bootstrap toplumu üretilerek gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

Örnek toplumların hesaplanan SDC indis değerleri Çizelge 3'te, Pla düzeltilmeli tür çeşitlilik hesaplama sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

HP, DT ve NT toplumlarının \hat{H} değerleri sırası ile 3,35;4,08;3,83 şeklindedir (Çizelge 4). SDC indislerine göre düzeltilmeli çeşitlilik değerleri HP toplumunda 3,73 ile 5,30 arasında, DT toplumunda 4,62 ile 5,11 arasında ve NT toplumunda 4,24 ile 4,62 arasında değişmektedir (Çizelge 3). EW ve CP toplumların \hat{H} değerleri sırası ile 2,41 ve 2,06 şeklindedir. SDC indislerinden elde edilen sonuçlara göre, düzeltilmiş çeşitlilik değerleri EW toplumu için 2,47 ile 2,52 arasında, CP toplumu için 2,09 ile 2,12 arasında değişmektedir.

Anlaşılabacağı üzere HP, DT ve NT toplumlarının \hat{H} değerleri ile düzeltilmeli çeşitlilik değerleri arasında önemli farklılıklar vardır. Oysaki, EW ve CP toplumların \hat{H} değerleri ile düzeltilmeli çeşitlilik değerleri arasında fark çok düşüktür. Bunun sebebi gayet açıktır. Şöyle ki; Çizelge 1'den görüleceği üzere, en fazla sayıda nadir tür sayısına, özellikle tek bireyli tür sayısına sahip toplumlar sırası ile HP, DT ve NT toplumlarıdır. EW ve CP toplumlarında ise nadir türlerin sayısı oldukça düşüktür. Bütün bunların sonucu olarak negatif sapma değeri en yüksek olan toplumlar HP, DT ve NT olmaktadır. EW ve CP toplumlarında ise negatif sapma değeri önemsenmeyecek kadar düşüktür, zira bu toplumlarda envanter büyük oranda tamamlanmıştır.

DT ve NT toplumunda JK , \hat{H}_{CS} , \hat{H}_O , \hat{H}_{Miller} ve \hat{H}_ψ yöntemleri ile birbirlerine yakın kestirim değerleri elde edilmiştir. Bu toplumlarda en yüksek değerler bariz farklılıklarla $MLEbc$ ve \hat{H}_{CWJ} indislerine aittir.

HP toplumunda en küçük kestirim değerleri JK , \hat{H}_{Miller} ve \hat{H}_ψ tarafından elde edilmiştir. JK , \hat{H}_{Miller} ve \hat{H}_ψ yöntemlerinden sırası ile 3,73;3,75;3,76 değerleri elde edilmiş olup, bu değerler birbirlerine oldukça yakındır. En büyük kestirim değerleri önemli farklılıklarla $MLEbc$ (5,30) ve \hat{H}_{CWJ} (4,73) yöntemlerinden elde edilmiştir. \hat{H}_{CS} ve \hat{H}_O yöntemlerinden elde edilen değerler birbirlerine çok yakın olup, bunların değerleri JK , \hat{H}_{Miller} ve \hat{H}_ψ grubuna ait değerler ile $MLEbc$ ve \hat{H}_{CWJ} grubuna ait değerler arasında yer almaktadır.

EW ve CP toplumları için bütün yöntemlerin sonuçları birbirlerine çok yakın değerler vermiştir. Zira, SDC indisleri ile EW toplumu için elde edilen kestirim değerleri 2,47 ile 2,52 arasında, CP toplumu için 2,09 ile 2,12 arasında değişmektedir.

Görünen o ki, bir toplumda nadir tür sayısı ve nadir tür sayısının oranı arttıkça, SDC indisleri arasındaki fikir ayrılığı da kendini daha net hissettirmektedir. Bu durumda, bir toplumun düzeltilmeli çeşitlilik indisini temsil etmek için her zaman SDC indislerinin ortalama değerlerini almak doğru bir yaklaşım olmaz. Doğru yaklaşım, $\hat{H}^e + 1,96\sigma_H^*$ eşik değerini kullanarak fikir ayrılığı en düşük düzeyde olan SDC indislerinin ortalamasını almaktır.

Çizelge 3 ve Çizelge 4'ten görüleceği üzere örnek toplumların Pla düzeltilmeli tür çeşitliliği (\hat{H}^e) değerleri onların en küçük SDC değerlerinden bile daha küçüktür ya da o değerlere eşittir. Bu durum SDC indisleri ile kıyaslandığında \hat{H}^e 'nin negatif sapma değerini kapatmada yetersiz kaldığı göstermektedir. Örnek toplumların $\hat{H}^e + 1,96\sigma_H^*$ değerleri ise bazı SDC indisleri değerlerinden daha

büyüktür. Çizelge 5 SDC indislerinin gösterge değerlerini vermektedir. DT, NT, EW, CP ve HP toplamlarının gösterge değerleri ($\hat{H}^e + 1,96\sigma_H^*$ değerlerini geçen indis sayısı) toplamı ($\sum_{i=1}^T I(A)$) sırası ile 5;5;7;7;3 şeklindedir (Çizelge

7). Çizelge 3 ve Çizelge 5'in hücre değer çarpımları her bir toplum için ortalamaya girmeye hak kazanan SDC indislerine ait değerleri içermektedir. Buradan her bir toplum için elde edilen $\sum_{i=1}^T e^{SDC_i} I(A)$ değerleri Çizelge 7'nin ikinci satırında, \bar{H}_{bc} değerleri Çizelge 7'nin son satırında verilmiştir.

Çizelge 3. Örnek toplamların Shannon entropisi temelli düzeltmeli tür çeşitlilik (SDC) indislerine ait hesaplama sonuçları

	JK	\hat{H}_{CS}	$MLEbc$	\hat{H}_O	\hat{H}_{CWJ}	\hat{H}_{Miller}	\hat{H}_ψ
DT	4,62	4,70	5,11	4,69	4,98	4,68	4,64
NT	4,24	4,30	4,62	4,34	4,48	4,29	4,25
EW	2,48	2,49	2,47	2,48	2,48	2,52	2,49
CP	2,10	2,09	2,09	2,09	2,10	2,12	2,10
HP	3,73	3,97	5,30	3,97	4,73	3,75	3,76

Çizelge 4. Örnek toplamların Pla düzeltmeli tür çeşitlilik hesaplama sonuçları

	\hat{H}	\bar{H}^*	σ_H^*	\hat{H}^e	$\hat{H}^e - 1,96\sigma_H^*$	$\hat{H}^e + 1,96\sigma_H^*$
DT	4,08	3,73	0,08	4,62	4,47	4,77
NT	3,83	3,57	0,10	4,24	4,05	4,43
EW	2,41	2,35	0,08	2,47	2,32	2,61
CP	2,06	2,02	0,07	2,08	1,95	2,21
HP	3,35	3,13	0,12	3,69	3,46	3,92

Çizelge 5. SDC indis değerlerinin örnek toplamlara göre belirlenen gösterge değerleri ($I(A)$)

	JK	\hat{H}_{CS}	$MLEbc$	\hat{H}_O	\hat{H}_{CWJ}	\hat{H}_{Miller}	\hat{H}_ψ
DT	1	1	0	1	0	1	1
NT	1	1	0	1	0	1	1
EW	1	1	1	1	1	1	1
CP	1	1	1	1	1	1	1
HP	1	0	0	0	0	1	1

Çizelge 6. Çizelge 3 ve Çizelge 5'in hücre değerleri çarpımı

	JK	\hat{H}_{CS}	$MLEbc$	\hat{H}_O	\hat{H}_{CWJ}	\hat{H}_{Miller}	\hat{H}_ψ
DT	4,62	4,70	0	4,69	0	4,68	4,64
NT	4,24	4,30	0	4,34	0	4,29	4,25
EW	2,48	2,49	2,47	2,48	2,48	2,52	2,49
CP	2,10	2,09	2,09	2,09	2,10	2,12	2,10
HP	3,73	0	0	0	0	3,75	3,76

Çizelge 7. Örnek toplamların gösterge değerleri toplamı, $\hat{H}^e + 1,96\sigma_H^*$ değerinin altında kalan SDC indislerine ait üstel değer toplamları ve düzeltmeli çeşitlilik değerleri

	DT	NT	EW	CP	HP
$\sum_{i=1}^T I(A)$	5	5	7	7	3
$\sum_{i=1}^T e^{SDC_i} I(A)$	531,92	362,37	84,11	57,09	127,14
\bar{H}_{bc}	4,67	4,28	2,49	2,10	3,75

4. Sonuç ve öneriler

“Giriş” kısmında da ifade edildiği üzere, tür çeşitliliğinde kullanılan çok sayıda indis vardır. Ancak hangi indisin biyolojik çeşitlilik hesaplamaları için uygun olduğu konusunda araştırmacılar arasında tam bir fikir birliği bulunmamaktadır. Literatüre göre biyolojik çeşitlilik hesaplarında araştırmacılar tarafından en fazla tür zenginliği, Simpson çeşitlilik indisi ve Shannon entropisi kullanılmaktadır.

Shannon entropisi çeşitlilik hesapları için en ideal formdur. Bununla birlikte örnekleme nadir türlerin varlığı Shannon entropisi ile gerçekleştirilen hesapların güvenilirliğini azaltmaktadır. Bu yüzden bazı araştırmacılar tarafından Shannon entropisini temel alan düzeltmeli çeşitlilik indisleri geliştirilmiştir. Araştırmacılar arasında düzeltmeli çeşitlilik indisleri içinde hangisinin gerçeğe daha yakın sonuç verdiği veya hangisinin kullanımının daha uygun olduğu konusunda da bir fikir birliği yoktur. Geleneksel yaklaşım, popüler olan bir düzeltmeli çeşitlilik indisinin seçilmesi veya örnekleme verilerinin birden fazla düzeltmeli çeşitlilik indisi ile hesaplanması ve değerlendirmesi şeklindedir. Ne var ki, birden fazla düzeltmeli tür çeşitlilik indisinin seçilerek kullanılması durumunda, elde edilen sonuçlar arasındaki uyumsuzluklara nasıl bir çözüm bulunacağı da belirsizdir.

Bir örnekleme veya örnek alan verisi için sadece tek bir Shannon entropisi temelli düzeltmeli çeşitlilik değeri istenirse, o zaman seçeneklerden biri Shannon entropisi temelli düzeltmeli çeşitlilik indislerine ait değerlerinin ortalama değerini kullanmak olabilir. Ne var ki, indislerin kestirim değerleri arasındaki farklılıkların büyük olması durumunda ortalama değerlerin temsil kabiliyeti için güvenilirlik azalır. Bununla birlikte, ortalama değerlerin temsil kabiliyetini yükseltmek için indislerin hesap çıktıları bir eşik değeri ile test edilebilir. Bu eşik değeri aynı amaca yönelik kabul edilebilir bir yaklaşım ile elde edilen düzeltilmiş üst limit çeşitlilik değeri olabilir. Pla (2004) tarafından önerilen yaklaşım ile düzeltilmiş üst sınır çeşitlilik değeri elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada Çizelge 1’de verilen her örnekleme için eşik değeri olarak Pla (2004) yaklaşımı ile elde edilen düzeltilmiş üst sınır çeşitlilik değeri kullanılmış, kestirim yöntemleri ile bu eşik değerin altında elde edilen değerlerin ortalama değeri örnek alanların düzeltmeli çeşitlilik değeri olarak kabul edilmiştir. Böylece herhangi bir düzeltmeli çeşitlilik indisini seçme zorunluluğu olmadan gerçek tür çeşitliliğinin objektif bir yaklaşımla elde edilmesi sağlanmıştır. Elbette bu yaklaşımın geçerliliği gerçek ekolojik veriler kullanılarak test edilmeli, eğer uygulamasında eksiklikler varsa geliştirilmeli veya modifiye edilmelidir.

Açıklama

Bu makaledeki hesaplamalar için Microsoft Excel Spreadsheet programının oluşturulmasında yardımcı olan ISUBÜ Orman Fakültesi öğretim üyesi Doç. Dr. Ahmet MERT’e, makale metnini kontrol ederek eksiklerinin tamamlanmasına destek olan ISUBÜ Sütçüler Prof. Dr. Hasan GÜRBÜZ Meslek Yüksek Okulu öğretim üyesi Dr. Serkan ÖZDEMİR ve ISUBÜ Orman Fakültesi öğretim üyesi Dr. Ali ŞENOL’a teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Bonachela, J.A., Hinrichsen, H., Munoz, M.A., 2008. Entropy estimates of small data sets. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 41(20): 202001.
- Chao, A., Ma, M.C., Yang, M.C., 1993. Stopping rules and estimation for recapture debugging with unequal failure rates. *Biometrika*, 80(1): 193-201.
- Chao, A., Hwang, W.H., Chen, Y.C., Kuo, C.Y., 2000. Estimating the number of shared species in two communities. *Statistica Sinica*, 10: 227-246.
- Chao A., Shen, T.J., 2003. Nonparametric estimation of Shannon’s index of diversity when there are unseen species in sample. *Environmental and Ecological Statistics*, 10: 429-442.
- Chao, A., Wang, Y.T., Jost, L., 2013. Entropy and the species accumulation curve: a novel entropy estimator via discovery rates of new species. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(11): 1091-1100.
- Choi, J., Srivastava, H.M., 2000. Evaluation of higher-order derivatives of the gamma function. *Publikacije Elektrotehničkog Fakulteta. Serija Matematika*, 11: 9-18.
- Grassberger, P., 1988. Finite sample corrections to entropy and dimension estimates. *Physics Letters A*, 128(6-7): 369-373.
- Grassberger, P., 2003. Entropy Estimates from Insufficient Samplings. *ArXiv Physics, e-prints 0307138*.
- Janzen, D.H., 1973a. Sweep samples of tropical foliage insects: description of study sites, with data on species abundances and size distributions. *Ecology*, 54(3): 659-686.
- Janzen, D.H., 1973b. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. *Ecology*, 54(3): 687-708.
- Horvitz, D. G., Thompson, D. J., 1952. A generalization of sampling without replacement from a finite universe. *Journal of the American statistical Association*, 47(260), 663-685.
- Kokologiannaki, C.G., Krasniqi, V., 2013. Some properties of the k-gamma function. *Le Matematiche*, 68(1): 13-22.
- Miller G.A., 1955. A note on the bias of information estimates. In: *Information Theory In Psychology: Problems and Methods* (Ed: Quastler, H.), The Free Press, Glencoe Illinois, pp. 95-100.
- Özkan, K., 2020. A new proposed estimator for reducing bias due to undetected species. *Gazi University Journal of Science*, 33(1): 229-236.
- Peet, R.K., 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1): 285-307.
- Pla, L., 2004. Bootstrap confidence intervals for the Shannon biodiversity index: a simulation study. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 9(1): 42-56.
- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3): 379-423.
- Strobl, C., 2005. Variable selection in classification trees based on imprecise probabilities. *ISIPTA ’05: Proceedings of the Fourth International Symposium on Imprecise Probabilities and Their Applications*, 20-23 July, Pittsburgh, USA, pp. 339-348.
- Zahl, S., 1977. Jackknifing an index of diversity. *Ecology*, 58(4): 907-913.

Batı Karadeniz Bölgesi Kazdağı göknarı ormanlarında göknar ökseotu bulunma ve bulaşma durumu: Kökez Orman İşletme Şefliği örneği

İsmail Baysal^{a,*} 

Özet: Ökseotları, ormanlık alanlardaki geniş yayılışı, potansiyel zararı ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin öngörülebilirliği açısından üzerinde çalışılması gereken önemli bir biyotik zararlıdır. Bu çalışmada, göknar ökseotunun (*Viscum album* ssp. *abietis* (Wiesb.) Abromeit.) göknar ağaçlarındaki bulunma ve bulaşma durumları araştırılmıştır. Araştırma, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Aladağlar Orman İşletme Müdürlüğü, Kökez Orman İşletme Şefliği sınırları içinde yayılış gösteren saf Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen) ormanlarında yürütülmüştür. Çalışmada, sistematik örnekleme yöntemi ile belirlenmiş 159 dairesel örnek alandaki göknar ağaçlarında ökseotunun bulunup bulunmama durumu tespit edilmiştir. Ökseotu tespit edilen ağaçlarda, ökseotunun ağacın tepe bölümlerinde bulunma ve bulaşma durumları ayrıca gözlemlenmiş ve değerlendirilmiştir. Ökseotu bulunma ve bulaşma durumu ile ökseotu bulaşma derecesinin belirlenmesinde “Altı Sınıflı Bodur Ökseotu Derecelendirme Sistemi” dikkate alınmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre örnek alan ve ağaç bazında ökseotunun 1100 m yükselti altındaki ormanlık alanlarda en yüksek oranlarda bulunduğu belirlenmiştir. Çap sınıfları itibarıyla göğüs yüksekliğindeki çap artışına da bağlı olarak ökseotu bulunma oranının arttığı tespit edilmiştir. Ölçüm yapılan toplamda 4696 göknar ağacı için ortalama ökseotu bulunma oranı %22,64 olarak bulunmuştur. Ökseotlu 1063 ağaç için ise ökseotu bulaşma durumu 2,42 ile orta derecede bulunmuştur. Ağacın üç farklı tepe bölümündeki ökseotu bulaşma durumu alt tepe bölümü için en düşük, üst tepe bölümü için ise en fazla olarak gerçekleşmiştir. Ökseotunun ağaçlardaki tepe bölümlerinde bulunma durumu çap sınıfları bakımından önemli bir farklılık göstermiştir ($\chi^2 = 1171,631$, $sd=3$, $p=0,000$). Yükseltideki artışa bağlı olarak ağaçlarda ökseotu bulunma oranında görülen azalışa ($\chi^2 = 83,570$, $sd=2$, $p=0,000$) benzer bir şekilde ortalama ökseotu bulaşma derecesi ile yükselti arasında negatif yönde bir ilişki olarak bulunmuştur ($r = -0,416$; $p < 0,01$). Ökseotu bulaşma derecesinin artan çap değerleri ile birlikte arttığı, düşük yükseltelerde ve güneyli bakılardaki ağaçlar için en fazla düzeyde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Örnek alanları genelinde ortalama ökseotu bulaşma derecesi 0,58 olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Abies, Viscum, Ökseotu, Bulunma, Bulaşma, Türkiye

The incidence and infection status of the white mistletoe in Kazdağı fir forests of the West Black Sea region: A case study in Kökez Forest State Enterprise

Abstract: Mistletoes is an important biotic pest that needs to be studied in terms of its wide distribution in forest areas, its potential damage and predictability of adverse effects of climate change. In this study, the incidence and infection status of white mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis* (Wiesb.) Abromeit.) in fir trees were investigated. The study was conducted in pure Kazdağı fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen) forests spread within the borders of Bolu Forest Regional Directorate, Aladağlar Forest District Directorate, Kökez Forest State Enterprise. In the study, firstly, the incidence of mistletoe in fir trees was determined in 159 circular experimental plots determined with systematically. The incidence and infection status of mistletoe in tree crown structure were also observed and evaluated for mistletoe detected trees. “The Six-Class Dwarf Mistletoe Rating System” was taken into account in determining the incidence and infection status of white mistletoe and the degree of mistletoe infection. According to the study results, it was determined that mistletoe was found at the highest rates in forest areas below 1100 m altitude on the basis of sampling plots and tree level. Also, it was found that the incidence of mistletoe increased with the aid of the increase by diameter classes. The average mistletoe incidence rate for total of 4696 measured fir trees was found to be 22.64%. Also, the average mistletoe infection rate was found to be 2,42 as moderate level for 1063 infected fir trees. Mistletoe infection in three different crown parts of the tree was the lowest for the lower crown part and the highest for the upper crown part. The incidence of mistletoe in tree crowns showed significant differences in terms of diameter classes ($\chi^2 = 1171.631$, $df = 3$, $p = 0.000$). It was determined that the degree of mistletoe infection increased with increasing diameter values, and it was highest for trees located at low elevations and southern aspects. The decrease in the presence of mistletoe on trees due to the increase with altitude ($\chi^2 = 83.570$, $sd=2$, $p=0.000$) was similarly found to be a negative relationship between the mean mistletoe infection degree and altitude ($r = -0.416$; $p < 0.01$). The mean mistletoe infection degree was found to be 0.58 for the sampling points.

Keywords: Abies, Viscum, Mistletoe, Incidence, Infection, Türkiye

✉ ^a İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, İzmir

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): ismail.baysal@ikcu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 15.07.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 25.09.2023



Citation (Atf): Baysal, İ., 2023. Batı Karadeniz Bölgesi Kazdağı göknarı ormanlarında göknar ökseotu bulunma ve bulaşma durumu: Kökez Orman İşletme Şefliği örneği. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 241-250.
DOI: [10.18182/tjf.1327884](https://doi.org/10.18182/tjf.1327884)

1. Giriş

Orman ekosistemlerinde etkili abiyotik ve biyotik kökenli birçok etmen ormanlık alanlardaki değişimin ve gelişimin en önemli belirleyicilerindedir (Attiwill, 1994). Biyotik etmenlerden bazılarını bitkiler üzerinde parazit veya yarı parazit olarak yaşayan bitkiler oluşturur (Calder ve Bernhardt, 1983). Parazit bitkiler çok fazla sayıda çeşitlilik göstermekte olup (Norton ve Carpenter, 1998), konak tür özgünlüğüne yönelik oldukça önemli değişkenliğe de sahiptirler (Thorgood ve Hiscock, 2010). En geniş parazitik bitkiler grubunu Santalales takımı oluşturur (Kuijt, 1969). Santalales takımı içinde 74 cins ve 900 tür ile Loranthaceae familyası birinci sırada yer alıp 7 cins ve yaklaşık 480 tür ile Viscaceae familyası ikinci sırada gelmektedir (Nickrent, 2011).

Birçok bitki türü üzerinde yaşayabilen ökseotları (Kuijt, 1969; Hawksworth, 1983; Norton vd., 2002; Mathiasen vd., 2008) toprak üstü bitki gövdesine, dallarına ve sürgünlerine emeç adı verilen kök benzeri yapılarıyla tutunurlar (Thoday, 1951; Kuijt, 1977). Emeçleri vasıtasıyla konukçusundan su ve mineral maddeleri alarak ya kendi besinlerini üretirler (Calder ve Bernhardt, 1983) ya da konukçusunun besinine ortak olabilirler (Hawksworth ve Wiens, 1996). Ökseotunun yaşam döngüsündeki hayati evreler, uygun bir vektör dağıtıcı, uygun büyüklükte bir dal ve nihayetinde ökseotu-konukçu uyumluluğu şeklinde sıralanabilir (Reid vd., 1995; Norton ve Reid, 1997). Ökseotları bir cinsli iki evciklidir (Yüksel vd., 2005). Tozlaşmalarında böcekler oldukça önemli bir konuma sahiptir (Hatton, 1964). Kuşlar ve nadir olarak rüzgar ve bazı memeliler tarafından da tozlaşması gerçekleştirilir (Mathiasen vd., 2008; Amico ve Aizen, 2000; Amico vd., 2009). Özellikle arı kuşları (Tadey ve Aizen, 2001; Watson, 2011) ve böcekler (Hatton, 1964) Loranthaceae ve Viscaceae familyalarının tozlaşmasında kilit rol üstlenir (Kuijt, 1969; Watson, 2001).

Ökseotları, özellikle *Viscum* cinsinin türleri ve alttürleri başta olmak üzere, genellikle tohumlarının doğrudan yayılabilmesinde ve çimlenmesinde büyük ölçüde kuşlara ihtiyaç duyarlar (Zuber, 2004). Besleyici ve çekici özellikteki meyveleri birçok kuş türü tarafından tercih edilir (Reid, 1991). Özellikle bazı ökseotu türleri, etçil olmayan kuşları cezbetmeye yönelik olarak kırmızı, siyah, mor ve koyu mavi gibi renklerde meyvelere sahiptirler (Reid, 1991). Bununla birlikte, bodur ökseotlarında (*Arceuthobium* spp.) belli bir olgunluğa ve turgor basıncına ulaşan meyveler patlama mekanizması ile (Smith, 1973; Mathiasen, 1996) ağaç boyu ve rüzgar gibi bazı belirleyicilere de bağlı olarak tohumlarını yayabilmektedir (Hawksworth ve Wiens, 1996). Bununla birlikte, *Misodendrum* türünde rüzgar (Nickrent, 2011) ve *Tristerix* türünde ise keseli hayvanlar tarafından farklı yayılma stratejileri gösterebilmektedirler (Amico ve Aizen, 2000). Ökseotu tohumlarının yayılışını sağlayan kuşlar, tohumun çimlenmesine de yardımcı olurlar (Roxburgh, 2007; Okubamichael vd., 2011). Ökseotlarının gösterdikleri bu farklı yayılma stratejileri, konukçusuna ulaşma ve bulaşma süreçleri açısından büyük önem taşır.

Ökseotu tohumları hızlı ve ayırım gözetmeksizin çimlenebilme yeteneğindedirler (Yan, 1993). Çimlenmeden sonra, ökseotunun hayatta kalması, konakçı ağacın iletim dokusuna başarılı bir şekilde nüfuz etmesine bağlıdır (Norton vd., 2002). Ancak ökseotlarının uygun konak canlıya ulaşma, başarılı bir şekilde yerleşme ve yayılma süreçlerinde etkili

çok sayıda faktör bulunmaktadır (Norton ve Carpenter, 1998; Norton vd., 2002). Tohumu yayacak dağıtıcı vektör (Aukema, 2004) ve uygun konak tür mevcudiyeti (Norton ve Carpenter, 1998; Okubamichael vd., 2011) ile konak türün sosyal statüsü (Downey vd., 1997; Okubamichael vd., 2016) ağaç ve meşcere seviyesinden (Bilgili vd., 2020) orman ve ekosistem düzeyine kadar olan geniş bir aralıkta belirleyici olabilmektedir (MacRaild vd., 2010; Watson, 2011).

Ökseotu türlerinin yayılışı (Smith, 1973; Norton vd., 1997; Konrad vd., 2003; Aukema, 2004; MacRaild vd., 2010; Kolodziejek vd., 2013; Lech vd., 2020) bulunma durumları (Mathiasen, 1996; Idžojtić vd., 2008; Barney vd., 1998; Barbu, 2010), bulaşma dereceleri (Barbu, 2010; Gołąbek ve Ślawiński, 2017), zarar düzeyleri (Konrad vd., 2003; Tsopelas vd., 2004; Dobbertin ve Rigling, 2006; Raftoyannis vd., 2015; Szmidla vd., 2019) hakkında dünyanın farklı bölgelerinde yürütülmüş çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ülkemizde de ormanlardaki yayılışı ve zararı konularında yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Acatay, 1954; Eroğlu, 1993; Eroğlu vd., 1995; Ergün vd., 1994; Kumbaslı vd., 2011; Bilgili vd., 2013; Üstüner, 2018; Bilgili vd., 2018; Bilgili vd., 2020). Bu çalışmaların önemli bir bölümünü, ökseotunun ormanlık alanlarda artım ve büyüme üzerine olan etkisinin belirlenmesi çalışmaları oluşturur (Kanat vd., 2010; Catal ve Carus, 2011; Sönmez, 2014; Bilgili vd., 2015; Bilgili vd., 2018; Sakici vd., 2022; Sakici vd., 2023). Ekolojik açıdan ökseotu yayılışı, konak tercihi ve bulaşma şeklinin araştırılmasına yönelik ise ülkemizde az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar, ökseotu konak tercihinin belirlenmesi (Üstüner, 2003; Üstüner vd., 2015; Üstüner, 2016) ile zarar düzeyini ve derecesini ortaya koymaya yönelik bazı ziraat (Ergün vd., 1994; Üstüner vd., 2015; Üstüner, 2016; Üstüner, 2018) ve orman ağaçlarına (Eroğlu, 1985; Eroğlu, 1993; Eroğlu vd., 1995; Eroğlu ve Başkaya, 1995; Kanat vd., 2010; Catal ve Carus, 2011; Bilgili vd., 2013; Bilgili vd., 2018; Oztürk vd., 2022) yönelik yapılmış çalışmalardır. Ülkemizde farklı ağaç türleri için yapılmış bu çalışmalar arasında ormanlık alanlar için göknar ökseotu bulunma ve bulaşma derecesinin ortaya konulmasına yönelik çalışmalar maalesef yok denecek kadar azdır (Eroğlu ve Başkaya, 1995; Sakici vd., 2022). Bu çalışma ile *Viscum album* türünün göknar ökseotu (*Viscum album* ssp. *abietis* (Wiesb.) Abromeit.) alt türüne yönelik Batı Karadeniz Bölgesi saf Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen) ormanlık alanlarında ağaç ve orman düzeyinde bulunma ve bulaşma durumu ile bulaşma derecesi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

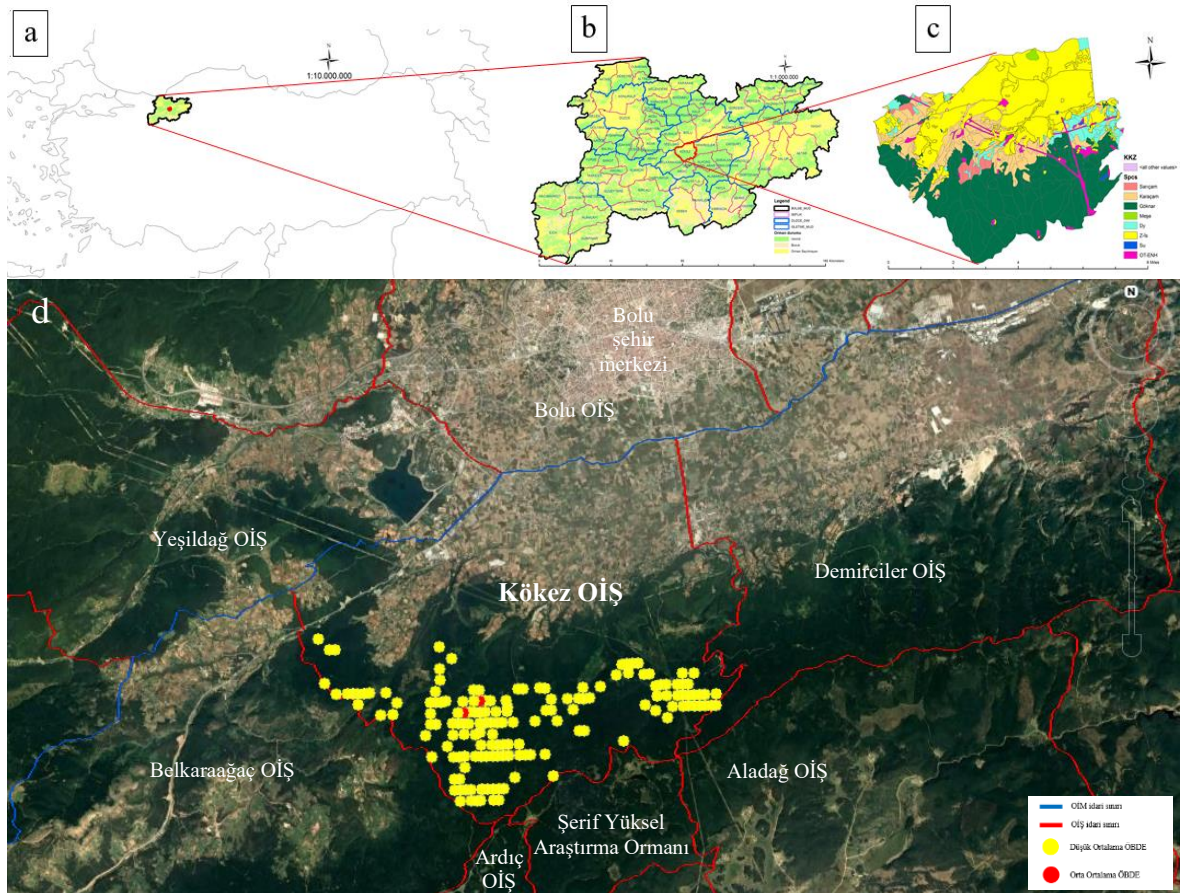
2.1. Araştırma alanı

Arazi çalışması, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü (OBM) sorumluluğundaki Aladağlar Orman İşletme Müdürlüğü (ÖİM)'ne bağlı Kökez Orman İşletme Şefliği (OİŞ) sınırları içindeki ormanlık alanlarda gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı Batı Karadeniz Bölgesinde, 40° 37' 05" - 40° 42' 42" kuzey enlemleri ile 31° 29' 26" - 31° 38' 16" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Çalışma alanı ormanlarının genel bakışı kuzeydir. Alandaki en düşük rakımlı yer 700-710 m ile çalışma alanının kuzey kesiminde bulunan Büyüksu Çayının güzergâhı olup en yüksek rakımlı yer ise bölgenin

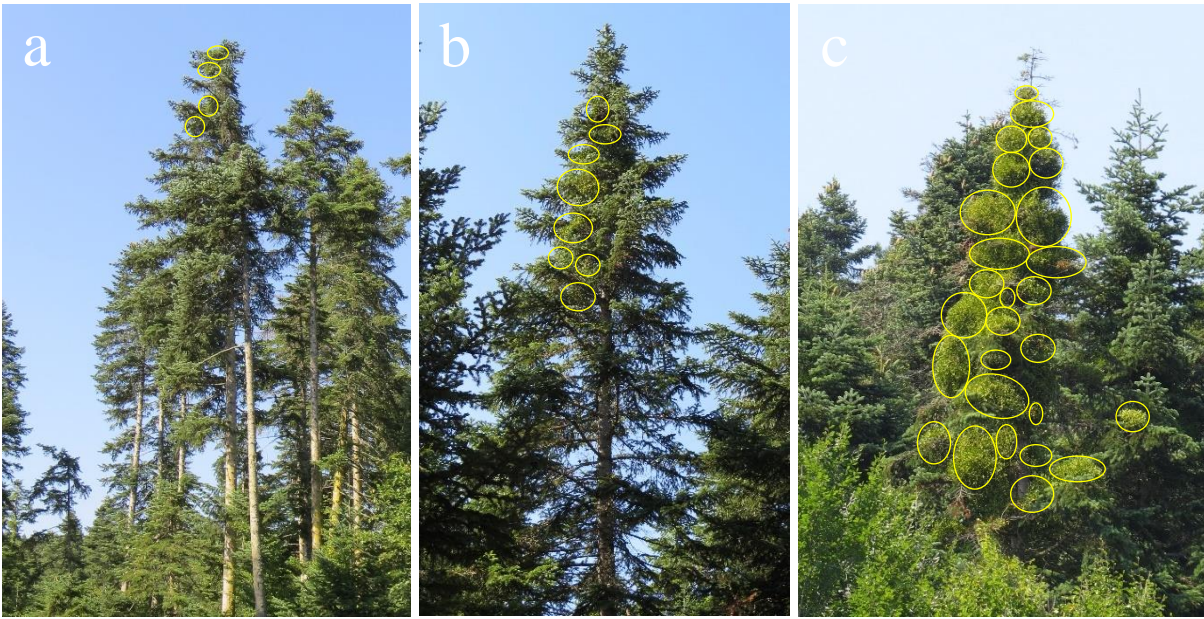
güneyindeki 1620 m rakımlı noktadır. İşletme Şefliği alanı 7997,1 ha büyüklüğünde olup 5132,9 ha ormanlık alan, 2864,2 ha orman sayılmayan alanlardan oluşmaktadır. Araştırma alanındaki ormanlık alanın yaklaşık %95'i verimli orman yapısındadır. Göknar, alandaki en yaygın orman ağacıdır ve verimli ormanlık alanın yaklaşık %31'lik bölümünde saf olarak yayılış göstermektedir (Şekil 1) (OGM, 2019). Araştırma alanı anakayası genel olarak andezit volkanik kayalarından oluşmuş olup toprak tipi boz esmer orman toprağı yapısındadır (Kantarıcı, 1979). Araştırma alanı genelinde Batı Karadeniz iklimi egemendir. Araştırma alanının yer aldığı Bolu ili geneli için 1929-2022 yılları arası meteorolojik ölçüm verilerine göre yıllık ortalama en düşük sıcaklık $-3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayı ve ortalama en yüksek sıcaklık ise $27,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Yıllık ortalama toplam yağış miktarı 552,5 mm olup en düşük yağış miktarı 24,7 mm ile Ağustos, en yüksek yağış miktarı ise 60,1 mm ile Mayıs ayındadır (MGM, 2023). Çalışma alanı ormanlarında sarıçam, karaçam, kayın gibi orman ağacı türlerinin yer yer saf ve alan genelinde hâkim yayılışı bulunan göknar türü ile karışık yayılışları bulunmaktadır. Ayrıca gürgen, porsuk, fındık, şimşir gibi türler orman altı bitki örtüsü olarak alan genelinde yayılış göstermektedir (OGM, 2019).

2.2. Materyal ve yöntem

Arazi çalışmaları, Kökez OİŞ ormanlık alanlarında 2018 yılı Haziran-Ekim ayları arasında gerçekleştirilmiştir. Kökez OİŞ orman amenajman planının VI. yenileme çalışmaları kapsamında, 7. Orman Amenajman Başmühendisliği heyetiyle eş zamanlı olarak arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, göknar türünün saf olarak yayılış gösterdiği ormanlık alanlarda, 150x300 m aralık mesafe ile belirlenen örnek alanları için ökseotu bulunma ve ökseotu bulaşma derecesi durumları değerlendirilmiştir. Söz konusu gözlemler ve değerlendirmeler için çalışmanın birinci ana unsurunu göknar ağacı oluşturmaktadır. Gökmar, dünya genelinde 50'ye yakın (Farjon, 2010), ülkemizde ise 2 farklı tür (Mataracı ve Kandemir, 2018) ile yaklaşık 500.000 ha ormanlık alanda yayılışı bulunan asli orman ağacı türlerindedir (OGM, 2023). Araştırmada, Kökez OİŞ ormanlık alanlarında yayılış gösteren Kazdağı göknarı alt türü (Mataracı ve Kandemir, 2018) üzerinde çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci ana unsurunu ökseotu oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında gerek Avrupa (Zuber, 2004), gerekse ülkemiz genelinde geniş yayılışı bulunan *Viscum album* türünün göknar ökseotu alt türü üzerinde çalışılmıştır (Acatay, 1954; Dutkuner, 1999; Yüksel vd., 2005; Üstüner, 2018) (Şekil 2a, b, c).



Şekil 1. Kökez OİŞ'nin a) Türkiye'deki, b) Bolu OBM haritalarındaki konumu ve c) ağaç türleri ve yayılışları, d) örnek alanlarının Google Earth üzerindeki konumları



Şekil 2. Araştırma alanı genelinde göknar ökseotunun a) az, b) orta ve c) çok yoğun olarak bulunduğu göknar ağacı örnekleri

Örnek alanlarında göknar türü için sabit 600 m² büyüklüğündeki dairesel alanlarda çalışılmıştır. Örnek alanları için yükselti, eğim, bakı gibi topoğrafik özellikler ile birlikte meşcere kapalılık değerleri arazi envanteri karnesine not edilmiştir. Meşcere kapalılığı, tepe tabakasında hâkim konumda bulunan ağaçların tepe izdüşümlerinin toprağı örtme oranları dikkate alınarak belirlenmiştir. Örnek alanlarında göğüs yüksekliği çapı ($d_{1,30}$) 8 cm ve üzerindeki her bir ağaç için ökseotu bulunma durumunu ve ökseotu bulaşma derecesini belirlemeye yönelik gözlemlerde ve değerlendirmelerde bulunulmuştur. Yüksek boylu ağaçlardaki ökseotlarının tespiti süreçlerinde, dijital fotoğraf makinesi (Canon PowerShot SX50 HS) ve el dürbünü (12x50 Bushnell Trophy XLT) kullanılmıştır. Ökseotuna yönelik gerçekleştirilen ilave gözlemler ve değerlendirmeler ayrı bir arazi envanter karnesine kaydedilmiştir.

Arazide, ökseotu bulunma ve bulaşma durumu ile ökseotu bulaşma derecesinin belirlenmesinde “Altı Sınıflı Bodur Ökseotu Derecelendirme Sistemi” (Hawksworth, 1977) dikkate alınmıştır. Hawksworth’un 6 sınıflı derecelendirme sistemi, Kuzey Amerika’da bodur ökseotu için kullanılan standartlaşmış bir hastalık şiddeti derecelendirme sistemidir (Hawksworth, 1977). Bu sistem bazı ökseotu türlerindeki bulaşma durumunu derecelendirmek amaçlı birçok çalışmada kullanılmış olup (Dooling, 1978; Tsopelas vd., 2004; Kanat vd., 2010; Catal ve Carus, 2011; Sönmez, 2014; Bilgili vd., 2018; Sakici vd., 2023) bu çalışmada da dikkate alınmıştır. Bu kapsamda, örnek alanlarındaki ağaçlarda bulunma ve bulaşma durumu, ağacın canlı tepe yapısının üç eşit bölüme ayrılması ve her bir bölüm için dallardaki ökseotu bulunma ve bulaşma durumunun değerlendirilmesi sonucu belirlenmiştir. Bu bağlamda, her bir tepe bölümünde yer alan dalların adet olarak %50’si ve daha azında ökseotu bulunması durumunda hafif bulaşma olarak ifade edilen "1" rakamı verilmiştir. Dalların adet olarak %50’sinden daha fazlasında ökseotu bulunması durumunda ağır bulaşma olarak ifade edilen "2" rakamı verilmiştir. Ökseotu tespit edilememesi durumunda ise "0" rakamı verilmiştir (Hawksworth, 1977). Sonrasında

ağaç, örnek alan ve meşcere düzeyinde ökseotu bulunma durumu (ÖBDU) ve ökseotu bulaşma derecesi (ÖBDE) her üç tepe bölümü için verilen bu değerler dikkate alınarak ve toplanarak belirlenmiştir. Bulaşma derecesine göre sınıflar: bulaşmanın tespit edilmediği bireyler için "0" değeri, hafif derecede bulaşma için "0,01-1,99", orta derecede bulaşma için "2,00-3,99", yüksek derece bulaşma için "4,00-6,00" arasında değişen sınıf değerleri esas alınmak üzere belirlenmiştir (Hawksworth, 1977; Tsopelas vd., 2004). Örnek alan ve meşcere düzeyinde ÖBDE’nin elde edilmesinde, her bir örnek alandaki ağaçların tepe yapısına yönelik ökseotu bulaşma durumunun rakamsal değer atanarak değerlendirilmesi ile verilen bu rakamların toplanması ve toplam ağaç sayısına bölünmesi neticesinde ortalama ÖBDE değeri olacak şekilde ortaya konulmuştur (Hawksworth, 1977; Barbu, 2010; Bilgili vd., 2020). Büro ortamında ökseotu bulunma ve bulaşma durumu analizlerinde SPSS 21 istatistik paket programı kullanılmıştır. Veri analizi süreçlerinde tanımlayıcı istatistikler, verilerin normal dağılım gösterip göstermediğinin belirlenmesine yönelik normallik testi ile normal dağılım göstermeyen veriler için nonparametrik testlerden kıkare testi kullanılmış olup ayrıca parametrik testlerden korelasyon analizinden de yararlanılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Ökseotu bulunma

Çalışma kapsamında, sistematik örnekleme yöntemi ile belirlenen 850 örnek alanından, saf Kazdağı göknar meşcerelerinin bulunduğu ve göknar ökseotunun tespit edildiği 159 örnek alanda ölçüm ve gözlemler gerçekleştirilmiştir. Bu örnek alanlarda ölçülen 4696 göknar ağacının 1063’ünde ökseotu tespit edilmiştir (Çizelge 1). Ökseotlu ağaçlardan, ağacın sadece üst tepe bölümünde ökseotu mevcut 289 ağaç, sadece orta tepe bölümünde ökseotu mevcut 9 ağaç ve sadece alt tepe bölümünde ökseotu mevcut 49 ağaç bulunmaktadır. Bununla birlikte, her üç tepe

bölümünde de ökseotu mevcut 377 ağaç bulunmaktadır. Ağaç tepe bölümleri haricinde, canlı dalların bulunmadığı ağaç gövdesi üzerinde ve tamamen gövdeye yerleşik bir şekilde, 53 örnek alandaki toplamda 138 ağaçta ökseotu bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Ökseotlu ağaçların %12,98'i gibi önemli bir bölümünde gövde üzerindeki ökseotu mevcudiyeti, ökseotunun odun kalitesi üzerinde neden olduğu olumsuz etkileri açısından, olumsuz bir durum olarak karşılanmaktadır (Piirto vd., 1974; Eroğlu ve Usta, 1994).

Ökseotlarının farklı ağaç türlerindeki bulunma durumu, çap ve ağaç yaşındaki artışa da bağlı olarak genel bir artış eğilimi gösterir (Lech vd., 2020). Nitekim örnek alanlarda ökseotlu ağaç oranı, göğüs yüzeyindeki çap değerleri 20 cm.nin altındaki ağaçlarda en düşük oranda gözlemlenmiştir. Çap değerleri 20-35,9 cm aralığında olan ağaçlarda, çap artışıyla birlikte ökseotu bulunma oranında da bir artış görülmüştür. Bununla birlikte, çap değerleri 36-51,9 cm aralığındaki ağaçların yaklaşık yarıya yakın bir bölümünde ökseotu bulunurken, çapı 52 cm ve yukarısındaki ağaçlarda ökseotu bulunma oranı %65,60 gibi oldukça yüksek bir oranda gerçekleşmiştir (Şekil 4). Bu bağlamda, ökseotunun bulunma durumu çap sınıfları bakımından önemli bir farklılık göstermektedir ($\chi^2 = 1171,631$, $sd=3$, $p= 0,000$). Söz konusu bu durum, göknar (Tsopelas vd., 2004; Idžojtić vd., 2008; Barbu, 2010; Barbu, 2012) ve diğer ibreli (Bilgili vd., 2020) ve yapraklı (Kumbaslı vd., 2011) tür ormanlık alanlarında yapılmış çalışma sonuçlarıyla da benzerlik göstermektedir.

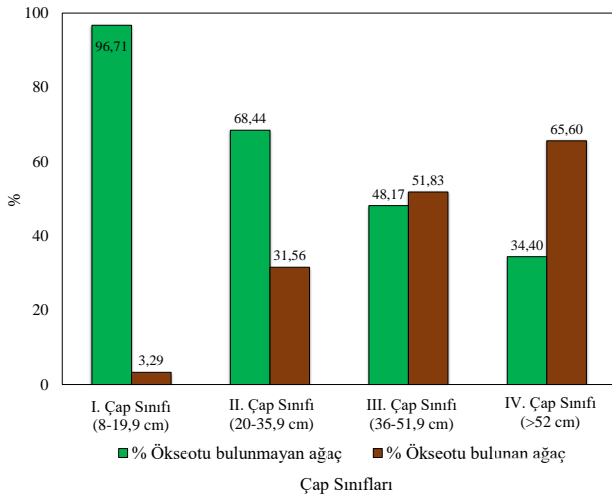
Ökseotu yayılışı ve bulunma durumu üzerinde yükselti ve bakı gibi topoğrafik özellikler etkilidir (Bilgili vd., 2020; Lech vd., 2020). Araştırma alanında, üç farklı yükselti basamağı aralığı için yapılan değerlendirmelerde, yükselti değerindeki artış ile birlikte ökseotu bulunan ağaç sayısında önemli bir azalış söz konusudur. En fazla sayıda ökseotlu ağaç 1100 metre altında alınan 61 örnek alanda ve bu örnek alanlardaki toplamda 543 ağaçta tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 1100-1300 arasında alınan 85 örnek alanda 481 ağaçta, 1300 metre ve üzerinde alınan örnek alanlarda ise 39 ağaçta ökseotu tespit edilebilmiştir. Yükselti arttıkça ökseotu bulunma durumundaki azalış, göknar (Idžojtić vd., 2008; Barbu, 2010), diğer ibreli (Lech vd., 2020; Bilgili vd., 2020) ve yapraklı (Kumbaslı vd., 2011) orman ağacı türleri için yapılmış çalışmalarda sonuçlarla benzerlik göstermektedir ($\chi^2 = 83,570$, $sd=2$, $p= 0,000$) (Şekil 5). Bakılar itibariyle ağaçlardaki ökseotu bulunma durumu değerlendirildiğinde, güneyli bakılara kıyasla kuzeyli bakılardaki ökseotlu ağaç sayısının daha yüksek olduğu bir durum ile karşılaşılmıştır ($\chi^2 = 13,983$, $sd=1$, $p= 0,000$) (Şekil 6). Söz konusu bu durum üzerinde, çalışma alanının genel bakışının kuzey yönüne eğilimli olmasının önemli bir payı bulunmaktadır. Oysaki, ülkemizde konuyla ilgili yapılmış çalışmaların önemli bir bölümünde, çam (Eroğlu vd., 1995; Bilgili vd., 2020) ve yapraklı (Kumbaslı vd., 2011) orman ağacı türlerinde bulunan ökseotlarının güneyli bakıları daha çok tercih ettiği yönünde tespitler bulunmaktadır.

Çizelge 1. Örnek alanlardaki ökseotlu ve ökseotsuz göknar ağaçlarının adedi ile bu ağaçların sağlık durumlarının (tepe kuruması, dikili kuru ve gövdesi ökseotlu olması durumu bakımından) değerlendirilmesine ilişkin tanımlayıcı istatistik bilgileri (n=4696)

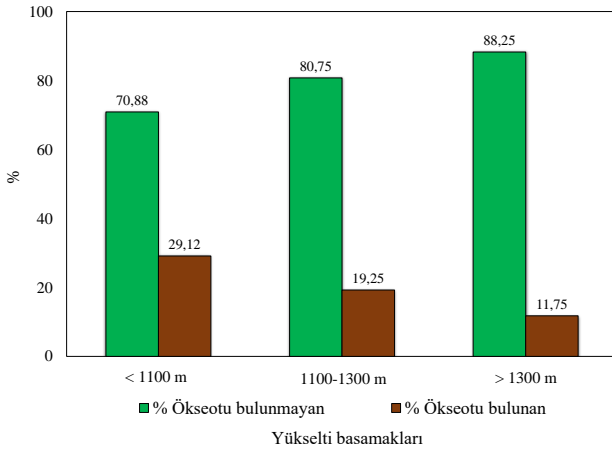
	Ökseotsuz ağaç sayısı	Ökseotlu ağaç sayısı	Ökseotsuz tepesi kuru ağaç sayısı	Ökseotlu tepesi kuru ağaç sayısı	Ökseotsuz dikili kuru ağaç sayısı	Ökseotlu dikili kuru ağaç sayısı	Gövdesi ökseotsuz ağaç sayısı	Gövdesi ökseotlu ağaç sayısı
En düşük	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,00	1,00
En yüksek	67,00	19,00	2,00	4,00	4,00	2,00	72,00	9,00
Ortalama	22,85	6,69	1,17	1,56	1,31	1,18	28,67	2,60
Standart sapma	9,83	4,12	0,41	0,90	0,79	0,39	10,47	2,00



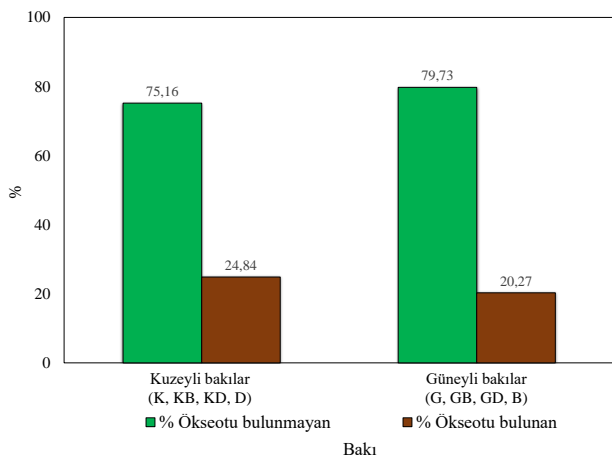
Şekil 3. Göknar gövdesi üzerinde tespit edilen ökseotları (a, b, c, d)



Şekil 4. Dört farklı çap sınıfı için ökseotu bulunma durumu (%)



Şekil 5. Üç farklı yükselti basamağına göre ökseotu bulunma durumu (%)



Şekil 6. Bakılara göre ökseotu bulunma durumu (%)

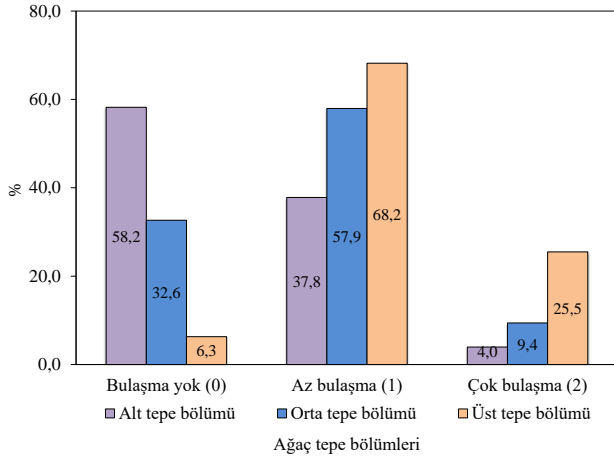
3.2. Ökseotu bulaşma durumu

Ökseotu bulunan 1063 ağaç tepe bölümleri itibariyle ÖBDU bakımından değerlendirildiğinde, en fazla bulaşmanın üst ve orta tepe bölümlerinde, en az bulaşmanın ise alt tepe bölümünde gerçekleştiği görülmüştür. Ökseotunun konukçusu üzerinde çimlenmesinde ve gelişiminde ışık önemli bir belirleyici olup ağacın üst bölümleri bu açıdan oldukça elverişli bir ortam sunmaktadır (Norton ve Reid, 1997). Bulaşma görülmediği “0” değerindeki durum %6,30 ile en düşük oran olarak üst tepe bölümü için tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bulaşmanın görülmediği orta tepe bölümü için %32,64 ve yine bulaşmanın görülmediği alt tepe bölümü için ise %58,23 gibi oldukça yüksek oranda tespit edilmiştir. Bulaşma durumu tepe bölümleri itibariyle değerlendirildiğinde, “1” değerindeki hafif bulaşma durumu %68,20 ile en fazla üst tepe, %57,95 ile orta tepe ve en az olarak ise %37,82 ile alt tepe bölümünde gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, “2” değerindeki ağır bulaşma durumunun ise %25,49 ile üst tepe, %9,41 ile orta tepe ve %3,95 ile alt tepe bölümlerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca, her üç tepe bölümü için ağaçların %17,31’inde hafif bulaşma (“1” değerinde), %1,98’inde ağır bulaşma (“2” değerinde) durumu ile %35,47’inde ise hafif ya da ağır bulaşma (“1” ya da “2” değerinde) durumu gözlemlenmiştir. Hem hafif hem de ağır bulaşma durumu ile bulaşmanın olmaması bakımından ağaç tepe bölümleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($\chi^2 = 654,493$, $sd=2$, $p<0,001$) (Şekil 7). Gökmar meşcerelerinin seçme ormanı kuruluşunda ve tabakalı bir yapı göstermeleri (Ata, 1975; Saraçoğlu, 1988), meşcere kapalılık değerlerinin yüksek olması, çimlenebilmesi (Zuber, 2004) ağacın alt tepe bölümündeki ÖBDU oranlarının çok düşük bulunması üzerinde etkili olmuştur (Kartoolinejad vd., 2007) (Çizelge 2).

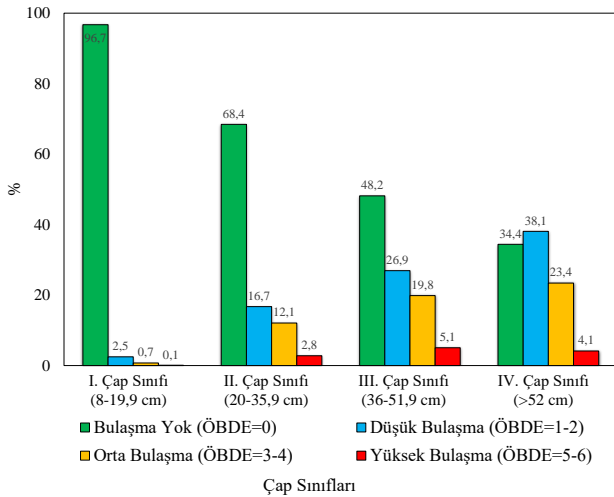
Farklı çap sınıflarında bulunan ağaçlar için ÖBDE dikkate alınacak olduğunda ortalama ÖBDE’nin 2,53 değeri ile en yüksek III. çap sınıfındaki ağaçlarda gerçekleştiği tespit edilmiştir. ÖBDE, II. ve IV. çap sınıfındaki ağaçlar için ise sırasıyla 2,42 ve 2,33 olarak gerçekleşmiştir. ÖBDE, en düşük olarak 1,92 ile I. çap sınıfında bulunan ağaçlar için tespit edilmiştir. ÖBDE, II. çap sınıfında bulunan ağaçlar için I. çap sınıfındaki ağaçlara kıyasla önemli bir artış göstermiştir. III. çap sınıfındaki ağaçlarda da II. çap sınıfındakilere kıyasla benzer bir artış eğilimi gösteren ÖBDE, en kalın çaplı ağaçların bulunduğu IV. çap sınıfındaki ağaçlar için en yüksek oranlarda gerçekleşmiştir. Çap sınıfları itibariyle ÖBDE bakımından sınıflar arasında önemli farklılık olduğu bulunmuştur ($\chi^2 = 1171,631$, $sd=3$, $p < 0,001$) (Şekil 8). Bu durum gökmar (Tsopelas vd., 2004; Idžojtić vd., 2005; Barbu, 2010) ve diğer ibrelili (Bilgili vd., 2020) ve yapraklı (Kumbaslı vd., 2011) orman ağacı türleri için yapılan araştırmaların sonuçlarıyla da örtüşmektedir.

Çizelge 2. Üç farklı kapalılık sınıfı ve üç farklı ağaç tepe bölümü için ökseotunun bulunmama, hafif bulaşma (1) ve ağır bulaşma (2) durumlarındaki ağaç oranları (n=1063)

Ağaç tepe bölümleri	Düşük kapalı (< %40) (n=19)			Orta kapalı (%40-70) (n=156)			Yüksek kapalı (> %70) (n=888)		
	Yok (0)	Hafif (1)	Ağır (2)	Yok (0)	Hafif (1)	Ağır (2)	Yok (0)	Hafif (1)	Ağır (2)
Üst	5,26	47,37	47,37	8,97	72,44	18,59	5,86	67,91	26,24
Orta	5,26	84,21	10,53	35,90	60,26	3,85	32,66	56,98	10,36
Alt	21,05	73,68	5,26	65,38	30,77	3,85	57,77	38,29	3,94



Şekil 7. Ağacın üç farklı tepe bölümü için ökseotu bulunma durumu (%)



Şekil 8. Çap sınıfları itibariyle ökseotu bulaşma derecesi (%)

Ormanlık alanlarda, ÖBDE'nin ve Ökseotu Zarar Düzeyi (ÖZDÜ)'nin belirlenmesine yönelik dikkate alınacak göstergelerden biri de ağaçlardaki tepe kurumalarıdır (Mathiasen vd., 2008). *Viscum*, *Arceuthobium* ve *Phoradendron* türlerinin yüksek oranda bulunduğu bazı ibreli ağaç türlerinde tepe kurumaları sıklıkla gözlemlenmektedir (Hawksworth ve Wiens, 1996; Knutson, 1983). Tepe kurumalarının gözlemlendiği ağaçlar ÖBDE'nin yüksek olduğunun da bir göstergesidir (Mathiasen vd., 2008). Ayrıca, yüksek ÖBDE çam ve göknar ağaçlarının tepe yapılarının bozulması üzerinde de etkili olmaktadır (Ringling vd., 2010; Sanguesa-Barreda vd., 2012; Barbu, 2012). Çalışma alanındaki örnek alanların 57'sinde, ökseotu tespit edilen ağaçların ise yaklaşık %8'lik bölümünde tepe kurumalarının olduğu tespit edilmiştir. Tepe kuruması tespit edilen ağaçların yaklaşık %95'inde ökseotu bulunmakta olup, bu ağaçların %74 gibi önemli bir bölümünü orta ve yüksek

bulaşma derecesindeki ağaçlar oluşturmaktadır. Yunanistan'ın Mount Parnis ulusal parkında yayılış gösteren *Abies cephalonica* göknar türü ve bu çalışma kapsamında ele alınan aynı alttür ökseotu için yapılmış bir çalışmada ökseotu nedeniyle gerçekleşmiş tepe kuruma oranları %3,5 olarak bulunmuştur (Tsopelas vd., 2004).

Ökseotu türleri şiddetli istila ettiği konukçularında erken ölümlere de sebep olabilmektedir (Raftoyannis vd., 2015). Özellikle, bulaşma miktarının yüksek olduğu ağaçlar genellikle sekonder zararlılara daha yatkın hale gelmekte (OGM, 2016) ve kuraklık, sıcaklık gibi abiyotik etmenlerin de ilave etkisiyle konak ağaçlarda ölümler gerçekleşebilmektedir (Tsopelas vd., 2004; Dobbartin ve Ringling, 2006; Sanguesa-Barreda vd., 2012; Sanguesa-Barreda vd., 2013; Szmidla vd., 2019). Çalışma alanındaki örnek alanların yaklaşık %16'lık bölümünde dikili kuru göknar ağaçlarına rastlanmıştır. Dikili kuru bu ağaçların yarıya yakın bir bölümünü (%49) ökseotu tespit edilen ağaçlar oluşturmaktadır. Ancak, tepesi kuru ve de dikili kuru tespit edilen bu ağaçlardaki kurumaların ve ölümlerin nedenleri bu çalışma kapsamı dışında olup özellikle böcekler ile olan etkileşimlerinin araştırılması gerektiği önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışma alanı genelinde, örnek alanlarının %98,74 gibi son derece yüksek bir oranının düşük, %1,26 gibi çok düşük bir oranının ise orta ortalama ÖBDE değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Yüksek ortalama ÖBDE değerine sahip örnek alanlarına ise rastlanılmamıştır (Çizelge 3).

Örnek alanları genelinde ortalama ÖBDE ile meşcere ve yetiştirme ortamı özellikleri arasında bir ilişki bulunup bulunmadığına yönelik olarak veriler üzerinde korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizi sonucuna göre ortalama ÖBDE değeri ile bakı, kapalılık ve ortalama çap değerleri arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Ortalama ÖBDE değeri ile yükselti arasında negatif yönde bir ilişki olduğu bulunmuştur ($r = -0,416$; $p < 0,01$) (Çizelge 4). Yükselti, ökseotunun yayılış üzerinde belirleyiciliği bulunan önemli topoğrafik faktörlerdendir (Dobbartin vd., 2005). Yükselti ile ökseotu varlığı arasında ters yönde bir ilişki söz konusudur (Idžojtić vd., 2008; Barbu, 2010). Yükselti arttıkça ortalama sıcaklık değerlerinde gerçekleşen düşüşün ökseotu tohumlarının çimlenmesi üzerine olan olumsuz etkisi (Dobbartin vd., 2005; Tikkanen vd., 2021), tohumlarının yayılmasında önemli konumdaki kuşların etkinliklerindeki azalış ile birlikte ökseotu bulaşma oranı ile yükselti arasında görülen ters yöndeki ilişkiyi desteklemektedir (Kartoolinejad vd., 2007). Oysaki yükselti ile ökseotu varlığı arasında herhangi bir ilişkinin bulunmadığına yönelik tespitlerde bulunmaktadır (Raftoyannis vd., 2015). Bununla birlikte, bu çalışmada ortalama ÖBDE ile yükselti arasında bulunan negatif yönde bir ilişkinin benzeri, ülkemizde sarıçam türündeki çam ökseotu için de bulunmuştur ($r = -0,469$; $p < 0,01$) (Bilgili vd., 2020).

Çizelge 3. Örnek alanlardaki ortalama ökseotu bulaşma derecesine ilişkin tanımlayıcı istatistik bilgiler (n= 159)

	Düşük bulaşma derecesi (Ortalama ÖBDE=0,01 – 1,99) (n=157)	Orta bulaşma derecesi (Ortalama ÖBDE=2,00 – 3,99) (n=2)	Yüksek bulaşma derecesi (Ortalama ÖBDE=4,00 – 6,00) (n=0)
En düşük	0,04	2,10	0,00
En yüksek	1,87	2,43	0,00
Ortalama	0,56	2,26	0,00
Standart sapma	0,42	0,23	0,00

Ortalama ÖBDE: Ortalama Ökseotu Bulaşma Derecesi

Çizelge 4. Örnek alanlardaki ortalama ökseotu bulaşma derecesi ile meşcere ve yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisi (n= 159)

	Bakı	Yükselti	Kapalılık	Ortalama Çap	Ortalama ÖBDE
Bakı	1				
Yükselti	-,039	1			
Kapalılık	,035	-,134	1		
Ortalama Çap	,003	,375**	,009	1	
Ortalama ÖBDE	-,039	-,416**	,006	,094	1

Ortalama ÖBDE: Ortalama Ökseotu Bulaşma Derecesi

** 0,01 güven düzeyinde anlamlı, * 0,05 güven düzeyinde anlamlı

4. Sonuç ve öneriler

Çalışma sonucunda göknar ağaçlarındaki ortalama ökseotu bulunma oranının %22,64 olduğu tespit edilmiştir. Örnek alanlar ve ağaç bazında ökseotunun en fazla 1100 m yükselti altındaki ormanlık alanlarda bulunduğu gözlemlenmiştir. Ağaçtaki tepe bölümleri itibariyle ökseotu bulunma durumu en yüksek oranda üst tepe, en düşük oranda ise alt tepe bölümünde gerçekleşmiştir. Ağaçların canlı tepe bölümleri için ortaya çıkan bu farklılıkların altında yatan nedenlerin araştırılması, zararlıların ekolojisi ve yönetimi konularına açıklık getirecek olması bakımından önem taşımaktadır. Bu bağlamda, ökseotu yaş yapısı, ormancılık faaliyetleri ve iklim arasındaki ilişkilerin ve etkileşimlerinin araştırılacağı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte, ağaçtaki ökseotunun tespitinde ve canlı tepe yapılarında bulunma durumlarının değerlendirilmesi süreçlerinde, göknar ormanlarının tabakalı bir kuruluştaki olmaları ve kapalılık değerlerinin yüksek olması gibi bazı koşullar sebebiyle ağaç tepe yapılarının hızlı ve doğru bir şekilde gözlemlenmesi ve değerlendirilmesi süreçlerinde önemli zorluklar ile karşılaşmıştır. Söz konusu bu zorlukların aşılmasında, insansız hava araçları ve çeşitli uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilecek yüksek çözünürlüklü görüntülerden ya da verilerden yararlanılması yoluna gidilmesi önerilebilir.

Dünya genelinde yaygın bir kullanımının bulunuyor olmasına rağmen ökseotu zarar düzeyinin belirlenmesine yönelik yapılmış çalışmalarda Altı Sınıflı Bodur Ökseotu Derecelendirme Sistemi yöntemi yetersiz kalabilmektedir. Bu bağlamda, söz konusu bu yöntem ilave olarak, ağacın farklı tepe bölümlerinde bulunan her bir ökseotunun hacim ve biyokütle olarak değerlendirilmesini de dikkate alacak yeni yaklaşımların benimsenmesi, benimsenecek olan bu yaklaşımlarda ökseotu hacminin ve bu hacimdeki biyokütlesinin ağaçtaki artım üzerine olası etkilerinin ortaya konulabileceği yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Böylelikle, ağaç üzerindeki ökseotu adedi ve de ökseotu hacmine de bağlı olarak ökseotu yaş yapısı ve bu yaş yapısı itibariyle biyokütle miktarlarının tahmini de söz konusu olabilecektir. ÖBDE ve ökseotu zarar düzeyinin için elde edilecek olan sayısal veriler yardımıyla ökseotunun planlamalara yansıtılabilmesi de daha kolay bir şekilde gerçekleştirilebilecektir. Tam parazit ya da yarı parazit

olması, bulaşma ve yayılma mekanizmaları, yaş yapıları ve bu yaş yapılarındaki biyokütleri bakımından büyük değişkenlikler gösteren ökseotu türleri için bulunma ve bulaşma durumunu etkin bir şekilde belirleyebilmek, bulaşma durumunu da ökseotu zararı ile ilişkilendirebilmek için kapsamlı ve detaylı ölçümlere ve değerlendirmelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Açıklama

Yazar, Orman Genel Müdürlüğü'ne arazi çalışmalarındaki katkılarından ve yardımlarından dolayı teşekkürlerini sunar. Ayrıca, Orman Genel Müdürlüğü, Amenajman Dairesi Başkanlığı 7. Orman Amenajman Başmühendisliği heyeti çalışanlarından Başmühendis Mehmet AYDIN ve Orman Mühendisi Fatih TUNÇ ile Melih KOCAMAN'a, arazi çalışmalarındaki kısmi katkıları dolayısıyla da Araştırma Görevlisi Nuray ÖZTÜRK ve Orman Mühendisi Ahmet AÇIL'a yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilir.

Kaynaklar

- Acatay, A., 1954. Ormanlarımızda zarar yapan Ökseotları. İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, 4(2): 26-29.
- Amico, G.C., Aizen, M.A., 2000. Mistletoe seed dispersal by a marsupial. Nature, 408: 929-930.
- Amico, G.C., Rodrigues-Cabal, M., Aizen, M.A., 2009. The potential key seed-dispersing role of the arboreal marsupial *Dromiciops gliroides*. Acta Oecologica, 35: 8-13.
- Ata, C., 1975. Kazdağı Göknarı (*Abies equi-trojani* Aschers Et Sinten)'nın Türkiye'deki yayılışı ve silvikültürel özellikleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 25(2): 165-219.
- Attwill, P.M., 1994. The disturbance of forest ecosystems: The ecological basis for conservative management. Forest Ecology and Management, 63: 247-300.
- Aukema, J.E., 2004. Distribution and dispersal of desert mistletoe is scale-dependent, hierarchically nested. Ecography, 27: 137-144.
- Barbu, C., 2010. The incidence and distribution of white mistletoe (*Viscum album ssp. abietis*) on Silver fir (*Abies alba* Mill.) stands from Eastern Carpathians. Annals of Forest Research, 53: 27-36.
- Barbu, C., 2012. Impact of White Mistletoe (*Viscum album ssp. abietis*) infection on needles and crown morphology of Silver Fir (*Abies alba* Mill.). Not Bot Horti Agrobo, 40(2): 152-158.
- Barney, C.W., Hawksworth, F.G., Geils, B.W., 1998. Hosts of *Viscum album*. Forest Pathology, 28(3): 187 – 208.
- Bilgili, E., Eroğlu, M., Baysal, I., Coşkun, K.A., 2013. Distribution of Mistletoe (*Viscum album* L.) and damage level in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) forests: A case study in Zigana State Forest Enterprise. International Caucasian Forestry Symposium, 24-26 October, Artvin, Türkiye, pp.174-178.

- Bilgili, E., Baysal, İ., Eroğlu, M., Coşkun, K. A., 2015. Çam Ökseotu (*Viscum album* ssp. *austriacum*)'nun sarıçam (*Pinus sylvestris*) ağaçlarındaki bulaşıklık durumu. Ekoloji 2015 Sempozyumu, 6-9 Mayıs, Sinop, Türkiye, s.101-101.
- Bilgili, E., Öztürk, M., Coşkun, K.A., Baysal, İ., Serdar, B., Yavuz, H., Eroğlu, M., 2018. Quantifying the effect of pine mistletoe on the growth of Scots pine. Forest Pathology, 48(4): 1-9.
- Bilgili, E., Coşkun, K.A., Baysal, İ., Öztürk, M., Usta, Y., Eroğlu, M., Norton, D., 2020. The distribution of pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Scots pine (*Pinus sylvestris*) forests: From stand to tree level. Scandinavian Journal of Forest Research, 35(1-2): 20-28.
- Calder, M., Bernardt, P., 1983. The Biology of Mistletoes. Academic Press. Sydney, Australia.
- Catal, Y., Carus, S., 2011. Effect of Pine Mistletoe on radial growth of Crimean Pine (*Pinus nigra*) in Turkey. Journal of Environmental Biology, 32(3): 263.
- Dobbertin, M., Rigling, A., 2006. Pine Mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) contributes to Scots pine (*Pinus sylvestris*) mortality in the Rhone valley of Switzerland. Forest Pathology, 36: 309-322.
- Dobbertin, M., Hilker, N., Rebetez, M., Zimmermann, N.E., Wohlgemuth, T., Rigling, A., 2005. The upward shift in altitude of pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Switzerland—The result of climate warming? International Journal of Biometeorology, 50: 40-47.
- Dooling, O.J., 1978. Survey Methods to Determine The Distribution and Intensity of Dwarf Mistletoes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report, PSW31.
- Downey, P.O., Gill, A.M., Banks, J.C.G., 1997. The influence of host attributes on mistletoe colonization: an example from Mulligan's Flat Nature Reserve, A.C.T. Victorian Naturalist, 114: 110-115.
- Dutkuner, I., 1999. A study on the morphological features of Loranthaceae family within the Marmara Region. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(4): 983-989.
- Ergün, F., Deliorman, D., Şener, B., 1994. *Viscum album* L. (ökse otu) (*Loranthaceae*) bitkisinin morfolojik özellikleri ve Türkiye'deki yayılışı hakkında bazı araştırmalar. Ot Sistematik Botanik Dergisi, 1(2): 47-62.
- Eroğlu, M., 1985. Sürmene Orman İşletmesi Çamburnu Sarıçam Ormanında adi ökseotu (*Viscum album* L.)'nin yayılışı, yoğunluğu ve meşcere üzerindeki etkisinin araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eroğlu, M., 1993. Sarıçam ormanlarımızda Ökseotu (*Viscum album* L.). Orman Mühendisliği Dergisi, 7: 6-10.
- Eroğlu, M., Usta, M., 1993. *Viscum album* L.'un sarıçamın artımına, odunun kimyasal ve morfolojik özelliklerine etkisinin araştırılması. II. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi, 6-9 Ekim, Trabzon, s. 116-122.
- Eroğlu, M., Başkaya, Ş., 1995. Ökseotu (*Viscum album* L.)'nin şiddetli zararı neden ve sonuçları. Orman Mühendisliği Dergisi, 4(32): 25-31.
- Eroğlu, M., Bilgili, E., Başkaya, Ş., 1995. Sarıçam ormanlarımızda Adi Ökseotu (*Viscum album* L.)'nin yayılışı, yoğunluğu ve ağaçların gelişimine etkisinin araştırılması. I. Ulusal Ormanlık Kongresi, 23-25 Ekim, Trabzon. s. 160-168.
- Farjon, A., 2010. A Handbook of the World's Conifers. Brill Academic Publishers, Leiden, Netherlands.
- Gołębek, Elżbieta., Sławiński, J., 2017. The infestation degree of trees with Common Mistletoe *Viscum album* L. and their health status (on the example of Praszka City). Journal of Ecological Engineering, 18: 80-85.
- Hatton, R.H.S., 1964. Pollination of Mistletoe (*Viscum alba* L.). Proceedings of the Linnean Society of London, 176(1): 67-76.
- Hawksworth, F.G., 1977. The 6-class Dwarf Mistletoe Rating System. USDA Forest Service, General Technical Report, RM-48.
- Hawksworth, F.G., 1983. Mistletoes as forest parasites. In: The Biology of Mistletoes (Ed: Calder, M., Bernhardt, P.), Academic Press, San Diego, CA, pp. 317-334.
- Hawksworth, F.G., Weins, D., 1996. Dwarf Mistletoes: Biology, Pathology, and Systematics. Agriculture Handbook 709, USDA Forest Service, Washington, DC.
- Idžojić, M., Glavaš, M., Zebec, M., Pernar, R.M., Dasović, M., Pavlus, M., 2005. Infestation of silver fir (*Abies alba* Mill.) with mistletoe (*Viscum album* L. ssp. *abietis* (Wiesb.) Abrom.) in Croatia (Croatian orig.). Forestry Journal, 129(11-12): 559-573.
- Idžojić, M., Pernar, R.M., Glavaš, M., Zebec, M., Diminić, D., 2008. The incidence of mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) on silver fir (*Abies alba*) in Croatia. Biologia, 63(1): 81-85.
- Kanat, M., Alma, M.H., Sivrikaya, F., 2010. The Effect of *Viscum album* L. on annual diameter increment of *Pinus nigra* Arn. African Journal of Agricultural Research, 5(2): 166-171.
- Kantarci, M.D., 1979. Aladağ Kütesinin (Bolu) Kuzey Aklanındaki Uludağ Göknarı Ormanlarında Yükselti-İklim Kuşaklarına Göre Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özelliklerinin Analitik Olarak Araştırılması, İstanbul Üniversitesi.Yayın No, 2634, Orman Fakültesi Yayın No, 274, İstanbul.
- Kartoolinejad, D., Hosseini, S.M., Mirnia, S.K., Akbarinia, M., Shayanmehr, F., 2007. The relationship among infection intensity of *Viscum album* with some ecological parameters of host trees. International Journal of Environmental Research, 1(2): 143-149.
- Knutson, D.M., 1983. Physiology of Mistletoe parasitism and disease responses in the host. In: The Biology of Mistletoes (Ed: Calder, M., Bernhardt, P.), Academic Press, San Diego, CA, pp.295-316.
- Kołodziejek, J., Patykowski, J., Kołodziejek, R., 2013. Distribution, frequency and host patterns of European Mistletoe (*Viscum album* subsp. *album*) in the major city of Lodz, Poland. Biologia, 68(1): 55-64.
- Konrad, N., Beat, M., Thomas, S., 2003. Impact of population dynamics of White Mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) on European silver fir (*Abies alba*). Annals of Forest Science, 60(8): 773-779.
- Kuijt, J., 1969. The Biology of Parasitic Flowering Plants. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Kuijt, J., 1977. Haustoria of phanerogamic parasites. Annual Review of Phytopathology, 17: 91-118.
- Kumbasli, M., Ketten, A., Beskardes, V., Makineci, E., Özdemir, E., Yilmaz, E., Zengin, H., Sevgi, O., Yilmaz, H. C., Caliskan, S., 2011. Hosts and distribution of Yellow Mistletoe (*Loranthus europaeus* Jacq. (*Loranthaceae*)) on Northern Strandjas Oak forests-Turkey. Scientific Research and Essays, 6(14): 2970-2975.
- Lech, P., Zolciak, A., Hildebrand, R., 2020. Occurrence of European Mistletoe (*Viscum album* L.) on forest trees in Poland and its dynamics of spread in the period 2008-2018. Forests, 11(83): 1-16.
- MacRaid, L.M., Radford, J.Q., Bennett, A.F., 2010. Non-linear effects of landscape properties on mistletoe parasitism in fragmented agricultural landscapes. Landscape Ecology, 25: 395-406.
- Mataracı T. ve Kandemir A., 2018. Abies Mill. Resimli Türkiye Florası (Ed., Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Ekşi, G., Güner, I., ve Çimen, A.Ö.), ANG Vakfı Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları, İstanbul, s: 306-314.
- Mathiasen, R.L., 1996. Dwarf mistletoes in forest canopies. Northwest Science, 71: 61-72.
- Mathiasen, R.L., Nickrent, D.L., Shaw, D.C., Watson, D.M., 2008. Mistletoes: Pathology, systematics, ecology, and management. Plant Disease, 92: 988-1006.
- MGM, 2023. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara. İllerimize ait genel istatistik verileri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=BOLU>, Erişim: 08.07.2023.
- Nickrent, D.L., 2011., Santalales (Including Mistletoes). In: Encyclopedia of Life Sciences (ELS). John Wiley & Sons, Ltd: Chichester, pp. 1-6.
- Norton, D.A., Ladley, J.J., Owen, J.J., 1997. Distribution and population structure of the loranthaceous mistletoes *Alepis flavida*, *Peraxilla colensoi* and *Peraxilla tetrapetala* within two New Zealand *Nothofagus* Forests. New Zealand Journal of Botany, 35: 323-336.
- Norton, D.A., Reid, N., 1997. Lessons in ecosystem management from management of threatened and pest loranthaceous mistletoes in New Zealand and Australia. Conservation Biology, 11(3): 759-769.
- Norton, D.A., Carpenter, M.A., 1998. Mistletoes as parasites: Host specificity and speciation. Trends in Ecology and Evolution, 13: 101-105.
- Norton, D.A., Ladley, J.J., Sparrow, A.D., 2002. Host provenance effects on germination and establishment of two New Zealand mistletoes (*Loranthaceae*). Functional Ecology, 16: 657-663.

- OGM, 2016. Orman bitkisi ve bitkisel ürünlerine arız olan zararlı organizmalar ile mücadele yöntemleri, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphanesi/EgitimDokumanlari/Orman%20Zararlı%20Bitkiler%20ve%20Bitkisel%20Organizmalar%20ile%20M%20C%20B%20Cadele%20Y%20C%20B%20ntemleri.pdf>, Erişim: 24.09.2023.
- OGM, 2019. Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Aladağ Orman İşletme Müdürlüğü, Kökez Orman İşletme Şefliği, Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planı, Ankara.
- OGM, 2023. Ormancılık istatistikleri 2023. Resmi istatistik programı kapsamındaki ormancılık istatistikleri, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Erişim: 08.07.2023.
- Okubamichael, D.Y., Griffiths, M.E., Ward, D., 2011. Host specificity, nutrient and water dynamics of the mistletoe *Viscum rotundifolium* and its potential host species in the Kalahari of South Africa. *Journal of Arid Environments*, 75: 898-902.
- Okubamichael, D.Y., Griffiths, M.E., Ward, D., 2016. Host specificity in parasitic plants-perspectives from Mistletoes. *AoB Plants*, 8, pii: plw069.
- Ozturk, M., Coskuner, K.A., Serdar, B., Atar, F., Bilgili, E., 2022. Impact of White Mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) infection severity on morphology, anatomy and photosynthetic pigment content of the needles of cilician fir (*Abies cilicica*). *Flora*, 294: 152135.
- Piirto, D.D., Crews, D.L., Troxell, H.E., 1974. The effects of Dwarf Mistletoe on the wood properties of lodgepole pine. *Wood and Fiber*, 6: 26-35.
- Raftoyannis, Y., Radoglou, K., Bredemeier, M., 2015 Effects of Mistletoe infestation on the decline and mortality of *Abies cephalonica* in Greece. *Annals of Forest Research*, 58: 55-65.
- Reid, N., 1991. Coevolution of Mistletoes and frugivorous birds. *Australian Journal of Ecology*, 16: 457-469.
- Reid, N., Smith, N.M., Yan, Z., 1995. Ecology and population biology of mistletoes. In: *Forest Canopies* (Ed: Lowman, M.D., Nadkarni, N.M.), Academic Press, San Diego, California, pp. 285-310.
- Rigling, A., Eilmann, B., Koechli, R., Dobbertin, M., 2010. Mistletoe-induced crown degradation in Scots pine in a xeric environment. *Tree Physiology*, 30: 845-852.
- Roxburgh, L., 2007. The effect of gut processing on the quality of Mistletoe seed dispersal. *Journal of Tropical Ecology*, 23: 377-380.
- Sakici, O.E., Ozcan, G.E., Saglam, F., Seki, M., 2022. The effect of White Mistletoe (*Viscum album* subsp. *abietis* (Wiesb.) Abromerit) on diameter increment in Kazdağı fir stands. *Journal of Biometry Studies*, 2(1):15-23.
- Sakici, O.E., Ozcan, G.E., Seki, M., Saglam, F., 2023. The effects of Pine Mistletoe (*Viscum album* subsp. *austriacum*) on the growth of Scots pine and Crimean pine in Turkey. *Forest Pathology*, 53(2): e12802.
- Sanguesa-Barreda, G., Linares, J.C., Camarero, J.J., 2012. Mistletoe effects on Scots pine decline following drought events: Insights from within-tree spatial patterns, growth and carbohydrates. *Tree Physiology*, 32: 585-598.
- Sanguesa-Barreda, G., Linares, J.C., Camarero, J.J., 2013. Drought and Mistletoe reduce growth and water-use efficiency of Scots pine. *Forest Ecology and Management*, 296: 64-73.
- Saraçoğlu, Ö., 1988. Karadeniz Yöresi Göknaar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Smith, R.B., 1973. Factors affecting dispersal of Dwarf Mistletoe seeds from an overstory western hemlock tree. *Northwest Science*, 47: 9-19.
- Sönmez, T., 2014. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) gelişimi üzerine ökseotu'nun etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1): 64-72.
- Szmidla, H., Tkaczyk, M., Plewa, R., Tarwacki, G., Sierota, Z., 2019. Impact of Common Mistletoe (*Viscum album* L.) on Scots pine forests – A call for action. *Forests*, 10(847): 1-15.
- Tadey, M., Aizen, M.A., 2001. Why do flowers of a humming bird pollinated Mistletoe face down?. *Functional Ecology*, 15: 782-790.
- Thoday, D., 1951. The haustorial system of *Viscum album*. *Journal of Experimental Botany*, 2(1): 1-19.
- Thorogood, C., Hiscock, S., 2010. Specific developmental pathways underlie host specificity in the parasitic plant Orobanche. *Plant Signalling & Behavior*, 5: 275-277.
- Tikkanen, O., Kilpeläinen, J., Mellado, A., Hamalainen, A., Hodar, A.J., Jaroszewicz, B., Luoto, M., Repo, T., Rigling, A., Wang, A., 2021. Freezing tolerance of seeds can explain differences in the distribution of two widespread mistletoe subspecies in Europe. *Forest Ecology and Management*, 482:118806.
- Tsopelas, P., Angelopoulos, A., Economou, A., Soulioti, N., 2004. Mistletoe (*Viscum album*) in the fir forest of Mount Parnis, Greece. *Forest Ecology and Management*, 202: 59-65.
- Üstüner, T., 2003. Identification and density of *Viscum* species in Nigde province. *The Journal of Turkish Weed Science*, 6(2): 45-53.
- Üstüner, T., 2016. Identification density and hosts of semi parasite species in Kahramanmaraş Region of Turkey. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 9(10): 72-75.
- Üstüner, T., 2018. Investigation of symptoms and hosts of semi parasite plant species in East Mediterranean and Central Anatolia Region of Turkey. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(3): 438-446.
- Üstüner, T., Düzenli, S., Kitis, Y.E., 2015. Determination of infection rate of Mistletoe (*V. album*) on hosts in Nigde province. *The Journal of Turkish Weed Science*, 18(1-2): 5-14.
- Watson, D.M., 2011. Mistletoes of Southern Australia. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia.
- Yan, Z., 1993. Germination and seedling development of two mistletoes, *Ameyema preissi* and *Lysiana exocarpi*: Host specificity and mistletoe-host compatibility. *Austral Ecology*, 18: 419-429.
- Yüksel, B., Akbulut, S., Keten, A., 2005. Çam Ökseotu (*Viscum album* ssp. *austriacum* (Wiesb.) Vollman)'nun zararı, biyolojisi ve mücadelesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 111-124
- Zuber, D., 2004. Biological flora of Central Europe: *Viscum album* L. *Flora*, 199(3): 181-203.

Local community participation and volunteerism in wildfire area management: A systematic review

Sezin Kete^{a,*} 

Abstract: Wildfires have caused considerable economic, ecological, and social damage in recent years. For this reason, decision-makers in wildfire management (WFM) have face increasingly difficult challenges. While decision support systems help decision-makers, it is clear that some deficiencies still persist. In this context, it is thought that the active role of local people involved in wildfire management can eliminate these deficiencies because they have experience and direct knowledge about fighting wildfires in Wildland Urban Interface (WUI) areas. Hence, their expertise can be utilized in future wildfire containment efforts. In this study, the author presents some general information about WUI, public participation, and the decision-making process and its relation to wildfires. In addition, the author will also examine previous studies on the participation of local people in wildfire management and investigate the decision-making processes regarding this issue by using Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) technique. The results of this study suggest that there should be a widespread adoption of the community-based integrated fire management (CBIFM) approach, instead of the top-down management approach commonly employed in wildfire management. The results strongly suggest that decision-makers should reach a consensus as to how the principle of participation in fire management should work by reviewing the socio-economic interests of the local community.

Keywords: Forest fire, Wildland urban interface, Attendance, Decision-making

Yerel halkın orman yangın yönetimine katılımı ve gönüllülüğü - Sistemik bir inceleme

Özet: Orman yangınları son yıllarda çok fazla ekonomik, ekolojik ve sosyal zarara neden olmuştur. Bu nedenle Orman Yangını yönetiminde (OYY) karar vericilerin işi giderek zorlaşmaktadır. Gelişen karar destek sistemleri karar vericilere yardımcı olsa da hala bazı eksikliklerin olduğu aşikardır. Bu bağlamda, yerel halkın orman yangını yönetiminde aktif rol almasının, hem bilgi toplayabilmesi hem de Yabanıl Kentsel Arayüz (YKA) alanlarında orman yangınıyla doğrudan karşılaşması nedeniyle bu eksiklikleri giderebileceği ve orman yangınıyla mücadelede faydalı olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada, YKA, Halkın katılımı ve karar verme süreci hakkında genel bilgiler ve bunların orman yangını ile ilişkileri sunulduktan sonra, yerel halkın orman yangını yönetimine katılımı ve bu konudaki karar verme süreçlerinin nasıl ilerlediğine dair son çalışmalar Sistemik İncelemeler ve Meta-Analiz için Tercih Edilen Raporlama Ögeleri (PRISMA) tekniği kullanılarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda, orman yangını yönetiminde yukarıdan aşağıya yönetim yaklaşımı yerine Toplum Tabanlı Entegre Yangın Yönetimi (TEGY) yaklaşımının yaygınlaştırılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Sonuçlar, karar vericilerin yerel toplumun sosyo-ekonomik çıkarlarını gözden geçirerek yangın yönetimine katılım ilkesinin nasıl işleme gerektiğine karar vermeleri gerektiğini kuvvetle önermektedir.

Anahtar kelimeler: Orman yangını, Yaban arazisi kentsel arayüz, Katılım, Karar verme

1. Introduction

Climate change is expected to exacerbate the incidence of wildfires and further complicate the lives of fire managers and forest engineers, who are regularly called upon to solve increasingly complex decision-making problems (Martell, 2011). Furthermore, fire management decisions should be made by establishing a balance between the economic, ecological, and social effects of the fire, and the benefits and harms caused by the fire should be carefully examined in this context (Martell, 2015; Nyongesa and Vacik, 2019). The urgency of this environmental crisis necessitates a review of the existing Wildfire Management (WFM) (Santos et al., 2021).

Global WFM strategies are transitioning from a response-based paradigm to a more collaborative/resilience-oriented framework based on prevention and community participation (Patrão, 2014; Khatun et al., 2017). Researchers have examined numerous interactive approaches, revealing that there are effective ways to increase homeowners' knowledge and support of fire management (McGee, 2011; Welch and Coimbra Jr., 2021).

When an appropriate institutional framework is provided, the CBIFM approach facilitates the efficient use of resources, the integration of domestic and modern information systems, and remote fire management (Dube, 2013; Lineal and Laituri, 2013). Marta-Costa et al. (2016) state that the early adoption of a participatory

✉ ^a University of Lisbon, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017, Lisboa, Portugal

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): sezinkete@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 06.04.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 03.08.2023



Citation (Atıf): Kete, S., 2023. Local community participation and volunteerism in wildfire area management: A systematic review. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 251-261. DOI: [10.18182/tjf.1278432](https://doi.org/10.18182/tjf.1278432)

methodologies stage in the planning process encourages dialogue and open communication between various stakeholders and considers community views when drafting policies. Furthermore, this stage is essential in order to prevent damages that may occur as a result of wildfire and creating appropriate management for the region (Marta-Costa et al., 2016).

The involvement of private forest owners in WFM has been discussed in many studies (Aguilar and Montiel, 2011; Santos et al., 2021), many of which tend to be related to fuel management. The result of the increasing marginal costs of burnt land necessitates that this new paradigm must also include the economic relationship between private forest owners. Fuel treatment activities to maintain the landscape represents a significant challenge with important societal implications. However, the planning of fuel treatment activities raises complex decision-making problems with spatial and temporal dimensions (Minas et al., 2014).

Valuing and integrating different forms of information and understanding locally lived realities are prerequisites to creating a more systemic approach to anticipate and collectively adapt to the increased risk of future bushfires. This could be achieved by developing bottom-up strategies that focus on combining traditional fire knowledge and scientific ecological knowledge (Devisscher et al., 2019; Mistry et al., 2019). The Integrated Fire Management (IFM) approach is established and implemented to understand the diverse uses of fire and the traditional ecological knowledge of local people and its practical applications. Thus, it can be said that the IFM framework aids the implementation of cost-effective approaches by preventing damage caused by fires and maintaining the desired fire regimes and participation of local people (Nyongesa and Vacik, 2018). Moreover, the difficulties regarding decision-making processes will reduce thanks to the active local community participation in WFM (Nyongesa and Vacik, 2019).

In general, due to the increase in the rate of global migration from rural to urban areas, urban sprawl enters abandoned agricultural areas, and at the same time, it is seen that there is a similar trend of migration from rural areas to

cities due to the decreasing population in rural areas (Fischer et al., 2016b). For this reason, people's living spaces and natural areas are intertwined, and potential wildfires can result in great damage in terms of economical, ecological, social, and public health (Bouillon et al., 2018; Moritz et al., 2014). The inclusion of WUI in WFM is thus crucial to minimizing loss of life and property and because there are many elements that can increase the severity of fire in the city (Ferster et al., 2013; Fischer et al., 2016a; Reams et al., 2005).

Some policies that reduce the risk of wildfire in the WUI interface have been indicated in studies by J. Cohen (2008, 2010) and Kramer et al. (2018). These policies combine enhanced modeling, the investigation of forest fire risk in densely populated areas, fuel reduction in the home ignition zone (HIZ), the use of fireproof landscaping and construction materials, and the strategic placement of fuel reduction treatments around communities, and given the dangers posed by wildfires, community education and the planning of building locations (Cohen, 2008, 2010; Kramer et al., 2018). Further, Fischer et al. (2016a) stated the benefits of assessing wildfire risk by recognizing and accounting for the interactions of socio-ecological systems, also known as coupled human and natural systems (CHNS). Figure 1 shows the CHNS components and their related scales, along with a list of prevention, mitigation, preparedness and suppression methods. The social capital regarding preparedness and the acceptance of preparedness requirements of fire directorate for wildfires is more accepted in WUI areas where this wildfire disaster has been experienced before (Bihari and Ryan, 2012; Ghasemi et al., 2020).

Recent developments in the decision support system (DSS) have led to significant enhancements in the evaluation of the participation factor in forest fire management. In WFM planning, in order to help integrate activities, which are usually carried out independently, research has been conducted to further develop decision support tools (Pacheco et al., 2015).

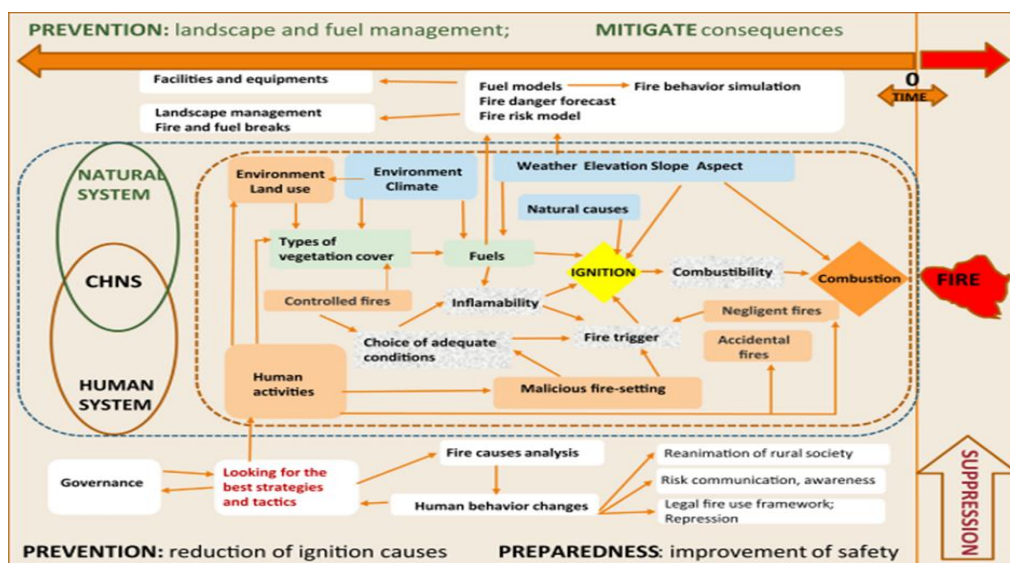


Figure 1. The CHNS: a synthetic view of the ingredients, human and natural causes of ignition, and possible initiatives for disaster risk reduction (Tedim et al., 2016).

The complex decision environment in WFM is characterized by changing fire conditions, partial control, and uncertainty. Therefore, the development and implementation of systematic and risk-based approaches to support decision-making where forest fire risk is expressed as a function of the likelihood of the fire, fire severity, and fire effects has boosted confidence (Pacheco et al., 2015; Wei et al., 2018). However, additional efforts are required to mitigate the destructive impacts of fire, such as replacing combustible fuel complexes (fuel management); reducing the number of human-induced fires (prevention); detecting fires with destructive potential (detection); acquiring, deploying, and dispatching initial attack resources (suppression, deployment, acquisition, dispatch); and mobilizing incident management teams to address escalating fires (large fire management). At present, forest and wildland fire management appears to be a supply chain management perspective. This concept is defined as delivering the right amount of the right fire to the right place at the right time and at the right cost, and this review deals with decision-making and planning concerning the suppression aspects of the forest and wildland fire management supply chain (Martell, 2015).

Transition to a new fire management paradigm requires advanced planning and support for decision-making that assesses the natural tradeoffs between alternative management strategies and better monitoring of fire management decisions, actions, and outcomes (Marques et al., 2017). These elements form the basis of risk management. In addition, the following elements are evaluated: sufficient consideration of uncertainty, commitment to generating and using the most appropriate knowledge available, transitioning from reactive to proactive responses, and facilitating continuous improvement through organizational learning. Risk management entails proactively addressing decisions that individuals or organizations may encounter in the future, and monitoring and providing feedback to improve future decisions. Although it is known that there are problems in the operationalization of risk management, its integration and adoption are promoted in the decision-making process in WFM (Thompson et al., 2016).

Pacheco et al. (2015) highlight the importance of integration between risk management and DSS development to facilitate and improve the quality of decisions under uncertainty and to ensure harmonious fire management in an uncertain environment. Calkin et al. (2011) reviewed three risk-based decision support tools developed for WFM in the US, while similar risk-based approaches have been developed in other countries (Chuvieco et al., 2010). There is a need to consider a wide variety of approaches, including enhanced communication with communities for risk-based approaches (Dombeck et al., 2004). Calkin et al. (2011) emphasize that resources and opportunities are provided to develop risk-based decision support systems and that managers should develop their skills to use them.

Leveraging technologies such as automated resource monitoring and machine learning algorithms can help bridge the gaps between monitoring, learning, and data-driven decision making in WFM (Plucinski, 2019). Thompson et al. (2019) state that to take full advantage of its analytical potential, organizations need to accelerate cultural shifts that develop a stronger appreciation for data-driven decision

processes and develop informed skeptics who effectively balance both reasoning and analysis in decision making. Marques et al. (2017) state that the Pareto frontier, a posteriori multi-criteria decision method, can be used to support the integration of wildfire risk into multi-purpose forest management planning contexts.

The main purpose of this study is to explore how the development of the CBIFM's understanding of how local people participate in forest fire management and its evolution across different situations and regions. The study also aims to assess the progression of the decision-making processes regarding this issue.

2. Materials and methods

In this study, a systematic literature review was conducted based on the subject and research objectives. Systematic reviews are specified as a rigorous and transparent form of literature review that involve identifying, synthesizing, and evaluating all available quantitative and/or qualitative evidence to produce a robust, empirically derived answer to a focused research question (Mallett et al., 2012). This research method was chosen because it is compatible with the purposes of this study, which is to explore the latest knowledge of the principles of participation and volunteering in WFM. The systematic review guide written by Okoli (2015) was adapted for this study. Considering these guidelines, the systematic review was carried out in three stages, including (i) research questions, (ii) search strategy, and (iii) data.

2.1. Research questions

The research questions were chosen by considering the local people's participation in fire management, fire management at the intersections of wildlife and urban life, and the role of private forest owners in fire management. In this context, the research questions are as follows:

- How has the progress developed regarding local community participation in wildfire and forest fire management?
- What are the prospects for the future development of local community involvement in wildfire management?
- What solutions arise from the involvement of private forest owners in fire management?
- What fire management practices are employed in the wildland-urban interface areas and what roles do the local people play in these areas?
- How does local community participation in the wildfires contribute to the decision-making process?

2.2. Search strategy

The search string was determined in four areas, according to the research topic and purpose: Wildfire, Participation, Management and Local people. In the Wildfire domain, the "Wildfire" and "Forest fire" keywords were included, while in the participation domain, the "Participation" and "Volunteering" keywords were included. In the Local people domain, the "Local people" and "WUI" keywords were included. In the management domain, only the "Management" and "Decision making"

keywords were added to the study string. The search string was created by combining four domains—Wildfire, Participation, Management and Local people—using ‘AND’ in databases. Searches conducted using these keywords were made by scanning the “Abstracts” in databases. Certain pilot trials were conducted before the search string was completed, and as a result, the relevance of this search string was reached. The search sequence used in this study is as follows: (Wildfire OR Forest fire) AND (Participation OR Volunteering) AND (Management OR Decision making) AND (Local people OR WUI)

In this study, the Web of Science and EBSCO databases were chosen as search platforms to access the relevant literature. As examining the reference sections or feature-related parts allows for a “backward search” of other relevant articles, while certain resources, such as Google Scholar and the ISI Citation Index, allow a “forward search” to find all cited articles that authors may find particularly relevant (Okoli, 2015), a “hand search” was employed to access the relevant literature, as well as the relevant databases in the study. Searches were made between 7 July 2022 and 20 July 2022 in order to access suitable studies for the subject.

Specific inclusion criteria were established in this review to identify the relevant literature. As the principle of participation in forestry was discussed in detail at the Rio conference, studies made before 1992 were not included in this study (The Rio Conventions, 2017). Table 1 presents the inclusion criteria applied in this review.

2.3. Data

In this study, a total of 61 records were accessed before the criteria for the relevant subject was applied. Figure 2 shows the data definition flowchart based on the PRISMA 2020 guidelines (Page et al., 2021). As shown in Figure 2, the search result was processed through identification, screening, and inclusion. In this study, a total of 20 academic papers were included as a data set for data extraction, analysis, and synthesis.

The information categories extracted from the studies selected for content analysis are as follows:

- Whether the WUI was mentioned;
- Contribution to the decision-making process;
- Forestry type (public or private);
- Main suggestion to mitigate wildfire hazards risk;
- Main obstacle for participatory wildfire management;
- Research method of the study;
- Whether the prescribed burning was mentioned.

If there was no information about the sections in the information category in the selected studies, "None" was written in the category section to state that the information was not included.

Table 1. Inclusion criteria for studies

Categories	Inclusion criteria
Language	English
Publication year	Not earlier than 1992
Availability	Full text available
Source type	Published publications
Subject/Content	Related to topic of Wildfire management
Context	Participation

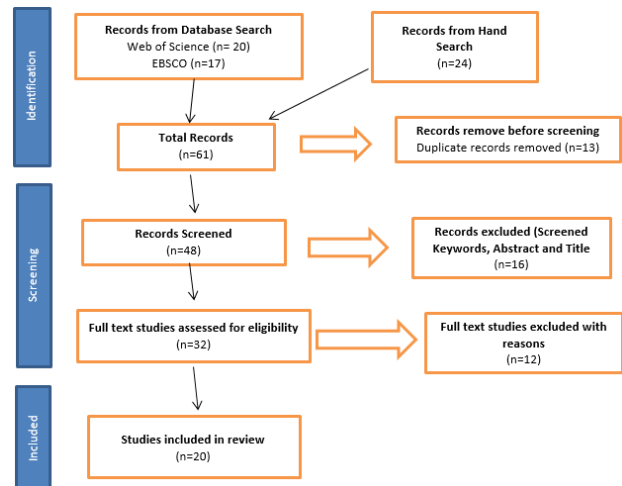


Figure 2. PRISMA diagram documenting study selection.

3. Results

A total of 20 records were found suitable for the study. Table 2 shows the percentage distribution of the records deemed suitable for the research according to the created titles.

3.1. Fire policy and participation

Aguilar and Montiel (2011) state that one of the main weaknesses in wildfire management is the lack of meaningful stakeholder participation. The articles relevant to this topic examine the problems encountered in fire policy regarding the functioning of the participation principle and their proposed solutions. It has been determined that conscious citizen participation in policy making is beneficial to management. Table 3 shows the data from a selection of studies on community participation in fire policy.

Whereas Marta-Costa et al. (2016) discuss this situation in the Portuguese locale, Aguilar and Montiel (2011) offer a broader perspective by including every country in Southern Europe in the discussion. Marta-Costa et al. explain the difficulties caused by the heterogeneous structure of the participating groups and assert that a homogeneous community participation will be more effective. Aguilar and Montiel, on the other hand, describe fire as an ancient method used by locals involved forest fire management and mention the benefits of this method.

3.2. Fuel management

The results of the studies focusing on fuel management (Table 4) indicate that the concept of the zero-burn area is essential and that fuel management can reduce the risk of wildfire. According to Ferster et al. (2013), improving forest fuel management is important for reducing the threat of wildfire in local communities. In order to provide this benefit, studies were carried out on people both living in the region and those with forest assets.

Table 2. Distribution of records by related titles

Studies	Number	Ratio (%)
Hazard mitigation	6	30
Traditional fire knowledge	5	25
Fuel management	2	10
Resource management	5	25
Fire policy and participation	2	10

Table 3. Data from the included records on fire policy and participation

Studies	Mentioned WUI	Contribution to decision making process	Forestry type	Suggestion to mitigate hazards risk	Obstacle for participatory wildfire management	Research method	Mentioned Prescribed burning
Aguilar and Montiel (2011)	None	Understanding different interests	Public and Private	Using fire (Prescribed burning, suppression of fire)	Political process	Literature review	Yes
Marta-Costa et al. (2016)	None	Providing different perceptions that complement the political and economic approaches to specific problems with the participation of the local people.	Public and Private	Public awareness, Social acceptance of hazards, Constituting responsibility for public	Inadequate education policy for the people of the region.	Survey method and Workshop	None

Table 4. Data from the included records on fuel management

Studies	Mentioned WUI	Contribution to decision making process	Forestry type	Suggestion to mitigate hazards risk	Obstacle for participatory wildfire management	Research method	Mentioned Prescribed burning
Santos et al. (2021)	None	Willingness to Accept (WTA) variability for fuel loads enable to take decisions	Private	Informing the design of more cost-effective policies to reduce wildfire hazard and risk through fuel management by owners	Small share of benefits for forest owners	Face-to-face survey	None
Ferster et al. (2013)	Yes	Providing people with the ability to gather information about forest structure from the ground and from a human perspective	Public and Private	Public participation in scientific	Funding, time, and availability of personnel	The Forest Fuels Measurement Application, Paper-based questionnaire	None

While Santos et al. (2021) conducted a study to increase the willingness of forest owners in fuel management and enable more cost-effective policies, Ferster et al. (2013) collected information to facilitate fuel management by using both local people and forest owners. Through the participants' responses to the questionnaires, Ferster et al. (2013) also assessed the relevance of the participants' demographics and experience to their awareness, knowledge, and planned behavior when encountering wildfires.

3.3. Hazard mitigation

The solutions to minimizing the risk of wildfire and reducing the hazards caused by these fires are described in this section. Extensive studies were carried out in WUI areas to find solutions to the loss of life and property caused by fires, and the involvement of the local people in fire management was determined the most important element when attempting to solve these problems (Bihari and Ryan, 2012; Ghasemi et al., 2020). In future studies, it is strongly recommended that the people of the region, together with the managers, work with a common consciousness and that the risk awareness of the people of the region be increased by the managers (McGee, 2011; Reams et al., 2005; Tedim et al., 2016). Table 5 shows data from existing articles on hazard mitigation.

While Fischer et al. (2016a) state that socio-ecological pathology, which is one of the most important factors that creates the risk of fire, is ignored and mention the necessity of making political breakthroughs in this regard, Tedim et al. (2016) point out the necessity of applying the risk reduction approach to the whole region, not only to selected or privileged parts of the region, from a holistic perspective. McGee's (2011) perspective differs from other studies in that wildfire reduction programs that involve local residents build community resilience and improve relationships between residents and government agencies. On the other hand, Ghasemi et al. (2020) highlight that the concept of trust plays an important role in perceived action effectiveness and risk beliefs among local people. Bihari and Ryan (2012) state that social capital is one of the key factors facilitating risk reduction. Moreover, they highlight the role of experience with wildfires and place attachment in positively influencing social capital and the adoption of preparedness measures. Unlike other studies, Reams et al. (2005) also reveal program managers' perceptions of what their most effective programs are for creating defensible space.

Table 5. Data from the included records on hazard mitigation

References	Mentioned WUI	Contribution to decision making process	Forestry type	Suggestion to mitigate hazards risk	Obstacle for participatory wildfire management	Research method	Mentioned Prescribed burning
Reams et al. (2005)	Yes	Systematically examining the current situation and local efforts	Public and Private	Developing effective programs for risk awareness and local people education	Insufficient program funding and negative public attitudes	Survey method	None
Bihari and Ryan (2012)	Yes	Wildfire preparedness of local community	Public and Private	To increase positive relationship between social capital and wildfire preparedness	To promote prevention among new residents who have not experienced a devastating wildfire before	Survey method	Yes
Ghasemi et al. (2020)	Yes	Trust, past experience, and home attachment factors to better predict homeowners' decisions. Communication between neighbors and between neighbors and government agencies	Public and Private	To increase perceived wildfire risk for building resilience to the threat of wildfire	Homeowners' lack of wildfire experience	Survey method and ArcGIS	None
McGee (2011)	None	Understanding the relationships between human systems and fire	Public and Private	To increase participation by strengthening the relations of state institutions with the people of the region	Existing shortcomings in the forest fire risk reduction policy	Case studies	None
Tedim et al. (2016)	None	An understanding of the complex interplay between social and ecological conditions and processes.	Public and Private	Comprehensive effort to economically reduce fire hazard on a territorial scale	Problems in political acceptance of active participation and deficient collaboration among stakeholders	SWOT analyses	None
Fischer et al. (2016)	None		Public and Private	A fire-adapted governance system that brings together a wide variety of human actors in social networks and planning processes that encourage complex thinking about the future	Inadequacies in the policy aimed at ensuring participation	Network analyses	Yes

3.4. Resource management

Academic studies are carried out to develop the understanding of prevention rather than extinguishing in fire management by ensuring the effective use of resources. In this context, the application of the principle of participation in resource management in forest fire management, along with a set of proposed solutions, is presented to the reader under this title. Table 6 shows data taken from articles on resource management.

Among the studies under this title, while Ni'mah et al. (2018) describe what kind of contributions will be made in the fight against wildfires by increasing ecotourism activities, Dube (2013) differs from other studies in their mention of building trust and respectability among communities by granting a legal right to incineration for land use needs. While Patrão (2014) reveals the legal framework of forest fire management in Portugal on the subject, in Nyongesa and Vacik's (2018, 2019) studies, which were conducted locally in Kenya, the researchers offer recommendations for further policy options that consider forest health, productivity, and socio-economic values for improving people's livelihoods, in addition to collecting data on local people's perceptions and traditional ecological knowledge.

3.5. Traditional fire knowledge

Many studies have concluded that the search for a solution to forest fires requires a new method that goes beyond face-to-face firefighting. In countries with fire-prone ecosystems, they have recognized the need to engage with

the different perspectives of prescribed burning and the practices of local communities. Further, a number of studies have mentioned that burning traditions are indispensable to their livelihoods, regional administration, and cultural expression. For these reasons, in some countries, indigenous peoples are key partners in developing fire policies and responses (Mistry et al., 2019; Welch and Coimbra Jr., 2021). In this study, the author discusses the fire experiences of local people and their knowledge of firefighting, which has developed accordingly in WFM under the perspective of participation. Table 7 shows data from articles on traditional fire knowledge.

While Welch and Coimbra Jr. (2021) also discuss the burning actions of the local people at the center of human rights, Lineal and Laituri (2013) touch upon the concept of trust, stating that the complex framework of inter-agency cooperation is essential for effective information sharing and communication. Further, Devisscher et al. (2019) and Mistry et al. (2019) mention the development of bottom-up strategies focused on merging TFK (Traditional Fire Knowledge) and SEK (Scientific Ecological Knowledge). Devisscher et al. (2019) conducted their studies in Bolivia, while Mistry et al. (2019) conducted their studies in Brazil. Khatun et al.'s (2017) study is a participatory REDD+ project effort that combines forest management efforts with a fire management plan, which differs from other studies in that regard.

Table 6. Data from the included records on resource management

References	Mentioned WUI	Contribution to decision making process	Forestry type	Suggestion to mitigate hazards risk	Obstacle for participatory wildfire management	Research method	Mentioned Prescribed burning
Ni'mah et al. (2018)	None	Providing information about local wisdom in fighting wildfires	Public	Developing an ecotourism management approach for the region	MPA (Masyarakat Peduli Api) membership is voluntary and has no direct financial benefits	Literature review, Expert determination, SWOT analyses	Yes
Nyongesa and Vacik (2019)	None	Implementing O&C (Objectives and Criteria) assessments reduces the knowledge gap between decision makers	Public	Improvement of community livelihoods	Participants have difficulty expressing their preferences regarding management strategies, the importance of objectives, and criteria	Expert determination, Focus group discussion, AHP	Yes
Nyongesa and Vacik (2018)	None	Understanding local people's perceptions and traditional ecological knowledge	Public	Ecotourism, Prescribed burning	Financial, educational, equipment, and motivational deficiencies	Focus group discussion and Survey method	Yes
Patrão (2014)	None	Revealing the incompatibility between the legislative framework and the perspective of decision makers in the intervention of burning areas	Public and Private	Implementation of collaborative wildfire management framework with local communities	System stuck in a top-down management approach	Literature review	None
Dube (2013)	None	Understanding the social behaviors that trigger fires and incorporating them into fire management	Public	Prescribed burning, Fuel management, Motivating the active participation of communities and building the necessary administrative skills	A top-down fire management approach that tends to put out fires, State-centered, excluding local communities	Systematic Literature review	Yes

Table 7. Data from the included records on traditional fire knowledge

References	Mentioned WUI	Contribution to decision making process	Forestry type	Suggestion to mitigate hazards risk	Obstacle for participatory wildfire management	Research method	Mentioned Prescribed burning
Welch and Coimbra Jr. (2021)	None	Taking benefit indigenous fire knowledge system	Private	Traditional burning practices	Structural challenges and opposing viewpoints on traditional burning activities	Case study	Yes
Lineal and Laituri (2013)	None	Gaining information from local people about their traditional fire experiences and their interest from forest	Public and Private	Cessation of agricultural occupation of forest lands and uncontrolled agricultural burn	Lack of trust of local people to institutions	Case study	Yes
Devisscher et al. (2019)	None	Obtaining local people's different forms of information about wildfires	Public and Private	Bottom-up strategies combining TFK (Traditional Fire Knowledge) and SEK (Scientific Ecological Knowledge), a more participatory fire risk management system	Weak integration of Traditional Fire Knowledge (TFK) into contemporary risk strategies	Case study, interview, Focus group discussion	Yes
Khatun et al. (2017)	None	Gathering detailed information on local livelihoods and village policies	Public	Increasing staff and resources, raising awareness and training	Hegemony of stronger stakeholders	Semi-structured interview	Yes
Mistry et al. (2019)	None	Indigenous and traditional perspectives and practices of fire management	Public and Private	Bridging local, technical and scientific understandings of fire and its governance	Focusing on firefighting techniques	Literature review	Yes

4. Discussion

When reviewing the previous studies, there is a clear need for a new understanding of wildfires instead of the extinguishing firefight paradigm (McGee, 2011; Nyongesa and Vacik, 2019). Hence, the necessity of adopting a bottom-up WFM approach with the participation of local stakeholders in fire management is explained as an important breakthrough in every study reviewed (Dube, 2013; Patrão, 2014). Among these stakeholders, it is stated that the community that suffers the most from forest fires is the local people living in the region who own the forests, and it is emphasized that these groups should play an active role in forest fire management (Lineal and Laituri, 2013; Welch and Coimbra Jr., 2021).

The political problems related to the participation of local communities regarding fire management are discussed (Aguilar and Montiel, 2011; Marta-Costa et al., 2016). In order for participation to be truly effective, it is stated that an education policy and awareness of the importance of knowledge are necessary for the studies under this heading. However, Marta Costa et al. (2016) assert that the revival of old and wise yet abandoned fire practices, which have traditionally been in the hands of rural communities, should also be included in these policies. When the studies under this title are reviewed, the literature could not be enriched by examining the legal rights of the people living in the fire areas. This situation is important for the policies created or considered regarding fire management.

A significant legal study on the subject recently took place in Turkey, where state forestry is widespread. The understanding of participation, which is based on the fact that protecting the forest is a civic duty, was changed in 2018 with the introduction of law no. 7139. As of this year, the fire-extinguishing obligation of the people living in the fire area was changed on a voluntary basis. In this way, not only do people living in the region become obliged participants, but also those who wish to participate as volunteers. However, this situation causes problems in the implementation of the principle of participation in the fight against wildfires. First of all, the Regional Directorates of Forestry, which have a fire-extinguishing obligation, face the problem of not being able to recruit sufficient personnel. In addition, the fact that those willing to participate in the fire fight on a voluntary basis represent a heterogeneous mass from various backgrounds, often outside the region, creates adaptation issues (Ok et al., 2018).

Under another title, "Fuel Management", two studies are discussed. These studies are aimed at collecting information about the region for fuel management. While Santos et al. (2021) collected economy-based information to understand the willingness of forest owners to pay for fuel management, Ferster et al. (2013) aimed to measure forest fuel data by enabling the people living in the region to take an active role in management. The fact that the studies under this title mainly focus on information collection is seen as a shortcoming as the result of the involvement of the local population in the removal of substances from the field for fuel management remains underexplored. For example, there is a gap within the scope of the participation principle concerning the benefits that grazing activities will bring to

fuel management and what kind of problems this practice brings (Tolunay and Özmiş, 2022).

There are six studies under the title of "Hazard Mitigation". In all studies, it is emphasized that a collaborative approach should be adopted with local communities in order to minimize the destruction caused by fires. Fischer et al. (2016a) point out that even with a clear understanding of wildfire pathology and possible solutions, governance and management systems will evolve gradually and in flawed ways. Similarly, Tedim et al. (2016) state that new ways of governance are needed in a situation where, from a passive expectation in fire management, local communities gradually become autonomous actors of bottom-up initiatives in terms of prevention, preparedness, and rapid suppression. Fischer et al. (2016a) also explained that although we have a good understanding of fire pathology, there may be resistance to changes in and the development of future systems. Reams et al. (2005), on the other hand, assert that minimizing the risk of fire is the most important solution proposal. However, in today's world, a management approach toward the least fire risk understanding is insufficient for hazard mitigation. Unlike other studies, Ghasemi et al. (2020) focus on issues that increase community engagement in hazard mitigation. In this context, Ghasemi et al. (2020) conclude that the concepts of home attachment, past experience, and trust for fire institutions are key concepts. Similarly, Bihari and Ryan (2012) state that the concepts of place attachment and past experience increase the interest of the local people in the issue of hazard mitigation. Also, McGee (2011) determined that local people consider past experience, agency involvement and personal and family protection as major reasons to participate in the hazard mitigation process. Further, Bihari and Ryan (2012) explain that the only way to ensure direct public participation in hazard mitigation is through the community planning process. Fischer et al. (2016a) and McGee (2011) also mention that the community planning process is the only way to ensure public participation. Studies generally indicate the local community's motivation to work on hazard mitigation. However, the factors that make the people of the region reluctant to participate are not mentioned. The kinds of problems encountered by local people in the wildfire areas while participating in hazard reduction activities due to the lack of trust in public institutions is another topic worthy of discussion.

Another title is "Resource Management", which comprises a total of five studies. Each of the studies agrees on the need to enhance the role of the community in land resource management in rural areas to improve fire management. Furthermore, researchers agree that a method should be established that considers the interests of the local people in resource management for wildfires. Some of the studies discuss the importance of establishing and developing the necessary legal frameworks for resource management (Nyongesa and Vacik, 2018; Dube, 2013; Patrao, 2014). Of these studies, Nyongesa and Vacik (2018) and Dube (2013) advocate the legal right of the local people to incineration for their legitimate land use needs. It is noteworthy that these two studies are located in the African continent (Kenya and Botswana). Patrao (2014), on the other hand, highlights some of the barriers faced by

professionals and other stakeholders in implementing a more collaborative wildfire management framework within the legal framework of wildfire management in Portugal. Nyongesa and Vacik (2019) provide recommendations for fire management policy options that consider the improvement of people's livelihoods as a key requirement in resource management. Ni'mah et al. (2018), on the other hand, recommend increasing community participation in order to prevent the occurrence of wildfires instead of preventing forest fires by increasing ecotourism activities in the region. While several studies have attempted to increase the participation of local people in resource management by focusing on local socio-economic values, it is concluded that this is done without discussing the limits and balance of policies and legal rights on a local, regional, and global scale. In terms of studies, this appears to be a shortcoming.

The "Traditional Fire Knowledge" title comprises a total of five studies. All the studies under this heading emphasize the importance of the benefits of traditional combustion methods. In their work, Devischer et al. (2019) and Welch and Coimbra Jr. (2021) state the necessity of making use of the burning practices of the local people, and have even left this process to the local people in firefighting in some regions. On the other hand, Khatun et al. (2017) also evaluated the damage caused by the carbon emissions resulting from the practices of the region's inhabitants, including practices related to hunting. Lineal and Lauturi (2013) and Mistry et al. (2019) state that natural resource managers should take an active role in developing the personal skills of local people in these fire practices, managing resources, and identifying problems that may hinder the management planning process. While the studies mention that the traditional fire knowledge the local people possess significantly contributes to the development of effective fire-fighting practices, the precise methods are yet to be explored. Hence, it is necessary to conduct detailed research on the evolutionary fire-fighting practices developed by the inhabitants of these regions and to make recommendations based on this.

5. Conclusion

This study discussed the impact of the local people's participation in WFM on the decision-making process. It is obvious that a new paradigm is needed in the fight against wildfires due to the changing ecological and social regimes of people caused by climate change and global warming. Therefore, this study recommends that the IFM method replace direct fire-fighting methods. As IFM combines ecological, political, social, anthropological and legal principles, it has crucial advantages as a fire-fighting method. Another concept under IFM, CBIFM planning, is a participatory approach to fire management that involves local communities, civil society, development organizations, and government officials with the aim to achieve ecological and socio-economic sustainability. Local community participation in WFM is examined under this planning title. This study concluded that this approach is not a choice but a necessity in order to produce fast and effective solutions to the problems caused by wildfires. In terms of cost efficiency, aircraft, helicopter, fuel, and personnel costs in direct firefighting have the potential to be minimized thanks to this approach.

Fast diagnosis and early intervention are important factors in neutralizing wildfires. For this reason, people who live in WUI areas or have assets in the region aim to accrue the least damage possible when extinguishing fires in order to protect both their assets and their families. This illuminates how critical the participation of the local community is to ensure early detection and first response. In addition, some indigenous communities living in fire areas have developed some methods to minimize this damage throughout their history. It is thought that these methods will be useful, but in order for these methods to be applied in a controlled manner, they should be carried out together with forestry organizations. In particular, the prescribed burning method is highly beneficial in terms of eliminating fuel loads in the region before fire times. However, if it is not applied in a controlled manner, other fires can emerge, causing further disruptions to social life in the region.

Another issue that needs to be addressed is the expectations of local people from forest areas. In some regions, the people in the region only live their lives intertwined with nature, while in others, the public sees the forest as a source of income. For this reason, decision makers need to measure people's perceptions about the region, and they must take this into account when choosing the most effective method to apply. Furthermore, local people contribute significantly to the data collection process in the region. The collection of local people's perceptions of the region, as well as their knowledge about the region, is also important in establishing the right fire management mechanism.

Further, another issue is to increase local people's knowledge of risk management. This can aid the prevention of fires that may occur due to the attitudes of people in the region, and it also enables them to approach the region with a more protective attitude against external elements. After the training and educational processes, the place attachment of the local people is channeled to fire-fighting. In order for these processes to work beneficially, it is necessary to ensure the trust of the society.

In some regions, local people want to participate in the direct fight against wildfires. However, the fact that they do not have adequate training in the fight against wildfires causes them to endanger their own lives and to interrupt the work of the firefighting teams. The training given to the groups who want to join the fight directly in the region before the wildfire period starts is a part of this study.

Even if the said benefits are obtained with the participation of local people in WFM, it is observed that there are situations that cause disruptions in the functioning of this management. The most important of these problems are the difficulties experienced in creating appropriate policies due to the unique nature of each region and people's distrust of institutions. Besides, the fact that the top-down management approach is still accepted poses another issue. Moreover, the lack of adequate funding, constant change of the people in the touristic areas, and low-risk awareness of the people in some regions, due to a lack of fire experience, are additional problems. Some of the income-generation activities of the people of the region are in conflict with the fire-fighting activities (hunting, agriculture). The negative attitudes of some groups engaged in these activities are also of concern. Furthermore, the lack of active participation of local people in WFM presents an additional challenge for the CBIFM approach.

6. Suggestions

First of all, it is necessary to adopt regional policies instead of centralized policies by accepting that each region has its own characteristics and to provide a more efficient bottom-up management approach. The creation of applications based on information technologies will facilitate the operation of the system in order to collect information from local people about both the region and their firefighting experiences.

After the literature review, it is seen that only a few studies on the direct participation of forest owners in wildfire management. There is a need for more studies on this subject. Further, few studies on the subject have focused on the continents of Australia and Asia, where wildfires are prevalent, and it is recommended that more studies be done in these regions.

The existing studies mention that fire management should be formed by considering the socio-economic values of the people of the region; however, sufficient suggestions are not offered for the creation of fire-related jobs for the people of the region. Business areas such as extinguishing, surveillance, and village guards are beneficial in terms of ensuring the economic development of the people of the region.

WUI interaction is not mentioned in any of the studies on resource management and traditional fire knowledge. In particular, the necessity of studies in which the concepts of resource management and WUI are combined is advocated. Further, there were no suggestions considering the public-civil balance in studies for establishing or improving equipment, organization, etc. There is a need to improve in these subjects for effective wildfire management.

Controlled grazing is not discussed in the studies within the scope of local community participation in wildfire management. It is also known that these practices cannot be implemented successfully due to a lack of trust in the public institutions. Controlled grazing is beneficial in terms of fuel management in wildfire management and is a topic worthy of further investigation.

Studies are carried out in countries where private forestry is intense. In countries like Turkey, where private forestry does not exist, there is a research gap regarding how the participation of local people in wildfire management progresses. In order to facilitate the communication of decision makers with the people of the region, additional training on the subject is also recommended.

Acknowledgement

The author would like to thank Professor Jose Borges for his encouragement in the development of this study. In addition, the author's gratitude also extends to Professor Kenan Ok, who read the draft manuscript and contributed to its development. I would also like to acknowledge Max Dade for this insight in improving the language and overall clarity of the manuscript.

References

Aguilar, S., & Montiel, C., 2011. The challenge of applying governance and sustainable development to wildland fire management in Southern Europe. *Journal of Forestry Research*, 22(4): 627–639. <https://doi.org/10.1007/s11676-011-0168-6>

- Bihari, M., & Ryan, R., 2012. Influence of social capital on community preparedness for wildfires. *Landscape and Urban Planning*, 106(3): 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.03.011>
- Bouillon, C. & et. al., 2018. WUI, planning and fires in South of France. In D. X. (ed.) *Viegas, Advances in forest fire research 2018* (1st ed., pp. 878–888). Imprensa da Universidade de Coimbra. https://doi.org/10.14195/978-989-26-16-506_97
- Calkin, D. E., Thompson, M. P., Finney, M. A., & Hyde, K. D., 2011. A real-time risk assessment tool supporting wildland fire decision-making. *Journal of Forestry*, 109(5): 274–280.
- Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martín, M. P., Vilar, L., Martínez, J., Martín, S., Ibarra, P., de la Riva, J., Baeza, J., Rodríguez, F., Molina, J. R., Herrera, M. A., & Zamora, R., 2010. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological Modelling*, 221(1): 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.11.017>
- Cohen, J., 2008. The wildland-urban interface fire problem: A consequence of the fire exclusion paradigm. *Forest History Today*, Fall: 20–26.
- Cohen, J., 2010. The wildland-urban interface fire problem. *Fremontia*, 38(2)-38(3): 16–22., 16–22.
- Devisscher, T., Malhi, Y., & Boyd, E., 2019. Deliberation for wildfire risk management: Addressing conflicting views in the Chiquitania, Bolivia. *The Geographical Journal*, 185(1): 38–54. <https://doi.org/10.1111/geoj.12261>
- Dombeck, M. P., Williams, J. E., & Wood, C. A., 2004. Wildfire Policy and Public Lands: Integrating Scientific Understanding with Social Concerns across Landscapes. *Conservation Biology*, 18(4): 883–889. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00491.x>
- Dube, O. P., 2013. Challenges of wildland fire management in Botswana: Towards a community inclusive fire management approach. *Weather and Climate Extremes*, 1: 26–41. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2013.08.001>
- Ferster, C., Coops, N., Harshaw, H., Kozak, R., & Meitner, M., 2013. An Exploratory Assessment of a Smartphone Application for Public Participation in Forest Fuels Measurement in the Wildland-Urban Interface. *Forests*, 4(4): 1199–1219. <https://doi.org/10.3390/f4041199>
- Fischer, A. P., Spies, T. A., Steelman, T. A., Moseley, C., Johnson, B. R., Bailey, J. D., Ager, A. A., Bourgeron, P., Chamley, S., Collins, B. M., Kline, J. D., Leahy, J. E., Littell, J. S., Millington, J. D., Nielsen-Pincus, M., Olsen, C. S., Paveglio, T. B., Roos, C. I., Steen-Adams, M. M., ... Bowman, D. M., 2016a. Wildfire risk as a socioecological pathology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(5): 276–284. <https://doi.org/10.1002/fee.1283>
- Fischer, A. P., Vance-Borland, K., Jasny, L., Grimm, K. E., & Chamley, S., 2016b. A network approach to assessing social capacity for landscape planning: The case of fire-prone forests in Oregon, USA. *Landscape and Urban Planning*, 147: 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.10.006>
- Ghasemi, B., Kyle, G. T., & Absher, J. D., 2020. An examination of the social-psychological drivers of homeowner wildfire mitigation. *Journal of Environmental Psychology*, 70: 101442. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101442>
- Khatun, K., Corbera, E., & Ball, S., 2017. Fire is REDD+: Offsetting carbon through early burning activities in south-eastern Tanzania. *Oryx*, 51(1): 43–52. <https://doi.org/10.1017/S0030605316000090>
- Kramer, H. A., Mockrin, M. H., Alexandre, P. M., Stewart, S. I., & Radeloff, V. C., 2018. Where wildfires destroy buildings in the US relative to the wildland–urban interface and national fire outreach programs. *International Journal of Wildland Fire*, 27(5): 329. <https://doi.org/10.1071/WF17135>
- Lineal, M., & Laituri, M., 2013. Community-based integrated fire management planning: Linking ecology and society in Honduras. *Community Development Journal*, 48(1): 58–74. <https://doi.org/10.1093/cdj/bss015>

- Mallett, R., Hagen-Zanker, J., Slater, R., & Duvendack, M., 2012. The benefits and challenges of using systematic reviews in international development research. *Journal of Development Effectiveness*, 4(3): 445–455. <https://doi.org/10.1080/19439342.2012.711342>
- Marques, S., Marto, M., Bushenkov, V., McDill, M., & Borges, José G., 2017. Addressing Wildfire Risk in Forest Management Planning with Multiple Criteria Decision Making Methods. *Sustainability*, 9(2): 298. <https://doi.org/10.3390/su9020298>
- Marta-Costa, A., Torres-Manso, F., Pinto, R., Tibério, L., & Carneiro, I., 2016. Stakeholders' perception of forest management: A Portuguese mountain case study. *Forest Systems*, 25(1): 052. <https://doi.org/10.5424/fs/2016251-08122>
- Martell, D., 2011. The development and implementation of forest and wildland fire management decision support systems: Reflections on past practices and emerging needs and challenges. *MCFNS*, 3: 18–26.
- Martell, D. L., 2015. A Review of Recent Forest and Wildland Fire Management Decision Support Systems Research. *Current Forestry Reports*, 1(2): 128–137. <https://doi.org/10.1007/s40725-015-0011-y>
- McGee, T. K., 2011. Public engagement in neighbourhood level wildfire mitigation and preparedness: Case studies from Canada, the US and Australia. *Journal of Environmental Management*, 92(10): 2524–2532. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.05.017>
- Minas, J. P., Hearne, J. W., & Martell, D. L., 2014. A spatial optimisation model for multi-period landscape level fuel management to mitigate wildfire impacts. *European Journal of Operational Research*, 232(2): 412–422. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.07.026>
- Mistry, J., Schmidt, I. B., Eloy, L., & Bilbao, B., 2019. New perspectives in fire management in South American savannas: The importance of intercultural governance. *Ambio*, 48(2): 172–179. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1054-7>
- Moritz, M. A., Batllori, E., Bradstock, R. A., Gill, A. M., Handmer, J., Hessburg, P. F., Leonard, J., McCaffrey, S., Odion, D. C., Schoennagel, T., & Syphard, A. D., 2014. Learning to coexist with wildfire. *Nature*, 515(7525): 58–66. <https://doi.org/10.1038/nature13946>
- Ni'mah, N. L. K., Herdiansyah, H., Soesilo, T. E. B., & Mutia, E. F., 2018. Strategy for increasing the participation of masyarakat peduli api in forest fire control. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 126: 012148. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012148>
- Nyongesa, K., & Vacik, H., 2018. Fire Management in Mount Kenya: A Case Study of Gathiuru Forest Station. *Forests*, 9(8): 481. <https://doi.org/10.3390/f9080481>
- Nyongesa, K. W., & Vacik, H., 2019. Evaluating Management Strategies for Mount Kenya Forest Reserve and National Park to Reduce Fire Danger and Address Interests of Various Stakeholders. *Forests*, 10(5): 426. <https://doi.org/10.3390/f10050426>
- Ok, K., Uruşak, U., Kanadoğlu, O. K., 2018. Constitutionally of land aggregation, water allocation and forestry within the scope of act numbered as 7139. *Union of Turkish Bar Associations Review*, 137: 133-217.
- Okoli, C., 2015. A Guide to Conducting a Standalone Systematic Literature Review. *Communications of the Association for Information Systems*, 37. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.03743>
- Pacheco, A. P., Claro, J., Fernandes, P. M., de Neufville, R., Oliveira, T. M., Borges, J. G., & Rodrigues, J. C., 2015. Cohesive fire management within an uncertain environment: A review of risk handling and decision support systems. *Forest Ecology and Management*, 347: 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.033>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D., 2021. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Patrão, A., 2014. Crossing the crossroad: Challenges for the implementation of a collaborative wildfire management program in Portugal. In D. X. Viegas, *Advances in forest fire research* (pp. 1814–1820). Imprensa da Universidade de Coimbra. https://doi.org/10.14195/978-989-26-0884-6_200
- Plucinski, M. P., 2019. Contain and Control: Wildfire Suppression Effectiveness at Incidents and Across Landscapes. *Current Forestry Reports*, 5(1): 20–40. <https://doi.org/10.1007/s40725-019-00085-4>
- Reams, M. A., Haines, T. K., Renner, C. R., Wascom, M. W., & Kingre, H., 2005. Goals, obstacles and effective strategies of wildfire mitigation programs in the Wildland–Urban Interface. *Forest Policy and Economics*, 7(5): 818–826. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2005.03.006>
- Santos, J. L., Martins, A., Novais, A., & Canadas, M. J., 2021. A Choice-Modeling Approach to Inform Policies Aimed at Reducing Wildfire Hazard through the Promotion of Fuel Management by Forest Owners. *Forests*, 12(4): 403. <https://doi.org/10.3390/f12040403>
- Tedim, F., Leone, V., & Xanthopoulos, G., 2016. A wildfire risk management concept based on a social-ecological approach in the European Union: Fire Smart Territory. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 18: 138–153. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.06.005>
- The Rio Conventions: Action on Forests. (2017, November 29). <https://landportal.org/node/63251>, Accessed: 22.09.2022.
- Thompson, M. P., MacGregor, D. G., & Calkin, D., 2016. Risk management: Core principles and practices, and their relevance to wildland fire (RMRS-GTR-350; p. RMRS-GTR-350). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. <https://doi.org/10.2737/RMRS-GTR-350>
- Thompson, M. P., Wei, Y., Calkin, D. E., O'Connor, C. D., Dunn, C. J., Anderson, N. M., & Hogland, J. S., 2019. Risk Management and Analytics in Wildfire Response. *Current Forestry Reports*, 5(4): 226–239. <https://doi.org/10.1007/s40725-019-00101-7>
- Tolunay, A. & Özmiş, M., 2022. Ekosistem Hizmeti Oluşturan Kırsal Etkinliklere Yönelik Ödeme Eğiliminin Belirlenmesi: Orman Kaynaklarında Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliği ile Orman Yangını Riskinin Azaltılması Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24 (3): 557-579. DOI: 10.24011/barofd.1132677
- Wei, Y., Thompson, M. P., Haas, J. R., Dillon, G. K., & O'Connor, C. D., 2018. Spatial optimization of operationally relevant large fire confine and point protection strategies: Model development and test cases. *Canadian Journal of Forest Research*, 48(5): 480–493. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0271>
- Welch, J. R., & Coimbra Jr., C. E. A., 2021. Indigenous fire ecologies, restoration, and territorial sovereignty in the Brazilian Cerrado: The case of two Xavante reserves. *Land Use Policy*, 104, 104055. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.1040>

Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) üretiminin kırsal ekonomiye potansiyel katkısının ve üretici profilinin, sorun ve beklentilerinin araştırılması (Bursa ili örneği)

Edanur Ayhan^{a,*} , Neşat Erkan^a 

Özet: Ülkemizin önemli tıbbi ve aromatik bitkilerinden olan defne (*Laurus nobilis* L.), yerel ve ulusal ekonomik değeri yüksek odun dışı orman ürünüdür. Defnenin ihracatta önemli paya sahip olması, kırsal fakirliğin azaltılması ve ekonomik gelişmenin artırılmasında değerlendirilebilecek bir araç haline gelmesi sonucunu doğurmuştur. Bu çalışmada defne üretiminin yoğun olarak gerçekleştiği Bursa ilinde defne bitkisinin kırsal ekonomiye katkısının ve üretici profilinin araştırılması, defne üretim sürecindeki sorunların belirlenmesi ve orman köylülerinin beklentilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Defneden hanelerin sağladığı gelirleri etkileyen değişkenleri belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Hanelerin defne bitkisinden sağladıkları gelirleri, bu gelirleri etkileyen faktörler aracılığı ile kestirmek amacıyla regresyon analizlerinden stepwise yöntemi kullanılmıştır. Defneden sağlanan gelirlerin satıldığı aracıya göre ve köylünün üretiminde rol aldığı aşamaya göre anlamlı fark olup olmadığının ve satış fiyatının aracıya göre farklılaşıp farklılaşmadığının test edilmesi amacıyla tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Rastgele seçilen 82 orman hanesine uygulanan yüz yüze anket çalışması sonucunda defne üretimiyle ilgilenen orman köylülerinin eğitim seviyesinin düşük, ortalama asgari ücret civarında hane geliri bulunduğu ve hane gelirlerinin yaklaşık %31'ini defneden sağladığı kazancın oluşturduğu görülmüştür. Defnenin 2021 yılında Bursa ilinde, defne ile ilgilenen hanelere yıllık ortalama 10680 Türk Lirası (TL) (1205 \$) katkısının olduğu ve orman köylüsüne toplam 6,1 milyon TL (688488 \$) ekonomik katkı sağladığı anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Defne, Ekonomik katkı, Kırsal kalkınma, Odun dışı orman ürünleri

Investigation of potential contribution of laurel (*Laurus nobilis* L.) production to rural economy and profile, problems and expectations of laurel producer (Case of Bursa province)

Abstract: Laurel (*Laurus nobilis* L.), one of the important medicinal and aromatic plants of our country, is a non-wood forest product with high economic value at local and national level. The fact that laurel is the subject to export has resulted in becoming a tool for reducing rural poverty and increasing economic development. In this study, it was aimed to investigate the profile of laurel producer and contribution of the laurel to the rural economy, to determine the problems in the laurel production process and to reveal the expectations of the forest villagers in Bursa, where laurel is produced. Correlation analysis was conducted in order to determine the variables that affect the incomes of the households from laurel. In order to estimate the income of the households from the laurel through the factors affecting these incomes, the stepwise regression analysis was used. A one-way anova was applied to investigate whether the income from laurel was significantly differed by the sales method and the laurel production stage in which the villager took part and to test whether the prices differed according to the intermediaries. In 2021, laurel contributed an average of 10680 Turkish Lira (TL) (1205 US\$) per year to the households dealing with laurels in Bursa and made a total economic contribution of 6,1 million TL (688488 US\$) to the forest villagers.

Keywords: Laurel, Economic contribution, Rural development, Non-wood forest products

1. Giriş

Ormanlardan faydalanma kavramı dünyada ilk bakışta odun hammaddesi olarak düşünülse de son yıllarda ormanların sunduğu diğer mal ve hizmetler kapsamında odun dışı orman ürünleri (ODOÜ) ve kolektif faydalar da önem arz etmektedir. ODOÜ kavramının ormandan elde edilen biyolojik kökenli mallar ve hizmetleri kapsayan geniş tanımları bulunmaktadır (Chandrakharan, 1992; FAO, 1995; Türker vd., 2001; Belcher ve Vantomme, 2003; Ok vd.,

2012; OGM, 2016a). ODOÜ, rekreasyon hizmeti sunması ile sosyal, biyoçeşitliliğin korunması, temiz hava sağlama yönüyle ekolojik, gelir kaynağı olması ve istihdam sağlama ile ekonomik faydalar sunan doğal bir kaynaktır.

Kırsal alanda yaşayan toplum alt yapı yetersizliği, ulaşım sıkıntısı, gelir dengesizliği gibi nedenlerden dolayı kente göç eğilimindedir (Daşdemir ve Söğüt, 2017; Yıldırım, 2018). Orman kaynaklarına bağımlı yaşayan kırsal toplumun sürdürülebilir olarak yaşamlarına devam edebilmesi, kırsal fakirliğin azaltılması ve ekonomik gelişmenin artırılması

✉ ^a Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 16310, Yıldırım, Bursa

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): edanur.ayhan@btu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 25.05.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 03.08.2023



Citation (Atıf): Ayhan, E., Erkan, N., 2023. Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) üretiminin kırsal ekonomiye potansiyel katkısının ve üretici profilinin, sorun ve beklentilerinin araştırılması (Bursa ili örneği). Turkish Journal of Forestry, 24(3): 262-271.
DOI: [10.18182/tjf.1302497](https://doi.org/10.18182/tjf.1302497)

konusu, bu anlamda yüksek potansiyele sahip olan ODOÜ'nü önemli hale getirmiştir (FAO, 1995; Adepoju ve Salau, 2007; Altunel, 2011; Ok ve Tengiz, 2018). 6831 sayılı Orman Kanununun 27. 37. ve 40. Maddeleri kapsamında ODOÜ, orman ve civarında yaşayan orman köylülerine 302 nolu ODOÜ Envanter ve Planlaması ile Üretim ve Satış Esasları Tebliği'ne göre toplattırılmaktadır. Orman köylülerince toplanılan ODOÜ orman köylüsü ile doğrudan ya da farklı pazarlama kanalları ile yerel, ulusal veya uluslararası pazarlara ulaşmakta ve hanelere gelir sağlamaktadır. Kırsal alanlarda ODOÜ ek gelir kaynağı olarak görülse de günümüzde hanelerin önemli ana gelir kaynaklarından birisi haline gelmektedir (Yıldırım, 2018).

Akdeniz bölgesinde maki bitki örtüsünün karakteristik ağacı olan Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) Türkiye başta olmak üzere Fransa, Kanarya Adaları, Portekiz, İspanya, İtalya ve Afrika'nın güney sahillerinde bulunmaktadır (Topçuoğlu, 1964; Gökmen, 1973). Türkiye kurutulmuş defne yaprağının ana üreticisi ve ihracatçısıdır (Kurt vd., 2016). Ülkemizde yıllar itibari ile değişimle birlikte Vietnam, ABD, Brezilya ve Almanya defne ihracatında ilk sıralarda yer almaktadır (Doğan, 2020) ve Gürcistan, Suriye, İsrail ve Fas'da defne yaprağı ihraç eden ülkelere de. Dünya defne talebinin %90'ı ülkemiz tarafından karşılanmakta olsa da, son yıllarda Gürcistan, üretim maliyetlerinin düşük olması nedeniyle, üretici ülke konumuna gelmiştir (OGM, 2022b).

Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından yayınlanan istatistiklere göre 2021 yılında üretimi gerçekleştirilen 43 farklı ODOÜ içerisinde Akdeniz defnesi 45225 ton ile üretim bakımından ilk sırada yer almaktadır. Üretilen toplam ODOÜ'nün %73'ünü işlenmemiş defne yaprağı oluşturmaktadır (OGM, 2022a). Orman köylüleri hasat sırasında OGM tarafından belirlenen tarife bedeli karşılığında 2-3 yıllık yapraklı defne sürgünlerini kesmektedirler. Kesilen sürgünler yaş veya kurutulmuş olarak yerel araçlar, kooperatif veya fabrikalar tarafından satın alınmaktadır. Türkiye'de yaklaşık 130 bin hektarda yayılış gösteren defne bitkisinin 1,5 milyon insana istihdam sağladığı düşünülmektedir (Yılmaz ve Çiftçi, 2021). Faydalarının ve faydalananlarının artması ile kullanım alanları ve ihracat değeri her geçen gün artan defne yaprağının 2021 yılında yaklaşık 47 milyon \$'lık ulusal ekonomiye katkısı olmuştur (TÜİK, 2022) ve 2019-2020 yılları arasında %36,3'lük bir artış yaşanmıştır (OGM, 2021). Kırsalda işlendirmenin önemli bir parçası olan defnenin makro ve mikro bazda ülke ekonomisine katkısının anlaşılmasıyla OGM tarafından 2016-2020 ve 2021-2026 Defne Eylem Planları hazırlanmıştır. Eylem planlarında kaliteli defne üretiminin sağlanması, defneliklerin rehabilitasyonu, korunması, transport olanaklarının artırılması, toplanması ve işlenmesi aşamalarının geliştirilmesi, iç tüketime yönelik faaliyetlerin artırılması gibi geniş amaçlara yer verilmiştir (OGM, 2016b; OGM, 2022b).

ODOÜ'den birisi olan defne bitkisinin üretim sürecini; orman köylüleri ve araçlar arasında gelir paylaşımında yaşanan adaletsizlikler, yetersiz örgütlenme, envanter çalışmalarının tamamlanmamış olması, orman köylülerinin aşırı ve bilinçsiz faydalanması gibi sorunlar olumsuz etkilemektedir (Altunel, 2011; Semerci ve Çelik, 2017). ODOÜ'nden elde edilen gelirlerin paylaşımında OGM %3, orman köylülerinin %30, aracı ve ihracatçıların %67 oranında pay aldığı görülmektedir (Şafak ve Okan, 2004).

Ulusal Kalkınma Planlarından 11. sinde (2019-2023) ODOÜ'nün envanter ve planlama çalışmalarının tamamlanmasının, farkındalığının artırılmasının, gelir artırıcı faaliyetlerin ve istihdam olanaklarının artırılmasının ve kırsal halkın kalkındırılmasının temel hedefler arasında olduğu görülmektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2018). Belirlenen hedeflere ulaşılması için üretici profilinin irdelenmesine ve ilgili paydaşların ilgi ve beklentileri göz önüne alınarak sosyoekonomik değerlendirmelerin ortaya konulmasına ihtiyaç vardır (Bilgin vd., 2006; Komut ve Öztürk, 2010; Altunel, 2011; Korkmaz, 2013).

Defne bitkisinin üretim miktarı, ihracat değeri, potansiyel alanları, sağladığı istihdamı ve pazarlanması bakımından Türkiye'de Bursa ili dikkat çeken şehirlerden biri olmaktadır. Türkiye'deki defne üretim alanları içerisinde beşinci sırada yer olan Bursa, üretim miktarı açısından ise ikinci sırada yer almaktadır. Bursa ilinde 2015-2021 yılları arasında 26914 ton defne üretimi gerçekleştirilmiştir (OGM, 2022a). Bu çalışma ile Bursa ilinde defne üretimi yapan hanelerin sosyodemografik özelliklerinin, defne üretim sürecinde yaşanan sorunların ve beklentilerin belirlenmesi ile defne üretiminin kırsal ekonomiye olan potansiyel katkısının ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma alanı

Araştırma Bursa ilini temsilen, defne üretiminin yapıldığı Mustafakemalpaşa ve Karacabey ilçelerinde yapılmıştır. Mustafakemalpaşa'da Taşpınar, Dorak, Onaç ve Akçapınar olmak üzere 4 köy, Karacabey'de ise Kurşunlu ve Bayramdere olmak üzere 2 köy seçilmiştir. Karacabey ve Mustafakemalpaşa ilçeleri Marmara bölgesinin güneyinde bulunmaktadır (Şekil 1). Akdeniz iklimine sahip olsalar da, az da olsa Karadeniz iklimine geçiş özelliği göstermektedir. Köylerin Bursa şehir merkezine uzaklıkları 70-90 km arasında değişmektedir.

2.1.2. Çalışma verileri

Bursa ilinde defne yaprağı toplayan hanelerin sosyo-ekonomik özellikleri, defneden elde ettikleri gelirler, üretim sürecine yönelik sorun ve beklentileri çalışmanın verilerini oluşturmaktadır. Verilere ulaşılması amacıyla nitel ve nicel sorulara dayanan 28 sorudan oluşan anket formu hazırlanmıştır. Araştırma ekibi tarafından hazırlanan anket formunda 5 soruya yanıt aranmaktadır. Bu sorular;

- (1) Üreticinin/toplayıcının demografik özellikleri nelerdir?
- (2) Üreticinin/toplayıcının ekonomik özellikleri nelerdir?
- (3) Üreticiler/toplayıcılar ürünleri kime, nasıl satıyor?
- (4) Defne üretiminin hanelere katkısı ne kadar olmaktadır?
- (5) Defne üretim sürecinde ve satışında ortaya çıkan sorunlar ve orman köylülerinin beklentileri nelerdir?



Şekil 1. Çalışma alanı

Anket formu, defne toplayan köylülerin demografik ve ekonomik özelliklerinin belirlenmesi ve defnenin pazarlanma süreci ve yerel halka ekonomik katkısının belirlenmesi amacıyla 14 adet soru çoktan seçmeli soru ve 2 adet açık uçlu soru; mevcuttaki sorun ve beklentilerine ilişkin 10 adet beşli likert ölçek tipi soru (kesinlikle katılmıyorum, katılmıyorum, emin değilim, katılıyorum, kesinlikle katılıyorum) ve tespit edilemeyen sorunlar ve önerilerin ortaya konulması amacıyla da 2 adet açık uçlu soru olacak şekilde hazırlanmıştır. Katılımcılara sorun ve beklentilerine ilişkin yöneltilen beşli likert ölçekli sorular, çalışmada yorumlanırken katılıyorum, emin değilim ve katılmıyorum olarak sınıflandırılarak sunulmuştur.

2.2. Yöntem

2.2.1. Veri toplama yöntemi

Çalışmada örneklem büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla Bursa'da defne üretimi yapılan köylerdeki hane sayıları ve defne üretiminden gelir sağlayan hane sayıları muhtarlık aracılığıyla tespit edilmiştir. Seçilen altı köyde toplam 1835 hanenin 575'inin defne yaprağı toplayarak hanelerine gelir sağladığı belirlenmiştir ve alınması gereken örnek sayısının hesaplanmasında Formül 1 kullanılmıştır (Orhunbilge, 2000). Çalışmanın ana topluluğunu defne üretimi yapılan köylerdeki toplam hane sayısı (N=1835) oluşturmaktadır. Çalışmanın yapıldığı köylerde toplam hane sayısı içinde defne üretiminden gelir sağlayan hanelerin bulunma olasılığı $p=0,31$, bulunmama olasılığı ise $q=0,69$ olarak formülde kullanılmıştır. Formül kullanılırken %95 ($\alpha=0,05$) anlamlılık düzeyi için Z değeri 1,96 ve göze alınabilir hata miktarı (D) $\pm \%10$ kabul edilmiştir (Formül 1). Formül aracılığıyla örneklem büyüklüğü $n \geq 79$ olarak hesaplanmıştır.

$$n \geq \frac{Z^2 \times N \times p \times q}{N \times D^2 + Z^2 \times p \times q} \quad (1)$$

Defne üretimi yapan aileleri temsilen, köy kahvehanesinde, defne kurutma tesisinde, hane bahçesinde veya hanede olmak üzere 82 birey ile tesadüfi örnekleme metodu ile görüşülmüştür. Gözlem ve görüşmelerden faydalanmak ve soruların yanlış anlaşılması, boş cevapların bırakılması veya rastgele doldurma vb. ihtimallerine karşı yüz yüze görüşme tekniği tercih edilmiştir.

2.2.2. Veri değerlendirme yöntemi

Defne üretimi ile ilgilenen yerel halkın demografik ve ekonomik özelliklerini ortaya koymak amacıyla frekans tabloları, yüzde, ortalama ve standart sapma gibi tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır.

Analizlere başlamadan önce verilerde aşırı değerlerin elenmesi amacıyla ± 3 standart sapmanın dışına çıkan veriler elenmiştir. Normallik testi için de verilere ait basıklık ve çarpıklık katsayılarının $+1,5$ ile $-1,5$ aralığında olması, Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov test istatistiklerinden $p > 0,05$ olması ve frekans dağılımının yaklaşık normal dağılıma benzemesi gibi kriterlerden faydalanılmıştır (Akalin, 2018). Verilerin normal dağılıma uygun olması durumunda parametrik test yöntemlerinden korelasyon, tek yönlü varyans analizi ve regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

Orman köylülerinin defne üretiminden sağladıkları gelirleri etkileyen değişkenleri belirlemek amacıyla korelasyon analizinden faydalanılmıştır. Korelasyon analizi sonucunda defneden hanelerin sağladığı gelir miktarı ile anlamlı ilişkisi bulunan hanelerin aylık ortalama gelirleri, hane büyüklüğü, üretilen defne miktarı ve defne üretiminde çalıştığı gün sayısı değişkenleri ile stepwise yöntemi kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Hanelerin defne bitkisinden sağladıkları gelirleri (bağlı değişken), bu gelirleri etkileyen faktörler (serbest değişkenler) aracılığı ile kestirmek amacıyla regresyon analizinden faydalanılmıştır.

Toplanan defne bitkisinin "satıldığı aracının" ve "orman köylülerinin üretimde rol aldığı aşamanın" hanelerin defne bitkisinden sağladıkları yıllık ortalama gelirler üzerinde

anlamalı etkisinin olup olmadığı ve “defnenin kilogram satış fiyatının” araçlara göre farklılaşp farklılaşmadığının test edilmesi amacıyla tek yönlü varyans analizine başvurulmuştur. Levene testi ile ana kütle varyanslarının eşitliği test edilmiştir ve eşit olduğu durumlarda Duncan çoklu karşılaştırma testi, eşit olmadığı durumlarda Tamhane's T2 çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Verilerin istatistik analizinde SPSS v. 22.0® (2015) yazılımından faydalanılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Defne üretimiyle ilgilenen hanelerin demografik özellikleri

Defne üretimiyle ilgilenen hanelerde %19'u kadın, %81'i erkek olmak üzere 82 denek ile görüşülmüştür. Deneklerin %56'sı 46-65 yaş aralığında, %28'i 26-45 yaş aralığında, %11'i 18-25 yaş aralığında ve %4,9'u 65 yaş üstüdür. Deneklerin %67'si ilköğretim düzeyinde eğitimlidir. Hane büyüklüklerine bakıldığında hanelerin yaklaşık %80'i 3 kişi ve üzeri nüfustan oluşmaktadır.

Raimov ve Fakir (2018), Eğirdir Yöresi'nde odun dışı orman ürünlerini tüketen orman köylülerinin çoğunluğun orta yaş grubunda ve eğitim seviyesinin ağırlıklı ilköğretim olduğunu saptamışlardır. Benzer şekilde Güler (2018), Isparta ilinde ağırlıklı olarak ilköğretim mezunu ve 46-66 ve üzeri yaş grubunun lavanta yetiştiriciliğinde rol aldığını ve hanelerin büyük oranda 2-3 kişiden oluştuğunu belirtmiştir. Bilgin vd. (2006) ise, Ege Bölgesindeki defne üreticilerinin profilini irdeledikleri çalışmalarında defne üreticilerinin ortalama 46 yaşında olduklarını ve hanelerin ortalama dört bireyden oluştuğunu saptamışlardır. Defne üretiminde de orta yaş grubunun ağırlıklı rol alması ve çoğunluğun ilköğretim düzeyinde eğitime sahip olması defneyi kırsal kalkınmada etkin bir araç haline getirmektedir.

Hanelerin %45'i 2 kişi olarak, %30'u tek başına ve hanelerde ortalama (\bar{x}) 2 kişi defne üretimine katılmaktadır. Özellikle kırsal alanlarda hane bireylerinin aynı anda birçok işte çalışma durumundan dolayı (Gültaş vd., 2010; Güler, 2018; Coşkun ve Ateş, 2022) defne üretiminin tek kişi olarak yapılması ve kolektif bir çalışma kısıtı olmaması dikkat çekmektedir. Deneklerin gelir sağlamak amacıyla %42,7'si tarımla, %31,9'u hayvancılık ile yoğun olarak ilgilenmektedirler. Sadece ODOÜ'lerinden gelir sağlayanlar deneklerin %11'ini oluşturmaktadır. Aynı zamanda defne üretiminden gelir sağlayan hanelerin %38,2'si ıhlamur, %24,3'ü kestane, %16,9'u zeytin ve %17,6'sı kara incir toplamaktadırlar. Bursa ilinde haneler $\bar{x}=18,4\pm 1,2$ yıldır defne toplamaktadırlar. Bunun yanında haneler $\bar{x}=15,36\pm 1,7$ yıldır kestane, $\bar{x}=23,26\pm 2,8$ yıldır zeytin, $\bar{x}=20\pm 10,0$ ıhlamur, $\bar{x}=16,1\pm 2,5$ yıldır kara incir toplamaktadırlar. Bu bilgilere dayalı olarak hanelerin uzun yıllardır ODOÜ ile ilgilendiğini söylemek mümkündür. Toplanan ODOÜ hanelerin tercihinden çok, bölgenin orman özelliklerine ve potansiyeline bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

3.2. Defne üretiminin hanelere ve Bursa iline ekonomik katkısı

Defne üretimiyle ilgilenen hanelerin aylık net gelirleri tarım, hayvancılık, emeklilik maaşı, serbest çalıştığı işler ve diğer meslek gruplarından elde ettiği gelirlere bağlı değişmektedir. Hanelerin %47,6'sının aylık hane geliri 2001-4000 Türk lirası (TL) , %25,6'sının 4001- 8000 TL, %20,7'sinin 2000 TL ve altında, %6,1'inin 8001 TL ve üzerindedir (Çizelge 1). Sonuçlar hanelerin araştırmanın yapıldığı 2021 yılı için ortalama asgari ücret (2021 yılı için net 2825 TL) civarında bir hane gelirine sahip olduklarını ve dolayısıyla gelirlerini artırmak için ODOÜ üretimine daha fazla ilgi gösterebileceklerini göstermektedir.

Bursa ilinde orman köylüsü defne kesimine Ağustos ayının sonunda başlamaktadır ve Nisan ayında tamamlamaktadır. Ağustos-Nisan aralığındaki üretim süresi yerel halk arasında kış kesimi olarak adlandırılmaktadır. OGM ve ormancılık kooperatifleri vasıtasıyla 6831 sayılı Orman Kanununun Ek 12'inci maddesi kapsamında orman köylülerinin üretim sürecine dahil edilmesi amacıyla defnelik alanlar bölünerek, defne üretimiyle ilgilenen hanelere tarife bedeli karşılığında tahsis edilmektedir. Defnelik alanların budanması, korunması, canlandırma kesimi, rehabilitasyonu, diri örtüsünün temizlenmesi gibi faaliyetler orman köylüsü tarafından gerçekleştirilmektedir veya defne üretimi yapılacak alanlarda hanelere yıllık üretim miktarı kotası konulmaktadır. Kota, üretim yapmak isteyen her hanenin sınırlı miktarda bulunan defneden faydalanma imkanını sağlamaktadır. Kota miktarı, muhtarlık ile üretim yapmak isteyen köylüler ile yapılan görüşmeler sonucu paylaşılmaktadır. Orman köylüleri 2-3 yıllık defne sürgünlerinin keserek yaprak üretimi yapmaktadırlar. Kesilen defneler kesim alanında bağ yapılmakta, traktör, insan gücü veya kamyonlarla kantara taşınmakta ve tartılmaktadır. Tüm bu sürecin sonunda orman köylüsü defneden kilogram başına para kazanmaktadır. Söz konusu para araçlar tarafından muhtar ya da kooperatif üzerinden orman köylüsüne ödenmektedir. Böylelikle muhtarlık ve kooperatifler de defne yaprağı üretiminin dağıtım kanalında bir aracı olmaktadır.

Aynı zamanda Bursa ilinde bir adet kurutma tesisi bulunmaktadır ve defne kesim periyodu süreci boyunca dönüşümlü olarak çalışan orman köylüsü kadınlar kurutma, ayıklama, depolama gibi aşamalarda ayda 3-4 gün rol almaktadır. Tesis tarafından günlük sigortaları yapılmaktadır ve günlük olarak ücretleri ödenmektedir. Bu sayede defne kesimini yanında hanelerine gelir sağlanmış olmaktadır. Ankete katılım sağlayan bireylere defne üretiminin hangi aşamasında rol aldığı sorulduğunda, %7'sinin sadece defne kurutma tesisinde, %87'sinin sadece defne kesiminde, %6'sınının hem kurutma tesisinde hem defne kesiminde çalıştığı görülmüştür. Tesisin defne kurutma ve paketleme sürecinde maaşlı olarak çalışan bireylerin yıllık $\bar{x}=3383$ TL (382 \$) gelirinin olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 1. Hanelerin aylık gelirleri ve defne üretiminde çalıştıkları gün sayıları

Hanelerin gelir aralığı	N	%	Defne üretiminde çalıştığı gün sayısı	N	%
2000 TL ve altı	17	20,7	0-15 gün	41	50,0
2001-4000 TL arası	39	47,6	16-30 gün	39	47,6
4001-8000 TL arası	21	25,6	31-45 gün	1	1,2
8001 TL ve üzeri	5	6,1	45 gün ve üzeri	1	1,2

Hanelerin %97,6'sı 30 gün içerisinde özellikle güneşli günlerde kendilerine tahsis edilen veya izin verilen alanlarda üretimlerini yapmaktadır. Bursa ilinde haneler yılda $\bar{x}=17,48\pm 0,92$ gün defne üretiminde çalışmaktadırlar. Minimum 4 günde, maksimum 60 günde alanlarında defne kesimlerini tamamladıkları ve %93,9'unun 20 ton ve altı üretim yaparak hanelerine gelir sağladığı görülmüştür. Hane başına yıllık ortalama defne üretimi ise $10,7\pm 0,84$ ton ve yılda minimum 0,4 ton, maksimum ise 40 ton defne kesimi gerçekleştirilmektedir (Çizelge 2).

Üretim miktarı ve ulusal ekonomiye katkısı açısından düşünüldüğünden defne bitkisi Bursa ilinde orman köylüsüne 2021 yılında hane başına maksimum 40000 TL, minimum 1800 TL ve yıllık $\bar{x}=10680$ TL (1205 \$) gelir sağlamıştır. Defne ile ilgilenen yaklaşık 575 hane mevcut olduğundan Bursa iline 2021 yılında ortalama 6,1 milyon TL (688488 \$) katkısı olmuştur. Hanede ortalama iki kişinin çalıştığı bilgisinden hareketle defnenin toplanması, kesimi ve kurutulması aşamalarında Bursa'da ortalama 1050 orman köylüsüne istihdam sağlandığı görülmüştür. Semerci ve Çelik (2017), Hatay ilinde defne bitkisinin üretilmesi, toplanması ve ek olarak işlenmesi ile 7500 kişiye iş imkanı sunulduğunu ifade etmektedir. Bu bakımdan defne bitkisinin Bursa ilinde köylülerin kurutma fabrikasında belirli günlerde çalışması ve toplanıp yaş olarak araçlara satılması yönüyle kıyaslandığında yerel halka sağladığı istihdam oranı daha da yüksek hesaplanabilecektir.

Tolunay vd. (2019), Gediz Havza'sında çam fıstığı toplayan köylülerin %62,5'nin yıllık ortalama 5000 TL (2631 \$) ve daha az, %38'inin 5000 TL ve üzeri gelir elde ettiğini; Yılmaz vd. (2009)'nin Adana Feke ilçesinde yürüttükleri çalışmaya göre ise sedir mantarından elde edilen gelir hane başına yıllık 333,2 TL (214 \$) olarak tespit etmişlerdir. Sedir mantarı için tespit edilen değer hanenin yıllık toplam gelirinin %9,1'i iken, bu çalışmada toplam hane gelirinin yaklaşık %31'inin (çoğunluğun asgari ücret civarında hane geliri olduğundan) defneden sağlanan gelirden oluştuğu görülmüştür. Bu nedenle defne üretiminden sağlanan gelirin öneminin belirlenmesi amacıyla deneklere defne üretiminde rol almalarının temel nedeni sorulmuştur. Deneklerin %47,6'sının temel gelir kaynağını, %46,3'ünün ek gelir kaynağını defne üretiminden sağladığı gelir oluşturmaktadır

ve %4,9'u ise defne işini hobi olarak yapmakta ve geliri ikinci planda tutmaktadır. Bu veriler neticesinde Bursa ili için defne üretiminin önemli bir gelir kaynağı olduğunu söylemek mümkündür. Bilgin vd., (2006)'nin yaptıkları çalışmada ise Ege Bölgesi'ndeki üreticilerin çoğunluğu (%57,6) defneyi ek geçim kaynağı olarak görmektedir. Üreticilerin ortalama 18 yıldır defne üretiminde çalıştığı düşünüldüğünde kırsal kesimin kalkındırılmasında ve ekonomik refah seviyesinin artırılmasında defne önemli bir rol oynamaktadır.

3.3. Defne üretimi ve pazarlanması

Defne üretimiyle ilgilenen hanelerin büyük çoğunluğu (%90'ı) kooperatif veya muhtarlığın yol göstermesi vasıtasıyla üretim gerçekleştirmektedir. Haneler, üretim yapılacak alanın veya üretim miktarının belirlenmesinde muhtarlık veya kooperatif ile iş birliği halindedir. Kooperatiflerin veya muhtarlıkların kurutma tesisine, yerel alıcılara veya fabrikalara satışını gerçekleştirdiği dağıtım kanalı olduğundan defnenin tarife bedelinin ödenmesinde OGM'nin muhatabı genellikle köy tüzel kişiliklerinden muhtarlık veya kooperatif olmaktadır. OGM'ye tarife bedelinin ödenmesi yoluyla bireysel olarak toplayıp satışını gerçekleştiren hane sayısı %3,7'lik kısmı oluşturmaktadır. Deneklere "topladığınız defneyi kime satıyorsunuz?" sorusu yöneltilmiştir ve %4,9'unun satışını yapmadığı, maaşlı olarak kooperatif adına çalıştığı saptanmıştır. %3,7'sinin doğrudan fabrikaya, %22'sinin yerel araçlara, %14,6'sının muhtarlığa ve neredeyse %60'ının kooperatife defne satışı yaptığı görülmüştür (Çizelge 3).

Orman köylülerinin genel anlamda eleştirdiği konulardan birisini defnenin kilogram satış fiyatı oluşturmaktadır. Deneklere "sizde defnenin kilogramının satış fiyatı neye göre belirlenmektedir?" sorusu yöneltilmiştir. Deneklerin %41,5'i orman kooperatifinin fiyatlar üzerinde etkisinin olduğunu düşünmektedir. %29'u araçların defneyi satın alırken fiyatı kendilerinin belirlediği görüşündedir. Fabrikaların belirlediği fiyatın kendi satış fiyatlarına yansıdığını düşünen %14,6 iken talep ve arza göre piyasada fiyatın oluştuğunu düşünen deneklerin oranı %4,9'udur (Çizelge 4). Bu değerler defne üreticilerinin süreç hakkında yeterli bilgi sahibi olmadıklarını göstermektedir.

Çizelge 2. Hanelerin yıllık ortalama topladıkları defne miktarı ve elde ettikleri gelir

Hanelerin yıllık topladıkları defne miktarı	N	%	Hanelerin defne üretiminden sağladığı yıllık gelir	N	%
0-10 ton	55	67,1	5000 TL'den az	22	26,8
11-20 ton	22	26,8	5001 -10000 TL arası	35	42,7
21-30 ton	4	4,9	10001 – 15000 TL arası	11	13,4
31 ton ve üzeri	1	1,2	15001 – 20000 TL arası	6	3,7
			20001 TL ve üzeri	6	3,7

Çizelge 3. Toplanan defnenin satıldığı aracı

Üretimini gerçekleştirdiğiniz defneyi kime satıyorsunuz?	Üretimini gerçekleştirdiğiniz defneyi kime satıyorsunuz?	
	Frekans	Yüzde (%)
Kooperatife satıyorum.	45	54,9
Muhtarlığa satıyorum.	12	14,6
Araçlara satıyorum.	18	22,0
Fabrikaya satıyorum.	3	3,7
Satışını yapmıyorum, maaş alıyorum.	4	4,9

Çizelge 4. Defnenin satış fiyatının belirleyen aktörler

Sizde defnenin kilogramının satış fiyatı neye göre belirlenmektedir?	Sizde defnenin kilogramının satış fiyatı neye göre belirlenmektedir?	
	Frekans	Yüzde (%)
Aracı belirlemektedir.	29	35,4
Kooperatif belirlemektedir.	34	41,5
Muhtarlık belirlemektedir.	1	1,2
Talep ve arza göre piyasada belirlenmektedir.	4	4,9
Fabrikalar belirlemektedir.	12	14,6
Orman Genel Müdürlüğü belirlemektedir.	1	1,2
Diğer	1	1,2

3.4. Defne üretim gelirlerindeki değişkenlere ait korelasyon analizi bulguları

Çalışmada hanelerin defne üretiminden elde ettikleri gelirlere etkisi bulunan değişkenleri ortaya çıkarmak ve anlamlı ilişki olup olmadığını tespit etmek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Yapılan analizin sonuçları Çizelge 5'te gösterilmiştir. Analizin sonucunda hanelerin defne üretiminden elde ettikleri yıllık ortalama gelir ile hane büyüklüğü, defne üretiminde çalıştığı gün sayısı ve hanenin yıllık ortalama geliri arasında pozitif yönlü ilişki bulunmaktadır. Korelasyon katsayıları incelendiğinde üretilen defne yaprağı miktarının (ton) hanelere sağladığı gelir ile yüksek ilişkisi $r=0,742$ olduğu ortaya konulmuştur. Çalıştığı gün sayısı ile elde ettikleri gelirler arasında düşük düzeyde ($r=0,291$) ilişki bulunmuştur. Hane büyüklüğü ve yıllık ortalama hanenin toplam geliri ile defne üretiminin hanelere sağladığı gelir miktarı arasında ise orta düzeyde ($r=0,319$) ilişkili olduğu görülmüştür (Çizelge 5).

Bu bulgulara benzer şekilde Ateş (2021), ıhlamur çiçeğinin (*Tilia tomentosa* Moench.) üretim, tüketim ve pazarlama yapısının orman köylülerine katkısını belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada, üreticilerin geliri ile ıhlamur çiçeği üretiminden elde edilen yıllık gelir arasında pozitif yönlü ilişki olduğunu ve ıhlamur çiçeği üretim miktarı arttıkça hanelerin yıllık gelirlerinin arttığını saptamıştır.

3.5. Varyans analizine ait bulgular

Defne üretiminden sağlanan yıllık ortalama gelirlerin üretimde rol aldığı aşamalar, ürettikleri ve defneyi sattıkları araçlara göre farklılaşp farklılaşmadığı test edilmiştir (Çizelge 6). Üretimde rol aldığı aşama ile elde edilen gelirler arasında fark olup olmadığının incelenmesi amacıyla yapılan

tek yönlü varyans analizi sonucuna göre deneklerin üretimde rol aldığı aşamanın defne üretiminden sağlanan gelir üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır ($p<0,05$). Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre defne hasadında çalışanların yıllık gelir ortalamasının ($\bar{x}=8642\pm517$ TL), kurutma tesisinde çalışanların gelir ortalaması ($\bar{x}=3383\pm1326$ TL) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlemlenmiştir. Hem defne hasadında hem de kurutma tesisinde çalışanların gelir ortalamasının ($\bar{x}=7900\pm1238$ TL) ise her iki grupta yer aldığı, yani tesiste çalışanların ve hasatta çalışanların gelirlerinden istatistiki olarak anlamlı olarak farklılaşmadığı görülmüştür. Analiz sonucuna göre defne kurutma tesisinde çalışmanın hasadında çalışmaya göre daha az gelir sağladığı söylenebilir.

Deneklerin “maaşlı alarak çalışıyorum”, “kooperatife satıyorum”, “muhtarlığa satıyorum”, “aracılara satıyorum” ve “fabrikalara satıyorum” şeklindeki seçeneklere göre oluşturdukları grupların gelir ortalamaları arasında fark olup olmadığını tespit etmek amacıyla yapılan tek yönlü varyans analizi sonucuna göre gruplar arasında anlamlı bir fark görülmüştür ($p<0,05$). Hangi gruplar arasında fark olduğunun test edilmesi amacıyla uygulanan Tamhane's testinin sonucuna göre satışını yapmayarak kurutma tesisinde çalışıp gelir sağlayan deneklerin gelir ortalamaları ($\bar{x}=2075\pm149$ TL) ile muhtarlığa ($\bar{x}=7227\pm908$ TL), fabrikaya ($\bar{x}=8500\pm500$ TL), kooperatife ($\bar{x}=8736\pm746$ TL) ve aracılara ($\bar{x}=8853\pm875$ TL) sağlanan satışların gelirlerinin ortalamaları olarak iki grup tespit edilmiştir. Toplanan defnenin muhtarlığa, fabrikaya, kooperatife veya aracıya satılmasından elde edilen gelirlerin maaşla çalışanlarınkinden anlamlı bir farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Araçılara satılan defne yapraklarının hanelere daha fazla gelir sağladığı görülmüştür.

Çizelge 5. Defne üretiminden sağlanan yıllık ortalama gelir ile hane özellikleri arasındaki korelasyonlar

Hane Özellikleri	Defneden elde edilen yıllık ortalama gelir ile korelasyon katsayısı (r)	Anlamlılık düzeyi Sig. (2-tailed)
Hane büyüklüğü	,387**	,000
Defne üretiminde çalıştığı gün sayısı	,291*	,008
Yıllık ortalama hanenin ürettiği defne miktarı	,742**	,000
Hanelerin ortalama geliri	,319**	,003

* $p<0,05$, ** $p<0,01$

Çizelge 6. Değişik faktörlere göre hane gelirindeki farklılaşmaya ilişkin varyans analizi sonuçları

Faktörler	Ortalama gelir* (TL)	F	P
<i>Üretimde rol aldığı aşama</i>			
Kurutma tesisinde çalışıyorum.	3383±1326	a	
Hem hasadında hem kurutma tesisinde çalışıyorum.	7900±1238	ab	4,994
Hasadında çalışıyorum.	8642±517	b	
<i>Satıldığı aracı</i>			
Satışı yapmıyorum, maaşlı çalışıyorum.	2075±149	a	
Muhtarlığa satıyorum.	7227±908	b	
Fabrikaya satıyorum.	8500±500	b	2,933
Kooperatife satıyorum.	8736±746	b	0,027
Aracılara satıyorum.	8853±875	b	
<i>Defne bitkisinin satıldığı aracı</i>			
Muhtarlığa satıyorum.	0,7833±0,3	a	
Fabrikaya satıyorum.	0,8667±0,6	a	
Aracılara satıyorum.	0,9412±0,3	ab	8,670
Kooperatife satıyorum.	1,0445±0,2	a	0,000

*: Sütündeki farklı harfler %95 güven düzeyinde faktörler arasındaki farklılaşmayı göstermektedir

Muhtarlığa, fabrikaya, araçlara, kooperatife satılan defnenin kilogramının alış fiyatları arasındaki farklılaşmanın test edilmesi amacıyla yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda da $p < 0,05$ olarak bulunmuştur ve gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu kararına varılmıştır. Farklılaşmanın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi amacıyla uygulanan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre orman köylülerinden muhtarlığın ($\bar{x}=0,78 \pm 0,3$ TL), fabrikanın ($\bar{x}=0,86 \pm 0,6$ TL) ve araçların ($\bar{x}=0,94 \pm 0,3$ TL) defne kilogramı alış fiyatı arasında anlamlı fark bulunmadığı görülmüştür. Kooperatifin defneyi alış fiyatının ($\bar{x}=1,04 \pm 0,2$ TL) ise muhtarlık ve fabrikanın alış fiyatından istatistiki olarak anlamlı bir şekilde yüksek olduğu ortaya konmuştur. Kooperatif ve araçların alış fiyatı arasında ise anlamlı bir fark bulunmamıştır.

3.6. Regresyon analizine ait bulgular

Korelasyon analizi sonucunda defneden hanelerin sağladığı gelir miktarı ile anlamlı ilişkisi bulunan hanelerin aylık ortalama gelirleri, hane büyüklüğü, ürettikleri defne miktarı ve defne üretiminde çalıştığı gün sayısı değişkenleri ile stepwise yöntemi kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi sonucunda “hanelerin toplam gelirleri” ve “ürettikleri defne miktarı” değişkenleri ($p < 0,05$) modele girebilmiştir. Modelde düzeltilmiş $R^2=0,570$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 7).

3.7. Defne üretiminde sorunlar ve orman köylülerinin beklentileri

Orman köylüsü defne üretiminin ilk basamağını oluşturmaktadır. Bu ilk basamak gerek yerel ekonomi ve gerekse ulusal ekonomi için büyük önem taşımaktadır. Her sektörde olduğu gibi sektörün önemli bileşenlerinden birisini oluşturan orman köylüsünün de sorunları ve beklentileri olmaktadır. Çalışmada bu sorunlar ve beklentiler 8 gruba ayrılmıştır.

1) *Defne alanlarının tahsisi ve bakımı*: Deneklere “defne üretim sahalarının artırılması gerektiğini düşünüyorum” cümlesine katılıp katılmadıkları sorulduğunda %84,1’inin defnelik alanların artırılmasını ve daha çok üretim yapacak sahaların oluşturulmasını istediği anlaşılmaktadır. Deneklerin %11’i bu cümleye katılmamakta, %4,9’u ise emin değildir. OGM tarafından orman köylülerinin üretim sürecine dahil edilmesi amacıyla defnelik alanlar defne üretimiyle ilgilenen hanelere bölünerek tahsis edilmektedir. Tahsis edilen defnelik alanların budanması, korunması, canlandırma kesimi, rehabilitasyonu, dikimi, diri örtünün temizlenmesi gibi faaliyetler orman köylüsü tarafından yürütülmektedir. Paylaşılan alanlarda bazı haneler defnelik alanlarının temizliğini yapmamakta ve alandan üretim sağlamamaktadır. Söz konusu bu bakımsız alanların diğer hanelere tahsis edilmesi yönünde talepler bulunmaktadır. Orman altındaki defneliklerde yetersiz ışık nedeniyle sürgünlerinin büyümesi yetersiz kalmakta ve verim sorunları yaşanmaktadır. Özellikle yerel halkın, üretim yapılmayan defne alanlarının ve orman altında kalan defne alanlarının da hazırlanacak bir plan dahilinde sadece defne üretimine tahsis edilmesi yönünde beklentileri bulunmaktadır. Bu sayede yerel halk, üretim miktarının artacağını ve orman köylülerinin kalkındırılması amacıyla gelir miktarının yükseleceğini düşünmektedir.

Çizelge 7. Defne üretiminden sağlanan gelir miktarının tahminine ilişkin regresyon analizi

Modele giren değişkenler	Katsayılar	t	p	R_{adj}^2
Sabit sayı	-268,219	-,160	,874	
Üretilen defne miktarı	731,872	9,586	0,00	0,570
Hanelerin ortalama geliri	1582,195	2,242	0,02	

2) *Defne üretim süreci*: Orman köylüsü defne üretiminde 2-3 yıllık sürgünlerin kesiminden maddi kazanç sağlamaktadır. Dolayısıyla bazı köylüler her yıl gelir elde edememektedirler. Mevcut uygulamada Bursa Orman Bölge Müdürlüğü bölmecik bazında faydalanma planları hazırlayarak defne sahalarında üretim planları yapmaktadır.

Deneklere “defne üretiminden gelir sağlamam köyde yaşamamın sebeplerinden birisidir” cümlesine katılıp katılmadıkları sorulduğunda %48,8’inin katılmadığı, %7,3’ünün emin olmadığı ve %43,9’unun katıldığı görülmüştür. Hanelerin ıhlamur, kara incir, zeytin, kestane, hayvancılık, serbest meslek, emeklilik gibi alternatif gelir kaynakları bulunmaktadır. Köylülerin kente göç etmemelerinde %56’1’i için defne üretiminden sağladıkları gelirler dışında başka gelirlerinin bulunması, defneden ana etken olmadığını göstermektedir. Ayrıca yerel halk, özellikle gençlerin defne üretim sürecindeki rolünün artırılması ve teşvik edilmesi yönünde önerilerde bulunmuştur.

3) *Bilgi eksikliği ve eğitim*: Defne bitkisinin 2-3 yaş sürgünlerinin kesilmesinde, budanmasında, taşınmasında, çırpılmasında ve çuvala yerleştirilmesinde orman köylüleri görev almaktadır. Bilinçsiz kesimler el yaranmalarını gibi iş kazalarını meydana getirmekte; ağaç yarımaları ve kurumalar sonucunda ise defne yaprağının verimi azalmaktadır (Durgun vd., 2014). Deneklere “defnenin üretimi ve toplanması konusunda çalışanlarda eğitim eksikliği bulunmaktadır” hükmüne katılıp katılmadıkları sorulmuştur. Deneklerin %50’si eğitim eksikliği olduğunu ve özellikle iş güvenliği konusunda eğitimler verilmesi gerektiğini düşünmekteyken %43,9’u eğitim eksikliği olmadığını düşünmekte ve %6,1’i ise bu konuda emin değildir.

4) *Ulaşım ve taşıma*: Defne kesim sürecinde bir yandan kesim yapılmakta, bir yandan da kesilen sürgünler toplanıp, bağlanmakta ve kantara taşınmaktadır. Dağ ve yamaç arazilerde yol olmaması, çok uzak mesafelerden taşınması, aracın kesime yakın yere gelememesi, zaman zaman köylünün sırtında taşınması gibi ulaşım sorunları yaşanmaktadır. Bu durumlarda fire ve kayıplar oluşmaktadır. Traktörü olmayan köylü ayrı bir ödeme yaparak ürünü taşıtmaktadır. Özellikle orman köylüsü yağmur yağdığında ve traktör bulamadığı durumlarda, ürün alanda kalmakta ve alana çıkılamamaktadır. Kesilen sürgünler bekletildiğinde de zarar oluşmaktadır. Deneklere “defnelik alanlarda orman yolları artırılarak ulaşım kolaylaştırılmalıdır” hükmüne katılıp katılmadıkları sorulmuştur. Yanıtların %82,9’u bu cümleye katılmaktadır, %13,4’ü katılmamaktadır ve %3,7’si ise emin değildir. Yerel halkın ulaşım sıkıntısının çözümü için köylünün beklentisinin orman yolları veya patika yolların artırılması olduğu görülmüştür.

5) *Satış ve gelir*: Kooperatifler ve yerel araçlar haftanın belli günleri defne ürününü satın almaktadır. Toplanan defne yapraklarının araçlar tarafından satın alınana kadar bekletilmesi sırasında ağırlığının düşmesi nedeniyle defne yaprağından elde edilen gelirler azalmaktadır ve ürün

kalitesinde bazı olumsuzluklar (bekleyen ürünün uygun olmayan koşullarda kuruması vb.) yaşanmaktadır. Bu nedenle orman köylüleri topladıkları defne yapraklarını bekletmeden satmak istemektedir. Deneklere “*defnenin pazarda oluşan satış fiyatını yeterli buluyorum*” hükmüne katılıp katılmadıkları sorulduğunda, %63,4’ünün katılmadığı ve elde ettikleri gelirin emeklerine kıyasla düşük olduğunu düşündüğü görülmektedir, %28’i bu cümleye katılmaktadır ve pazarda oluşan satış fiyatını yeterli bulmaktadır ve %8,5’u ise emin değildir. Bu durumda “*defne üretiminden sağladığım gelir hanem için yeterlidir*” hükmüne katılıp katılmadığı sorulmuştur ve %50’sinin yeterli bulmadığı, %6,1’inin bu konuda emin olmadığı ve %43,9’unun ise elde ettiği geliri hanesi için yeterli gördüğü saptanmıştır.

6) *Kooperatifler, muhtarlıklar, araçlar ve fabrikalar:* Orman köylerinde muhtarlığın veya kooperatifin defne üretimi, toplanması, tarife bedelinin ödenmesi sürecinde üreticilere destekleri bulunmaktadır. Bu destekler üretim yapmak isteyen köylülere defnelik alanların tahsis edilmesi ve paylaşılması, köylüden ürünleri satın alarak yerel alıcılara satılması, orman işletmesi ile köylü arasında köprü görevi görmesi vb. şeklinde sıralanabilir. Deneklere “*kooperatifin/muhtarlığın defneden gelir sağlamam konusundaki desteklerinden memnunum*” cümlesine katılıp katılmadıkları sorulmuştur. Deneklerin %74,4’ünün bu cümleye katılmadığı, %14,6’sının katıldığı ve %11’inin de emin olmadığı görülmüştür ve bazı dönemlerde köylü-muhtar/kooperatif arasında çatışmalar yaşandığı iletilmiştir. Köylünün, kararlar alınırken şeffaf olunmadığı, defnelik alanların kullanımına açılmadığı, bazı kişilere ayrıcalıklar tanıdığı gibi konulardan tartışmalar çıkmıştır.

Deneklere “*aracı bulma konusunda kooperatif/muhtarlık desteğinden memnunum*” cümlesine katılıp katılmadıkları sorulmuştur. Deneklerinin %74,4’ü bu cümleye katılmaktadır, %15,9’u katılmaktadır ve %9,8’i ise emin değildir. Yerel halk tek başına aracı bulamayacaklarını ve ücretlerinin tahsil edilmesi konusunda sıkıntı yaşamadıklarını iletilmişlerdir. Fakat doğrudan aracıya ulaşmak istemeleri ve böylelikle defne yaprağının kilogram satış fiyatının artacağı düşüncesi de yerel halk arasında hakim görüşler arasındadır.

Yerel halk kooperatif ve muhtarlıkların şeffaf ve tarafsız olmasını beklemektedir. Özellikle defne bitkisinin haneleri için ciddi ekonomik kaynağı olan köylüler, temizlenmeyen ve üretime açılmayan alanların kooperatif veya muhtarlık tarafından, aktif üretim yapan hanelere tahsis edilmesi yönünde talepleri bulunmaktadır. Toplanan defnenin kilogramı başına ücret ödenmesinden dolayı kantar büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle kantar sayısının artırılması istenmektedir.

7) *Kurutma tesisi:* Kurutma tesisi bulunmayan köylerde hakim olan düşünce köylülere kurutma tesisi inşa edilmesi ve bu konuda teşvik sağlanması gerektiği doğrultusundadır. Kurutma tesisinde özellikle köy kadınlarına iş olanağı yaratılmaktadır. Köy kadınlarına günlük sigortalı istihdam sağlayan bu tesisin kapasitesinin artırılması istenmektedir. Böylelikle kadınların tesiste çalışacağı gün sayısının artacağı ve günlük sigortadan ziyade, uzun dönemli sigorta olanağına kavuşacakları düşüncesi bulunmaktadır.

8) *OGM’den beklentiler:* Orman köylüleri OGM’den arazi bakımları ve defne kesimleri sürecinde hibe desteği beklemektedirler. Artan mazot ve gübre fiyatlarından dolayı gelirlerine kıyasla yüksek masrafları olduğunu düşünmektedirler. Deneklerin “*defne konusunda yasal*

düzenlemeleri yeterli buluyorum” sorusu ile konu ile ilişkin OGM’nin düzenlemelerinin yeterli bulup bulmadıkları öğrenilmek istenmiştir. %42,7’sinin yeterli bulmadığı, %25,6’sının emin olmadığı ve %31,7’sinin yeterli bulduğu görülmüştür. Ayrıca OGM’den güneş görmeyen defnenin yeterince büyümediği düşüncesiyle, defneliklerin üzerinin açılmasını beklemektedirler. Orman Kanununun Ek-12 inci maddesi kapsamında üretim amacıyla tarife bedeli karşılığında orman köylülerine tahsis edilen defne alanları denetlenmesi, üretim yapmayan ve alanını temizlemeyen hanelere gerekli işlemlerin yapılması istenmektedir.

4. Sonuç ve öneriler

Dünyada ODOÜ’nün potansiyelinin, ülke ekonomisi için öneminin ve yerel halka katkılarının araştırıldığı çalışmalar (Poulsen, 1982; Vantomme ve Walter, 2003; Walter vd., 2003; Agustino vd., 2011; Gwagilo, 2014; Lovrić vd., 2020) hızla artmaktadır. Birçok çalışma topluma en yüksek faydayı sağlamak amacıyla katılımcı bir yaklaşımla faydalanma planlarının hazırlanmasının gerekliliğine dikkat çekmektedir (Büyükgebiz vd., 2008; Gedik, 2014). Kaliteli defne üretiminin sağlanması, pazarlama olanaklarının iyileştirilmesi ve çeşitlendirilmesi amacıyla hazırlanacak planların ve alınacak kararların orman köylülerinin demografik ve ekonomik özelliklerini, sorunlarını ve beklentilerini dikkate alarak yöresel bazda uygulanması gerekmektedir. ODOÜ’ler arasında gerek ulusal ekonomi ve gerekse yerel ekonomi açısından defne önemli doğal kaynaklardan birisidir. Bu bağlamda arzın ve dolayısıyla üretimin sürdürülebilirliğinin sağlanması büyük önem taşımaktadır. Bunu sağlamaya yönelik ülkemizde defne üretim planlarının ve örgütsel yapının güçlendirilerek yaygınlaştırılması gerekmektedir. Sürdürülebilir üretim için hazırlanan işletme planlarında, defnenin biyolojisi, üretim tekniği, üretim zamanı ve piyasa isteği göz ardı edilmemelidir. Defne yayılış alanlarının belirlenmesi sağlıklı ve düzenli bir şekilde yapılmalıdır.

OGM tarafından hazırlanan ve uygulanan beş yıllık defne eylem planı sonucunda 2021 yılında ülkemizde defne üretiminin orman köylüsüne 175 milyon TL ekonomik katkısı olmuştur. Bu değer 2026 yılında 1,3 milyar TL olması beklenmektedir (OGM, 2022b). Üretim miktarı ve ulusal ekonomiye katkısı açısından düşünüldüğünden defne bitkisi Bursa ilinde orman köylüsüne 2021 yılında hane başına yıllık ortalama 10680 TL gelir sağladığı ve Bursa iline 2021 yılında ortalama 6,1 milyon TL katkısının olduğu görülmüştür. Bu katkı köylünün defnenin hasat sonrası araçlara satılması ve kurutma tesisinde belirli günlerde çalışması ile elde edilmiştir. Bu bakımdan toplanan defne yapraklarının işlenmesi amacıyla faaliyetlerin artması orman köylülerinin istihdamını daha etkin hale getirecektir.

Hanelerin önemli bir kısmı (%52,6) defne toplayıcılığı yanında tarımla ve hayvancılıkla ilgilenmektedir. Ihlamur, kestane, zeytin ve kara incir toplayıcılığı da kırsalda halkın ek gelir kaynakları arasında bulunmaktadır. Ortalama asgari ücret civarında aylık gelire sahip olan orman köylülerinin ekonomik anlamda düşük gelirli olduğu görülmüştür. Orman köylüsünün gelir seviyesinin düşük olması, işsizlik, alt yapı yetersizlikleri gibi nedenlerden dolayı, kente göç eğiliminde olduğu bilinmektedir. Bu sebeplerden kırsal kalkınmaya desteklerin artırılması, alternatif geçim kaynakları yaratılması, genç nüfusun özellikle teşvik edilmesi için çalışmalar yapılması gerekmektedir. Defne üretim alanlarına

kestane üretimi, bal üretimi gibi çok yönlü faydalanma sağlayacak planlar eklenerek, alternatif gelir kaynaklarının oluşmasına fırsat yaratılmalıdır.

Defne alanlarının uzak mesafelerde ve engebeli olması, suya erişimin kısıtlı olması, nakliye sıkıntılarının yaşanmasından dolayı orman köylüleri defnenin üretilmesi amacıyla verdiklerin karşılığında satış fiyatının düşük olduğunu düşünmektedirler. Ayrıca, olumsuz hava şartlarında ürünün alanda bekletilmesinden dolayı yaprak kalitesinin düşmemesi, fire ve kayıpların oluşmaması için, ulaşım sorunu bulunan defnelik alanlarda maliyet analizleri yapılarak transport imkanlarının artırılmasına yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Tedarik ve pazarlama zincirinin ilk halkasını oluşturan orman köylüleri sınırlı sayıda araçlarla çalışmaktadırlar. Köylüler topladıkları yaş defneyi genelde öncelikle muhtarlık veya kooperatif aracılığı ile satarlar ve ücretlerini tahsil ederler. Muhtarlığın veya kooperatifin satın aldığı defneyi yerel araçlara veya fabrikalara; yerel alıcıların da fabrikalara sattığı dağıtım kanalı oluşmaktadır. Orman köylüleri tüm bu üretici, muhtarlık, kooperatif, yerel araçlar, fabrikaları kapsayan dağıtım kanalında aracı sayısının artarak aralarında rekabet ortamının oluşması veya ürettikleri ürünün doğrudan fabrikalara ulaştırılmasını sağlayacak kanalların oluşmasını istemektedirler ve böylelikle satış fiyatının artacağını düşünmektedirler. Nitekim bu çalışmada da ortaya konulduğu üzere muhtarlığa satılmayıp doğrudan aracıya satılan defnenin hanelere sağladığı gelirler daha fazla olmaktadır.

Elde edilen sonuçlar defne üretiminde iş sağlığı, üretim teknikleri konusunun yanında pazarlama konusunda da eğitim gerekliliğine dikkat çekmektedir. Temel amaçlardan birisinin defne alanlarının rehabilite edilerek verimli hale getirilmesi olduğundan kaliteli defne yaprağı üretim tekniklerinin ve pazarlama seçeneklerinin orman köylüsüne aktarılması ürün kaybının azaltılması, defneden maksimum verim alınması, mevcut verimsiz defne alanlarının rehabilite edilerek verimli hale getirilmesi ve yerel halkın kalkındırılması için önemlidir. Orman köylülerinin destek ve katılımlarıyla defnenin budanması, toplanması, işlenmesi ve pazarlanması konularında teorik ve uygulamalı eğitimler periyodik olarak gerçekleştirilmelidir. Ek olarak defne yaprağının kurutulması sonucunda elde edilen uçucu yağ sağlık, kozmetik, parfümeri, sabun gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Kaliteli ve uçucu yağ miktarı bakımından yüksek defne yapraklarının üretilmesi defne yaprağı satın alan sektörlerin öncelikleri arasındadır. Sektörün istekleri göz önüne alınarak gerçekleştirilecek planlı ve bilinçli üretim yapılması defnenin sosyal ve ekonomik değerini arttıracaktır.

Ülkemizde defne çoğunlukla hammadde olarak satılmakta, katma değer yaratacak ürünlerin üretimi çok az gerçekleşmektedir ve ihrac edilen ham madde ülkemize mamül ürün olarak geri dönmektedir. Defnenin ülke ekonomisine katkısını artırmak amacıyla nihai ürüne dönüştürülerek pazarlama olanaklarının arttırmaya yönelik araştırmaların artması gereklidir. Yarı mamul ve mamul üretime ağırlık verilmesi iç tüketimin artmasının yanı sıra ihracatın artırılmasını da sağlayacak, diğer yandan istihdamı artıracak ve katma değer yaratarak milli ekonomiye katkı sağlayacaktır. Defnenin işlenmesi ve piyasaya arz edilmesi konusunda özel sektör ve kamu sektörü aynı hedefte olmalıdır. Özel sektörün üretim kapasitesinin karşılanması için arz devamlılığının sağlanması defnenin yerel ve ulusal ekonomiye katkısının sürdürülebilirliği için önemlidir.

Sektörün talep ettiği kaliteli ve uçucu yağ oranı yüksek defne yaprağı üretiminin geliştirilmesi konusunda araştırmaların artması gerekmektedir.

Açıklama

Bu makale 740253 numaralı "Defne (*Laurus nobilis* L.) üretiminin kırsal ekonomiye katkısı ve yönetimi (Bursa ili örneği)" başlıklı tezden türetilmiştir. Çalışma Bursa Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi 210Y012 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynakça

- Adepoju, A.A., Salau, A.S., 2007. Economic valuation of non-timber forest products. Munich Personal RePEc Archive, https://mpra.ub.uni-muenchen.de/2689/1/MPRA_paper_2689.pdf, Erişim: 25.04.2023.
- Agustino, S., Mataya, B., Senelwa, K., Achigan-Dako, E.G., 2011. Non-wood Forest Products And Services For Socio-Economic Development. A Compendium For Technical and Professional Forestry Education. The African Forest Forum, Nairobi, Kenya.
- Akalın, M., 2018. Örnek Araştırmalarıyla Sosyal Bilimlerde Araştırma Tekniği. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Altunel, T.A., 2011. Odun dışı orman ürünlerinin Dünyada ve Türkiye’de sosyoekonomik boyutu. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ATEŞ, F., 2021. İhlamur çiçeğinin (*Tilia tomentosa* Moench.) üretim, tüketim ve pazarlama yapısıyla orman köylülerine katkılarının belirlenmesi (Karabük ili/Yenice ilçesi örneği). Yüksek lisans tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.
- Belcher, B.M., Vantomme, P., 2003. What isn't an NTFP?. The International Forestry Review, 5(2): 161-168.
- Bilgin, F., Şafak, İ., Kiracıoğlu, Ö., 2006. Ege bölgesinde defne üreticilerinin profili. 1. Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyumu, 1-4 Kasım, Trabzon, s. 60-65.
- Büyükgöbeç, T., Fakir, H., Negiz, G.M., 2008. Sütçüler (Isparta) yöresinde doğal odun dışı bitkisel orman ürünleri ve geleneksel kullanımları. Turkish Journal of Forestry, 9(1): 109-120.
- Chandrasekharan, C., 1992. Terminology, definition and classification of forest products other than wood. <https://www.fao.org/3/v7540e/v7540e.pdf>, Erişim: 15.04.2022.
- Coşkun, U., Ateş F., 2022. Gümüşü ihlamur: (*Tilia Tomentosa*): Biyolojisi, ekolojisi, çiçek toplayıcılığı ve değerlendirilmesi. Odun dışı orman ürünlerinin orman köylüsü ekonomilerine katkıları (Karabük-Yenice *Tilia Tomentosa* Moench. örneği), Livre de Lyon, Fransa, s:105-126.
- Daşdemir, İ., Söğüt, T., 2017. Bartın’da odun dışı orman ürünleri ve değerlendirilme olanakları. IV. Ulusal Ormanlık Kongresi, 15-16 Kasım, Antalya, s. 13-30.
- Doğan, O., 2020. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarında yetişen önemli tıbbi ve aromatik bitki potansiyeli ve ülkemizdeki pazar payı. Yüksek lisans tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Durgun, M., Şahin, Y., Serin, H., 2014. Defne yaprağı toplayıcılarının çalışma koşulları ve iş kazaları. 2. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Konferansı, 22-24 Ekim, Isparta, s. 619-623.
- FAO., 1995. Non-wood Forest Products for Rural Income and Sustainable Forestry. Non Wood Forest Products 7, M-30, ISBN 92-5-103765-5, FAO, Rome, 135, <https://www.fao.org/3/v9480e/v9480e.pdf>, Erişim: 22.05.2023.
- Gedik, S., 2014. Elazığ Orman Bölge Müdürlüğünde odun dışı orman ürünlerinin sosyoekonomik boyutları üzerine araştırmalar. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Gökmen, H., 1973. Kapalı Tohumlular (Angiospermae) 1. Cilt, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, No:5, Ankara.

- Güldaş, N., Yalçın, Ö., Fidan, C., Çok, A., Taşpınar, M., Türkoğlu, İ., 2010. Elazığ, Malatya ve Adıyaman İllerinde Orman Köylülerinin Sosyo- Ekonomik Durumu Ve Kullandıkları Bazı Odun Dışı Orman Ürünlerinin Belirlenmesi. Güneydoğu Anadolu Ormanlık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten Serisi, No: 14, Elazığ.
- Güler, H.K., 2018. Isparta İli orman köylerinde lavanta yetiştiriciliğinin ekonomik analizi ve yöre ekonomisine katkıları. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Gwagilo, P., 2014. Local Community Perceptions of The Importance of Non-Wood Forest Products. 1th Edition. Lambert Academic Publishing, Mauritius.
- Kalkınma Bakanlığı, 2018. On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023). Ormanlık ve Orman Ürünleri Çalışma Grubu Raporu, Ankara.
- Komut, O., Öztürk, A., 2010. Gümüşhane yöresinde odun dışı orman ürünleri işletmeciliği: mevcut durum, sorunlar ve öneriler. III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, s.1167-1175.
- Korkmaz, M., 2013. Odun dışı bitkisel orman ürünlerinin planlanmasına yönelik değerlendirmeler. 2023'e Doğru 2.Doğa ve Ormanlık Sempozyumu, 31 Ekim- 3 Kasım, Antalya, s. 225-236.
- Kurt, R., Karayılmazlar, S., İmren, E., Çabuk, Y., 2016. Türkiye ormanlık sektöründe odun dışı orman ürünleri: ihracat analizi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 18(2): 158-167.
- Lovrić, M., Da Re, R., Vidale, E., Prokofieva, I., Wong, J., Pettenella, D., Verkerk P.J., Mavsar, R., 2020. Non-wood forest products in Europe—A quantitative overview. Forest Policy and Economics, 116. 102175.
- OGM., 2016a. Odun Dışı Orman Ürünlerinin Envanter ve Planlaması ile Üretim ve Satış Esasları, Tebliğ no: 302. Ankara.
- OGM., 2016b. 2016-2020 Defne Eylem Planı, https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Yayinlar/Defne_Eylem_Plani.pdf, Erişim: 16.02.2022.
- OGM., 2021. Ormanlık istatistikleri, Tali orman ürünleri, <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz/resmi-istatistikler>, Erişim: 22.03.2022.
- OGM., 2022a. Ormanlık istatistikleri, Tali orman ürünleri, <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz/resmi-istatistikler>, Erişim: 10.11.2022.
- OGM., 2022b. 2021-2026 Defne eylem planı, [https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Yayinlar/Defne%20Eylem%20Plan%C4%B1%20\(2022-2026\).pdf](https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Yayinlar/Defne%20Eylem%20Plan%C4%B1%20(2022-2026).pdf), Erişim: 28.06.2022.
- Ok, K., Alagöz, G. Ö., Atıcı, E., Çoban, S., Şenyurt, M., 2012. Süsleme Amaçlı Kullanılan Odun dışı Orman Ürünlerinin Sürdürülebilir Yönetimi. TÜBİTAK, Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: 109O264.
- Ok, K., Tengiz, Y. Z., 2018. Türkiye'de odun dışı orman ürünlerinin yönetimi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21(3): 457-471.
- Orhunbilge, A.N., 2000. Örneklem Yöntemleri ve Hipotez Testleri. Avcıol Basım ve Yayın, İstanbul.
- Poulsen, G., 1982. The non-wood products of African forests. Unasylva, 34(137): 15-21.
- Raimov, R., Fakir, H., 2018. Orman köylülerinin odun dışı orman ürünlerini kullanım olanakları (Eğirdir Yöresi örneği). Bilge International Journal of Science and Technology Research, 2: 132-144.
- Semerci, A., Çelik, A.D., 2017. Defne bitkisinin Hatay ili ekonomisindeki yeri ve önemi. Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(2): 125-134.
- SPSS Inc., 2015. SPSS 22.0 Guide to Data Analysis, Published by Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Şafak, İ., Okan, T., 2004. Kekik, defne ve çam fıstığının üretimi ve pazarlanması. DOA Dergisi, 10: 101-129.
- Tolunay, A., Güleç, A., Özmiş, M., 2019. Gediz Havzası'nda Devlet Fıstık Çamı (*Pinus pinea* l.) ormanlarının yöresel halk tarafından yararlanma özellikleri. I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos, Denizli, s. 37-50.
- Topçuoğlu, A., 1964. Defne Yaprağı, İstihsal Tekniği ve Kıymetlendirilmesi. Orman Genel Müdürlüğü Teknik Haberler Bülteni, Yıl: 3, Sayı: 11, Ankara.
- TÜİK., 2022. Dış Ticaret İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/>, Erişim: 17.03.2022.
- Türker, M. F., Öztürk, A., Pak, M.,Tiryaki, E., 2001. Türkiye ormanlığında odun dışı orman ürünleri işletmeciliğinde karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. Türkiye Ormanlıklar Derneği, 1. Ulusal Ormanlık Kongresi, 19-20 Mart, Ankara, s. 306-316.
- Walter, S., Vantomme, P., Killmann, W., Ndeckere, F., 2003. Benefit Sharing Arrangements In The Field Of Non-Wood Forest Products: Status And Links To Certification. In Sustainable Production Of Wood And Non-Wood Forestproducts, Proc. IUFRO Division 5 Research Groups, http://www.fao.org/forestry/foris/pdf/NWFP/IUFRO_pres.pdf , Erişim: 07/10/2022.
- Vantomme. P., Walter S., 2003. Opportunities and challenges for nonwood forest products certification. In Congress Proceedings XII, World Forestry Congress (WFC), 21-28 Eylül, Kanada, pp. 21-28.
- Yıldırım, H. T., 2018. Orman toplum ilişkileri açısından odun dışı orman ürünleri üretiminin sosyo-ekonomik etkilerinin irdelenmesi. ISNOS-MED, 22-24 Ekim, Isparta, s. 88-96.
- Yılmaz, E., Duran, C., Tüfekçi, S., Ünal, E., 2009. Adana İli Feke İlçesi Sedir Mantarı Toplayıcılarına Yönelik Sosyo-Ekonomik Çözömler ve Yerel Bilginin Değerlendirilmesi. Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi, No:32, Tarsus.
- Yılmaz, A., Çiftçi, V., 2021. Türkiye'de defne (*Laurus nobilis* L.) bitkisinin durumu. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (22): 325-330.

Müşterilerin açık artırmalı tomruk satışlarından beklentileri: Ankara Orman Bölge Müdürlüğü örneği

Güven Kaya^{a,*}, Kenan Ok^b, Celal Kulaç^c

Özet: Bu çalışma, Ankara Orman Bölge Müdürlüğünde (OBM) açık artırmalı endüstriyel odun satışlarına katılan müşterilerin özelliklerini, tomruk satış ve satış partilerinden talep, beklenti ve memnuniyetlerini ve sorunlarını öğrenmeyi amaçlamıştır. Araştırma verileri, Mart 2017-Mayıs 2018 arasındaki 14 aylık süreçte gerçekleşen 54 açık artırmalı satışın dosyaları, iki ayrı anket çalışması ve depo gözlemlerinden toplanmıştır. Bu satışlara katılan 147 müşteri ile “satış anket” 37 firma ile ise geçerli “firma anket” çalışması yapılmış, depolardaki, 1840 satış partisinin kalitesine ilişkin gözlem gerçekleştirilmiştir. Ankara OBM tomruk satışlarının alıcılarının, genelde tomruk işleyen bölge orman endüstri kuruluşları olduğu fakat bu müşterilerin yakın diğer bölgelerden de alım yaptığı görülmüştür. Müşterilerin satış partileri ile ilgili başlıca sorun ve beklentileri arz açığı, standarda uyum, kalite ve ölçüm hataları konularına odaklanmaktadır. Müşteriler, satış partilerinin aynı kalite, çap ve boy sınıfından emval içermesini istemektedir. Ayrıca müşterilerin tutum ve beklentileri, işletmeler arasında ve benzer çalışmalarla bazı noktalarda örtüşürken, bazılarında ayrılmaktadır. Sonuç olarak, her bölge müdürlüğüne özel pazarlama programı hazırlanarak, kendi müşterilerini izlemeleri ve tatmin etmeleri önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Orman ürünleri pazarlaması, Piyasa beklentileri, Satış partileri, Müşteri özellikleri

Customer expectations from auction log sales: The case of Ankara Regional Directorate of Forestry

Abstract: This study aimed to elicit the profile of the customers participating in the auction of industrial wood sales in Ankara Regional Directorate of Forestry (RDF), their demands, expectations, and satisfaction from the log sales and sales parties, and their problems. The research data were collected through sales files, two surveys and observations of sales lots in sales depots for 54 auction sales done in a 14-month period between March 2017 and May 2018. A sales survey study was conducted with 147 customers, a company survey was conducted with 37 companies, and observations were made on the quality of 1840 sales lots in sales depots. It has been observed that the buyers of Ankara RDF log sales are generally forest industry organizations in the region that processes timber, but these customers also purchase from other nearby regions. Customers' main problems and expectations regarding sales lots focus on the supply gap, compliance with standards, quality, and measurement errors. Customers want the sales lots to contain goods of the same quality, diameter and size class. In addition, customers' attitudes and expectations overlap with similar studies and forestry enterprises at some points, while differing in others. As a result, it is recommended that each RDF of General Directorate of Forestry prepare their own marketing programs to monitor and satisfy their own customers.

Keywords: Marketing of forest products, Market expectations, Sales lots, Characteristics of consumer

1. Giriş

İthalatın genişlemeye başladığı 1980'li yıllar öncesinde, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) monopol bir odun hammadde piyasasında faaliyet göstermiştir. Günümüzde piyasa koşulları değişmiş ve OGM bu özelliğini kaybetmiştir (İlter ve Ok, 2012). Monopol bir piyasada, müşteri taleplerini dikkate almayan, ne üretirsem satarım şeklinde özetlenebilen, üretim anlayışlı bir pazarlama yaklaşımı OGM'de hâkim olabilmişse de, bugün böyle bir pazarlama anlayışıyla kurumun ilerlemesi olanaksızdır. Zamanla, alıcı veya tüketici hakları gelişmiş, pazarlama faaliyetlerine kamunun denetleyici yaklaşımı, iç ve dış pazarlarda yükselmiştir. Küreselleşmiş bir dünyanın her yerindeki üretim, her bölgedeki taleple buluşur olmuştur. Bütün bu değişimler,

dünyada “üretim anlayışlı” işletmelerin, “satış anlayışlı” işletmelere evrilmelerini dahi yetersiz bırakmıştır. Çağımız işletmelerinin pazarlama çalışmalarının temeli, müşterinin istediği nitelikte, yerde ve zamanda, yine müşterinin verdiği değerlere saygı gösteren, tatmini önceleyen bir pazarlama programı kurmak anlayışına dayanır. Bunun için de öncelikle, müşterilerin yakından tanınması ve izlenmesi gerekmektedir.

OGM'nin, pazarlama yaklaşımlarında gözlenen değişimlere uyumu tartışmalı bir haldeyken, 2006 yılından itibaren kurumun endüstriyel odun üretimi hızla artmıştır. Üretilen odun hammaddesinin 2021 yılında, 2005 yılına göre yaklaşık %242 arttığı görülmektedir (OGM, 2023). Diğer yandan OGM'nin endüstriyel odun üretim ve satışlarındaki artışı, pazarlama yaklaşımının üretimden, satış anlayışı

✉ ^a Marmara Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye
^b İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Ormanlık Ekonomisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye
^c İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye
@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): guvenkaya@ogm.gov.tr
✓ **Received** (Geliş tarihi): 09.06.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 31.07.2023



Citation (Atf): Kaya, G., Ok, K., Kulaç, C., 2023. Müşterilerin açık artırmalı tomruk satışlarından beklentileri: Ankara Orman Bölge Müdürlüğü örneği. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 272-286.
DOI: [10.18182/tjf.1312231](https://doi.org/10.18182/tjf.1312231)

dönemine geçiş şeklinde değerlendirilmesi de yetersizdir. OGM'nin daha etkin satışlar düzenlemekten çok, en yüksek odun hasılası idare sürelerine göre düzenlenmiş orman amenajman planlarına dayanan (Ok, 1997; Türker, 2008; Daşdemir, 2011; İltar ve Ok, 2012) üretimde ve satışta ısrar ettiği görülmektedir. Kurumun, müşterileri daha yakından izlemeyi gerektiren sonradan satışlar yerine, dikili satışları hızla artırarak, piyasayı daha az takip etmeyi tercih ettiği anlaşılmaktadır. Oysa sürekli üretim miktarını artırmak veya tartışmak yerine, müşterilerin kimler olduğu, neleri, neden, ne kadar ve nasıl satın aldıkları sorularına cevap verebilen, pazara dönük yönetim anlayışına yönelerek (İltar ve Ok, 2012), aynı miktardaki üretimden daha yüksek kurumsal yararlar elde etmenin yollarını araması (Kaya ve Ok, 2021) gereklidir.

Literatürde orman işletmeleri için çağdaş pazarlama yaklaşımının gerektirdiği arz, talep, fiyat analizleri gibi birçok temel araştırmanın yapıldığı görülmektedir. Türkiye'de tomruk fiyatlarını etkileyen değişkenler ve faktörler (Türker, 1996; Ok, 1997; Ok, 1998; Daşdemir, 2001; Daşdemir, 2003; Demirel, 2006; Başkalkan, 2011; Öztürk vd., 2011; Şen vd., 2017), odun hammaddesi fiyat oluşum süreci (Türker, 1996; Daşdemir, 2003; Demirel, 2006; Başkalkan, 2011), odun hammaddesi talebini etkileyen değişkenler (Kayacan vd., 2010; Buğday, 2016), odun hammaddesi talep esneklik tahmin (Daşdemir, 2003; Demirel, 2006; Kayacan vd., 2010; Kayacan vd., 2012a; Kayacan vd., 2012b; Kayacan vd., 2013) araştırmaları mevcuttur.

Yapılmış bu çalışmalar yanında, orman bölge müdürlüklerinde (OBM), müşteri tercihlerini belirlemek üzere 1993 yılında OGM bir anket (Türker, 1996) yaptırmış, 2008'de ise, OBM'lerinin müşteri profil ve talep yapılarını belirlemesi (Kök, 2010) istenmiştir. Aslında bu girişimler de, OGM'nin müşterilerini tanıma konusunda eksiklik hissettiğini ortaya koymaktadır. Üstelik OGM bünyesinde, Piyasa Araştırmaları Şube Müdürlüğü gibi bir birim bulunsa da, pazarı ve müşterilerini izleme modelinin ne olduğu bilinmemektedir. Halen OBM'leri tarafından zaman zaman anket çalışmalarını yürütülmektedir. Ancak bu uygulamalar süreklilik arz etmediği gibi, sayısal arz, talep analizlerinden yoksundur. Devlet orman işletmelerinde metodolojik temeli sağlam fiyat, maliyet, gelir ve talep analizleri ve projeksiyonları kısa, orta ve uzun vadeli olarak yapılmamakta, mevcut ve potansiyel müşterilerin talep ve beklentilerini ölçerek, objektif talep analizlerine dayanan pazarlama karmaları oluşturulmamaktadır. Buna karşılık, 23.06.2015 tarihli Satış Esasları konulu talimat örneğinde görüldüğü gibi, hislere dayalı bilgilerle, alıcıların satın alımlarını kolaylaştıracağı savlanan kararlar alınmakta, hatta alınan kararların gerçekten kolaylaştırıcı etki yapıp yapmadığı sonraki anketlerle test edilmeden düzensiz müşteri görüşmeleriyle yetinilmektedir.

Müşterilerle doğrudan iletişim kurulması açısından anket çalışmaları önemlidir. Anket yoluyla odun hammaddesi müşterilerinin nitelikleri, talepleri, beklentileri ve memnuniyetini ele alan çok sayıda araştırma (Gümüskaya, 1978; Türker, 1996; Serin, 1997; Akyüz vd., 2003; Daşdemir,

2003; Dilsiz, 2008; Öztürk, 2010; Kök, 2010; Özen ve Alkan, 2020) yapılmıştır. Ancak bu araştırmaların yöntemi ve sonuçları, ne OGM ne OBM, ne de orman işletmeleri tarafından içselleştirilememiştir. Son yıllarda OGM'nin odun hammaddesi üretimi ve satışlarındaki artış da göz önünde bulundurulduğunda, bu araştırmaların sistematik hale getirilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu alanda yapılmış önemli araştırmaların varlığına rağmen, orman işletmeleri düzeyinde pazarlama çalışmalarında objektif ve bilimsel analizlerin sistematik olarak kullanılmasına yönelik farkındalığı artırmak, ürün çeşitleri açısından pazarlama bilgi eksikliğini azaltmak ve son yıllardaki odun hammaddesi üretim artışı sonrası güncel durumu sorgulamak üzere, farklı bölge veya ölçekte, yeni yeni araştırmaların yapılması gerekmektedir. Bu gerekçelerden hareketle araştırmanın amacı, açık artırmalı endüstriyel odun satışlarına katılan müşterilerin özelliklerini, satış ve satış partilerinden talep, beklenti ve memnuniyetlerini ve sorunlarını, Ankara OBM ölçeğinde öğrenmek şeklinde belirlenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışma alanı olarak, Ankara Orman Bölge Müdürlüğü içinde kalan Ankara, Beypazarı, Çamlıdere, Çankırı, Çerkeş, Eskipazar, Ilgaz, Kırıkkale, Kırşehir, Kızılcahamam ve Nallıhan orman işletme müdürlükleri (OİM) seçilmiştir. Ankara OBM, 805.302 ha ormana sahiptir. Asli ağaç türleri Karaçam, Sarıçam ve Gökmar olan Ankara OBM ormanlarının serveti 44 milyon m³, yıllık artımı ise 1,2 milyon m³ düzeyindedir. Araştırma kapsamı, piyasa duyarlılığını daha iyi yansıtabilen *açık artırmalı satışlar* ve bu satışlarda en çok arz edilen *üçüncü sınıf normal boy (3SNB) Karaçam, Sarıçam ve Gökmar tomruk* satışlarıyla sınırlandırılmıştır. Ankara OBM'nün, 2018 yılı endüstriyel odun satışı 334.502 m³, dikili satışı ise 227.109 m³ seviyesindedir. Ankara'nın endüstriyel odun satış miktarı OGM toplam satışının %2,6'sıdır ve OBM'ler arasında 17. sırada yer almaktadır (OGM, 2019).

Ankara OBM'nün ihmal edilebilir düzeyde endüstriyel odun satışı olan Kırıkkale ve Kırşehir dışındaki 9 orman işletmesinin açık artırmalı satışa arz ettiği endüstriyel odun miktarları Çizelge 1'de sunulmuştur. Çizelge 1'e göre, araştırma döneminde işletmelerin açık artırmalı satışa sunduğu odun hammaddesinin yaklaşık %91'i tomruk ve kâğıtlık odundur. Açık artırmalı tomruk satışının neredeyse tamamı sırasıyla Sarıçam, Karaçam ve gökmar tomruktur. Kalite sınıflarına göre tomruk arzı detaylandırıldığında, toplam arzın %80'inin (113.988 m³) 3SNB tomruk olduğu görülmektedir. Bu değer, açık artırmalı endüstriyel odun arzının ise %50'sini oluşturmaktadır. En fazla Karaçam tomruk Nallıhan'da arz edilirken, Sarıçam Çamlıdere, gökmar tomruklar ise Çerkeş ve Çamlıdere OİM tarafından açık artırmalı satışa sunulmuştur. Toplam tomruk açık artırmalı arzında Çamlıdere OİM'nü, Ilgaz ve Çerkeş OİM'leri izlemiştir. Ankara OİM'de gökmar, Nallıhan OİM'de ise Sarıçam ve gökmar tomruk açık artırmalı satış olmamıştır.

Çizelge 1. Ankara OBM 2017-2018 açık artırmalı endüstriyel odun arzı

İşletmeler	Tomruklar								Tomruk dışı endüstriyel odunlar								Toplam	
	Karaçam		Sarıçam		Göknar		Diğer		Toplam		Kağıtlık odun		Maden direği		Diğer			
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
Ankara	210	0,1	2.742	1,2	1.757	0,8	11	0,0	2.962	1,3	1.812	0,8	972	0,4	371	0,2	6.117	2,7
Beypazarı	6.605	2,9	7.378	3,2	13.001	5,7	29	0,0	15.769	6,9	11.053	4,9	4.207	1,8	1.609	0,7	32.638	14,3
Çamlıdere	2.844	1,2	22.163	9,7	148	0,1	0,0	38.009	16,7	10.098	4,4	4.703	2,1	1.001	0,4	53.811	23,6	
Çankırı	5.220	2,3	2.214	1,0	14.435	6,3	0,0	7.582	3,3	487	0,2	489	0,2	0	0,0	8.558	3,8	
Çerkeş	2.400	1,1	3.086	1,4	1.985	0,9	192	0,1	19.921	8,7	9.093	4,0	659	0,3	0	0,0	29.673	13,0
Eskipazar	1.694	0,7	2.200	1,0	9.132	4,0	0,0	6.071	2,7	10.976	4,8	238	0,1	0	0,0	17.285	7,6	
İlgaz	8.396	3,7	4.778	2,1	5.735	2,5	60	0,0	22.307	9,8	6.252	2,7	1.215	0,5	197	0,1	29.971	13,2
K.hamam	2.649	1,2	7.037	3,1	0,0	0,0	0,0	15.482	6,8	9.511	4,2	1.820	0,8	8	0,0	26.821	11,8	
Nallıhan	14.382	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14.382	6,3	5.947	2,6	2.189	1,0	335	0,1	22.853	10,0	
Toplam	44.400	19,5	51.598	22,7	46.193	20,3	292	0,1	142.485	62,6	65.230	28,6	16.491	7,2	3.520	1,5	227.726	100,0

Araştırma amacı doğrultusunda Ankara OBM endüstriyel odun açık artırmalı satışlarının dosyalarından derlenen verilerden ve ürünlerin yer aldığı depolardan araştırma materyali olarak yararlanılmıştır. Bunlara ek olarak; müşterilerin beklentilerini ve sorunlarını sorgulamaya ve mevcut durumu yansıtmaya yönelik olarak araştırma ekibince düzenlenen iki ayrı anket ve bir depo gözlem formu araştırmanın özgün materyalini oluşturmuştur. Bu özgün materyalin tasarımı, öncelikle başka bölge veya işletmelerde gerçekleştirilen benzer araştırmalar (Dilsiz, 2008; Öztürk, 2010; Kök, 2010) incelenmiş ve bu araştırmaya özel “açık artırmalı satış beklentileri ve memnuniyeti (satış anket)” ve “müşteri firma - orman işletmeleri etkileşimi (firma anket)” formları tasarlanmıştır.

Satış anket formu, üç bölümden oluşmuştur. İlk bölümünde satışlara katılan müşterilerin satışlarda yer alan satış partileri hakkında bilgi kaynağı, standarda uygun olan ve olmayan partiler ile pazarlığa kalması veya rekabetin yüksek olması beklenen partiler hakkında düşünceleri sorgulanmıştır. İkinci bölümde ise satış partileri ve satışın nitelikleri hakkında müşteri kanaatlerini, 5 noktalı cevap ölçeğiyle (kesinlikle katılmıyorum-kesinlikle katılıyorum arasında), öğrenmeye yönelik 11 madde yer almıştır. Son bölümde ise, müşterilerin açık satışla, odun hammaddesi tedarikiyle ilgili olarak orman işletme müdürlüklerinden beklentileri, kurumsal sorunları ve önerileri sorgulanmıştır.

Firma anket formu ile müşteri firmaların talep ve beklentilerine ilişkin ayrıntılar öğrenmek istenmiştir. Bu anket formunda öncelikle müşteri firmaların nitelikleri, üretim yapıları, kurulu ve fiili odun işleme kapasiteleri, hammadde ihtiyaçları, temin kaynağı, menşei, ürün çeşidi, ağaç türü, kalite sınıfı, çap, boy, stok, sertifika vb. açılardan odun hammaddesi tercihleri ve nedenleri sorgulanmıştır. Bu formun devamında, müşterilerin orman işletmesi, depo, açık artırmalı satış bilgi kaynağı, satış yöntemi tercihleri, orman işletmelerinin odun hammaddesi pazarlama ve satış süreçlerine yönelik memnuniyetleri ve OİM’leri ile yaşadıkları odun hammaddesi tedarik süreci sorunları, beklentileri ve önerilerine ait veriler toplanmıştır.

Araştırmada kullanılan üçüncü form, açık artırmalı tomruk satış partilerinin kalite sınıflarının uygunluğu, tazeliği, gözdeliği, istif düzenine ilişkin bilgileri toplamak üzere tasarlanan “depo gözlem” formudur. Bu formda, her bir 3SNB tomruk satış partisinde alt ve üst kalite sınıflarına ait tomruk bilgileri adet olarak, diğer niteliksel bilgiler ölçek

kullanılarak kaydedilmiştir. Satış partisinin kalite sınıfına uygunluğu; çap ve boy nitelikleri göz önüne alınarak, satışta gözde olması beklenmiyorsa 0, bekleniyorsa en düşükten yüksekçe doğru artan, 3 noktalı ölçekle puanlanmıştır. Her bir satış partisindeki ürünün tazeliği ise, en düşükten yüksekçe, 5 noktalı ölçekle değerlendirilmiştir.

2.2. Veri toplama

Satış anket çalışması, 28.03.2017-23.05.2018 tarihleri arasındaki 14 ay süresince Çizelge 2’de yer alan orman işletmelerinde ve dağılımda gerçekleştirilmiştir. Çizelge 2’den görüldüğü gibi, orman işletmelerinin açık artırmalı satışlarına katılmış 147 alıcıya “satış anket” formu uygulanmıştır.

Araştırmada alıcı firmaların özellikle fiili ve atıl kapasitelerini öğrenerek, daha etkin talep analizleri ve değerlendirmesi yapabilmek üzere, bir yıl içinde mal almış tüm alıcı firmalarla, tam sayım şeklinde bir başka anket daha yapılması hedeflenmiştir. Ancak, satış öncesi, sonrası ve hatta firma ziyaretleriyle yüz yüze görüşme ve postalama ile veri toplama denemelerinin tamamı uygulanmasına rağmen, sadece 46 firmaya “firma anketi” yapılabilmektedir. Eksik cevaplar nedeniyle geçersiz düşüldüğünde, 37 geçerli firma anket verisi elde edilmiştir.

Anket çalışmalarının yürütüldüğü 14 aylık dönemde depo gözlemleri de gerçekleştirilmiştir. Her biri orman mühendisi unvanına sahip, araştırma kurumunda çalışan, fakat işletmecilik deneyimine sahip, araştırma amaç ve kapsamı hakkında bilgilendirilmiş beş deneyimli gözlemci tarafından gerçekleştirilen Karaçam, Sarıçam ve Göknar 3SNB tomruk satış partilerinin kalitesi incelenmiştir. Depo gözlemlerinin OİM’lere dağılımı Çizelge 2’nin son dört sütununda verilmiştir.

2.3. İstatistik analizler

Anket formlarının verileri aritmetik ortalama ve yüzde analizi gibi betimleyici istatistiklerle değerlendirilmiştir. Anket formlarında memnuniyet içeren sorulara verilen cevapların ortalama değerleri değerlendirilirken, Best (1970)’in önerisi dikkate alınarak, 1-5 arasında 0,80 aralıklı puan ölçeği (En düşükten yüksek seviyeye 1,00-1,80 çok düşük, 1,81-2,60 düşük, 2,61-3,40 orta, 3,41-4,20 yüksek, 4,21-5,00 çok yüksek) kullanılmıştır.

Çizelge 2. Satış anketi ve depo gözlemlerinin işletmelere dağılımı

Orman işletmeleri	Açık satış sayısı	Satış anket sayısı	Depo gözlemi yapılan satış partisi sayıları			Toplam
			Karaçam	Sarıçam	Göknaar	
Ankara	2	4	1	25		26
Beypazarı	7	28	68	92	30	190
Çamlıdere	9	23	48	264	132	444
Çankırı	3	12	107	13	1	121
Çerkeş	9	24	45	45	213	303
Eskipazar	4	9	3	28	8	39
İlgaz	9	16	122	115	120	357
Kızılcahamam	6	7	15	69	93	177
Nallıhan	5	24	183			183
Toplam	54	147	592	651	597	1840

3. Bulgular

Müşterilerin beklenti ve tercihlerine ilişkin talep yanlı bulgular, mümkün olduğunca araştırma alanının üretim yapısını gösteren arz yanlı bulgularla birlikte aşağıda verilmiştir.

3.1. Ankara OBM müşterisi firmaların kuruluş yeri ve pazarı

Firma anket çalışmasından elde edilen verilere göre, müşterilerin büyük bölümünün (%43,2) tesisleri Ankara, Altındağ'da yer alan Siteler bölgesindedir. Bunun dışında, alıcıların %37,8'inin emvali naklettikleri tesisleri Ankara OBM sınırları içinde kalan diğer ilçelerde ve %27'si ise OBM sınırları dışındadır.

Müşterilerin tamamı satın aldıkları emvali işleyerek, %6,25'i ise hem işleyerek hem de işlemeyen satmaktadır. Alıcıların %67'si doğramalık, %62'si inşaatlık, %38'i ahşap ambalaj, %3'ü kereste imalatı yapmaktadır. Yine müşterilerin %43,8'inin mal karmasında ilk sırada doğramalık, %31,3'ünün inşaatlık, %18,8'inin ise ahşap ambalaj ürünleri yer almaktadır.

Ankara OBM müşterilerinin %65'inin en önemli pazarı, yine Ankara ilidir. Ankara'yı %12 ile İstanbul izlemektedir. Kayseri, Aksaray, Çankırı, Kırıkkale gibi İç Anadolu Bölgesindeki iller, Malatya, Adana, Çorum ve İzmir, Ankara OBM müşterilerinin ürün tedarik ettiği diğer illerdir. Ayrıca Kuzey Afrika ülkelerine ihracat yapan firma da bulunmaktadır.

Ankara OBM müşterilerinin ürünlerini satın alan alıcıların bir kesiti Şekil 1'de verilmiştir. Müşterilerin pazarında en fazla müteahhitler ile ara ve nihai mallar üretmek üzere müşterilerin ürünlerini işleyen alıcılar hâkimdir.

3.2. Müşterilerin endüstriyel odun tercihleri

Müşterilerin ağaç türü olarak hammadde tercihleri sorgulandığında %94'ünün Sarıçam'ı, %75'inin Karaçam'ı, %81'inin ise göknarları tercih ettiği görülmüştür. Alıcıların %69'u hem Sarıçam hem Karaçam alırken, %62'si bu türelere ek göknarları da satın alabilmektedir. Satın almada müşterilerin en çok tercih ettikleri ürün çeşitlerine bakıldığında; tomruk (%87), kâğıtlık odun (%40), maden

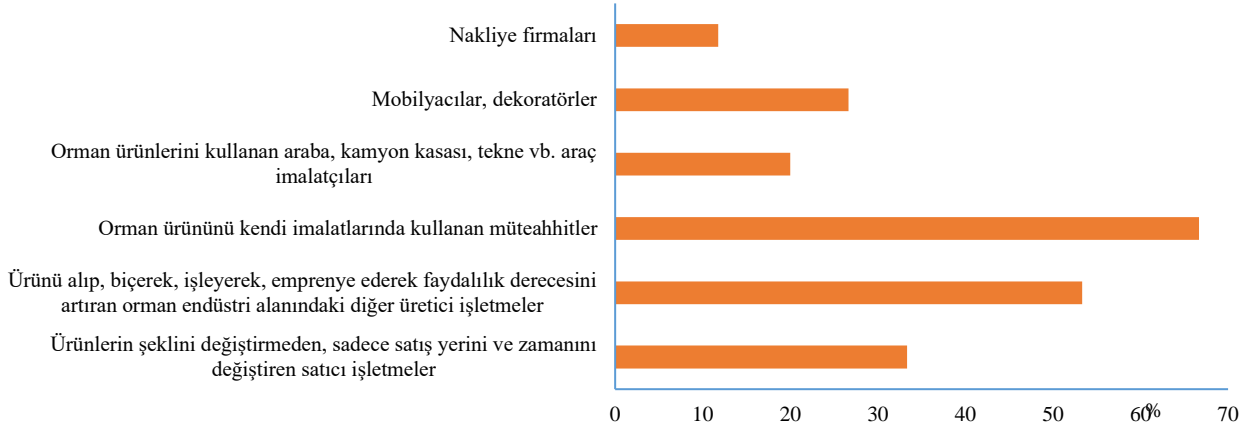
direği (%27) ve tel direk (%20) şeklinde bir tercih sırası ortaya çıkmaktadır (Şekil 2). Buna karşılık, işletmelerin arz ettikleri ürünler de Şekil 2'de gösterilmiştir. İşletmelerin tomruk arzı müşteri beklentilerine uygun fakat miktar olarak yetersiz görünmektedir. Alıcıların, Tel direk, maden direği ve sanayi odunu taleplerine karşılık işletmenin bu ürünlerde üretimi kestiği görülmektedir.

Müşterilerin en çok aradıkları, tercih ettikleri tomruk sınıfları çoktan aza doğru, %57 ile üçüncü sınıf tomruk, %18 ile ikinci sınıf, %12 ile birinci sınıf tomruktur. Müşterilerin %13'ü ise tomruk sınıfının fark etmediğini belirtmiştir. Buna karşın, müşterilerin %80'i üçüncü sınıf tomruk bulabildiğini açıklamıştır. Buna karşın Ankara OBM tomruk arzı incelendiğinde; Bölge Müdürlüğünde iki yılda gerçekleşen tomruk arzının % 96,05'i üçüncü sınıfken, % 3,91'i ikinci, sadece % 0,03'ü birinci sınıf tomruk olarak bulunmuştur. Toplam arzın %80'i 3SNB tomruktur. Birinci sınıf tomruk üretimi yok denecek kadar azdır. İki yılda 1.700 m³ Karaçam, 2.700 m³ Sarıçam ve 1.200 m³ göknar 2. Sınıf tomruk arzı söz konusudur. Ayrıca 7.000 m³ Sarıçam ve 8.000 m³ göknar 3. Sınıf uzun boy (3SUB) tomruk açık artırma satılmıştır. Sarıçam ve göknar 3SUB tomruk satışında Çamlıdere OİM belirgin olarak diğerlerinden öndedir. Üçüncü sınıf kısa boy (3SKB) tomruk arzı, 3SNB ve 3SUB tomruktan sonra, en fazla arz edilen odun çeşididir. Satışa sunulan Karaçam 3SKB tomruk ise 2.900 m³, Sarıçam 3SKB tomruk 2.500 m³ ve göknar 3SKB tomruk ise 500 m³'tür.

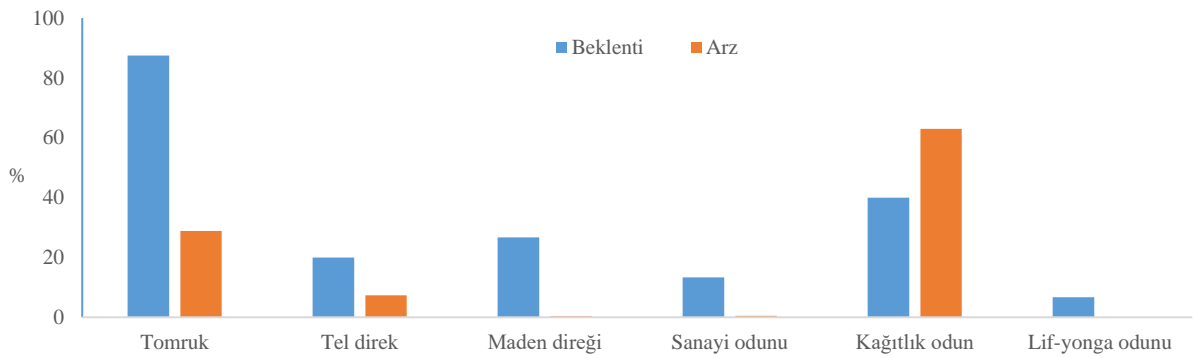
3.3. Ankara OBM müşterilerinin tesislerinin kapasite kullanımı ve stok yönetimi

Firma anket çalışmasına katılan müşterilerin %32'sinin yanıt vermediği, kapasiteyle ilgili soruya göre, alıcıların kurulu odun işleme kapasitesi, ortalama 34.846 m³/yıl, ortalama fiili kapasiteleri ise 24.950 m³/yıl'dır. Kapasite kullanma oranı %72'dir. Bu soruyu yanıtlayanların yarısının odun işleme kapasitesi 10.000 m³/yıl üzerindedir. %24'ünün ise yıllık 20.000 m³ üstü kapasiteye sahip olduğu bulunmuştur. Katılımcıların %64'ü, atıl kapasiteye neden olarak hammadde yetersizliğine, %54'ü ise piyasa istikrarsızlığına vurgu yapmaktadır (Şekil 3).

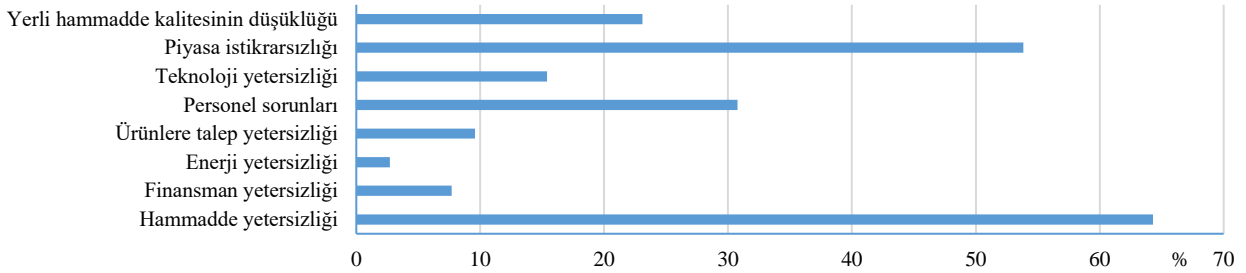
Hammadde yetersizliğinden kaynaklı atıl kapasitesi olanlara, bunun gerekçeleri sorulduğunda, katılımcıların büyük bölümü yerli hammaddenin pahalı olması ve arz açığı içerikli cevaplar vermiştir (Şekil 4).



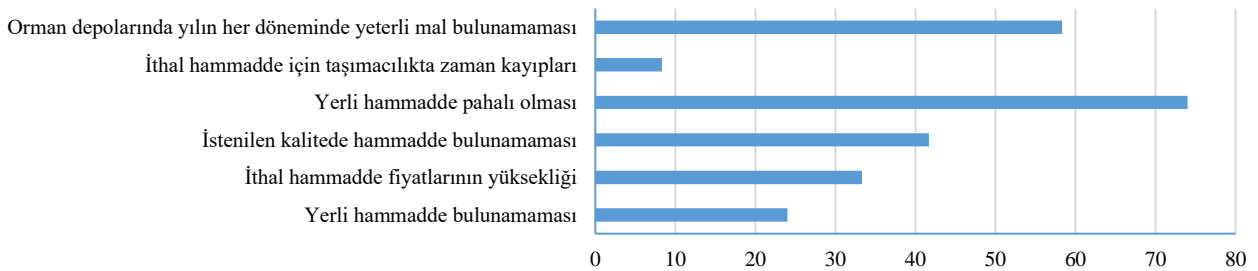
Şekil 1. Ankara OBM endüstriyel odun müşterilerinin alıcıları (%)



Şekil 2. Odun çeşitleri açısından müşteri beklentileri ve Ankara OBM arzının dağılımı (%)



Şekil 3. Atıl kapasite nedenleri (%)



Şekil 4. Hammadde yetersizliğinin nedenleri (%)

Ankara OBM müşterisi firmaların %76'sı stokta odun hammaddesi bulundurmaktadır. Alıcıların hammadde stokları sonbahar (988 m³) ve bahar aylarında (812 m³) yılın en yüksek düzeylerine erişmektedir. Kış aylarında 708 m³, yaz aylarında ise 275 m³ stok bulundurulmaktadır. Hammadde yetersizliğinin en fazla hissedildiği aylar sorgulandığında, Şekil 5'te kış mevsiminden çıkış ile bahar aylarında en yüksek seviyeye çıktığı, yaz sonuna kadar bu yetersizlik halinin sürdüğü görülmektedir. Şekil 5'te alıcı stokları ile orman işletmelerinin arz düzeylerini karşılaştırmak için satılan tomruk düzeylerinin, ağaç türlerine göre aylık dağılımı verilmiştir. Arz olanakları arttıkça doğal olarak hammadde yetersizliği olduğunu düşünenlerin oranı azalmaktadır.

3.4. Müşterilerin tedarik kanalları ve satış yöntemi tercihleri

Firma anketine göre, müşterilerin %88'i fiili kapasitelerinin gerektirdiği odun hammaddesini OİM depo satışlarından, %56'sı odun ithalatçısı tüccarlardan, %50'si yerli odun hammaddesi satıcılarından, %25'i dikili satışlardan tedarik etmektedir. Alıcıların %5'i ise kendisi hammadde ithal ederek endüstriyel odun gereksinimini karşılamaktadır. Bununla birlikte işledikleri odun hammaddesi miktarına göre tedarik kaynakları incelendiğinde yine aynı sırada fakat farklı düzeylerde tedarik davranışının sergilendiği görülmektedir.

Satış yöntemi açısından müşterilerin %87'si, OİM'lerinin odun hammaddesi satışlarında sonradan - depodan satış yöntemini tercih etmektedir. Ayrıca %27'si dikili satışları,

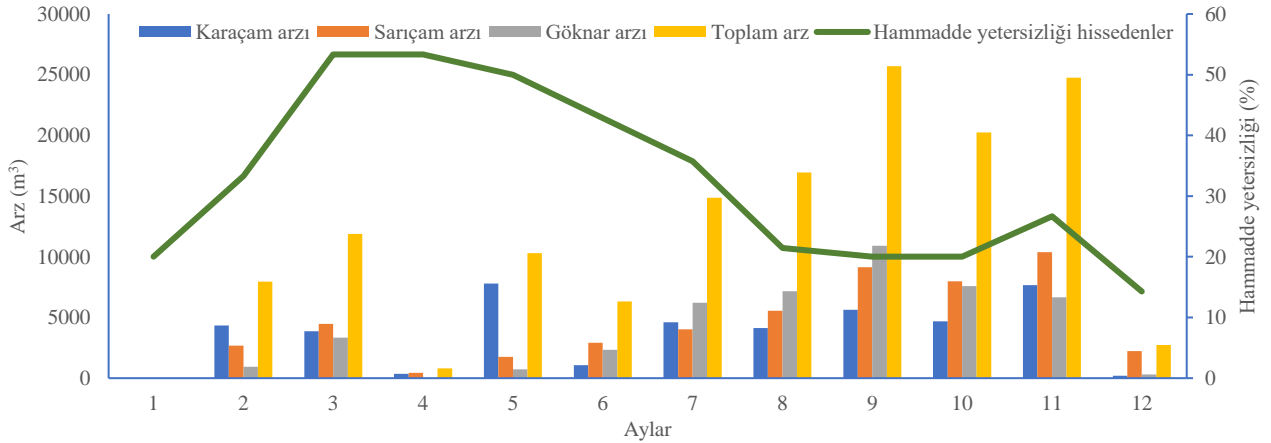
%13'ü ise sonradan-rampa satışlarını tercih ettiğini bildirmiştir.

Dikili satıştan odun hammaddesi tedarik eden müşterilerin bu satış yöntemini tercih nedenlerinin başında istedikleri ölçülerde boylama yapma olanağı (%50) gelirken, diğer nedenler olarak, depolarda hammadde yetersizliğini ve dikili alım maliyetinin çok az da olsa düşüklüğü gösterilmiştir. İthal odun hammaddesi kullananlar ise, tercih nedeni olarak, ithal odun hammaddesinin kaliteli olması (%38), yerli hammadde yetersizliği (%31), ucuz olma (%23) ve müşteri ihtiyaçları (%15) gerekçelerini sıralamıştır.

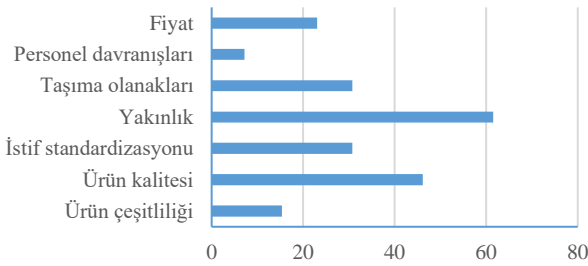
3.5. Müşterilerin orman işletmesi ve depo tercihleri

Müşterilerin açık artırmalı satışlarda Karaçam tomruk için en çok tercih ettikleri OİM'ler sırasıyla Tosya, Çamlıdere, Nallıhan, Beypazarı, Kızılcahamam ve Kastamonu'dur. Sarıçam tomruk için en fazla Çamlıdere, Beypazarı, Tosya, Kızılcahamam, Gerede ve Aladağ OİM'leri tercih edilmektedir. Gökmar tomruk için ise müşteriler en çok Çamlıdere, Beypazarı, Tosya ve Kastamonu OİM'leri tercih ettiklerini bildirmiştir. Müşterilerin bu OİM'lerini tercih nedenleri sorgulandığında yakınlık ve ürün kalitesine vurgu yaptıkları görülmüştür (Şekil 6).

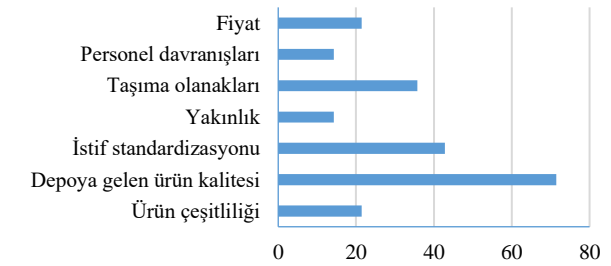
Müşterilerin %80'i odun hammaddesi satın alırken aynı işletme içinde belirli orman işletme depolarını tercih ettiklerini belirtmiştir. Nedenleri sorgulandığında depodaki ürün kalitesi, ürün standardizasyonu ve taşıma olanaklarının tercihlerinde etkili olduğu görülmüştür (Şekil 7).



Şekil 5. Aylara göre hammadde arzı ve yetersizliği



Şekil 6. Müşterilerin açık artırmalı tomruk satışlarında OİM tercih nedenleri (%)



Şekil 7. Müşterilerin açık artırmalı tomruk satışlarında depo tercih nedenleri (%)

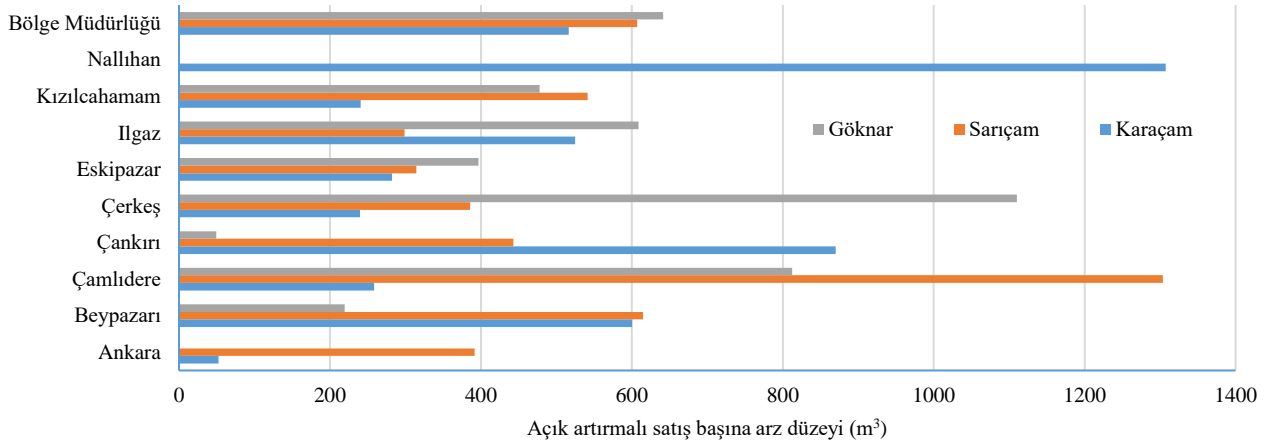
3.6. Müşterilerin tomruk satışları parti ve istif tercihleri

Müşterilerin büyük bölümü (%88), açık artırmalı odun hammaddesi satışlarına katılma kararlarını arz edilen toplam emval miktarının etkilediğini açıklamıştır. Eşik değerler sorgulandığında satışa çıkan tomruk miktarının Karaçam'da 2.463 m³, Sarıçam'da 3.182 m³, ve göknarlar için 2.314 m³ düzeyinde olması katılma kararlarını desteklemektedir. Buna karşın, Ankara OBM'ne bağlı orman işletmeleri ve bölge düzeyinde bir açık artırmalı satışta sunulan ortalama tomruk miktarı Şekil 8'de verilmiştir.

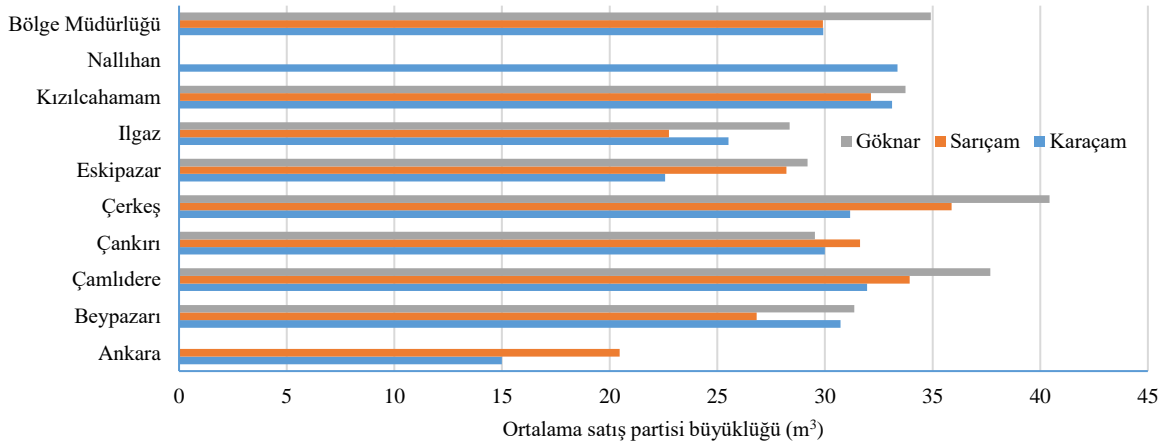
Müşteriler için ideal satış partisi büyüklüğü ortalama değeri; üç ağaç türü için de yaklaşık 50 m³/parti, ortalama

değeri ise 40 m³/parti'dir. Diğer yandan, ortalama tomruk satış partisi büyüklükleri işletmeler ve bölge müdürlüğü düzeyinde karşılaştırmalı olarak Şekil 9'da sunulmuştur.

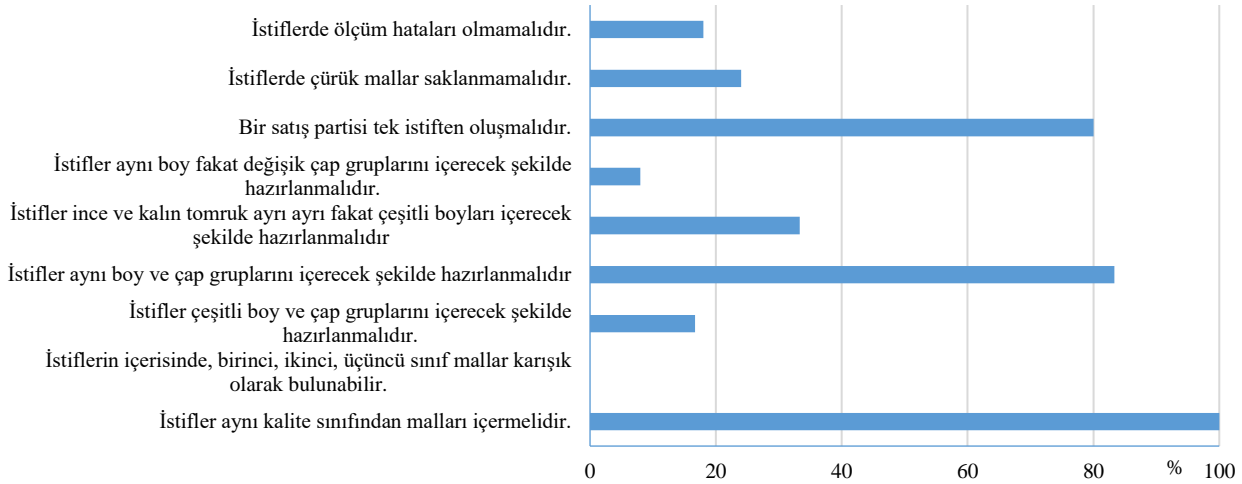
Müşterilerin istif tercihleri de sorgulanmıştır. Şekil 10'a göre müşterilerin tamamı bir istifin aynı kalite sınıfından mal içermesi gerektiğini, %83'ü de aynı çap ve boy gruplarını içerecek şekilde hazırlanmasını istemektedir. %80'i ise bir satış partisinin tek istiften oluşması ve istif büyüklüğünün 35 m³'ten az, 40 m³'ten fazla olmaması gerektiğini düşünmektedir. Müşteriler, istiflerde kesinlikle sınıf paçalı istememekte fakat çok küçük bir kısmı (%8) çap paçalına olumlu bakmaktadır.



Şekil 8. İşletmelerin ve bölgenin açık artırmalı satış başına tomruk arzı



Şekil 9. Orman İşletme ve Bölge Müdürlüğünün ortalama tomruk satış partisi büyüklüğü



Şekil 10. Müşterilerin tomruk istif tercihleri (%)

Müşterilerin beklentilerinin gerçekleşme tarafında ise, satış partisi başına istif sayıları incelendiğinde Ankara, Çamlıdere, Çankırı, Eskipazar, Ilgaz ve Kızılcıhamam işletmelerinde satış partilerinin bir istiften oluştuğu, Karaçam tomruk satış partilerinin Beypazarı işletmesinde %0,5'inin, Nallıhan'da %2,6'sının, Çerkeş'de %18,2'sinin birden fazla istiften oluştuğu hesaplanmıştır. Çerkeş işletmesinde ayrıca Sarıçam satış partilerinin %7'si, göknarların satış partilerinin %6,4'ü birden fazla istif içermektedir.

Şekil 11'de Ankara OBM müşterilerinin tomruk boyu tercihlerinin dağılımı verilmektedir. Tüm ağaç türlerinde müşterilerin yarıya yakını normal boy tomruk tercih etmektedir. Göknarlarda azalan normal boy tercihinin, özellikle uzun boy ve özel boy tercihleriyle telafi edildiği görülmektedir. Karaçam müşterilerinin yarıya yakını, tomruk boyunun fark etmediğini ifade etmiştir. Özel boy tercihleri incelendiğinde Karaçam tomrukta müşterilerin %25'inin 2,25-2,50 m, 6 m ve 8 m tomruk talep ettikleri görülmüştür. Sarıçamda ise müşterilerin %27'sinin 2,25-2,50 m, 3 m, 4 m ve 6 m özel boy tercihlerinin olduğu belirlenmiştir. Göknarlarda ise müşterilerin 2,25-2,50 m, 4 m ve 6 m özel boy tercihleri olduğu belirlenmiştir. Şekil 11'de, satış öncesi bilgi cetvellerinden elde edilen verilerle Ankara OİM'lerinin arz ettikleri tomrukların boy dağılımı da görülmektedir. İşletmelerin beklentinin üstünde normal boy tomruk üretirken, kısa ve uzun boy beklentilerini karşılayamadıkları anlaşılmaktadır.

Boy sınıfları aynı olsa da satış partileri farklı boylarda tomruklar içerebilmektedir. İşletmeler ve bölge müdürlüğü düzeyinde birden fazla boy tomruktan oluşan satış parti adetlerinin yüzde değerleri Şekil 12'de gösterilmiştir. Birden fazla boy içeren partilerin hacimsel büyüklüklerine göre gösterilen dağılım da Şekil 12 ile benzer bir tablo ortaya koymaktadır. Eskipazar işletmesi farklı boylardan satış partisi oluşturmakta diğer işletmelere göre daha az duyarlı görülmektedir.

Şekil 13'de Ankara OBM müşterilerinin tomruk çapı tercihlerinin dağılımı verilmektedir. Müşterilerin çap sınıfı tercihleri incelendiğinde üç ağaç türü için de talebin orta çap sınıfına yöneldiği görülmektedir. Aynı şekilde, işletmelerin

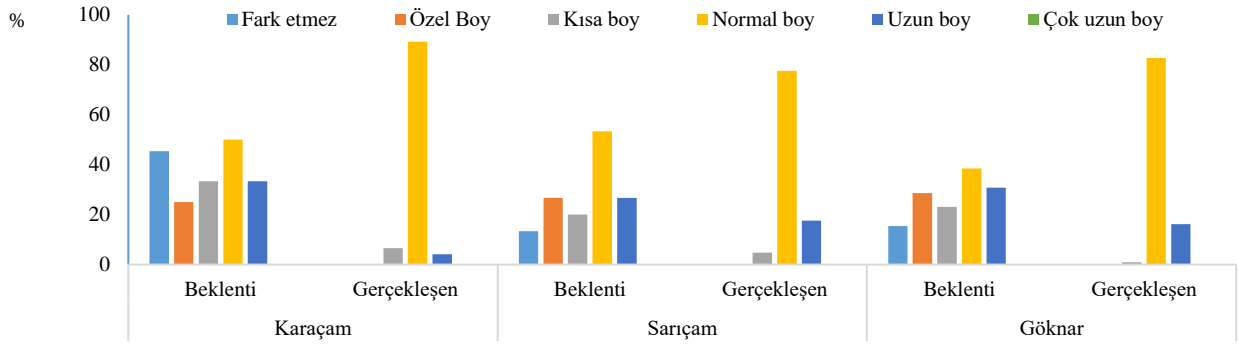
arz gerçekleştirmeleri incelendiğinde, Ankara OBM'nin arz ettiği tomruklar içerisinde, uygulamada "paçal" diye tabir edilen, sınıfı karışık ürünlerin yüksek payı dikkat çekmektedir.

Müşterilerin ibreli tomruk standartlarına yönelik tercihlerini öğrenmek için eski, yeni ve fiili durumla ilgili standart numaraları seçenек olarak sunulmuştur. Müşterilerin %46'sı mevcut uygulamadaki standardın devamını, buna karşın %9'u mevcut uygulamanın dayandığı TS446 standardını tercih etmiştir. TS446 yerine Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) halen yürürlükte olan TS EN 1927-1/2 standardını da müşterilerin %9'u tercih etmiştir. Müşterilerin %31'i bilgisinin olmadığını ifade ederken, herhangi bir standarda gerek olmadığını düşünen müşteri bulunmamaktadır.

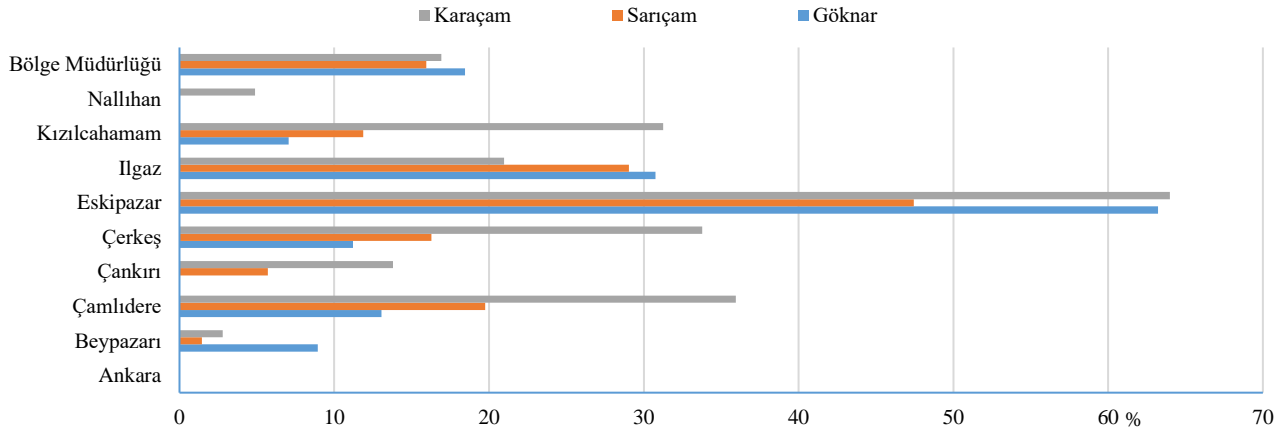
Müşterilerin sertifikasyona ilgilerini öğrenmek üzere, sertifikalı orman ürünlerine daha fazla ödemeyi kabul edip etmeyecekleri sorulmuştur. Müşterilerin sadece 1/3'ü sertifikalı ürünler için daha fazla ödeyebileceğini açıklarken, %38'inin fikrinin olmadığını ifade etmesi dikkat çekicidir.

3.7. Müşterilerin nakliye tercihleri

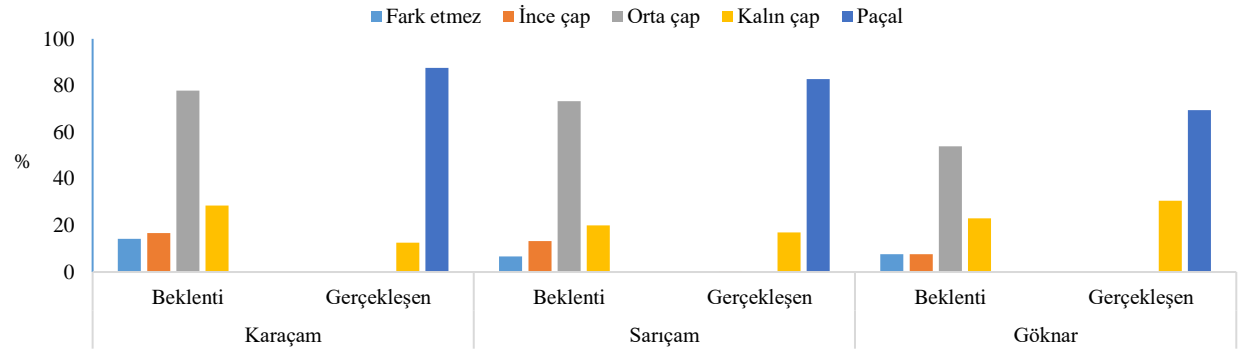
Müşterilerin %87'si, satın aldıkları odun hammaddesinin depolardan taşınmasında nakliyat firmalarından yararlanırken, %38'i yerel köy kooperatiflerine taşıtmakta, %8'i kendi araçlarını kullanmaktadır. Bununla birlikte, müşterilerin %47'si nakliyatta sorun yaşadığını belirtmiştir. Müşterilerin nakliye sorunlarının yarısı, köy kooperatiflerinin aşırı yüksek fiyatla taşıma yapmak istemesi ve başka nakliyecilerin mal taşımalarına tepki göstermeleriyle ilgilidir. Ayrıca nakliyecinin maliyeye ilgili sorunlarından müşterilerin sorumlu tutulması, nakliye bedellerinin genel olarak yüksekliği ve orman depolarının 7/24 açık olmaması sorunları da müşteriler tarafından dile getirilen problemlerdir. Depo ve rampalardan yükleme ve taşıma birim fiyatları konusunda kooperatifler veya işçilerle sorunları sorgulandığında, müşterilerin %53'ü ne yüklemeye ne de taşımada sorun yaşamadıklarını bildirmiştir. Müşterilerin yüklemeye yaşadığı sorunlar taşıma ile benzerdir.



Şekil 11. Müşterilerin tomruk boyu beklentileri ve Ankara OBM arzının boy sınıflarına dağılımı (%)



Şekil 12. Birden fazla boy tomruğa sahip satış partilerinin satışa çıkan tüm partilere oranı (%)



Şekil 13. Müşterilerin tomruk boyu tercihleri ve Ankara OBM arzının çap sınıflarına dağılımı (%)

3.8. Açık artırmalı satış bilgi kaynakları

Firma anket çalışmasına göre, müşterilerin orman işletme müdürlüklerinin açık artırmalı satışlarını öğrendikleri araçların başında internet (%93) gelmekte, bunu telefon (%40) izlemektedir. Mektup, faks gibi araçların kullanım oranları oldukça düşüktür. Satış anket çalışmasına göre ise, müşterilerin hemen hemen tamamı (%99) teminat yatırdıkları satış partileri hakkında bilgi sahibidir. Nallıhan OİM (%95) dışındaki tüm işletmelerde müşterilerin tamamı bilgi sahibi olduklarını ifade etmiştir. Bununla birlikte müşterilerin %94'ü teminat yatırdıkları partileri depoda incelediğini, %3,7'si fotoğraflarını incelediğini; %0,7'si işletme yöneticilerinden, %2,2'si depo sorumlusundan bilgi aldığını;

%1,5'i ise diğer müşteriler gibi başka kaynaklardan yararlandığını bildirmiştir.

3.9. Pazarlama yaklaşımı ve açık artırmalı satışlardan memnuniyet

Firma anket çalışmasına göre, müşterilerin hem orman işletmelerinin pazarlama anlayışından (3,13), hem de mevcut odun hammaddesi satış süreçlerinden memnuniyet seviyeleri (3,06) orta (ne memnun ne de değil) düzeydedir.

Satış anket çalışmasına göre, müşterilerin satış partilerinin özelliklerinden memnuniyet düzeyleri Çizelge 3'te verilmiştir. Katılımcıların %1,7'si sorgulanan satış ve parti nitelikleri hakkında fikri olmadığını belirtmiştir.

Ortalama değerler açısından Ankara OBM'deki orman işletmelerinde açık artırmalı orman emvali satışlarında müşterilerin memnuniyet düzeyinin satış partilerinin web sayfası ve görsellerinin yeterliliği açısından düşük olduğu, diğer bir ifadeyle memnun olmadıkları belirlenmiştir.

Ürün çeşitliliği açısından müşterilerin memnuniyeti genelde orta düzeydedir. Bununla birlikte, Çamlıdere işletmesinde yüksek, Eskipazar işletmesinde ise düşüktür. Ürün tazeliği açısından müşteri memnuniyeti de işletmeler arasında farklılaşmakla birlikte, Eskipazar'da oldukça düşükken, Nallıhan'da orta, diğerlerinde yüksek, Çankırı'da çok yüksektir. Ankara OBM düzeyinde memnuniyet ise yüksektir.

Ankara OBM'de standardizasyona uygunluk açısından, yüksek memnuniyet bulunan iki işletme hariç, orta düzey bir memnuniyet görülmektedir. Standardizasyona uygunlukla benzer bir kavram olan ürün kalitesi sorgulandığında müşteriler, Ankara OBM işletmelerinin ürünlerinin kalitesinden genel olarak orta düzeyde memnundur. Çankırı işletmesinin ürünlerinin kalitesi müşteriler tarafından düşük bulunurken, Çamlıdere, Beypazarı ve Kızılcahamam işletmelerinin ürün kalitesi yüksek olarak nitelendirilmiştir.

Ankara OBM'de ürün boyutları açısından çoğu işletmenin ürünlerinden müşteriler yüksek düzeyde memnunken, Bölge ortalama değeri de yüksektir.

Müşteriler satış partileri için belirlenen muhammen bedellerden Ankara işletmesi hariç orta, hatta çoğu işletmede

yüksek düzeyde memnundur. Satış zamanları arasında geçen süreden memnuniyet ise Ankara ve Eskipazar işletmelerinde düşük, genel olarak orta düzeydedir.

Satış depolarının ürünlerin sergileme ve incelemeye uygunluğu açısından müşterilerin memnuniyeti Ankara OBM genelinde yüksektir. Ankara işletmesinden bu açıdan müşteriler memnun değildir. Eskipazar, Çerkeş ve Beypazarı işletmelerinin depolarına yönelik müşteri memnuniyeti ise çok yüksektir.

Web sayfası ve görsellerin yeterliliği Ankara OBM'nin pazarlama çalışmalarında en zayıf olduğu konu olarak görülmektedir. Ankara ve Çankırı işletmelerinin sağladığı web görüntülerinden müşteriler kesinlikle memnun değildir. Satış görevlilerin davranışları açısından müşteri memnuniyeti Ankara işletmesinde orta düzeydeyken, diğer işletmelerin çoğunda ve hatta Bölge düzeyinde çok yüksektir.

3.10. Müşterilerin sorunları ve önerileri

Orman işletme müdürlüklerinden odun hammaddesi tedarik süreci ile ilgili müşterilerin diğer sorunları firma anket formu ile toplanarak, Çizelge 4'te dört grup altında derlenmiştir. Müşterilerin yarısının standardizasyon ve satış süreci ile ilgili sorunları dile getirdiği görülmektedir.

Satış anket çalışması yardımıyla elde edilen, müşterilerin açık artırmalı satışlar ile ilgili önerileri beş grup altında toplanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 3. Müşterilerin satış partilerinin özelliklerinden memnuniyet düzeyleri

Nitelikler	Fikri yok %	Müşterilerin memnuniyet düzeyleri										
		Ankara	Beypazarı	Çamlıdere	Çankırı	Çerkeş	Eskipazar	İlgaz	K.hamam	Nallıhan	AOBM	
Ürün çeşitliliği	0,0	3,00	3,21	3,90	3,00	3,25	2,33	3,07	3,29	3,38	3,25	
Bir önceki satış ile arada geçen süre	7,1	2,25	3,11	3,35	2,83	3,16	2,22	3,18	3,00	3,00	3,02	
Arz edilen tomruk miktarı	0,0	2,75	2,64	3,25	2,67	2,55	2,22	2,36	3,00	2,48	2,66	
Ürün kalitesi	0,0	3,25	3,61	3,80	2,58	3,35	2,89	3,07	3,43	3,19	3,32	
Ürün tazeliği	0,8	3,50	4,04	4,10	4,33	3,55	1,89	3,43	3,43	3,05	3,59	
Ürün boyutları	0,0	3,25	3,71	3,75	3,25	3,90	3,56	3,21	3,29	3,62	3,59	
Standardizasyona uygunluk	0,0	3,50	3,57	3,65	2,75	3,60	2,67	3,29	3,29	3,19	3,35	
Depoda sergi ve inceleme uygunluğu	0,8	2,33	4,36	4,10	3,42	4,40	4,44	3,86	4,00	4,05	4,08	
Web sayfası ve görsellerinin yeterliliği	8,9	1,00	2,33	2,95	1,40	3,21	3,22	2,42	3,71	1,85	2,55	
Muhammen bedeller	0,0	2,75	3,21	3,40	3,67	3,45	3,89	3,57	3,57	3,43	3,44	
Satış görevlilerinin davranışları	0,8	2,75	4,68	4,42	4,25	4,55	4,56	4,07	4,29	3,95	4,32	
İşletme Ortalaması	1,7	2,76	3,50	3,70	3,10	3,54	3,08	3,23	3,48	3,20	3,38	

1,00-1,80 çok düşük, 1,81-2,60 düşük, 2,61-3,40 orta, 3,41-4,20 yüksek, 4,21-5,00 çok yüksek.

Çizelge 4. Müşterilerin tedarik süreciyle ilgili sorunları

Arz yetersizliği (%34)	Satış süreci (%42)
<ul style="list-style-type: none"> Orman işletmelerinin odun hammaddesi arz yetersizliği, üretimin artmasının gerekliliği Ahşap ambalaj sektöründeki firma sayısının artmasına karşın hammadde yetersizliğinin fiyatları yükseltmesi İthal tomruğun girişindeki darboğazlar 	<ul style="list-style-type: none"> Teminatların yazılan partilere göre yatırılması Vekâletle ihaleye girişlerin sınırlandırılması İhalelerin saatinde yapılmaması Satış salonlarının yetersizliği Orman işletmelerinin muhammen bedeli belirlendikten sonra, artırmayla oluşan satış fiyatlarını beğenmemesi nedeniyle satışı iptal etmesi OİM'lerin personelinin yeterli yetkinlik ve yetenekte olmaması, iletişim sorunları, başka işlerle ilgilenmeleri Bankaların teminat mektubu vermemesi, kredi kullanmaya teşvik etmesi Beklenti, sorun ve şikâyetlerin dikkate alınmaması, istisna denilerek geçiştirilmesi
Standardizasyon (%47)	Dikili satışlar (%11)
<ul style="list-style-type: none"> İstiflerde çürük ve budaklı ürünlerin fazla olması Partilerin belirtilen ölçülerin altında olması Tomruk hacimlerinin doğru yazılmaması Depolarda sınıflandırmada karışıklık olması, örneğin 3. sınıf satış partilerinde kâğıtlıkların, çürük ve eğri ürünlerin olması Depo mallarında çürük çıktığında iade alınmaması Depoların denetlenmemesi 	<ul style="list-style-type: none"> Dikili satış ihalelerinde orman mühendisi çalıştırma zorunluluğu Dikili satışlarda verim hesaplamasında tutarsızlıklar Dikili satışta çürük veya hastalık çıktığında firmalara yardım edilmemesi Dikili satışlarda iş güvenliği ve sigorta sorumluluklarının yüklenilmesi

Çizelge 5. Müşterilerin açık artırmalı satışlar ile ilgili önerileri

Sorun/Öneri	%
Satış Partisi ve istif nitelikleri	14,3
– Satış partisi büyüklüğü 30-45 m3 arasında olmalı	1,4
– Partilerinde tomruklar ağırlıkla 1,50-2,50-3,00-4,00-5,00 ve 6,00 m boylarda olmalı	6,8
– Tomruk satış partileri ince ve kalın çap olarak ayrılmalı	4,8
– Satışlarda 1 ve 2. Sınıf satış partileri olmalı	1,4
Standardizasyon	25,9
– Çap ölçüm hataları olmamalı	10,2
– Emval boylarındaki ölçüm hataları olmamalı	3,4
– Baş kesme payları olmalı	3,4
– Tomruk satış partilerine kendi sınıfı dışı ürün konulmamalı	6,8
– Budaklı ürünler kâğıtlığa ayrılmalı	0,7
– Çam satış partilerinde Sarıçam- Karaçam ayırımına dikkat edilmeli	1,4
Satış usulü	11,6
– Açık artırmalı satışlarda daha çok ürün satışa sunulmalı	4,7
– Dikili satışlardaki usulsüzlükler önlenmeli	3,4
– 25.000 m3 emval işleyen firmalar tahsis aldığı için ihalelere katılamamalı	0,7
– İhaleler daha sık yapılmalı	0,7
– Telefon mesajı ile ihaleler haber verilebilmeli	0,7
– Satış süresi uzatılmalı	0,7
– Kredi kartları ile taksitli satış yapılmalı	0,7
Satış süreci	5,4
– ORBİS sayfalarında fotoğraflar daha yüksek kalitede görülmeli	4,7
– Muhasebe işlemleri daha hızlı olmalı	0,7
Depo düzeni	4,1
– Satış depolarına ulaşım kolaylığı sağlanmalı	2,0
– Satış partisi bayrakları sıralı olmalı	0,7
– Depolarda yükleme sorunu mutlaka çözülmeli	0,7
– Her mevsim depolara gidilebilmeli	0,7

Müşterilerin %25'i standardizasyon sorunlarına yönelik önerilerini dile getirmektedir. %14'ü satış partisi ve istif nitelikleri konusunda taleplerini, %11'i satış usulünün iyileştirilmesi önerilerini, yaklaşık %10'u ise satış süreci ve depo düzeni ile ilgili beklentilerini açıklamıştır. Müşteriler birden fazla öneri sunabildiği bu soruda katılımcıların %46'sı herhangi bir öneri dile getirmemiştir.

3.11. Depo gözlemleri

Açık artırmalı satış öncesi orman işletmelerinin depolarında gerçekleştirilen ve üretilen “depo gözlem formaları” temel alınarak yapılan istif incelemeleri ile odun çeşitlerine göre satış partilerinin üst sınıf ve alt sınıftan içerdikleri tomrukların hacim oranı (üst sınıf % ve alt sınıf %), gözde (0-3) ve tazeliklerine (1-5) ilişkin ortalama değerler belirlenmiş ve Çizelge 6'da verilmiştir. Birden fazla deposu olan işletmeler için depoların ortalama değerleri dikkate alınmıştır.

Çizelge 6'ya göre, üç odun çeşidi için de, bölge ve OİM düzeyinde depolarda satış partilerinin içinde üst ve alt sınıftan tomrukların hacim oranı yasal sınır olan %7'yi aşmamaktadır. Karaçam 3SNB tomruk satış partilerinin tazelik ölçüğü ortalamalarına göre Çamlıdere OİM deposu, Sarıçam 3SNB tomruk satış partilerinin tazeliğinde, üretim yoğunlukları az olan Çankırı ve Ankara OİM'lerinden sonra Beypazarı OİM depoları, göknar 3SNB tomruk satış partilerinin tazeliğinde Çerkeş OİM en yüksek puanlara sahip olmuştur. Oransal olarak en gözde satış partilerine ise, Karaçam 3SNB tomruklarda Nallıhan OİM, Sarıçam 3SNB tomruklarda Eskipazar OİM, göknar 3SNB tomruklarda ise Çerkeş OİM ihalelerinde karşılaştığı belirlenmiştir.

4. Tartışma

Kurum için daha fazla finansal kaynak yaratmanın tek yolu, daha fazla odun hammaddeyi üretmek değildir (Kaya ve Ok, 2021). Daha başarılı bir pazarlama yönetimiyle, aynı düzeydeki üretimden, daha yüksek kaynak sağlanabileceği açıktır. Kısa dönemde verimli orman alanını artırmak, odun üretimine daha fazla yer verebilmek noktalarında ciddi kısıtlar altındaki OGM'nin, arz yanlı bakışını, talep yanlı stratejilere çevirmesi gereklidir. Bugün için müşterilerin ne istediğini tam anlamadan, hatta bu çabayı kurum için bir yük gören bakışla çağdaş bir orman işletmeciliği yapmak olanaksızdır. Bu nedenle, OGM'nin de pazarlamanın güncel içeriğine uygun bir anlayış içerisinde faaliyetlerini yürütmesi zorunludur. OGM'nin, pazarlamadan sorumlu daire başkanlığının görev tanımı incelendiğinde, Still ve Cundiff'in (1966) altmışlı yıllarda yaptığı pazarlama tanımına (*mal ve hizmetlerin üreticiden tüketiciye veya kullanıcıya akışını yönlendiren işletme etkinlikleri*) uygun davrandığı açıkça görülmektedir. Oysa OGM'nin pazarlama alanında referans bir kurum kabul edilen Amerikan Pazarlama Derneğinin tanımında belirtildiği gibi, “müşteriler, muhataplar, ortaklar ve en geniş anlamda toplum için değerli yaratımlar, iletişimler, dağıtımlar ve değişim teklifleri ortaya koyan, etkinlik, kurumlar bütünlüğü ve süreçleri” (AMA, 2023) kapsayan bir pazarlama anlayışı geliştirmesi zorunludur. Bu değişikliğin başlaması gereken yerlerden biri de müşterilerin izlenmesi noktası olmalıdır.

Ankara OBM müşterilerinin %75'i Bölge içindedir. Bu açıdan Artvin OBM ile benzer (Öztürk 2010), Antalya'dan ise farklı (Kök, 2010) bir durum göstermektedir.

Çizelge 6. Depo gözlemlerine ilişkin ortalama değerler

Ürünler	Kalite	Bölge	Bölge									
			Ankara	Beyşehir	Çamlıdere	Çankırı	Çerkeş	Eskipazar	İlgaz	Kızılcahamam	Nallihan	
Karaçam	Üst sınıf %	0,90	0,00	2,15	0,35	0,22	0,78	0,00	1,11	0,07	0,84	
	Alt sınıf %	0,56	4,49	0,45	0,17	0,59	0,41	2,43	0,95	1,01	0,36	
	Gözde	0,58	0,00	0,59	0,51	0,24	0,65	0,67	0,48	0,74	0,76	
	Taze	3,34	2,00	3,52	3,60	3,15	3,40	2,67	3,44	3,21	3,23	
Sarıçam	Üst sınıf %	0,63	0,00	1,13	0,46	0,68	0,66	0,39	0,91	0,48		
	Alt sınıf %	0,61	1,52	0,46	0,30	0,45	0,75	1,62	0,98	0,56		
	Gözde	0,59	0,28	0,59	0,56	0,64	0,42	0,88	0,66	0,68		
	Taze	3,46	3,92	3,70	3,32	4,45	3,66	3,02	3,55	3,31		
Gökmar	Üst sınıf %	0,57		0,64	0,35	0,00	0,77	0,17	0,66	0,35		
	Alt sınıf %	0,50		0,21	0,40	0,44	0,63	2,70	0,33	0,49		
	Gözde	0,59		0,47	0,52	0,00	0,75	0,13	0,46	0,58		
	Taze	3,51		3,20	3,49	2,00	3,61	2,81	3,49	3,52		
Ortalama Üst sınıf %	0,70	0,00	1,43	0,41	0,28	0,76	0,32	0,89	0,38	0,84		
Ortalama Alt sınıf %	0,56	1,63	0,41	0,31	0,57	0,61	1,90	0,75	0,56	0,36		
Ortalama Gözde	0,59	0,27	0,57	0,54	0,29	0,69	0,71	0,53	0,63	0,76		
Ortalama Taze	3,44	3,85	3,55	3,40	3,30	3,59	2,95	3,49	3,41	3,23		

Ankara OBM müşterilerinin OİM tercihlerinde yakınlık ve ürün kalitesi öne çıkan özelliklerdir. Özen ve Alkan (2020) işletmelerin arz ettikleri mal miktarına bağlı olarak tercih edildiklerini söylerken, bu çalışmada Çerkeş OİM'nin en çok göknar tomruk arz eden işletme olmasına rağmen, müşterilerin başka işletmeleri daha çok tercih ettiği görülmüştür. Keza Karaçam ve göknar tomruk arzında Ilgaz işletmesinin Bölge içerisinde önemli yeri olmasına rağmen, öncelikli olarak tercih edilmemektedir. Bu nedenle, müşteri tercihlerinde arz miktarından başka standardizasyon, kalite, satış ortamı vb. unsurların da etkili olduğu dikkate alınmalıdır.

Araştırmada Ankara OBM müşterileri için saptanan kapasite kullanım oranı (%72), Antalya OBM müşterileri için hesaplanana (Kök, 2010) benzerken, Artvin OBM müşterilerinin oranından (Öztürk, 2010) oldukça yüksektir. Keza bir başka araştırmada (Kaplan, 2007) Türkiye'de orman ürünleri işleyen tesislerin ortalama kapasite kullanım oranı %55 olarak belirtilmiştir. Akkaya ve arkadaşları (2021) ise ithal odun hammaddesi kullanan endüstri işletmelerinin % 61,5 kapasite ile çalıştığını tespit etmiştir. Belirtilen tüm araştırma bulguları bir bütün olarak değerlendirildiğinde, Ankara ve ülke genelinde yükselen bir kapasite kullanım oranından söz edilebilir.

Bununla birlikte, müşterilerin mal karması, pazarları, fiili ve atıl kapasiteleri dikkate alındığında Ankara OBM'nün endüstriyel odun arzının pazar talebini tatmin için tek başına yeterli olmadığı açıktır. Nitekim müşterilerin başka bölge müdürlüklerine bağlı işletmelerden (özellikle Tosya, Kastamonu, Gerede ve Aladağ) veya ithal ürünlerle taleplerini karşılamaya çalıştığı, yine de yarıdan çok işletmenin hammadde yetersizliğine dikkat çektiği görülmektedir.

Anket çalışmasının başladığı, 2017 yılı Türkiye'de ekonomik büyümenin, dolayısıyla odun hammaddesi talebinin arttığı, Ukrayna'nın işlenmemiş çam tomruk ihracat yasağı uygulamaya başladığı, buna karşın OGM'nin önceki yıllara göre üretimi azalttığı bir yıldır. Bu ortamda açık artırma satış fiyatları ülke düzeyinde artmıştır. Dolar kurundaki artış da ithal işlenmiş ürüne talebi daraltıcı etki yaparken, yerli odun hammaddesine talebi artırmıştır (Kaya ve Ok, 2023). Dolayısıyla, anket çalışmasında müşterilerin

yerli hammaddenin yetersizliği, pahalı olması gibi tepkileri arz açığının olduğu böyle bir pazar ortamında normal kabul edilebilir.

Ankara OBM müşterileri en fazla hammadde yetersizliğini stokların tükendiği kış mevsiminden çıkış ile arz açığının belirlediği, inşaat sektörünün hareketlendiği Mart-Temmuz ayları arasında hissetmektedir. Antalya OBM'de yapılan çalışmada (Kök, 2010) ise, Mayıs-Ağustos ayları arasında müşteriler daha fazla hammaddeye ihtiyaç duyduklarını belirtmiştir.

Ankara OBM müşterilerinin yarısı hem yerli hem de ithal odun hammaddesi kullandığını beyan etmiştir. Bu sonuç, Akkaya ve arkadaşlarının (2021) ithal ürün kullananların "üretimde %51 oranında yerli, %49 ithal ürün kullanmaktadır" bulgusuyla uyumludur.

Ankara OBM müşterilerinin büyük bölümü sonradan-depodan satış yöntemini tercih ederken yaklaşık % 25'i dikili satışları tercih etmektedir. Antalya OBM (Kök, 2010) ve Isparta OBM (Özen ve Alkan, 2020)'de müşterilerin yarısından fazlasının dikili satışları tercih ettiği belirlenmiştir. Bu farklılık, bölgelerdeki dikili satışların yaygınlığı ve müşterilerin üretim ölçekleriyle ilgili olabilir.

Müşterilerin depo tercihlerinde en etkili unsur çalışmamızda ürün kalitesiyken, Antalya OBM'de (Kök, 2010) deponun yakınlığıdır. Bu unsurlar her iki çalışmada da en etkili nedenler arasındadır.

Ankara OBM'de endüstriyel odun olarak üç ağaç türünün (sırasıyla Sarıçam, göknar ve Karaçam) de tercih edildiği ve arızın da bu tercih ağırlığı ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Sütçü, (1998), Alkan vd., (2008), Kök, (2010) ile Özen ve Alkan'ın (2020) çalışmalarında, araştırma alanının yaygın türü olan Kızılcıamın tercih edildiği görülmektedir. Akkaya ve arkadaşları (2020) ise ülke genelinde ithal ürün kullanan işletmelerin "ibrel türlerden en fazla Sarıçam ve ladin ithal ettiğini ve yerli Sarıçam, Karaçam ve göknarların bu ürünleri ikame edebilecek özellikte olduğunu saptanmıştır ki, Ankara OBM müşterilerinin tercihleri de buna uygun görünmektedir.

Müşterilerin odun çeşitleri arasında en fazla tomruğu tercih etmeleri, başka çalışmalarda (Kök, 2010; Özen ve Alkan, 2020) da karşılaştığı gibi, Türkiye'deki endüstriyel odun pazarındaki arz-talep eğilimiyle aynıdır. Bununla

birlikte, müşterilerin neredeyse tamamının tomruk talebinin yanı sıra %40'ının kağıtlık odun veya tel direk, maden direk vb. diğer ürünlerden de talep etmesi, kullanım alanlarındaki ürün geçişleriyle ilgilidir. Alıcıların, özellikle tomrukların pahalı olduğu dönemlerde maden direği, tel direği gibi, esasen farklı amaçlarla arz edilmiş ürünleri satın alıp ince kerestelerin imalatında kullandığı (Ok, 1997; Akkaya vd., 2020) bilenen bir durumdur. Ankara'da da alıcıların hiç biri kağıt hamuru üretmezken, kağıtlık odun talep edilmesinin nedeni, başka alanda kullanım isteğidir. Nitekim Koç'un (2023), malzeme akış analizi tekniği yardımıyla "OGM'nin tel direği, maden direği, sanayi odunu ve kağıtlık odun adı altında pazarladığı ürünlerin esasen tomruk biçme faaliyeti için tüketildiği" saptaması da bu durumu açıklamaktadır. Müşterilerin % 20'sinden daha azı 1 ve 2. Sınıf tomruk talep etmekle birlikte, Bölge Müdürlüğünün arz olanakları bu talebi karşılamakta yeterli değildir. Müşterilerin 3. Sınıf tomruk tercihi ise Kök (2010) ile benzerdir.

Diğer yandan, ürün çeşitliliği açısından müşteri memnuniyeti Ankara OBM genelinde orta düzeydeyken, Yığılca işletmesinde (Dilsiz, 2008) ve Isparta OBM'de (Özen ve Alkan, 2020) yüksek olduğu görülmüştür. Ankara OBM düzeyinde ürün tazeliği açısından belirlenen yüksek memnuniyet değeri, Özen ve Alkan'ın (2020) Isparta OBM için belirlediği değere (3,57) çok yakındır.

Muhammen bedellerin uygunluğu açısından Ankara OBM işletmelerinin çoğunda, Yığılca (Dilsiz, 2008) ve Isparta OBM işletmelerinde (Özen ve Alkan, 2020) hesaplanana benzer şekilde, yüksek müşteri memnuniyeti bulunmuştur. Müşterilerin neredeyse tamamı açık artırma satışa katılma kararlarını toplam emval miktarının etkilediğini bildirirken, arz edilen emval miktarları, ağaç türleri itibarıyla en güçlü işletmelerde dahi beklentilerin yarısından az, oldukça gerisindedir. Bununla birlikte, açık satışların sıklığı açısından Isparta OBM'den memnuniyet (Özen ve Alkan, 2020), orta düzeyli müşteri memnuniyeti saptanan Ankara OBM müşterilerinden çok daha yüksektir.

Müşteriler nakliye kolaylıkları nedeniyle satış partisi büyüklüklerinin 35-40 m³ arasında olmasını istemektedir. Buna karşın Gökner ve Sarıçam'da Çerkeş ve Çamlidere işletmeleri, Karaçam'da Nallıhan işletmesi hariç, diğer işletmelerde satış partisi büyüklükleri talep edilen satış partisi büyüklüğünün oldukça altındadır. Antalya OBM müşterileri ile yapılan çalışmada (Kök, 2010), müşteriler satış partisi büyüklüklerini yeterli bulmamakta, 30-50 m³ aralığında olmasını istemektedir. Artvin OBM'deki çalışmada ise Öztürk (2010), daha düşük hacim kademelerinde (25-30 m³, 30-35 m³) talebin daha yüksek olduğunu bildirmektedir. Ancak müşterilerin arzu ettikleri satış partisi büyüklüklerini açıklarken temel motivasyonlarının nakliye araçlarının ve yol ağının izin verdiği taşıma kapasitesi olduğu bilinmektedir.

Müşteriler satış partilerinin tek istiften ve tek kalite, boy ve çap sınıfından oluşması gerektiğini, kalite, boy ve çap paçalına karşı olduklarını, çeşitli sorulara verdikleri cevaplarla, istikrarlı olarak vurgulamıştır. Çerkeş işletmesi hariç, Bölge Müdürlüğü genelinde satış partilerinin tek istiften oluşmasına dikkat edildiği söylenebilir. Satış partilerine farklı kalite sınıflarından karışım olup olmadığı depolarda incelenmiş ve yasal sınır (%7) içinde olduğu görülmüştür.

Üç ağaç türünde de tomruk arzının %80'inden fazlası normal boydur. Öztürk (2010)'de de müşterilerin %79,5'inin birinci öncelikli tercihi normal boydur. Kök (2010), müşterilerin benzer şekilde normal boy tercih ettiğini

bildirirken, Özen ve Alkan (2020) en çok uzun boya yöneliklerini belirlemiştir. Dilsiz (2008) ise müşterilerin her bir odun çeşidinden memnuniyetlerini ayrı ayrı sorgulamış ve Kayın 3SNB tomruktan memnuniyetin orta düzeyde olduğunu, diğer odun çeşitlerinde ise yüksek memnuniyet saptadığını ifade etmiştir. Ankara OBM işletmelerinde müşterilerin tercihlerine uygun olarak boy sınıfı paçal uygulaması bulunmamaktadır. Ancak aynı boy sınıfı, özellikle normal boy satış partilerinin içinde normal boy aralığını aşmayan farklı boyalarda tomrukların olduğu belirlenmiştir. Eskipazar işletmesinde bu oran %60'ları bulmaktadır. Bölge Müdürlüğü genelinde %15 düzeyindedir. Kontrol maksadıyla hem satış partilerinin sayısı hem de hacim oranı dikkate alınarak hesap yapılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum müşterilerin tercihlerine uygun değildir. Buna karşın Öztürk'ün (2010) araştırmasında müşterilerin yarısının satış partilerinin tek boyda olmasını, yarıya yakınının ise boy grubu içinde değişkenliği tercih ettiği belirtilmektedir. Kök (2010)'ün araştırmasında da müşterilerin en az yarısı, Antalya OBM işletmelerinde istiflerin aynı boyda emvalden oluşması gerektiğini açıklamıştır. Bununla birlikte, ürün boyutları açısından Ankara OBM müşterileri yüksek düzeyde memnunken, Yığılca işletmesinin müşterilerinin de yüksek (Dilsiz, 2008) ve Isparta OBM müşterilerinin memnuniyeti çok yüksektir (Özen ve Alkan, 2020).

İşletmelerin tomruk arzında müşterilerin beklentilerine göre en önemli ayrımlardan biri çap sınıfları ile ilgilidir. Müşteriler ekseriyetle orta çap sınıfı tomruk talep ederken, üç ağaç türünde paçal ürün arz oranı % 69-88 arasındadır ve orta çap sınıfında tomruk arzı bulunmamaktadır. Kök (2010), ile Özen ve Alkan'ın (2020) araştırmaları müşterilerin kalın çaplı tercih ettiğini bildirmektedir. Ayrıca Ankara OBM'de müşterilerin %83'ü, istiflerin aynı çap sınıflarını içerecek şekilde hazırlanmasını talep etmektedir. Öztürk (2010) müşterilerin neredeyse tamamının (%91,8), Kök (2010) ise yarısından fazlasının tercihlerinin istiflerin çap açısından homojenliği yönünde olduğunu bildirmektedir.

Müşterilerin orman işletmesi tercihlerinde %31 ve %46'sı, depo tercihlerinde ise %43 ve 71'i standardizasyon ve ürün kalitesinin etkili olduğunu bildirirken, geçerli standarda yönelik farkındalık sorunludur. Bu sorunda uygulamanın da etkisi olduğu düşünülmektedir. Uygulamada TS446 standardına uyulduğu ifade edilmekle birlikte, işletmeler arası birlik bulunmamakta, tecrübe ve deneyimlere dayanan "işletmeciler" standardı oluşmuş durumdadır. Halen TSE'nin yürürlükteki EN standardının uygulanmaması ise ayrı bir çelişkidir.

Standardizasyon uygunluk memnuniyeti açısından orta düzeyde olan Ankara OBM ile Isparta OBM'de de benzer sonuç bulunmuştur (Özen ve Alkan, 2020). Yığılca işletmesindeki çalışmada (Dilsiz, 2008) ise standardizasyon memnuniyeti düşüktür. Ürün kalitesi açısından müşterilerin memnuniyeti Ankara OBM işletmeleri arasında oldukça farklılaşırken, Isparta OBM'de yapılan güncel çalışmada (Özen ve Alkan, 2020) müşterilerin tüm tomruk sınıflarının kaliteli olduğu kanaatine sahip olduğu görülmüştür. Dilsiz (2008) ise Yığılca işletmesinde müşterilerin ürün kalitesinden memnuniyetinin orta düzeyde olduğunu belirlemiştir. Standardizasyon, ölçüm hataları sorunları başka araştırmalarda (Öztürk, 2010; Kök, 2010) da belirtilerek, aslında sorunun ülke düzeyine olduğuna işaret etmektedir.

Her bir odun çeşidi üretimi açısından güçlü işletmelerde gözlemlenen üretilen kalite değişkenleri açısından sorun

görülmemektedir. Karaçam 3SNB tomruk için Nallıhan OİM'de, Sarıçam 3SNB tomruk için Çamlıdere OİM'de ve hatta çoğu işletmede, göknar 3SNB tomruk için Çerkeş, Çamlıdere ve Beypazarı OİM'lerde üst kalite sınıfı için sorun görülmemektedir. Gözlemci değerlerinin ortalamalarıyla oluşturulan gözde değişkeni için de bu durum geçerlidir. Tazelik değişkenindeki tutarsızlıkların ise büyük ölçüde gözlemci değerleri arasındaki aşırı farklılıktan ve müşteriler için tazeliğin belirttiklerinin aksine çok da dikkate alınmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sertifikalı orman ürünlerine ilave ödeme eğilimine sahip müşterilerin azlığı (1/3), sertifikasyonla ilgili farkındalığın yaygınlaşmaması, arz açığının olduğu ortamda seçici olmama gibi nedenlere dayanabilir.

Ankara OBM'de, satış ortamında görüşülen müşterilerin neredeyse tamamı ürünleri depoda incelediğini ifade etmektedir. Öztürk (2010) ise, satış depolarında inceleme yaparak bilgi edinen müşterilerin oranı %76 olarak belirtilmiştir. Çevrimiçi satışların arttığı son yıllarda yapılan çalışmada (Özen ve Alkan, 2020), Isparta OBM müşterilerinin daha çok internet yoluyla bilgi edindikleri, depo incelemesi yapan müşterilerin, sadece % 24 düzeyinde kalması ise dikkat çekicidir.

Ankara OBM depoların sergiye uygunluğu genelde yüksektir. Yığılca işletmesinde de yüksek (Dilsiz, 2008) uygunluk bulunmuşken, Isparta OBM müşterilerinin depolardan memnuniyeti çok yüksektir (Özen ve Alkan, 2020) olarak saptanmıştır. Müşteriler ürünler hakkında web sayfası ve görseller açısından Ankara OBM'nü zayıf bulurken, Isparta OBM müşterileri satışa sunulan ürünler hakkında bilgilerin yeterliliğinden çok yüksek derecede memnundur (Özen ve Alkan, 2020).

Satış görevlilerinin davranışları konusunda çok yüksek müşteri memnuniyet saptanan Ankara OBM, bir işletme hariç, Yığılca ile aynı (Dilsiz, 2008) Isparta OBM işletmelerinden (Özen ve Alkan, 2020) ise daha üst seviyededir.

5. Sonuç ve öneriler

Bir bölge müdürlüğünün alıcılarının büyük çoğunluğunun kendi bölgesinden olması, hem endüstri hem OİM'ler açısından önemlidir. Yakın orman işletmelerinden hammadde tedarik etmek endüstri işletmelerinin klasik iktisadi bakışla nakliye giderleri, yeşil ekonomi bakışıyla ise düşük karbon emisyonu açılarından bir üstünlüktür. Ankara gibi, diğer OBM'lere göre orman varlığı ve odun üretimi açısından zayıf bir bölge için, Siteler gibi, ülke ölçeğinde bilinen bir orman ürünleri işleme merkezine sahip olmak önemli bir fırsattır ve bölge işletmeleri ile bölge orman endüstrisinin yerelde üretip, yerelde tüketen bir piyasa kurması teşvik edilmelidir. Bu nedenle, Ankara OBM'nün yerel müşterileri, bölge ormanlarının imar ve ihyası için gerekli sürdürülebilir para kaynağının sonsuz üreticileri olarak görülmeli ve mutlak korunması gereken bir pazar olarak takip edilmelidir. Üretim yeteneği yüksek, Artvin veya Antalya'nın bölge dışını da piyasa olarak seçmesi ve müşterilerini daha geniş bir alandan oluşturma arayışına girmesi normal kabul edilebilecek bir stratejiyken, Ankara OBM önceliği, bölge içi müşterilerine vermelidir. Aşlında bu durum, Ankara OBM ile Antalya veya Artvin OBM'nin izlemesi gereken piyasaların ölçek itibarıyla de farklılaşması gerektiğini, bunun da hem müşterileri tanıyarak, hem ormanların üretim güçlerini bilerek verilmesi gereken bir

karar olduğunu ortaya koymaktadır. Her OBM'ye uygun ve özel piyasa tanımlarını yapmayı düşünmek gereklidir.

Müşterilerin satış partileri ile ilgili başlıca sorun ve beklentilerinin arz açığı, standarda uyum, kalite ve ölçüm hataları konularına odaklandığı belirlenmiştir. Araştırmanın başladığı 2017 yılında Ukrayna'nın işlenmemiş çam tomruk ihracatını yasaklaması ve OGM'nin önceki yıla göre üretim düzeyini azaltması nedeniyle ortaya çıkan arz açığı ilerleyen yıllarda giderilmiştir. Bunun dışında müşteriler, özellikle satış partilerinin aynı kalite, çap ve boy sınıfından emval içermesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bununla birlikte, müşterilerin ürünlerin çap, boyları ile parti veya satışa çıkan mal miktarı gibi pek çok değişken hakkında gösterdikleri tutum, benzer çalışmalarla bazı noktalarda örtüşürken, bazılarında ayrılmaktadır. Hatta işletme düzeyinde de farklılaşmaktadır. Bu durum, pazarlama programlarını OGM düzeyinde bağlayan kararlar yerine, en azından bölge müdürlüğü düzeyinde müşteri talep ve beklentilerini düzenli olarak izlemenin ne kadar gerekli olduğunu, tüm ülke düzeyinde ürün boyutları gibi kararlar almak yerine, bölgelerin kendi müşterilerine özel kararlar verebilmelerine olanak tanımak gerektiği sonucunu ortaya koymaktadır. Bölge müdürlüklerinin öncelikle kendi müşterilerini tatmin edebilen pazarlama programları geliştirebilmeleri, yerel orman endüstrilerinin gelişmesini de teşvik edebileceği gibi, daha az nakliyat, daha az emisyon ve karbon ayak izlerine neden olacak ve ekonomik ve sosyal kazançlara, çevresel kazanımların da eklenmesini sağlayacaktır. Acilen, bölge düzeyinde, hangi sıklıkta, hangi değişkenlerle ve hangi araçlarla veri elde ederek, müşterilerin izlenip, bölge ve işletme pazarlama programlarına nasıl yansıtılacağına ilişkin bir tebliğin hazırlanması önerilmektedir.

Uygulandığı iddia edilen TS446 Standardı ve Türkiye'de geçerli olan EN standardı ile de facto olan arasındaki farklılık, firmaların uygulamadaki standart konusundaki bilgi eksikliği ve araştırmacılar tarafından gözlemlenen üretilen değişkenlerin etkisizliği müşterilerin talepleriyle birlikte ele alındığında endüstriyel odun standartlarına uygun boylama ve istif işleri gerçekleştirme konusunda yeni bir girişime, bir dönüşüme gereksinim olduğu görülmektedir. OGM gibi ülkenin en büyük, en köklü üreticisinin, sattığı ürünün, boy, çap, kalite, standart açısından tanımlanmasında sıkıntı yaşanması kabul edilemez bir durumdur.

Diğer yandan, TS446 ve TS EN standartları (TS EN 1927-1 ve 1927-2) kullanılarak ve istiflerin kalite ölçüsüne yönelik değişkenler türeterek fiyatla ilişkisini kurgulayan araştırmalar yapılabilir. Daha ötesinde orman depolarında istiflerin standarda uyumu konusunda çaba harcanması, istatistiksel olarak anlamlı gözlem sayısına ve tekniğine dayanan, diğer değişkenleri de dikkate alan detaylı araştırmalar yapılması gerekmektedir. Müşterilerin boylama ve standarda ilişkin önerileri birlikte düşünüldüğünde, İdarenin de bu konuda teknoloji yoğun girişimlerde bulunması önerilebilir.

Açıklama

Bu araştırma, Orman Genel Müdürlüğü İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından yürütülen 23.5303/2016-2018-2019 numaralı ve "Ankara Orman Bölge Müdürlüğünde Açık Artırmalı Tomruk Satışlarının Analizi" başlıklı ormanlık araştırma projesinin sonuç raporundan hazırlanmıştır. Araştırmanın arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı Orman Yük. Müh. Fikret KOÇ ve Orman Mühendisi Ali Osman GÜZEL'e teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akkaya, M., Ok, K., Koç, M., Akseki, İ., Akkaş, M.E., 2020. Türkiye’de ithal odun hammaddesinin sektörel kullanımı. *Turkish Journal of Forestry*, 21(3): 279-293.
- Akkaya, M., Ok, K., Koç, M., Akseki, İ., Akkaş, M.E., 2021. Türkiye’de ithal odun hammaddesiyle ilişkili orman endüstri işletmelerinin genel yapısı. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(1): 57-77.
- Akyüz, K.C., Serin, H., Akyüz, İ., Cındık, H., 2003. Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki orman ürünleri sanayi işletmelerinin hammadde tercihleri ve tedarik sorunları. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1-2: 68-75.
- Alkan, H., Korkmaz, M., Eker M., 2008. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü’nün Müşteri Profili ve Talep Yapısı, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü. Yayınlanmamış Rapor, 24s., Isparta.
- AMA, 2023. Definition of Marketing. American Marketing Association, <https://www.ama.org/the-definition-of-marketing-what-is-marketing/>, Accessed: 23.09.2023.
- Başkalkın, S.N., 2011. Orman işletmelerinde odun hammaddesi satış fiyatlarının analizi (Isparta Orman Bölge Müdürlüğü örneği). Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Best, J.W., 1970. *Research in Education*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Buğday, S.E., 2016. Oduna dayalı orman ürünlerinde stratejik pazarlama analizi. Doktora tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Daşdemir, İ., 2001. Bartın ve Yenice orman işletmelerinde açık artırmalı göknar tomruk satışını etkileyen faktörler. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 3(3): 118-136.
- Daşdemir, İ., 2003. Asli Orman Ürünlerinde Fiyat Analizi (Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Örneği). Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi Yayınları, Bartın.
- Daşdemir, İ., 2011. Ormanlık İşletme Ekonomisi. Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Bartın.
- Demirel, E., 2006. Açık artırmalı tomruk satışlarında fiyat oluşum sürecinin incelenmesi (Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü örneği). Yüksek lisans tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Dilsiz, K. S., 2008. Devlet orman işletmelerinde müşteri tatmininin ölçümü ve pazarlama yönetimi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gümüşkaya, İ., 1978. Orman işletme depolarının pazarlamadaki rolü ve Türkiye’deki uygulama. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İstanbul.
- İlter, E., Ok, K., 2012. Ormanlık ve Orman Endüstrisinde Pazarlama İlkeleri ve Yönetimi. HTC Matbaacılık, Ankara.
- 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’de Ormanlık Eğitiminin 150. Yılında Uluslararası Sempozyum, 17-19 Ekim 2007, İstanbul, s. 28-37.
- Kaya G., Ok, K., 2021. Interactions among forest enterprises: Do they compete or cooperate with sales by auction on log prices? *Annals of Forest Research*, 64(2): 123-138.
- Kaya, G., Ok, K., 2023. Effects of Ukraine’s log export ban policy on log sales prices of forest enterprises in Turkey. *Journal of Forest Research*, 28(2): 98-105.
- Kayacan, B., Kara, O., Ucal, M.Ş., Öztürk, A., Balı, R., Koçer, S., Kaplan, E., 2013. An econometric analysis of imported timber demand in Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(1): 791-794.
- Kayacan, B., Öztürk, A., Koçer, S., Kaplan, E., Balı, R., 2010. Türkiye’de Yuvarlak Odun Talebinin Ekonometrik Modellemesi ve Tahmini. TÜBİTAK Proje Sonuç Raporu, Proje No: 107O781, Düzce.
- Kayacan, B., Ucal, M.Ş., Öztürk, A., Balı, R., Koçer, S., Kaplan, E., 2012a. Modeling and forecasting the demand for industrial roundwood in Turkey: A primary econometric approach. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2): 1127-1132.
- Kayacan, B., Ucal, M.Ş., Öztürk, A., Balı, R., Koçer, S., Kaplan, E., 2012b. A primary econometric approach to modeling and forecasting the demand for fuelwood in Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(3-4): 934-937.
- Kök, G., 2010. Orman işletmelerinin odun hammaddesine ilişkin müşteri profilinin ve talep yapısının belirlenmesi: Antalya Orman Bölge Müdürlüğü örneği. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Koç, M., 2023. Türkiye’de odun hammaddesine dayalı döngüsel biyoekonomi politikalarının makroekonomik analizi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- OGM, 2019. 2019 yılı ormancılık istatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Erişim: 17.07.2019.
- OGM, 2023. 2021 yılı ormancılık istatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Erişim: 01.06.2023.
- Ok, K., 1997. Aynı yaşlı ormanlarda kesim düzeninin ekonomik analizi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ok, K., 1998. Açık artırmalı tomruk satış fiyatları üzerine mevsim etkisinin araştırılması. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A-48(2): 9-21.
- Özen, M., Alkan, H., 2020. Devlet orman işletmelerinde müşteri memnuniyetinin belirlenmesi (Isparta Orman Bölge Müdürlüğü örneği). *Turkish Journal of Forestry*, 21(3): 267-278.
- 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.
- Öztürk, A., Kayacan, B., Dikilitaş, K., 2011. A linear price model for insect-damaged industrial roundwood: A case study in Northeastern Turkey. *African Journal of Business Management*, 5(21): 8552-8557.
- Serin, H., 1997. İçel ili küçük ve orta ölçekli orman ürünleri sanayi işletmelerinin sosyo-ekonomik yönden incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Still, R.R., Cundiff, E.W., 1966. *Essentials of Marketing*. Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA.
- Sütçü, A., 1998. Isparta yöresinde orman ürünleri endüstrisinin durumu ve gelişim olanakları üzerine incelemeler. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şen, G., Güngör, E., Gümüş, C., Şenel, Z.G., 2017. The effect of oil and gold price and dollar exchange rate on auction wood products sales prices in Turkey. IV. International Multidisciplinary Congress Of Eurasia (IMCOFE), 23-25 August, Rome, Italy, Vol. 2, pp. 95-104.
- Türker, M.F., 1996. Açık Artırmalı Orman Ürünleri (Tomruk) Satışlarında Fiyat Oluşumunun Araştırılması (Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği). KTÜ Araştırma Fonu, 93.115.002.01. Kodlu Proje, Trabzon, 106 s.
- Türker, M.F., 2008. Ormanlık İşletme Ekonomisi. Derya Kitabevi, Trabzon.

Ormanlıkta yeşil satın alma niyeti ile yeşil satın alma davranışı arasındaki ilişkide sertifikasyonun aracılık rolü

Gökhan Topaloğlu^{a,*}, Hasan Alkan^b

Özet: Bu araştırma yeşil satın alma niyeti ile yeşil satın alma davranışı arasındaki ilişkide ormanlıkta sertifikasyonun aracılık etkisini tespit etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Verilerin elde edilmesinde anket tekniğinden faydalanılmıştır. Bu amaçla Aydın'da bulunan 319 tüketici ile anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Verilerin analiz edilmesinde SPSS 22 ve AMOS programından yararlanılmıştır. Analizde kullanılan yöntemler açıklayıcı faktör analizi, doğrulayıcı faktör analizi ve aracılık analizidir. Araştırma bulgularına göre elde edilen modelin uyum değerleri SRMR; 0,0605 CFI;0,851 NFI;0,787 TLI;0,827 PNFI;0,679 PGFI;0,689 ve RMSEA;0,0704 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak uyum değerleri kabul edilebilir sınır aralığında yer almış ve model doğrulanmıştır. Bulgulara bakıldığında tüketicilerin yeşil satın alma davranışlarının oluşmasında ormanlıkta sertifikasyon bilgisi ayırt edici bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Modelin doğrulanması ile sertifikasyon değişkeninin kısmi aracı değişken olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yeşil kavramının ormanlıkta sertifikasyon çalışmalarından ayrı düşünülmeceği göz önüne alındığında ormanlık açısından oldukça dikkat çekici bir bulgudur.

Anahtar kelimeler: Yeşil satın alma niyeti, Yeşil satın alma davranışı, Sertifikasyon, Aracı değişken

The mediating role of certification in the relationship between green purchasing intention and green purchasing behavior in forestry

Abstract: This research was carried out to determine the mediating effect of certification in forestry on the relationship between green purchase intention and green purchasing behavior. Questionnaire technique was used to obtain the data. For this purpose, a survey was conducted with 319 consumers in Aydın. SPSS 22 and AMOS program were used to analyze the data. The methods used in the analysis are explanatory factor analysis, confirmatory factor analysis and mediation analysis. The fit values of the model obtained according to the research findings were SRMR; 0.0605 CFI; 0.851 NFI; 0.787 TLI; 0.827 PNFI; 0.679 PGFI; 0.689 and RMSEA; 0.0704. As a result, the fit values were within the acceptable range and the model was validated. Considering the findings, certification information in forestry appears as a distinctive element in the formation of green purchasing behavior of consumers. With the validation of the model, it was concluded that the certification variable was a partial mediator variable. Considering that the concept of green cannot be considered separately from certification studies in forestry, it is a remarkable finding in terms of forestry.

Keywords: Green Purchasing Intention, Green Purchasing Behavior, Certification, Intermediary variable

1. Giriş

Hızlı nüfus artışı, yanlış arazi kullanımı, sera gazları, sanayinin zehirli atıkları ile insanların tüketim alışkanlığı ve koruma kullanma dengesindeki bozulmalar doğayı ciddi anlamda tahrip etmektedir. Bunun sonucu olarak insanlar çevre sorunları ile karşı karşıya kalmaktadır. İklim değişikliği, enerji, su, biyolojik çeşitlilik ve toprak kullanımı, kimyasallar, zehirli maddeler ve ağır metaller, hava kirliliği, atık madde yönetimi, ozon tabakasının incilmesi, okyanuslar ve balıkçılık alanlarının tahribi ve ormanların yok olması en önemli çevre sorunları olarak sıralanabilir (Esty ve Winston, 2007). Çevre sorunlarına yönelik olarak küresel ölçekte bazı adımlar atılmaktadır. Bu adımların başarıya ulaşabilmesinin temel koşulu ise bireysel farkındalıktır. Brezilya'nın Rio kentinde 1992 yılında yapılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (BMÇKK) çevre sorunlarının

önlenmesine yönelik atılan adımların başında gelmektedir. Bu konferansta sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için ormanların önemine de vurgu yapılmıştır. Konferans sonrasında Türkiye'de ormanların sürdürülebilir yönetimini sağlamak ve teşvik etmek için Orman Genel Müdürlüğü (OGM) aracılığıyla sürdürülebilir orman yönetimi (SOY) ölçüt ve kriterlerini belirlemek için çalışmalara başlamıştır (Akyol ve Tolunay, 2014). OGM UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı)'nin de desteğini alarak 2019 yılı itibari ile sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerini belirleme çalışmalarını tamamlamıştır (OGM, 2019). Bu bağlamda 2010 yılında ormanlıkta sertifikalandırma çalışmaları başlamıştır. 2020 yılı itibariyle 10 Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı 77 orman işletme müdürlüğü ve 1 orman işletme şefliği sertifikasyon sürecini tamamlamıştır (Komut, 2020; FSC, 2020). OGM veri tabanındaki güncel rakamlara göre 2023 yılı itibariyle 14 Orman Bölge Müdürlüğü ve 97

✉ ^a Tarım ve Orman Bakanlığı, Aydın Şube Müdürlüğü, Aydın
^b Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta
@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): gtopaloglu18@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 04.07.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 28.08.2023



Citation (Atıf): Topaloğlu, G., Alkan, H., 2023. Ormanlıkta yeşil satın alma niyeti ile yeşil satın alma davranışı arasındaki ilişkide sertifikasyonun aracılık rolü. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 287-298.
DOI: [10.18182/tjf.1322689](https://doi.org/10.18182/tjf.1322689)

orman işletme müdürlüğü sertifikasyon sürecini tamamlamıştır Orman yönetim sertifikasyonu (OYS), yapılan orman işletmeciliğinin bağımsız bir kuruluş tarafından belli kriterlere göre denetlenmesidir (Kuvan ve Yıldırım, 2008). Dünyada sertifikasyon süreçleri belli başlı kuruluşlar tarafından yürütülmektedir. Bu sertifikalandırma kuruluşları Orman İdare Konseyi (Forest Stewardship Council-FSC), Pan Avrupa Ormancılık Sertifikasyon Sistemi (PEFC), Doğal Tropikal Ormanların Sürdürülebilir Yönetimi İçin Uluslararası Tropikal Yuvarlak Odun Örgütü (ITTO), Kanada Standartlar Kurumu Sertifikasyon Sistemi (CSA), Afrika Kereste Örgütü Standartları, Amerika Orman ve Kağıt Endüstrisi Kurumu'nun Sürdürülebilir Ormancılık Programı Sertifikasyon Sistemi (AFPA), Endonezya Eko-etiketleme Kurumu (LEI), Malezya Ulusal Orman Sertifikasyonu Kurumu (NTTC), Finlandiya Orman Sertifikalandırma Kurumu (FFCS)'dur (Ozinga, 2008).

Bu sertifikalandırma kuruluşlarından en bilineni FSC ve PEFC'dir. FSC, ilk olarak 1993 yılında İngiltere'de bazı tüccarların ürünlerin çevresel teminatını bir etiket aracılığıyla gösterme istekleri sonucu ortaya çıkmıştır (Ozinga, 2008). FSC bir sistem aracılığıyla belli kriterler çerçevesinde orman işletmelerinin çevresel performansını ölçmektedir (Akyol ve Üçok, 2008). PEFC ise kurum olarak sertifikasyon işlemi yapmaz, ulusal bir sertifika sisteminin kurulmasını sağlar ve bu sertifikanın kullanılmasına izin verir (Durusoy, 2002). Sertifikalandırma sistemi ile ürünlerin yeşil kategorisinde değerlendirilebilmesi olanağı ortaya çıkmaktadır (Türkoğlu, 2011). Yeşil ürün ve bunun en önemli göstergelerinden birisi olarak kabul edilen sertifikasyon konusunda tüketicilerin bilinçlenmesi de oldukça önemlidir. Artan çevre sorunları çevreye karşı duyarlı olan, aynı zamanda olumlu davranış sergileyen insanların ortaya çıkmasını da sağlamıştır. Çevreye karşı duyarlı olan tüketiciler yeşil tüketici olarak tanımlanmaktadır (Zinkhan ve Carlson, 1995). Yeşil tüketiciler doğaya karşı endişe duyan ve bunu satın alma davranışlarına yansıtan tüketicilerdir. Satın alma davranışları bazı demografik ve psikolojik faktörlerden etkilenebilmektedir. Demografik faktörler yaş, cinsiyet ve eğitim, vb. gibi faktörlerden oluşurken; psikolojik faktörler ise motivasyon, algılama, öğrenme, tutum gibi insan davranışını etkileyen faktörlerden oluşmaktadır (Düzgün, 2015).

Tüketicilerin satın alma karar süreci ihtiyaç ve bu ihtiyaçları karşılayacak alternatifler belirlendikten sonra oluşacak satın alma niyetinin satın alma davranışına evrilmesiyle şekillenmektedir (Altunışık vd., 2006). Yeşil satın alma niyeti (YSN) tüketicinin yeşil konusundaki beklentilerini karşılayan ürünleri satın alma eğilimi olarak ifade edilebilir. Yani tüketicilerin satın alma niyeti ile satın alma olasılığı arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır (Wu vd, 2015). Bir başka deyişle YSN tüketicilerin yeşil konusunda beklentileri karşılayan ürünleri satın alma ihtimalidir (Chen ve Chang, 2012). Çevresel farkındalığını satın alma davranışına yansıtan tüketiciler yeşil tüketici olarak adlandırılmaktadır. İhtiyaçlarını karşılama noktasında çevre konusunda bilinçli tüketicilerin satın alma davranışları doğanın korunması noktasında önemli katkılar sağlamaktadır. Doğanın önemli unsurlarından ormanların korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması noktasında sertifikasyon konusunda bilinçli tüketicilerin olması oldukça önemlidir. Çevreye karşı duyarlı yeşil tüketiciler bir ürün veya hizmet satın alırken ürünün çevre dostu olmasına dikkat etmektedir. Bu nedenle yeşil tüketicilerin ürün veya hizmet

tercihinde bir ürünün diğer ürüne göre çevre dostu özelliklere sahip olması satın alma niyetini etkilemektedir (Rashid, 2009). Tüketicilerin yeşil satın alma davranışları (YSD) demografik özelliklerin yanı sıra niyet, tutum, davranış gibi psikolojik faktörlerde de etkilenmektedir (Tatlıdil ve Oktav, 1992; Mucuk, 2004). Çevreye duyarlı tüketiciler ihtiyaç duydukları ürün gruplarının çevre dostu olmasına dikkat etmektedirler.

Literatürde yeşil ürün ve yeşil satın alma davranışını etkileyen psikolojik faktörlerin incelendiği tutum, niyet ve davranış arasındaki ilişkinin modellendiği çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları incelendiğinde çevresel bilinç ve satın alma davranışı arasında pozitif yönlü ilişki olduğu (Ekin Savaş, 2020), çevresel kaygının algılanan tüketici etkinliği ve yeşil satın alma davranışını pozitif yönde etkilediği (Jaiswal ve Kant, 2018), çevresel kaygının yeşil satın alma davranışını doğrudan etkilediği (Kim ve Choi, 2005), çevresel bilginin çevresel tutum ile yeşil satın alma niyeti arasında aracı rolü üstlendiği (İndriani vd., 2019) sonuçlarına varıldığı görülmektedir. Bunlarla birlikte sertifikasyonun satın alma niyeti ve davranışı üzerine etkileri ve bu ikisi arasındaki aracılık rolü üzerine yapılmış çalışmalara ise rastlanılmamıştır. Literatürdeki bu boşluğun giderilmesi amacıyla araştırmada Aydın ilinde bulunan tüketiciler yardımıyla YSN ve YSD arasındaki ilişkide sertifikasyonun aracılık rolü (SRF) irdelenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

Literatürde tüketicilerin satın alma davranışlarını etkileyen faktörlerin irdelendiği çalışmalar bulunmaktadır (Uyar, 2019). Buna ek olarak bu faktörler arasında etkileşim rolünün irdelendiği aracılık test analizleri de yapılmış durumdadır (Yıldız vd., 2017; Sarıtaş, 2018). Bu çalışmalar yardımıyla YSN ve YSD arasındaki ilişkide SRF'nin belirlenebilmesi amacıyla aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur:

H₁: YSN, YSD'yi pozitif yönde etkilemektedir.

H₂: YSN, SRF'yi pozitif yönde etkilemektedir.

H₃: SRF, YSD'yi pozitif yönde etkilemektedir.

H₄: YSN ile YSD arasındaki ilişkide sertifikasyonun (SRF) aracılık rolü bulunmaktadır.

Araştırmada veri toplama yöntemi olarak anket tekniğinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda Aydın'da kolayda örnekleme yöntemi ile seçilen 343 kişi ile yüz yüze anket çalışması yapılmıştır. Ancak hatalı veya eksik doldurulan 24 anket çalışma dışı bırakılarak verilerin değerlendirilmesi 319 anket üzerinden gerçekleştirilmiştir. Araştırmada kullanılan anket iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde katılımcıların demografik düzeyini belirlemeye yönelik sorular ikinci bölümde ise yeşil ürün algısını ölçmeye yönelik önermeler bulunmaktadır. Sertifikasyon ölçeğinde 8, yeşil satın alma niyeti ölçeğinde 5 ve yeşil satın alma davranışı ölçeğinde 14 önerme bulunmaktadır. Ankette yer alan SRF ölçekleri Türkoğlu (2011), YSN ölçeği; Diyah ve Wijaya (2017) ve Chen vd. (2018). YSD ölçeği; Kuduz (2011) tarafından yapılan çalışmalarda kullanılan ölçeklerden yararlanılarak oluşturulmuştur. Ayrıca ölçek geliştirilirken Gedik vd. (2015), Uyar (2019), Nakiboğlu (2003), Straughan ve Roberts (1999), Yılmaz (2009), Karadeniz (2020), Boztepe (2011), Aksu (2019), Koçak vd. (2017), Erciş vd. (2016), Laroche vd. (2001), Jain ve Gurmeet (2004), Çakır

vd. (2010) tarafından yapılan çalışmalardan yararlanılmıştır. Çalışmada 5 li likert tipi ölçek kullanılmıştır (1:Kesinlikle katılmıyorum, 2:Katılmıyorum, 3:Ne katılıyorum ne katılmıyorum, 4:Katılıyorum, 5:Kesinlikle katılıyorum).

Araştırma kapsamında elde edilen verilerin analizinde Sosyal Bilimler için İstatistik Paket Programı (SPSS 22) ve Analysis of Moment Structures (AMOS) programları kullanılmıştır. Ölçeklerin güvenilirliğini ve geçerliliğini test etmek için açıklayıcı faktör analizi (AFA) yapılmıştır. Bu kapsamda Crochbach alfa katsayısından yararlanılmıştır. Bu katsayı 0,40 ve altında ise ölçek güvenilir değil, 0,41-0,59 arasında ise ölçek düşük güvenilir, 0,60-0,79 arası güvenilir ve 0,80 üzerinde ise ölçek oldukça güvenilir olarak kabul edilmektedir (Özdamar, 2002; Nunnally ve Bernstein, 1994). AFA ile ölçekte bulunan önermeler alt boyutlar halinde bir araya toplanmaktadır (Schumacker ve Lomax, 2004). Faktör yapısının belirlenmesinde önermelerin faktör yükleri 0,30 ve üzerinde olmalıdır (Neale ve Liebert, 1980; Harrington, 2009). Ayrıca faktörler altında toplanan önermelerden binişik olanlarında çıkarılması gerekmektedir. Binişik değer aynı anda birden fazla faktörü temsil eden ve bu faktör yükleri arasındaki değeri 0,10'dan az olan önermedir (Çokluk vd., 2012). Faktör analizinde bakılması gereken diğer bir husus toplam açıklanan varyans oranı (AVO)'dır. Büyüköztürk (2012) ve Eroğlu (2008)'na göre davranış bilimleri açısından AVO'nun %40 olması yeterlidir. Örneklem sayısının yeterliliğine ilişkin ise Kaise-Meyer-Olkin (KMO)-Bartlett değerine bakılmıştır. Bu değerinin 1'e yakın olması örneklem sayısının yeterli olduğu anlamına gelmektedir (Sipahi vd., 2006). Field (2000)'a göre, KMO için alt sınırın 0,50 olması gerekmektedir. AFA ile ölçeklerin faktör yapıları belirlenmiş ve sonra doğrulayıcı faktör analizi (DFA) ile bu yapılar test edilmiştir. DFA yapılırken AMOS programı kullanılmıştır. DFA yaparken kullanılan tahmin metodunun seçiminde verilerin normal dağılıp dağılmadığı oldukça önemlidir (Khine, 2013). Verilerimizin çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) katsayılarının +2 ile -2 arasında ise normal dağıldığı kabul edilmektedir (George ve Mallery, 2010). Normallik varsayımına ilişkin literatürde kabul görmüş diğer bir görüş ise normalize çok değişkenli basıklık değerinin 20 ve üzerinde olması verilerin normal dağılıma sahip olmadığını göstermektedir (Kline, 2011). DFA gizil yapıyla ilgili hipotezleri test etmek ve yapının desteklenip desteklenmediğine ilişkin kanıt sunmak için yapılmaktadır (Goodwin, 1999). Genellikle, En Çok Olabilirlik (Maximum Likelihood Estimation-MLE), Ağırlıklandırılmamış En Küçük Kareler (Unweighted Least Squares-ULS), Ağırlıklandırılmış En Küçük Kareler (Weighted Least Squares-WLS), Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (Generalized Least Squares- GLS), Asymptotic Distribution Free (ADF) tahmin yöntemleri kullanılmaktadır (Raykov ve Marcoulides, 2006; Khine, 2013). Yapısal eşitlik modeli analizlerinde tahmin yönteminin seçimi verilerin normal dağılımı, örneklem büyüklüğü ve gözlenen değişkenlerdeki kategori sayısı gibi bazı unsurlara bağlıdır (In'nami ve Koizumi, 2013). MLE ve GLS yöntemleri verilerin çoklu normal dağılıma sahip olduğu durumlarda (Browne, 1984; Çelik vd., 2011), ADF yöntemi ise verilerin normal dağılım göstermediği durumlarda kullanılmaktadır (Browne, 1984). Bu çalışmada veriler normal dağılıma sahip olduğu için MLE tahmin yöntemi kullanılmıştır. DFA ile kurulan modelin desteklenip desteklenmediğine karar vermek için uyum indeks değerlerinden yararlanılmıştır. Literatürde modelin doğrulanmasına ilişkin kullanılan

standart bir uyum indeks değeri bulunmamaktadır (Hooper vd., 2008). Bu sebeple yapılan çalışmada χ^2/sd , CFI, RMR, SRMR, RMSEA, NFI, GFI, CFI, TLI gibi yapılan çalışmalarda genellikle kullanılan uyum indeksleri kullanılmıştır. Modelin kabul edilebilir uyum index değerleri $\chi^2/sd < 5$ (Simon vd., 2010; Meydan ve Şeşen, 2015); CFI $\geq 0,80$ (Dehon vd., 2005); GFI $\geq 0,80$ (Simon, vd, 2010); TLI $\geq 0,80$ (Schermelleh ve Moosbrugger, 2003), NFI $\geq 0,80$ (Hooper vd., 2008, Hu ve Bentler, 1999, Simon vd., 2010), RMR $< 0,08$ (Schermelleh ve Moosbrugger, 2003); SRMR $< 0,10$ (Schermelleh ve Moosbrugger, 2003); RMSEA $< 0,10$ (Schermelleh ve Moosbrugger, 2003); PNF $\geq 0,50$ ve PGFI $\geq 0,50$ (Kırlıoğlu ve Tekin, 2019) olmalıdır. DFA ölçeklerin faktör yapıları test edildikten sonra aracılık analizi gerçekleştirilmiştir. Aracılık analizinde bootstrap tekniği kullanılmıştır. Bootstrap tekniği ile analiz yapılırken 5000 yeniden örneklem seçeneği tercih edilmiştir. Aracılık testinde Hayes (2013) tarafından hazırlanan modellerden yararlanılmıştır. Çalışmamızda aracılık testi için kurduğumuz modele Hayes, (2013)'ün çalışmasındaki Model 4 uygun olduğu için AMOS programında bootstrap analizinde model 4 seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Aracı değişken analize eklendiğinde bağımlı ya da bağımsız değişken arasındaki ilişki oldukça zayıflıyor ya da istatistiksel olarak anlamsız oluyorsa tam aracılık etkisinden bahsedilmektedir. Ancak, bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişki anlamlılığını sürdürüyor fakat etki düzeyinde bir düşüş meydana geliyorsa kısmi aracılık etkisinden bahsedilmektedir (Yılmaz ve İlhan Dalbudak, 2018). Aracı değişkenin etki derecesinin belirlenebilmesi için ise doğrudan, dolaylı ve toplam etkilerin güven aralığına bakılması gerekmektedir (Reutter ve Bigatti, 2014). Bu durumda alt ve üst sınır güven aralığı değerlerinin her ikisinin de sıfırın altında veya üstünde olması gerekmektedir (Preacher ve Hayes, 2008). Ayrıca aracı değişkenin anlamlılığını ölçmek diğer bir deyişle aracı değişken olarak analize dahil edilen değişkenin aracı değişken olduğunu belirlemek için ise Sobel testi yapılmaktadır (Sobel, 1982). Sobel testi, New York Columbia Üniversitesinden bir istatistik profesörü olan Michael Sobel'in çalışmalarına dayanmaktadır (Sobel, 1982; 1986). Sobel test değeri 1,96'dan yüksek ve p değeri anlamlı olmalıdır (Frazier vd., 2004).

3. Bulgular

3.1. Katılımcıların profil özellikleri

Tüketicilerin profil özellikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Katılımcıların profil özellikleri

		Sayı	Yüzde
Cinsiyet	Kadın	149	46,7
	Erkek	170	53,3
Toplam		319	100
Eğitim	İlkokul	29	9,1
	Ortaokul	8	2,5
	Lise	70	21,9
	Lisans	148	46,4
	Lisansüstü	64	20,1
Toplam		319	100
Çalışma Durumu	Evet	235	73,6
	Hayır	84	26,4
Toplam		319	100

Çizelge 1'e göre anket çalışmasına katılanların %46,7'si kadın %53,3'ü erkektir. Katılımcıların yaklaşık yarısı lisans (%46,4) ve %20,1'i ise lisansüstü mezundur. Yine katılımcıların %73,6'sı bir işte çalışırken %26,4'ü henüz herhangi bir işte çalışmamaktadır.

3.2. Faktör analizi bulguları

Sertifikasyon ölçeğine ilişkin AFA sonuçları Çizelge 2'de ve DFA diyagramı ise Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 2'de görüldüğü üzere sertifikasyon ölçeği 6 maddeden oluşan 2 faktörlü yapıya sahiptir. Ölçekte bulunan

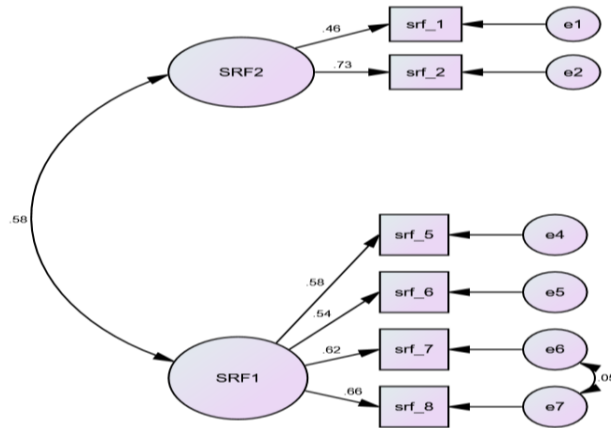
3 ve 4. Maddeler binişik değer olduğu için ölçekten çıkarılmıştır. Ölçeğin faktör yükleri 0,483-0,747 arasında değişmektedir. Ölçeğin KMO Bartlett değeri 0,770 olarak tespit edilmiştir. Ölçeğin açıklanan varyans oranı ise %57,437 olarak bulunmuştur. Sertifikasyon ölçeği SRF1 ve SRF2 olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 3'te görüldüğü üzere sertifikasyon ölçeğinin normalize çoklu basıklık değeri 20'nin altında olduğu için normal dağılıma sahip olduğu tespit edilmiştir. SRF ölçeği regresyon ağırlığı Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 2. Sertifikasyon ölçeği döndürülmüş faktör analizi bulguları

İfadeler	Madde yükleri	
	SRF1	SRF2
Sertifikasyon Ölçeği		
1.Ülkemiz ormancılık faaliyetlerinin çevreye uyumunun ulusal bağımsız bir kuruluş tarafından denetlenmesi gerekir.	0,864	α : 0,420
2.Sertifikalı orman ürünleri ormanların korunmasına katkı sağlamaktadır.	0,734	Özdeğer;2,411
5.Tüketiciler sertifikalı ürünleri tercih etmeye başlamaktadır.		0,688
6.Sertifikalı ürünler doğaya zarar vermediği için daha fazla ücret ödeyerek satın alırım.		0,692
7. Sertifikalı orman ürünlerine kolayca ulaşırım.		0,732
8.Sertifikalı ürün aynı zamanda yeşil üründür.		0,726
KMO: 0,770 α : 0,789 AVO:%57,437		

SRF: Sertifikasyon, KMO: Kaiser-Meyer-Olkin, AVO: Açıklanan varyans oranı



Şekil 1. SRF ölçeği DFA modeli

Çizelge 3. SRF ölçeği normallik testi çizelgesi

Değişkenler	min	max	Çarpıklık	c.r.	Basıklık	c.r.
srf_8	3	5	0,015	0,113	-1,237	-4,510
srf_7	3	5	0,367	2,673	-1,163	-4,242
srf_6	3	5	0,137	1,001	-1,187	-4,327
srf_5	3	5	-0,043	-0,31	-1,3	-4,741
srf_2	2	5	-0,203	-1,477	-1,618	-5,897
srf_1	3	5	-1,145	-8,35	0,21	0,767
Multivariate					-2,801	-2,553

Çizelge 4. SRF ölçeği regresyon ağırlığı ve standardize regresyon katsayıları

	Tahmin	Std. hata	Kritik oran	Anlamlılık (p)	Standardize regresyon ağırlığı
srf_1 <--- SRF2	1				0,457
srf_2 <--- SRF2	3,222	0,816	3,948	***	0,728
srf_5 <--- SRF1	1				0,575
srf_6 <--- SRF1	0,911	0,138	6,607	***	0,540
srf_7 <--- SRF1	1,051	0,171	6,132	***	0,616
srf_8 <--- SRF1	1,131	0,177	6,392	***	0,663

P<0,05

Doğrulayıcı faktör analizi sonucunda ölçeğin regresyon katsayıları 0,30 üzerinde ve anlamlı olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). Modelin uyum iyiliği değerleri χ^2/sd ; 0,543 CFI; 1,00 GFI; 0,996 TLI; 1,025 NFI; 0,987 RMR; 0,009 SRMR; 0,0151 RMSEA; 0,000 olduğu için model uyum iyiliği değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde ve sertifikasyon ölçeğinin bu yapısı DFA ile doğrulanmıştır.

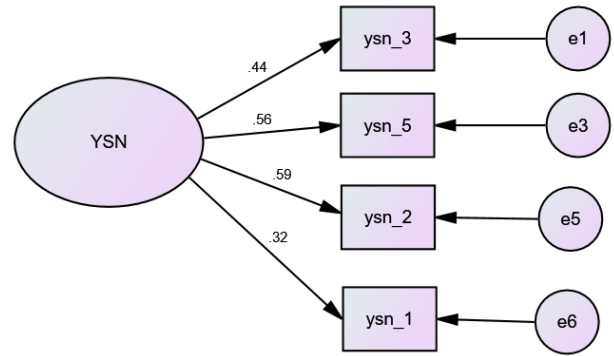
YSN ölçeğine ilişkin AFA sonuçları Çizelge 5'te ve DFA diyagramı ise Şekil 2'de verilmiştir.

YSN ölçeğine uygulanan faktör analizi neticesinde faktör yükleri 0,612-0,844 arasında değişen 2 faktörlü bir yapı elde edilmiştir. AFA'dan sonra AMOS programında DFA yapılmıştır. DFA sonucunda regresyon tablosunda ölçekte bulunan 4. maddenin p anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük (0,20) olduğu için ölçekten çıkarılması gerekmektedir. Bu madde ölçekten çıkarıldıktan sonra tekrar AFA yapılmış ve 4 maddeden oluşan tek faktörlü yapı elde edilmiştir. Faktör analizi sonucu ölçeğin faktör yükleri 0,273-0,529 arasında değişmektedir. Ölçeğin cronbach alfa katsayısı 0,538 ve KMO değeri 0,648'dir. Ölçekte bulunan 1. Maddenin (0,273) faktör yükü 0,30 alt kesme noktasının altına olmasına rağmen bu madde analizden çıkarılınca ölçeğin cronbach alfa katsayısında ve KMO değerinde herhangi bir olumlu değişiklik meydana gelmemektedir (1 madde analizden çıkarılırsa cronbach alfa katsayısı; 0,540 KMO; 0,614 olarak bulunmuştur). Ayrıca maddenin faktör yükü 0,30 değerine yakın bir değerdir. Bu yüzden maddenin ölçekte kalmasına karar verilmiştir. Ölçeğin KMO değeri 0,648 ve açıklanan varyans oranı %42,157 olarak bulunmuştur. Yeşil satın alma niyeti ölçeği YSN olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 6'da görüldüğü üzere YSN ölçeği normalize çoklu basıklık değeri 20'nin altında olduğu için normal dağılıma sahip olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 7'de YSN ölçeği regresyon ağırlıkları verilmiştir.

Doğrulayıcı faktör analizi sonucunda ölçeğin regresyon katsayıları 0,30 üzerinde ve anlamlı olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). Modelin uyum iyiliği değerleri χ^2/sd ; 1,440 CFI; 0,990 GFI; 0,995 TLI; 0,969 NFI; 0,968 RMR; 0,10 SRMR; 0,0233 RMSEA; 0,037 olduğu için model uyum iyiliği değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde ve YSN ölçeğinin bu yapısı DFA ile doğrulanmıştır.

YSN ölçeğine ilişkin AFA sonuçları Çizelge 8'de ve DFA diyagramı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. YSN ölçeği DFA modeli

YSN: Yeşil satın alma niyeti, DFA: Doğrulayıcı faktör analizi

Çizelge 5. YSN ölçeği döndürülmüş faktör analizi bulguları

İfadeler	Madde yükleri	
	YSN	
Yeşil Satın Alma Niyeti		
1. Gelecekte çevre kirliliğine katkısı daha az olan yeşil ürünler satın alacağım.	0,503	
2. Gelecekte yeşil ürünler almayı düşünüyorum.	0,727	α : 0,538
3. Çevremde yeşil ürün satın almalarını ve kullanmalarını tavsiye ederim.	0,633	Özdeğer; 1,686
5. Gelecekte yeşil ürünleri satın alma ihtimalim çok yüksektir	0,710	
KMO; 0,648 α : 0,538 AVO: %42,157		

YSN: Yeşil satın alma niyeti, KMO: Kaiser-Meyer-Olkin, AVO: Açıklanan varyans oranı

Çizelge 6. YSN ölçeği normallik testi

Değişkenler	min	max	çarpıklık	c.r.	basıklık	c.r.
ysn_1	3	5	-0,277	-2,021	-0,661	-2,410
ysn_2	3	5	-0,283	-2,063	-0,911	-3,322
ysn_5	3	5	-0,663	-4,834	-0,626	-2,281
ysn_3	3	5	-0,313	-2,285	-0,902	-3,289
Multivariate					-0,276	-0,356

Çizelge 7. YSN ölçeği regresyon ağırlığı ve standardize regresyon katsayıları

	Tahmin	Std. hata	Kritik oran	Anlamlılık (p)	Standardize regresyon ağırlığı
ysn_3 <--- YSN	1				0,444
ysn_5 <--- YSN	1,223	0,272	4,491	***	0,564
ysn_2 <--- YSN	1,324	0,297	4,459	***	0,387
ysn_1 <--- YSN	0,649	0,185	3,51	***	0,316

P < 0,05

Çizelge 8. YSD ölçeği döndürülmüş faktör analizi bulguları

İfadeler	Madde yükleri	
	YSD1	YSD2
Yeşil Satın Alma Davranışı Ölçeği		
1.Satın aldığım ürünlerin ambalajının çevreye zarar verdiğini öğrendiğim zaman satın almaktan vazgeçerim.	0,745	
2.Satın aldığım ürünlerin üretim sürecinde çevreye zarar verdiğini öğrenirsem kullanmaktan vazgeçerim.	0,738	
3.Olması gerekenden fazla ambalajlanmış ürünleri tercih etmem.	0,739	
5.Ozon tabakasına zarar veren gazlar içeren spre ve deodorant türü ürünleri satın almam.	0,761	α :0,844
9.Temizlik ürünleri satın alırken içerdiği fosfat miktarına dikkat ederim.	0,517	Özdeğer:4.973
6.Çevre ile ilgili konularda yapılan medya yayınları satın alma davranışımı etkiler.	0,482	
7.Etiketinde çevreye zararı olmadığını belirten ürünleri tercih ederim	0,619	
8.Elektrikli ev eşyası (beyaz eşya) satın alırken A+ sınıfı (enerji tasarruflu) olanı tercih ederim.		0,818
10.Ürünlerin taşınması esnasındaki doğal kaynak israfını düşündüğüm için mümkün olduğunca ülke içinde üretilen ürünleri tercih ederim.		0,605
12.Satın aldığım ürünlerin dağıtımında ürünlerin en kısa yoldan bana ulaşmasını tercih ederim.		0,701
14.Çevreye karşı sorumsuz davranan firmaların ürünlerini satın almam.		0,624
KMO: 0,878 α : 0,877 AVO:%54.858		

YSD: Yeşil satın alma davranışı, KMO: Kaiser-Meyer-Olkin, AVO: Açıklanan varyans oranı

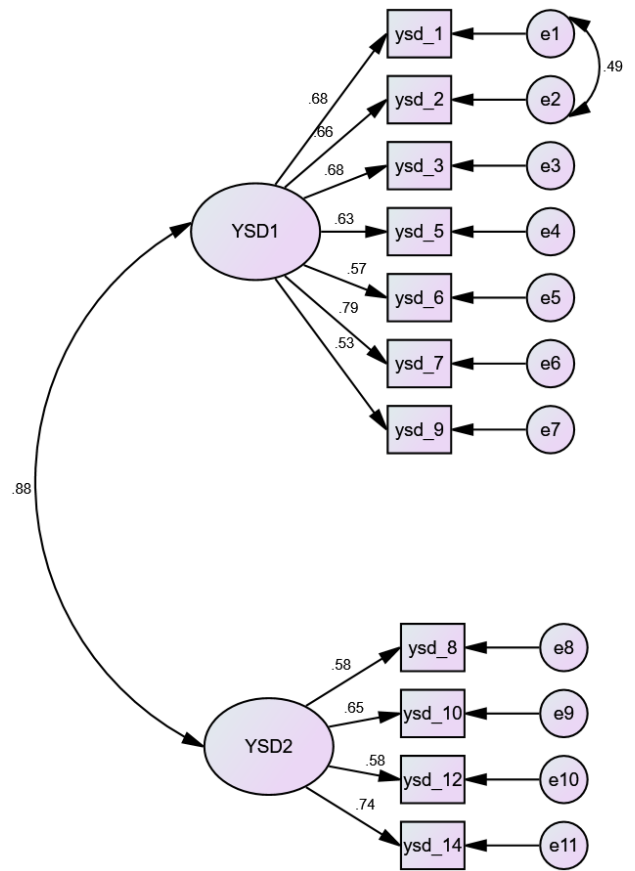
YSD ölçeğine uygulanan faktör analizi neticesinde 11 maddeli ve 2 faktörlü bir yapı elde edilmiştir. Ölçekte binişik değer olan 4, 11 ve 13. maddeler analizden çıkarılmıştır. Faktör analizi sonucu ölçeğin faktör yükleri 0,371-0,673 arasında değişmektedir. Ölçeğin KMO değeri 0,878 ve açıklanan varyans oranı %54,858 olarak bulunmuştur. Yeşil satın alma davranışı ölçeği faktörleri YSD1 ve YSD2 olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 9'da görüldüğü üzere YSD ölçeği normalize çoklu basıklık değeri 20'nin altında olduğu için normal dağılıma sahip olduğu tespit edilmiştir. YSD ölçeği regresyon ağırlıkları Çizelge 10'da gösterilmiştir.

Doğrulayıcı faktör analizi sonucunda ölçeğin regresyon katsayıları 0,30 üzerinde ve anlamlı olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). Modelin uyum iyiliği değerleri χ^2/sd :3.229 CFI:0,930 GFI:0,933 TLI:0,908 NFI:0,902 RMR:0,024 SRMR: 0,0475 RMSEA: 0,084 olduğu için model uyum iyiliği değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisindedir ve YSD ölçeğinin bu yapısı DFA ile doğrulanmıştır.

3.3. Aracılık testi bulguları

Aracılık analizinden önce ilk aşamada YSD, SRF ve YSN değişkenleri arasındaki korelasyona bakılmıştır. Korelasyon analizine ilişkin bulgular Çizelge 11'de verilmiştir.



Şekil 3. YSD ölçeği DFA modeli

YSD: Yeşil satın alma davranışı, DFA: Doğrulayıcı faktör analizi

Çizelge 9. YSD ölçeği normallik testi

Değişkenler	min	max	Çarpıklık	c.r.	Basıklık	c.r.
ysd_14	3.00	5.00	-0,28	-2.02	-1.15	-4.21
ysd_12	3.00	5.00	-0,38	-2.75	-0,73	-2.66
ysd_10	3.00	5.00	-0,32	-2.34	-1.07	-3.89
ysd_8	3.00	5.00	-1.23	-8.97	0,38	1.38
ysd_9	3.00	5.00	0,05	0,34	-1.23	-4.50
ysd_7	3.00	5.00	-0,29	-2.10	-0,93	-3.40
ysd_6	3.00	5.00	-0,33	-2.44	-0,93	-3.39
ysd_5	3.00	5.00	-0,21	-1.52	-1.25	-4.54
ysd_3	3.00	5.00	-0,19	-1.40	-1.20	-4.37
ysd_2	3.00	5.00	-0,18	-1.34	-1.22	-4.46
ysd_1	3.00	5.00	-0,11	-0,83	-1.16	-4.21
Multivariate					20,93	11.05

Çizelge 10. YSD ölçeği regresyon ağırlığı ve standardize regresyon katsayıları

	Tahmin	Std. hata	Kritik oran	Anlamlılık (p)	Standardize regresyon ağırlığı
ysd_1 <--- YSD1	1				0,679
ysd_2 <--- YSD1	0,996	0,068	14.656	***	0,662
ysd_3 <--- YSD1	1,019	0,096	10,615	***	0,681
ysd_5 <--- YSD1	0,952	0,096	9.867	***	0,627
ysd_6 <--- YSD1	0,797	0,088	9.083	***	0,572
ysd_7 <--- YSD1	1.102	0,092	12.017	***	0,793
ysd_9 <--- YSD1	0,801	0,094	8.509	***	0,532
ysd_8 <--- YSD2	1				0,575
ysd_10 <--- YSD2	1.309	0,153	8.568	***	0,650
ysd_12 <--- YSD2	1.035	0,131	7.892	***	0,576
ysd_14 <--- YSD2	1.525	0,165	9.244	***	0,741

Çizelge 11. SRF, YSN ve YSD Değişkenlerine İlişkin Korelasyon Analizi Bulguları

	SRF	YSN	YSD
SRF			
Pearson Korelasyonu	1		
Anlamlılık. (Çift yönlü)			
N	319		
YSN			
Pearson Korelasyonu	0,368**	1	
Anlamlılık. (Çift yönlü)	0,000		
N	319	319	
YSD			
Pearson Korelasyonu	0,654**	0,518**	1
Anlamlılık. (Çift yönlü)	0,000	0,000	
N	319	319	319

** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır (Çift yönlü).

Çizelge 11'e göre korelasyon analizi sonucunda değişkenler arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde pozitif yönlü bir ilişki bulunmuştur. Modele ilişkin uyum değerleri aşağıda verilmiştir. YSN ve YSD arasındaki regresyon modeli Şekil 4'te verilmiştir.

Çizelge 12'de YSN ve YSD değişkenleri regresyon analizi bulguları verilmiştir.

Çizelge 12'ye göre YSN'nin YSD üzerindeki etkisi incelendiğinde 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Ayrıca regresyon katsayısı 0,762 olarak bulunmuştur. Yeşil satın alma niyeti ölçeği ysn_1 önermesinin faktör yükü 0,30 değerinin altına olmasına rağmen bu faktör analizden çıkarılınca modelin

uyum indeks değerlerinde önemli bir iyileşme meydana gelmemektedir. Bu sebeple ölçekte kalmasına karar verilmiştir. Uyum indeks değerleri incelendiğinde x^2/sd ; 2,961 RMR; 0,028 SRMR; 0,0571 CFI; 0,894 GFI; 0,909 NFI; 0,850 TLI; 0,870 RMSEA; 0,079 PNFI; 0,669 PGFI; 0,652 olarak bulunmuştur. (H_1 hipotezi kabul edilmiştir)

YSN'in YSD üzerindeki etkisinde SRF değişkeninin aracılık test modeli Şekil 5'te verilmiştir.

Aşağıdaki Çizelge 13 ve Çizelge 14'te SRF, YSD ve YSN değişkenleri regresyon analizi bulguları ve aracılık test modeli bulguları yer almaktadır.

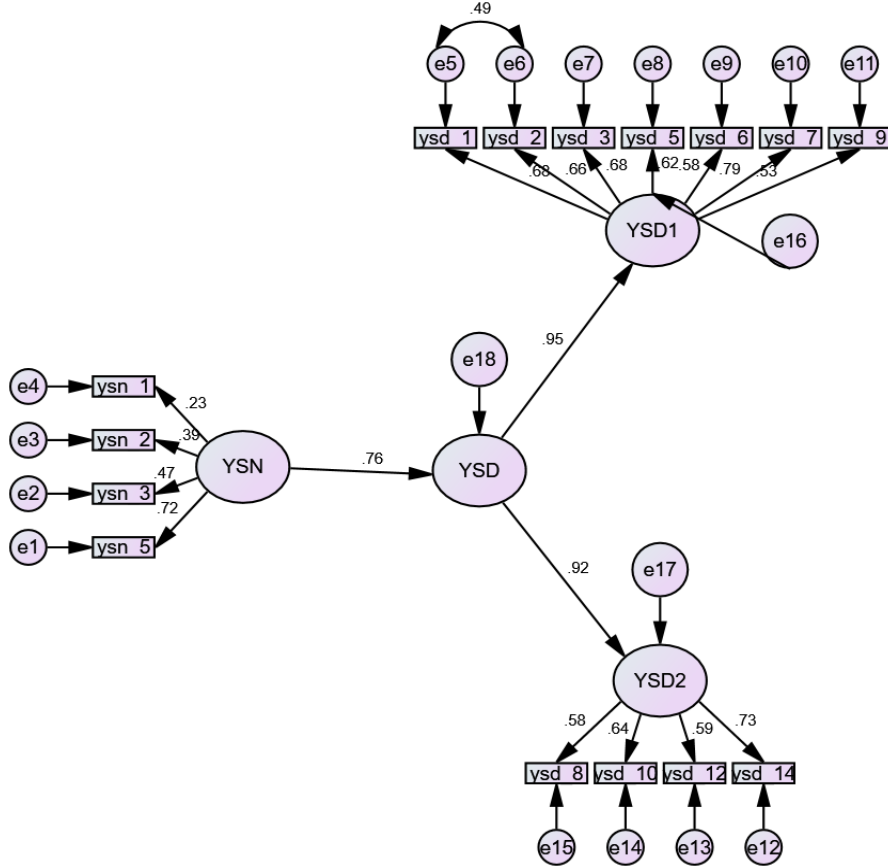
YSN'nin YSD üzerinde anlamlı ve pozitif yönlü etkisi bulunmaktadır (B:0,762; $p < 0,05$). Aracı değişken olan sertifikasyonun analize dâhil edilmesiyle YSN'nin YSD üzerindeki etkisi anlamlı ve yine pozitiftir (B:0,475; $p < 0,05$). Fakat etki düzeyinde bir azalma meydana gelmiştir. Bu durum bize aracılık etkisinin varlığını göstermektedir. Bu durum YSN'nin YSD üzerinde etkisinde sertifikasyonun kısmi aracı rolü üstlendiğini göstermektedir (Güven aralığı alt ve üst sınır; 0,157-0,531; $p < 0,05$). H_2 , H_3 ve H_4 hipotezleri kabul edilmiştir. Sobel testine ilişkin bulgular aşağıda Çizelge 15 ve Çizelge 16'da yer almaktadır.

Sobel testi yapılırken ilk olarak bağımlı değişkenin bağımsız değişken üzerindeki etkisini ölçmek için regresyon analizi yapılmaktadır.

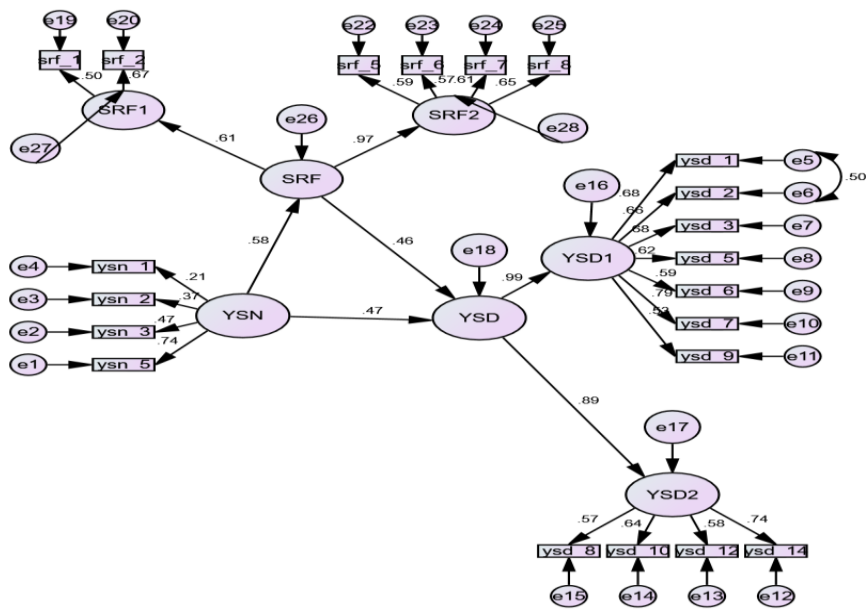
Çizelge 12. YSN ve YSD Değişkenleri Regresyon Ağırlığı

	Tahmin	Std.hata	Kritik oran	Anlamlılık(p)	Tahmin
YSD <--- YSN	0,821	0,121	6,778	***	0,762

P<0,05 YSN: Yeşil satın alma niyeti, YSD: Yeşil satın alma davranışı



Şekil 4. YSN ve YSD arasındaki regresyon modeli

Şekil 5. YSN'in YSD üzerindeki etkisinde SRF değişkeninin aracılık test modeli
SRF: Sertifikasyon, YSN: Yeşil satın alma niyeti, YSD: Yeşil satın alma davranışı

Çizelge 15'te verilen regresyon analizi bulgularına bakıldığında B katsayısı 0,763 Std. Hata 0,071 olarak bulunmuştur. Daha sonra bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini aracı değişken ile beraber ölçmek için ikinci bir regresyon analizi yapılmaktadır.

Çizelge 16'da verilen regresyon analizi bulgularına bakıldığında B katsayısı 0,573 Std. Hata 0,045 olarak bulunmuştur Yapılan regresyon analizleri ile yol katsayıları

ve standart hata değerleri elde edilmiştir. Bu değerler aşağıda yerlerine yazılarak hesaplanmış ve Şekil 6'da gösterilmiştir (Soper, 2023).

Sobel test değeri $8.21 > 1.96$ ve $p:0,000 < 0,05$ olarak bulunmuştur. Bu durumda kurulan modelde sertifikasyon değişkeninin aracılık rolü üstlendiği bütünüyle doğrulanmıştır.

Çizelge 13. SRF, YSN ve YSD Değişkenleri regresyon ağırlığı

	Tahmin	Std.hata	Kritik oran	Anlamlılık(p)	Tahmin
SRF <--- YSN	0,226	0,063	3.602	***	0,582
YSD <--- YSN	0,481	0,120	3.996	***	0,475
YSD <--- SRF	1.212	0,358	3.385	***	0,464

P<0,05 SRF: Sertifikasyon, YSN: Yeşil satın alma niyeti, YSD: Yeşil satın alma davranışı

Çizelge 14. Uyum İndeksk Değerleri

CMIN/DF	SRMR	PNFI	PGFI	CFI	NFI	TLI	RMSEA
2.761	0.0605	0.679	0.689	0.851	0.787	0.827	0.074

Çizelge 15. YSN ve YSD değişkenleri regresyon analizi çizelgesi

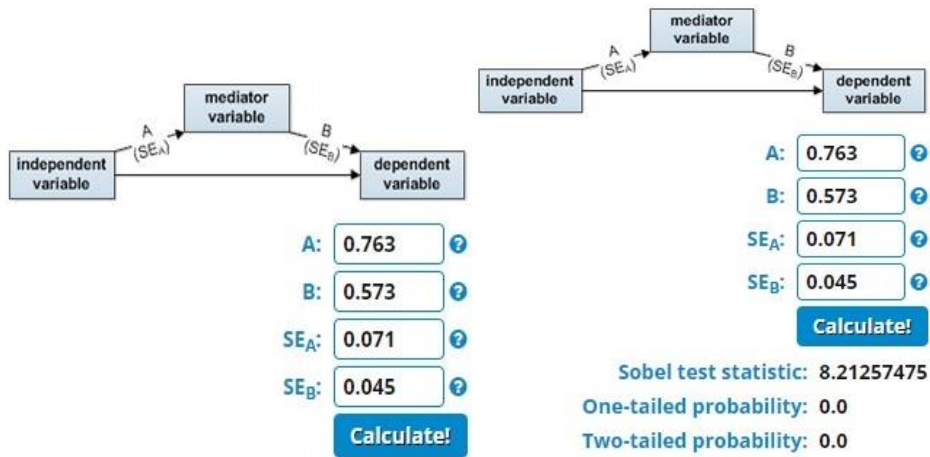
Model	Standartize edilmemiş katsayı		Standartize katsayı	t	Sig.
	B	Std. Hata	Beta		
1 (Devamlı)	0,671	0,122		5.499	0,000
YSN	0,763	0,071	0,518	10,787	0,000

a. Bağımlı Değişken: YSD YSN: Yeşil satın alma niyeti, YSD: Yeşil satın alma davranışı

Çizelge 16. SRF, YSN ve YSD değişkenleri regresyon analizi

Model	Standartize edilmemiş katsayı		Standartize katsayı	t	Sig.
	B	Std. Hata	Beta		
1 (Devamlı)	0,016	0,112		0,139	0,890
YSN	0,473	0,062	0,321	7.634	0,000
SRF	0,573	0,045	0,535	12.723	0,000

a. Bağımlı Değişken: YSD Aracı değişken: SRF SRF: Sertifikasyon, YSN: Yeşil satın alma niyeti, YSD: Yeşil satın alma davranışı



Şekil 6. Sobel testi çıktısı

4. Tartışma ve sonuç

Çevre sorunlarının etkisinin dramatik bir şekilde yaşanmaya başladığı günümüzde çevreye duyarlı tüketicilerin sayısı da artmaya başlamıştır. Özellikle yeşil kavramını benimseyen ve bunu satın alma davranışlarına yansıtan tüketiciler çevrenin korunmasında oldukça etkin rol oynamaktadır. Bu araştırma ile tüketicilerin satın alma davranışlarını etkileyen psikolojik faktörlerden yeşil satın alma niyeti ile yeşil satın alma davranışı arasındaki ilişkide sertifikasyonun aracılık etkisi irdelenmiştir. AFA ve DFA yapılarak ölçeklerin güvenilir ve geçerli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca DFA ile elde edilen uyum indeks değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu görülmüştür. Aracılık test modeli ile ortaya çıkan güven aralığı ve aracılık test değerleri aracılık etkisinin varlığını ortaya koymuştur (Yılmaz ve İlhan Dalbudak, 2018). Yapılan analiz sonucunda modele ilişkin dolaylı etki düzeyi bootstrap güven aralığı değerleri sıfırın üzerinde ve anlamlı olarak tespit edilmiştir. Bu durum ise aracılık etkisinin varlığını göstermektedir. Araştırmada bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etki düzeyi, modele aracı değişkenin dâhil edilmesinden sonra azalmıştır. Bu durumda aracı değişkenin kısmi aracılık rolü üstlendiği söylenebilmektedir. Değişkenlere ilişkin yapılan sobel testi neticesinde sobel test değerinin 1,96'dan yüksek ve anlamlı çıkması ile YSN'nin YSD üzerindeki etkisinde sertifikasyonun kısmi aracı rolü üstlendiği sonucuna ulaşılmıştır. Araştırma bulgularına bakıldığında zaman sertifikasyonun yeşil satın alma davranışının oluşmasında ayırt edici bir unsur olduğu görülmektedir. Bu yüzden tüketicilerin sertifikasyon konusunda bilinçlendirilmesi oldukça önemlidir. Sertifikasyonun yeşil kavramı ile ilişkisine bakıldığında yeşil satın alma davranışlarına sertifikasyon bilgisini yansıtan tüketicilerin artması doğanın ve özellikle ormanların korunması noktasında önemlidir. Yani tüketicilerin sertifikasyon bilgisini yeşil satın alma davranışlarına yansıtması hem sürdürülebilir ormancılığın gelişimine katkı sağlayacak hem de biyolojik çeşitliliğin korunması ve iklim değişikliği ile mücadelede önemli rol oynayacaktır. Literatürde aracılık analizlerine ilişkin çalışmalar bulunmaktadır. Sarıtaş (2018) yaptığı araştırmada YSD'nin algılanan tüketici etkinliği üzerindeki etkisinde çevresel kaygının kısmi aracı rolü üstlendiğini tespit etmiştir. Indriani (2019) yaptığı araştırmada çevresel bilginin çevresel tutum ile YSN arasındaki ilişkide kısmi aracı rolü üstlendiği sonucuna ulaşmıştır. Akdoğan vd. (2020) yaptıkları araştırmada algılanan tüketici etkinliğinin çevresel tüketici davranışı arasında çevresel kaygının kısmi aracı rolü üstlendiği görülmüştür. Topaloğlu ve Alkan (2023) yaptıkları araştırmada yeşil ürünlere karşı tutum ile çevresel kaygı ve sertifikasyon arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Aslan Çetin ve Korucuk (2019) yaptıkları araştırmada akademisyenlerin yeşil satın alma eğilimleri ile çevresel duyarlılıkları arasında pozitif yönlü ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Çayırbaş (2022) tarafından yapılan araştırmada yeşil pazarlama algısının çevreye duyarlı satın alma faaliyeti üzerinde etkisinin olduğu ayrıca sürdürülebilir bilincin, yeşil pazarlama algısının çevreye duyarlı ürün satın alma üzerindeki etkisine kısmi aracılık etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Çavuşoğlu (2021) yaptığı araştırmada yeşil reklamların ve yeşil marka farkındalığının yeşil satın alma davranışı üzerinde olumlu yönde etkisi olduğunu sonucuna ulaşmıştır. Baran vd. (2017) yaptıkları araştırmada algılanan

yeşil riskin, algılanan yeşil kalitenin, yeşil marka imajının ve yeşil güvenin, yeşil marka değeri üzerinde etkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca algılanan yeşil riskin ve yeşil marka imajının yeşil marka değeri üzerinde etkisinde yeşil güven tam aracılık rolüne sahipken algılanan yeşil kalitenin kısmi aracılık rolüne sahip olduğu ortaya konulmuştur. Karaman (2021) tarafından yapılan araştırmada kuşaklararası yeşil pazarlama bilgi düzeyi ve yeşil tatminin yeşil satın alma davranışına etkisi incelenmiştir. Araştırmada X ve Y kuşağı bağlamında yaşam tatmininin yeşil ürün satın alma davranışına etkisi olduğu belirlenmişken, Z kuşağı bağlamında yaşam tatmininin yeşil ürün satın alma davranışına etkisi olmadığı belirlenmiştir. X ve Z kuşağı bağlamında yeşil pazarlama bilgi düzeyinin yeşil ürün satın alma davranışına etkisi olduğu, Y kuşağı bağlamında yeşil pazarlama bilgi düzeyinin yeşil ürün satın alma davranışına etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Leblebici Koçer ve Delice (2017) yaptıkları araştırmada yeşil algılanan tüketici şüpheciligi ile yeşil algılanan riskin, yeşile boyama ile yeşil güven arasındaki ilişkide aracılık rolü olduğunu ortaya koymuşlardır. Literatürde satın alma davranışını etkileyen psikolojik faktörlerin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır. Araştırma bulgularına bakıldığı zaman literatür ile benzerlik gösterdiği söylenebilir. Fakat bu psikolojik faktörlere ek olarak sertifikasyon bilgisi ile ilişkilendirerek yapılan araştırmalar oldukça sınırlıdır. Yeşil kavramının tüketicilerin sertifikasyon bilgisi odağında irdelenmesi önemlidir. Bu sebeple satın alma niyeti ile satın alma davranışı arasında etkileşim değişkeni olarak tespit edilmesi ve bu araştırmanın bundan sonra yapılacak çalışmalara katkı sağlaması önemlidir.

Açıklama

Bu makale, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanan "Yeşil Satın Alma Davranışlarını Etkileyen Faktörlerin Yapısal Eşitlik Modeli ile Belirlenmesi" isimli doktora tezinden üretilmiştir.




Kaynaklar

- Akdoğan, L., Durmaz, Y., Değirmenci, B., 2020. Algılanan tüketici etkinliğinin ekolojik bilinçli tüketici davranışı üzerine etkisi: çevresel kaygının aracılık rolü. *Akademi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(20): 95-117.
- Aksu, S., 2019. Yeşil ürün iletişimi kapsamında tüketicilerin yeşil ürünlere yönelik değerlendirmeleri. *Ata İlet Dergisi*, 17: 21-38.
- Akyol, A., Üçok, G., 2008. Sertifikasyon kavramı ve ülkemiz ormancılığında durum. IV. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi, 8-9 Mayıs, Düzce, s. 301-310.
- Akyol, A., Tolunay, A., 2014. Sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerinin Türkiye için modellenmesi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1): 21-32.
- Altunışık, R., Özdemir, Ş., Torlak, Ö., 2006. *Modern Pazarlama. Değişim Yayınları*, İstanbul.
- Aslan Çetin, F., Korucuk, N. 2019. Yeşil pazarlama bağlamında yeşil ürünlere ilişkin tüketici satın alma davranışı; Kafkas Üniversitesi örneği. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(19): 250-289
- Baran, A., Söylemez, C., Yurdakul, M., 2017. Algılanan yeşil kalite, algılanan yeşil risk ve yeşil marka imajının yeşil marka değeri üzerindeki etkisinde yeşil güvenin aracılık rolü. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, ICMEB17 Özel Sayısı, 1-11.
- Boztepe, A., 2011. Green marketing and its impact on consumer buying behavior. Yüksek lisans tezi, Fatih Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Browne, M.W., 1984. Asymptotically distribution-free methods for the ana-lysis of covariance structures. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 37: 62–83.
- Büyüköztürk, Ş., 2012. Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı. Pegem Akademi Yayınları, Ankara.
- Chen, Y., Chang, C., 2012. Enhance green purchase intentions. *Management Decision*, 50(3): 502–520
- Chen, C.C., Chen, C.W., Tung, Y.C., 2018. Exploring the consumer behavior of intention to purchase green products in belt and road countries: An empirical analysis. *Sustainability*, 10(3): 854
- Çakır, M., Çakır, F., Usta, G., 2010. Üniversite öğrencilerinin tüketim tercihlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 2(2): 87-94.
- Çavuşoğlu, S., 2021. Yeşil reklam ve yeşil marka farkındalığının yeşil müşteri tatmini üzerindeki etkisi: yeşil satın alma davranışının aracılık rolü. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 20(3): 1355-1374.
- Çayrağası, F., 2022. Yeşil pazarlama algısının çevreye duyarlı ürünleri satın almaya etkisinde sürdürülebilirlik bilincinin aracılık rolü. *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(1): 160-183.
- Çelik, H.E., Saraçlı, S., Yılmaz, V., 2011. Yapısal eşitlik modellemesinde çok değişkenli normallik varsayımı altında bir uygulama. *E-Journal of New Worlds Academi*, 6(4): 112-123
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G., Büyüköztürk, Ş., 2012. Sosyal Bilimler İçin Çok Değişkenli İstatistik: SPSS ve Lisrel Uygulamaları. Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara.
- Dehon, C., Weems, C.F., Stickle T.R., Costa N.M., Berman L.B., 2005. A cross-sectional evaluation of the factorial invariance of anxiety sensitivity in adolescents and young adults. *Behaviour Research and Therapy*, 43(6): 799-810.
- Diyah, I.A., Wijaya, T., 2017. Determinant factors of purchase intention on green product. *Jurnal Aplikasi Manajemen*, 15(1): 54-62.
- Durusoy, İ., 2002. Sertifikalandırma ve Türkiye ormancılığında gerekliliği, olabilirliği, uygulanması sürecinde karşılaşılmış muhtemel darboğazların ve fırsatların irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Düzgün, Z., 2015. Tüketicilerin pazarlama karması algısı ve satın alma tarzlarının müşteri memnuniyeti, markaya duyulan güven ve tüketici temelli marka değeri üzerindeki etkileri. Yüksek lisans tezi, Doğu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Ekin Savaş, N., 2020. Çevresel bilinç, çevrecilik ve yeşil pazarlama karması faaliyetlerinin yeşil satın alma davranışına ve bağlılığa etkisi. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Erciş, A., Kurnuç, M., Türk, B., 2016. Kolektivist kültür, yeşil tutum ve davranışın yeşil ürünlere daha fazla ödeme isteği üzerindeki etkisi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Afro-Avrasya Özel Sayısı-Aralık: 160-178.
- Eroğlu, A., 2008. Faktör Analizi. Spss Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Asil Yayın Dağıtım, Ankara, s: 321-331.
- Esty, D.C., Winston, A.S., 2007. Yeşilden Altına-Akıllı Şirketler Çevreci Stratejiler ile Nasıl Avantaj Yararır? *MediaCat Kitapları*, İstanbul.
- Field, A., 2000. *Discovering statistics using SPSS for Windows*. Sage Publications, New Delhi, India.
- Frazier, P.A., Tix, A.P., Baron, K.E., 2004. Testing moderator and mediator effects in counseling psychology research. *Journal of Counseling Psychology*, 51(1): 115–34.
- FSC, 2020. Forest stewardship council. <https://fsc.org/en/about-us/25-years-of-fsc>, Erişim: 13.11.2022.
- Gedik, T., Çil, M., Başak, Z., Yıldız, Ş., 2015. Düzce orman ürünleri sanayi işletmelerinin yeşil pazarlama konusunda tutum ve davranışlarının incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (3): 633-643.
- George, D., Mallery, P., 2010. *SPSS For Windows Step By Step: A Simple Guide and Reference*, 17.0 update (10a ed.). Pearson, Boston.
- Goodwin, L. D., 1999. The role of factor analysis in the estimation of construct validity. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 3(2): 85-100.
- Harrington, D., 2009. *Confirmatory factor analysis*, Oxford University Press, New York, pp. 21-35.
- Hayes, A., 2013. *Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis A Regression-Based Approach*, Guilford Publications, New York, U.S.A.
- Hooper, D., Coughlan, J., Mullen, M., 2008. Structural equation modelling: guidelines for determining model fit. *Electronic Journal of Business Research Methods*, 6(1): 53-60.
- Hu, L.T., Bentler, P.M., 1999. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling-a Multidisciplinary Journal*, 6 (1):1-55.
- Indriani, I.A.D., Rahayu, M., Hadiwidjojo, D., 2019. The influence of environmental knowledge on green purchase intention the role of attitude as mediating variable. *International Journey of Multicultural and Multireligious Understanding*, 6(2): 627-635.
- In'nam, Y., Koizumi, R., 2013. Structural Equation Modeling in Educational Research. In: Khine, M.S. (eds) *Application of Structural Equation Modeling in Educational Research and Practice. Contemporary Approaches to Research in Learning Innovations*. SensePublishers, Rotterdam, Netherlands.
- Jain Sanjay, K., Gurmeet, K., 2004. Green marketing: An attitudinal and behavioural analysis of indian consumers. *Global Business Review*, 5(87): 187-205.
- Jaiswal, D., Kant, R., 2018. Green purchasing behaviour: a conceptual framework and emprical investigation of indian consumers. *Journal of Retailing and Consumer Services*, (41): 60-69.
- Laroche, M., Bergeron, J., Barbaro, F.G., 2001. Targeting consumers who are willing to pay more for environmentally friendly products. *Journal of Consumer Marketing*, 18(6): 503-520.
- Leblebici Koçer, L., Delice, T., 2017. Yeşile boyama ve yeşil güven arasındaki ilişkide algılanan yeşil riskin ve algılanan tüketici şüpheçiliğinin aracılık rolü. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (50): 1-25.
- Karadeniz, H., 2020. Yeşil pazarlamanın tüketici satın alma davranışlarına etkisi: Giresun Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi öğrencileri üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi, Giresun Üniversitesi, Sosyal Bilimler Üniversitesi, Giresun.
- Karaman, D., 2021. Yeşil pazarlama bilgi düzeyi ve yaşam tatmininin yeşil ürün satın alma davranışına etkisi: kuşaklararası bir araştırma. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (58): 155-176.
- Khine, M.S., 2013. *Application of Structural Equation Modeling in Educational Research and Practice*. Sense Publishers, Rotterdam, Netherlands.
- Kline, R.B., 2011. *Principles and Practices of Structural Equation Modeling*. The Guilford Press, New York, USA.
- Kırloğlu, M., Tekin, H.H., 2019. Sosyal adalet savunuculuğu (sasö) ölçeğinin doğrulayıcı faktör analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(3): 859-874.
- Kim, Y., Choi, M. 2005. Antecedents of green purchase behavior: an examination of collectivism, environmental concern, and pce. *Advances in consumer research*, 32(1): 592-599
- Koçak, S., Tolunay, A., Türkoğlu, T., 2017. Türkiye'de orman sertifikasyonu uygulamalarının orman kaynakları yönetimine etkileri. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 18(1): 49-56.
- Komut, O., 2020. Sürdürülebilirlik çerçevesinde Türkiye'deki orman ve orman ürünleri sertifikasyonu. *Gümüşhane Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elektronik Dergisi*, 11:257-265
- Kuduz, N.İ., 2011. Yeşil pazarlama faaliyetlerinin tüketicilerin satın alma faaliyetlerine etkilerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Kuvan, Y., Yıldırım, H.T., 2008. Ormancılık Politikası Süreci ve Orman Sertifikasyonu. *Orman ve Av Dergisi*, 6: 25-30, Ankara.

- Mucuk, İ., 2004. Pazarlama İlkeleri. Türkmen Kitabevi, İstanbul.
- Neale, M.N., Liebert, R.M., 1980. Science and Behavior: An Introduction to Methods of Research. Prentice-Hall International, Inc. London.
- Nakıboğlu, M.A.B., 2003. Çevreci pazarlama anlayışı ve tüketicilerin çevre tutumlarının tüketici davranışları üzerindeki etkisi ile ilgili bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Nunnally, J.C., Bernstein, I.H., 1994. Psychometric Theory, McGraw Hill, New York, U.S.A.
- Meydan, C.H., Şeşen, H. 2015. Yapısal Eşitlik Modellemesi Amos Uygulamaları, Detay Yayıncılık, Ankara.
- OGM, 2019. Sürdürülebilir orman yönetimi kriter ve göstergeleri 2019 Türkiye raporu. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/SurdurulebilirOrmanYonetimi/2019%20SOY%20K.G%20T%C3%9CRK%C4%B0YE%20RAPORU.pdf>, Erişim: 30.07.2023.
- Ozinga, S., 2008. Time To Measure The Impacts Of Certification On Sustainable Forest Management, <http://www.fao.org/docrep/008/y5918e/y5918e08.htm>, Erişim: 30.07.2023.
- Özdamar, K., 2002. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi, Kaan Kitabevi, Eskişehir.
- Preacher, K.J., Hayes, A.F., 2008. Asymptotic and resampling strategies for assessing and comparing indirect effects in multiple mediator models. Behavior Research Methods, 40: 879-891.
- Reutter, K.K., Bigatti, S.M., 2014. Religiosity and spirituality as resiliency resources: moderation, mediation, or moderated mediation? Journal for the Scientific Study of Religion, 53(1): 56-72.
- Rashid, N.A.N.R., 2009. Awareness of eco-label in Malaysia's green marketing initiative. International Journal of Business and Management, 4(8): 10-28.
- Raykov, T., Marcoulides, G.A., 2006. A First Course in Structural Modeling, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, U.S.A., p. 147-173.
- Sarıtaş, A., 2018. Yeşil satın alma davranışının algılanan tüketici etkinliğine etkisinde çevresel kaygının aracılık rolü. Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi, 4(5): 47-71.
- Simon, D., Kriston, L., Loh, A., Spies, C., Scheibler, F., Wills, C., Härter, M., 2010. Confirmatory factor analysis and recommendations for improvement of the Autonomy-Preference-Index (API). Health expectations, 13(3): 234-243.
- Schermelleh, E.K., Moosbrugger, H., 2003. Evaluating the fit of structural equation models: tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. Methods of Psychological Research Online, 8(2): 23-74
- Schumacker, R.E., Lomax, R.G., 2004. A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Mahwah, New Jersey.
- Sipahi, B., Yurtkoru, S., Çinko, M., 2006. Sosyal Bilimlerde SPSS'le Veri Analizi. Beta BasımYayım, İstanbul.
- Sobel, M.E., 1982. Asymptotic confidence intervals for indirect effects in structural equation models. Sociological Methodology, (13): 290-312.
- Sobel, M.E., 1986. Some new results on indirect effects and their standard errors in covariance structure. Sociological Methodology, 16: 159-186.
- Soper, D.S., 2023. Arabuluculuğun Önemi için Sobel Test Hesaplayıcısı [Yazılım]. <https://www.danielsoper.com/statcalc> (Son Erişim Tarihi:09.02.2023)
- Straughan, D., Roberts, A., 1999. Environmental segmentation alternatives: A look at green consumer behavior in the new millennium. Journal of consumer marketing, 16(6): 558- 575.
- Tatlıdil, R., Oktav, M., 1992. Pazarlama Yönetimi. İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir.
- Topaloğlu, G., Alkan, H., 2023. Orman teşkilatında çalışan orman mühendislerinin yeşil ürünlere yönelik algı ve tutumlarını etkileyen faktörler. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 85-98.
- Türkoğlu, T., 2011. Türkiye'deki orman endüstrisi işletmelerine sürdürülebilir orman yönetimi çerçevesinde odun hammaddesi tedariki ve orman ürünlerinin sertifikasyonu. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Uyar, A., 2019. Yeşil satın alma davranışı belirleyen unsurların yapısal eşitlik modeli ile belirlenmesi. Ekev Akademi Dergisi, 23(77): 24-26.
- Wu, J.H., Wu, C.W., Lee, C.T., Lee, H.J., 2015. Green purchase intentions: an exploratory study of the taiwanese electric motorcycle market. Journal of Business Research, 68(4): 829-833.
- Yıldız, B., Aslan, H., Çiğdem, Ş., 2017. Örgütsel yenilikçiliğin çalışan performansı üzerindeki etkisinde bireysel yenilikçiliğin aracı rolü. Researcher Social Science Study, 5(4): 129-145.
- Yılmaz, S., 2009. Yeşil pazarlama kapsamında Karadeniz Teknik Üniversitesi öğrencilerinin çevreye duyarlı ürünleri kullanma eğilimlerinin incelenmesine yönelik bir araştırma. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Yılmaz, V., İlhan Dalbudak, Z., 2018. Aracı değişken etkisinin incelenmesi: yüksek hızlı tren işletmeciliği üzerine bir uygulama. Uluslararası Yönetim İktisad ve İşletme Dergisi, 14(2): 517-534.
- Zinkhan, G.M., Carlson, L., 1995. Green advertasing and the reluctant consumer. Journal of Advertising, 24(2): 1-6

Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki karaçam ve sahil çamı ağaçlandırma alanlarının karbon birikimi ile toprak ve ölü örtü özellikleri bakımından karşılaştırılması

Onur Kocabıyık^a , Şükrü Teoman Güner^{a,*} , Aydın Çömez^b 

Özet: Arazi kullanımı ve arazi kullanım değişikliği ekosistemdeki karbon ve besin maddesi stoklarını olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu çalışma, karaçam ve sahil çamı türleri ile yapılan ağaçlandırmaların karbon stokları ile toprak ve ölü örtü özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma, Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan Bartın ili, Ulus ilçesindeki ağaçlandırma alanları ile bu alanlara bitişik çıplak alanlar üzerinde yürütülmüştür. Her arazi kullanımından 20×20 m ebadında üç adet örnek alan alınmış, bu örnek alanlardaki ağaçların göğüs çapları ve boyları ölçülmüştür. Ölçülen bu çap ve boy değerleri ile ilgili ağaç türleri için geliştirilen bitkisel kütle denklemleri ve karbon oranları kullanılarak birim alandaki ağaç kütlesi ve karbon stoku hesaplanmıştır. Daha sonra her örnek alanda üç noktada 0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlik kademelerinden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri ile ölü örtü örnekleri alınmıştır. Araziden alınan toprak ve ölü örtü örneklerinin laboratuvarda fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş ve örnek alanda ölçülen değerler birim alana dönüştürülmüştür. Elde edilen veriler t testi ve varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ağaçlandırmanın toprakların N, S, P, Fe, Zn ve Cu içeriklerini önemli seviyede değiştirdiği; karaçam ve sahil çamı ölü örtülerinin C, S, Mn ve Zn içerikleri bakımından farklı olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca ekosistem karbon stoku arazi kullanım türlerine göre önemli farklılaşma göstermiş, karaçam ve sahil çamı ağaçlandırmaları ile çıplak alanda sırasıyla 148 t C ha⁻¹, 89 t C ha⁻¹ ve 27 t C ha⁻¹ bulunmuştur. Bu sebeple, yörede ve benzer ekolojik özelliklere sahip yerlerdeki ağaçlandırmalarda önceliğin karaçama verilmesi önerilebilir. Araştırma sonuçları, küresel iklim değişikliğinin etkisinin azaltılması bakımından ağaçlandırma çalışmaları için tür seçiminde kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Arazi kullanım değişikliği, *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, Ekosistem, Karbon havuzları

Comparison of carbon sequestration and soil/litter characteristics in black pine and maritime pine afforestation areas in the Western Black Sea Region

Abstract: Land use and land use change can positively or negatively affect carbon and nutrient stocks in ecosystems. This study was carried out to determine the effects of afforestation with black pine and maritime pine species on carbon stocks and soil and litter characteristics. The study was conducted on afforestation areas and adjacent bare lands in Bartın-Ulus county, located in the Western Black Sea Region of Turkey. Three sample plots of 20×20 m were taken from each land use and the diameter at breast height and tree heights in these sample plots were measured. Using the diameter and height values and the biomass equations and carbon ratios developed for the relevant tree species, the tree biomass and carbon stock per unit area were calculated. Then, disturbed and undisturbed soil samples and litter samples were taken from 0-10, 10-20 and 20-30 cm depth intervals at three points in each sample plot. The physical and chemical properties of the soil and litter samples were determined in the laboratory and measurements in the sample plots were converted to a unit area. The data were evaluated using independent sample t-tests and analysis of variance. The results showed that afforestation significantly changed N, S, P, Fe, Zn, and Cu concentrations in the soil; and C, S, Mn, and Zn concentrations in black pine and maritime pine forest floor were different. Besides, the ecosystem carbon (C) stocks differed significantly with forest land use type; black pine plantations, maritime pine plantations and bare land accumulated 148 t C ha⁻¹, 89 t C ha⁻¹ and 27 t C ha⁻¹, respectively. Thus, we suggest that priority should be given to black pine in afforestation of the region and in other ecosystems with similar climates. The results of the research can be used in species selection for afforestation studies in terms of reducing the impact of global climate change.

Keywords: Land-use change, *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, Ecosystem, Carbon pools

1. Giriş

Atmosferdeki sera gazlarının konsantrasyonun artması sonucunda olumsuz etkileri daha da çok hissedilen küresel iklim değişikliği en önemli çevre sorunlarının başında gelmektedir. (Schimel vd., 2000; Nowak ve Crane, 2002). Sera etkisi yapan atmosferik gazlardan en önemlisi olan karbondioksit, bitkiler (ağaç, çalı, ot, vb.) tarafından

fotosentez yolu ile alınmakta ve bitkisel kütle üretiminde kullanılarak bağlanmaktadır. Orman ekosistemlerinde karbonun toprakta birikimi ise çoğunlukla yaprak dökülmesi (Pausas, 1997; Berg ve Meentemeyer, 2001) ve ince kök ayrışması (Berg ve McClaugherty, 2003) sonucu meydana gelmektedir. Bu sebeple ormanlar karasal ekosistemlerde gerek bitkisel kütlede ve gerekse toprakta depoladığı karbon ile atmosfere insan kaynaklı karbondioksit salımını

✉ ^a Bartın Üniversitesi, Ulus Meslek Yüksekokulu, Ormanlık Bölümü, 74600 Ulus, Bartın

^b Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 35515 Urla, İzmir

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): stguner@bartin.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 28.07.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 25.08.2023



Citation (Atıf): Kocabıyık, O., Güner, Ş.T., Çömez, A., 2023. Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki karaçam ve sahil çamı ağaçlandırma alanlarının karbon birikimi ile toprak ve ölü örtü özellikleri bakımından karşılaştırılması. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 299-308.
DOI: [10.18182/tjf.1334107](https://doi.org/10.18182/tjf.1334107)

azaltılabilen ve aynı zamanda insanlar tarafından değiştirilebilen en önemli yutakları oluşturmaktadır (Dixon vd., 1994; Çömez, 2012; Zhang vd., 2019). Karasal ekosistemlerde, toprak üstünde bağlanan karbonun %80'inden fazlası ve tüm toprak organik karbonunun da %70'inden fazlası orman ekosistemleri tarafından bağlanmaktadır (Jandl vd., 2007).

Arazi kullanımı ve arazi kullanımındaki değişiklikler ekosistemdeki karbon ve besin maddesi stoklarını önemli ölçüde etkilemektedir (Lal, 2005; Hewitt vd., 2012; Korkanç, 2014; Soleimani, 2019; Güner vd., 2021; Erkan ve Ayhan, 2023). Özellikle orman ekosistemlerinin tarım ekosistemlerine veya mera alanlarının orman ekosistemlerine dönüştürülmesi hem toprak özelliklerini hem de ekosistemdeki besin maddesi stoklarını etkilemektedir. Tarım toprakları, özellikle de erozyona uğramış tarım toprakları, kendi potansiyel kapasitelerinden daha düşük miktarlarda organik karbon içerirler. Dolayısıyla tarım alanlarının ağaçlandırılması topraktaki karbon stoğunun artmasına sebep olabilir (Lal, 2005). Genel olarak mera ve orman topraklarında depolanan karbon, tarım ve çıplak alan topraklarına göre daha yüksek düzeydedir (Korkanç, 2014; Sarıyıldız vd., 2017; Korkanç vd., 2018). Bununla birlikte, arazi kullanım değişikliğine göre ekosistemde depolanan karbon miktarı ile diğer toprak özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin farklı coğrafik bölgeler, ekolojik koşullar, vejetasyon yapıları ile olan ilişkilerine ait daha ayrıntılı bilgilere ihtiyaç bulunmaktadır. Nitekim örneğin orman alanlarında ağaç türü, meşecere yaşı, verimlilik ve kapalılık gibi özellikler topraklarda karbon başta olmak üzere diğer besin maddesi stoklarında önemli değişikliklere yol açmaktadır (Peichl ve Arain, 2006; Turner, 2000; Zhang vd., 2019). Bir arazinin ağaçlandırılması başlangıçta yapılan toprak işleme nedeniyle toprak organik maddesinin azalmasına neden olabilirken zamanla büyüyen ağaçlar bu azalmayı telafi etmektedir. Üzerinde bitki örtüsü bulunmayan bir alanda yapılacak ağaçlandırmalar ile ekosistemdeki toplam karbon stoku artırılabilir. Ancak bir orman ekosisteminin traşlanması ve yeniden ağaçlandırılması toprak organik maddesinin azalması ile de sonuçlanabilir (Tolunay ve Çömez, 2007).

Türkiye'de değişik ağaç türleri kullanılarak yoğun bir ağaçlandırma faaliyeti yürütülmektedir. Örneğin, 2010-2017 döneminde yıllık ortalama 43.120 ha ağaçlandırma yapılmıştır (OGM, 2018). Diğer yandan küresel iklim değişikliği bağlamında yapılan bu ağaçlandırmaların ekosisteme etkilerinin ortaya konulması karar verme ve planlama süreçleri açısından son derece önemlidir. Yine Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) gereği taraf ülkeler her yıl sera gazı envanterlerini hazırlayarak BMİDÇS sekreteriyasına bildirmektedirler. Sera gazı emisyonlarının artmasında arazi kullanımında meydana gelen değişimler önemli bir yer tutmaktadır. Bu sebeple bildirimlerde arazi kullanım değişikliklerinden kaynaklanan emisyonlarının hesaplamalara dahil edilmesi gerekmektedir. Özellikle etkili diğer tüm ekolojik faktörlerin aynı olması durumunda ağaçlandırmanın çıplak alana göre toprak özelliklerini ne oranda değiştirebildiği ve bunun ağaç türüne göre fark edip etmediğinin bilinmesi iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasında izlenecek yolun belirlenmesi için son derece önemlidir. Bu kapsamda, çok nemli iklimin hüküm sürdüğü Batı Karadeniz Bölgesinde karaçam (*Pinus nigra* Arn.) ve sahil çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ile yapılan ağaçlandırmaların karbon ve bitki besin maddeleri

bakımından toprakta yaptığı değişikliklerin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışma, farklı arazi kullanım şekli ve farklı ağaç türleri ile yapılan ağaçlandırmaların i) karbon stoklarına etkisini belirlemek ve ii) toprak ve ölü örtü özelliklerine ve bazı besin maddesi stoklarına etkisini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

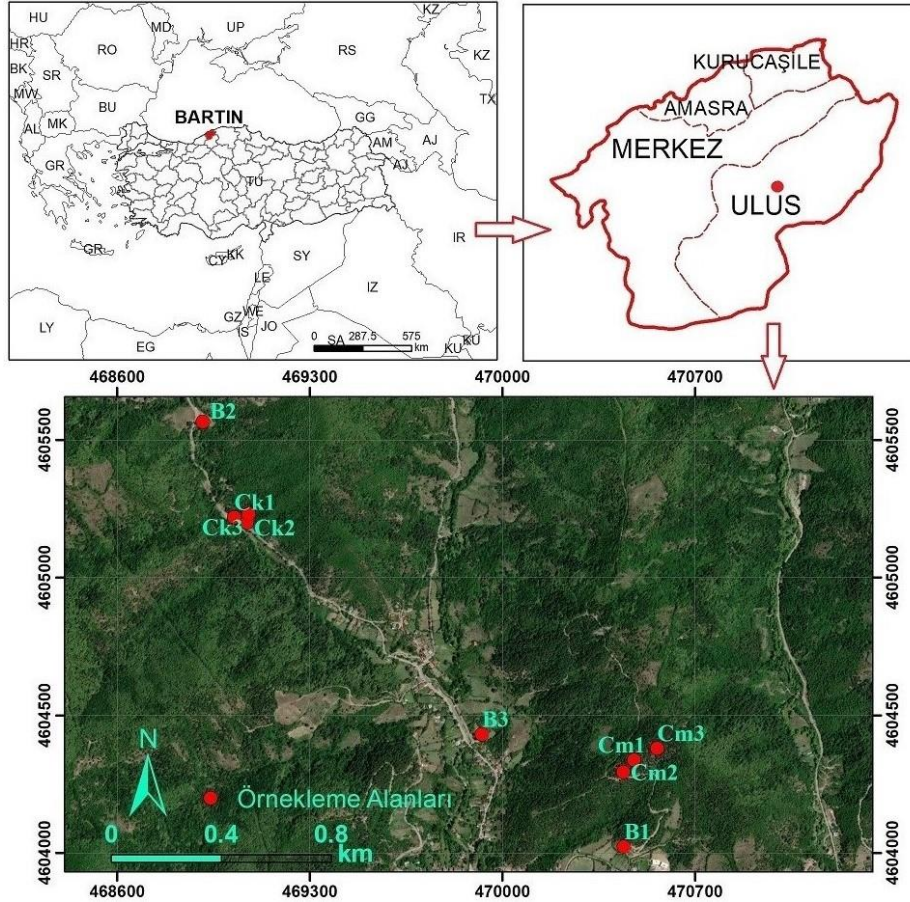
2.1. Araştırma alanının tanıtımı

Araştırma alanı olarak, Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan Ulus (Bartın) ilçesinde yaklaşık 35 yıl önce tesis edilen ve benzer yetiştirme ortamı özelliklerine sahip olan karaçam ve sahil çamı ağaçlandırmaları (36T 0470436 D – 4604037 K) seçilmiştir (Şekil 1).

Araştırma alanının yükseltisi 200-350 m, genel bakışı güney ve batıdır. Araştırma alanındaki anakaya filiz (MTA, 2021), toprak tipi cambisol (IUSS Working Group WRB, 2015), toprak türü ise tozlu killi balçık, killi balçık, tozlu kil ve kildir. Araştırma alanına en yakın mesafede bulunan Bartın meteoroloji istasyonunun (30 m) 55 yıllık (1960-2015) verilerine göre yıllık yağış 1036 mm, yıllık ortalama sıcaklık 12,8 °C, yıllık ortalama yüksek sıcaklık 19,0 °C'dir (MGM, 2020). Bartın meteoroloji istasyonu verilerinin enterpole edilen (sıcaklık değerleri her 100 m'de 0,5 °C azaltılmış, yağış değerleri ise her 100 m'de yıllık yağışa 54 mm ilave edilmiştir) araştırma alanının Erinç yöntemine göre iklimi çok nemli (Im=64,5)'dir (Erinç, 1965).

Çalışma Haziran 2022 tarihinde, Ulus ilçesi sınırları içerisinde 1987 yılında tesis edilen benzer yetiştirme ortamı özelliğine sahip karaçam ve sahil çamı ağaçlandırma alanları üzerinde yürütülmüştür (Çizelge 1). Örneklemelerin yapıldığı alanlar "b" (d1,3=8,0-19,9 cm) ve "c" (d1,3=20,0-35,9 cm) gelişim çağına olup, normal kapalılığa (0,7-1,0) sahiptir. Kontrol parseli olarak saha içerisindeki çıplak alanlar alınmıştır.

Çıplak alanlar üzerinde *Vicia peregrina* L., *Lotus corniculatus* var. *corniculatus* L., *Trifolium echinatum* M.Bieb., *Medicago falcata* L., *Ononis viscosa* subsp. *breviflora* (DC.) Nyman, *Trifolium medium* var. *medium* L., *Medicago lupulina* L., *Vicia bithynica* (L.) L., *Centaurea solstitialis* subsp. *solstitialis* L., *Carex spicata* subsp. *spicata* Huds., *Galium verum* subsp. *verum*, *Prunella vulgaris* L., *Lolium perenne* L., *Pilosella hoppeana* subsp. *hoppeana* (Schult.) F.W.Schultz & Sch.Bip., *Blackstonia perfoliata* subsp. *perfoliata* (L.) Huds., *Caucalis platycarpus* L., *Teucrium chamaedrys* subsp. *chamaedrys* L. taksonlarının bulunduğu belirlenmiştir. Karaçam ve sahil çamı örnekleme alanlarında çalı tabakasında *Crataegus monogyna* Jacq. var. *monogyna*, *Daphne pontica* subsp. *pontica* L., *Cytisus hirsutus* L., *Osyris alba* L., *Cistus creticus* L., ot tabakasında ise *Lathyrus laxiflorus* subsp. *laxiflorus* (Desf.) O.Kuntze, *Anthyllis vulneraria* subsp. *boissieri* (Sagorski) Bornm., *Dorycnium graecum* (L.) Ser., *Sophora jaubertii* Spach, *Helianthemum nummularium* subsp. *nummularium* (L.) Mill., *Stellaria holostea* L., *Fragaria vesca* L. taksonları tespit edilmiştir.



Şekil 1. Araştırma alanı ve örnekleme alanları (Ck: karaçam, Cm: sahil çamı, B: çıplak alan)

Çizelge 1. Araştırma alanının yetişme ortamı özellikleri

Yetiştirme ortamı özellikleri	Karaçam	Sahil çamı	Çıplak alan
Yükselti (m)	217	340	240
Eğim (%)	17	36	23
Yamaç konumu	AY	OY-ÜY	AY-OY
Bakı	GB	G	G-GB
Anakaya	Filiş	Filiş	Filiş

G: güney, GB: güneybatı, AY: alt yamaç, OY: orta yamaç, ÜY: üst yamaç

2.2. Örnekleme alanlarının seçimi ve örnekleme yöntemi

Yeryüzü şekli, iklim, anakaya, canlılar ve zaman faktörleri toprakların oluşumunda ve gelişiminde etkili olan temel faktörlerdir (Kantarci, 2000). Bu faktörlerin etkisini ortadan kaldırmak ve sadece arazi kullanımının etkisini ortaya koymak amacıyla örnekleme alanları benzer yetişme ortamı özelliğine sahip bir alan üzerinde yapılmıştır. Araştırma, üç arazi kullanımı (karaçam, sahil çamı, çıplak alan) ve her arazi kullanımından üç adet olmak üzere 20×20 m ebadında toplam 9 alanda yapılmıştır (Şekil 1). Bu alanların yükselti, eğim, bakı ve yamaç konumu özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra sahil çamı ve karaçam türlerinde seçilen örnekleme alanlarındaki tüm fertlerin boyu ve göğüs yüksekliğindeki çapları ölçülmüştür. Her örnekleme alanını temsil eden 25 × 25 cm ebadındaki üç farklı noktada ölü örtü örnekleme yapılmıştır (2 arazi kullanımı × 3 örnekleme alanı × 3 tekrar = 18 ölü örtü örneği). Ölü örtü örnekleri, tabakaları dikkate alınmadan tek bir örnek şeklinde alınmıştır. Toprak örnekleri her parselde üç noktadan, her notada da üç derinlik kademesinden (0-10, 10-20, 20-30 cm), bozulmuş ve bozulmamış (hacim silindiri ile) olmak üzere iki farklı

şekilde alınmıştır (3 arazi kullanımı × 3 örnekleme alanı × 3 tekrar × 3 derinlik kademesi × 2 set toprak örneği = 162 toprak örneği). Örnekleme alanlarına ait bazı tanımlayıcı yetişme ortamı özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

2.3. Laboratuvar analizleri

Araziden alınan toprak örnekleri hava kuru hale geldikten sonra öğütülüp 2 mm’lik elekten geçirilmiş ve tartılmıştır. Öğütülen ince toprakların ($\phi < 2$ mm) bir kısmı 105 °C’de sabit ağırlığa kadar kurutulduktan sonra tartılıp, nem içerikleri belirlenmiştir. Ölü örtü örnekleri laboratuvarda 65 °C’de sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilmiş, ardından tartılmış ve öğütülerek analize hazırlanmıştır. Analizler öncesinde gerek toprak gerek ölü örtü örneklerinde karma örnekler hazırlanarak analize alınmıştır. Bunun için her örnekleme alanında 0-10 cm derinlik kademesinden alınan üç örnek, 10-20 cm derinlik kademesinden alınan üç örnek, 20-30 cm derinlik kademesinden alınan üç örnek karıştırılmış ve her örnekleme alanının 0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlik kademesi için hazırlanan üç örnek analize alınmıştır (3 arazi kullanımı × 3 derinlik kademesi × 3 tekrar = 27 toprak örneği). Ölü örtü örnekleri için ise her örnekleme alanında üç noktadan alınan ölü örtü örnekleri karıştırılmış ve tek bir örnek şeklinde analize alınmıştır (2 arazi kullanımı × 3 tekrar = 6 ölü örtü örneği).

Toprak örneklerinin tanecik boyutuna göre sınıflandırması hidrometre yöntemiyle (Kroetsch ve Wang, 2008), organik karbon Walkley-Black ıslak yakma yöntemiyle (TS 8336, 1990), pH v/5v toprak/su çözeltisinde

elektrometrik metotla (TS ISO 10390, 2013), elektriksel iletkenlik m/5v toprak/su çözeltisinde elektrometrik metotla (TS ISO 11265, 1996), toplam CaCO₃ kalsimetre yöntemiyle (TS 8335 ISO 10693, 1996), toplam N ve S Variomax CNS elementer analiz cihazında Dumas yöntemiyle (Elementar Analysesysteme, Germany) belirlenmiştir. Yarayırlı P Olsen ve ark., Ca, Mg, K, Na amonyum asetat, Fe, Mn, Zn ve Cu ise DTPA yöntemiyle tayin edilmiştir (Müftüoğlu vd., 2014). Ölü örtü örneklerinin C, N ve S yoğunluğu Variomax CNS elementer analiz cihazında Dumas yöntemiyle, P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn ve Cu yoğunluğu ise ICP-OES yöntemiyle (Kacar ve İnal, 2010) belirlenmiştir.

2.4. Değerlendirme

Ağaç kütlelerine ait karbon stokları, örnekleme alanlarındaki ağaç kütleleri ile ağırlıklı karbon oranının çarpılması suretiyle bulunmuştur. Bunun için ölçülen çap ve boy değerleri, karaçam için denklem 1 (Güner ve Çömez, 2017), sahil çamı için denklem 2 (Tolunay vd., 2017) kullanılarak örnekleme alanlarındaki tüm ağaç kütleleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu kütleler, karaçam için %53,86 (Güner ve Çömez, 2017), sahil çamı için %50,61 (Tolunay vd., 2017) ağırlıklı karbon oranı değeri ile çarpılarak örnekleme alanlarındaki karbon stoku elde edilmiştir. Bu değerler, hektara çevirme katsayısı kullanılarak bir hektar alandaki ağaç karbon stoku hesaplanmıştır.

$$K_{TÜMAĞAÇ} = 5,9275(1,1556)^{d_{1,3}} \quad (1)$$

(R²=0,951; SH=0,300)

$$K_{TÜMAĞAÇ} = 16,6962 + (0,0263 \times d_{1,3}^2) \quad (2)$$

(R²=0,961; SH=42,506)

Denklemlerde K_{TÜMAĞAÇ}: toprak üstü ve toprak altı ağaç kütlelerini (kg/ağaç), d_{1,3}: göğüs yüksekliğindeki çapı (cm), h: ağaç boyunu (m), R²: belirtme katsayısını, SH: standart hatayı ifade etmektedir.

Ölü örtünün örnekleme alanlarındaki kuru kütleleri (kg/m²) ile analiz sonucu elde edilen karbon ve besin elementi yoğunluğu (%) çarpılarak örnekleme alanlarındaki miktarı bulunmuş, daha sonra bu değerler, hektara dönüştürülmüştür (kg/ha).

Topraktaki karbon ve besin elementi yoğunluk oranı (%) ait olduğu derinlik kademesinin ince toprak (Ø<2 mm) miktarı ile çarpılarak derinlik kademesindeki miktarları bulunmuş, derinlik kademelerindeki miktarlarının toplanmasıyla da 1 m² alan ve 30 cm derinlikteki karbon ve besin elementi miktarları bulunmuştur. Bu değer de 10.000 ile çarpılmak suretiyle örnekleme alanların bir hektar alandaki toprak karbon ve besin elementi stoku (kg/ha) elde edilmiştir.

Arazi kullanımlarına göre (çıplak alan, karaçam, sahil çamı) ekosistemde ve ekosistemin farklı bileşenlerinde depolanan karbon ve besin elementi miktarları arasındaki farklılıklar t testi ve varyans analizi ile incelenmiştir. Analizler öncesinde veri setlerinin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi, varyansların homojenliği ise Leneve testi ile kontrol edilmiş ve tüm veri setlerinin normal dağılıma sahip olduğu belirlenmiştir. Varyans analizi sonucunda istatistiksel bakımdan anlamlı farklılıklar bulunması durumunda Duncan testi uygulanarak homojen gruplar oluşturulmuştur. Sonuçlar α = 0,05 düzeyinde istatistiki olarak farklı kabul edilmiştir. İstatistik analizler

SPSS (SPSS v.22.0[®], 2015) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ağaç türlerinin meşcere özellikleri

Biyokütle ile ilgili meşcere parametreleri, ekosistemdeki karbon havuzlarının ve topraktaki diğer besin stoklarının tahmininde kritik bir role sahiptir (Güner vd., 2021). Benzer ekolojik koşullara sahip Ulus (Bartın) yöresinde, karaçam ve sahil çamı türleri ile yapılan ağaçlandırmalar dikimden 35 yıl sonra karşılaştırıldığında, meşcere orta çapı, ağaç adedi, göğüs yüzeyi ve meşcere hacmi bakımından farklılıklar önemsiz (P>0,05), meşcere orta boyu ve toplam ağaç kütleleri bakımından ise farklılıklar önemli bulunmuştur (P<0,05). Karaçam ve sahil çamı ağaçlandırmalarında sırasıyla meşcere orta boyu 15,9 ve 12,2 m, toplam ağaç kütleleri 216,3 ve 126,0 t ha⁻¹ bulunmuştur. Meşcere orta boyunun sahil çamında %23 daha az olması, karaçamın çalışma alanı yetişme ortamı koşullarında sahil çamından daha hızlı büyüdüğünü göstermektedir. Bu büyüme farkı meşcere ağaç kütlelerine de yansımıştır. Karaçam sahil çamına göre dikimden 35 yıl sonra, bir hektar alanda 90 ton daha fazla bitkisel kütle üretmiştir. Keza, her ne kadar meşcere hacmi bakımından türler arasındaki farklılıklar önemsiz bulunsun da karaçam sahil çamına göre 63 m³ ha⁻¹ daha fazla meşcere hacmine sahip olmuştur (Çizelge 2).

3.2. Ağaçlandırmanın karbon havuzlarına etkisi

Karaçam ve sahil çamı türleri ile yapılan ağaçlandırma çalışmasında, toprak altı ve toprak üstü ağaç kütlelerine ait karbon stoğu bakımından türler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (t=2,242; P<0,05). Dikimden 35 yıl sonra, toplam ağaç kütlelerine ait karbon stoğu karaçam için 116,5 t ha⁻¹, sahil çamı için 63,8 t ha⁻¹ bulunmuştur. Erkan ve Ayhan (2023) Elazığ-Sivrice'de 54 yaşındaki karaçam ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmada, biyokütledeki karbon stokunu 92,8 t ha⁻¹ olarak hesaplamışlardır. Çalışmamızda hesaplanan değerler söz konusu çalışmadan daha yüksek bulunması, araştırma alanları arasındaki bonitet farklılığında kaynaklandığı düşünülmektedir. Ölü örtü karbon stoğu bakımından türler arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur (t=1,032; P>0,05). Ölü örtü karbon stoğu karaçam için 7,6 t ha⁻¹, sahil çamı için 6,2 t ha⁻¹ bulunmuştur. Keza, toprak karbon stoğu bakımından da arazi kullanımları arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir (F=4,068; P>0,05).

Çizelge 2. Örnekleme alanlarının meşcere özellikleri (Ort.±SH).

Meşcere özellikleri	Karaçam	Sahil çamı	t	P
Meşcere yaşı (yıl)	35	35		
Ortalama çap (cm)	26,4±1,3	24,7±2,2	0,670	P>0,05
Ortalama boy (m)	15,9±0,4	12,2±0,7	4,535	P<0,05
Ağaç adedi (adet ha ⁻¹)	525±25	500±14,4	0,866	P>0,05
Göğüs yüzeyi (m ² ha ⁻¹)	30,5±2,4	26,1±4,4	0,865	P>0,05
Meşcere hacmi (m ³ ha ⁻¹)	246,7±13,5	183,9±38,2	1,549	P>0,05
Toprak üstü ve toprak altı ağaç kütleleri (t ha ⁻¹)	216,3±36,6	126,0±25,2	2,028	P<0,05

Toprakların 0-30 cm derinlik kademesinde depolanan organik karbon miktarı karaçam, sahil çamı ve çıplak alan için sırasıyla 23,9 t ha⁻¹, 19,1 t ha⁻¹ ve 26,5 t ha⁻¹ bulunmuştur. Özdemir vd. (2013) sahil çamlarının çeşitli orijinleriyle Marmara Bölgesinde yapılan ağaçlandırmalarda 10 cm derinlik için toprak karbon stokunu 25-27 t ha⁻¹ arasında belirlemiş olup çalışmamızda belirlenen miktardan daha yüksektir. Bu durum yetiştirme bölgeleri arasındaki iklim ve toprak özelliklerindeki farklılıktan kaynaklanmış olabilir. Ağaçlandırma alanındaki fidanların daha uzun bir vejetasyon döneminde daha fazla büyüyerek toprağa gerek ince kök üretimi gerekse ibre dökülmesi yoluyla organik madde sağlaması toprak organik karbon stokunu arttırmış olmalıdır. Ağaçlandırmaların yaşları dikkate alındığında toprak karbon stokunun 30 yıllık süreçte henüz başlangıçtaki seviyesine ulaşamadığı ancak aralarındaki farkın zamanla kapanarak bu seviyeye yaklaştığı anlaşılmaktadır. Ayrıca çalışmamızda toprakta karbon birikiminin karaçamda ortalama 0,72 t ha⁻¹ yıl⁻¹ iken sahil çamında 0,22 t ha⁻¹ yıl⁻¹ olması, bitkisel kütlede ise karaçamda 3,32; sahil çamında 1,82 t ha⁻¹ yıl⁻¹ olması karaçamın sahil çamına göre daha fazla karbon biriktirme kapasitesi olduğuna işaret etmektedir. Ekosistem karbon stoku bakımından ise arazi kullanımları arasındaki farklılıklar önemli ($F=20,599$; $P<0,01$) olup, karaçam, sahil çamı ve çıplak alan için sırasıyla 147,9 t ha⁻¹, 89,2 t ha⁻¹ ve 26,5 t ha⁻¹ bulunmuştur (Şekil 2). Karaçam ve sahil çamına ait ağaçlandırmalar çıplak alana göre önemli düzeyde daha fazla karbon bağlamıştır. Bunun sebebi, ağaçlandırma çalışmalarının bitkisel kütle arttırmasıdır. Güner vd. (2021) tarafından karaçam ve sarıçam ağaçlandırmalarında yapılan çalışmada da benzer bulgulara ulaşılmış, ağaçlandırma çalışmalarının ekosistem karbon stokunu önemli düzeyde arttırdığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre yörede ve benzer ekolojik koşullara sahip yetiştirme ortamlarında yapılacak ağaçlandırmalarda sahil çamı ile kıyaslandığından karaçama öncelik verilmesi daha fazla karbon bağlanmasını sağlayacaktır.

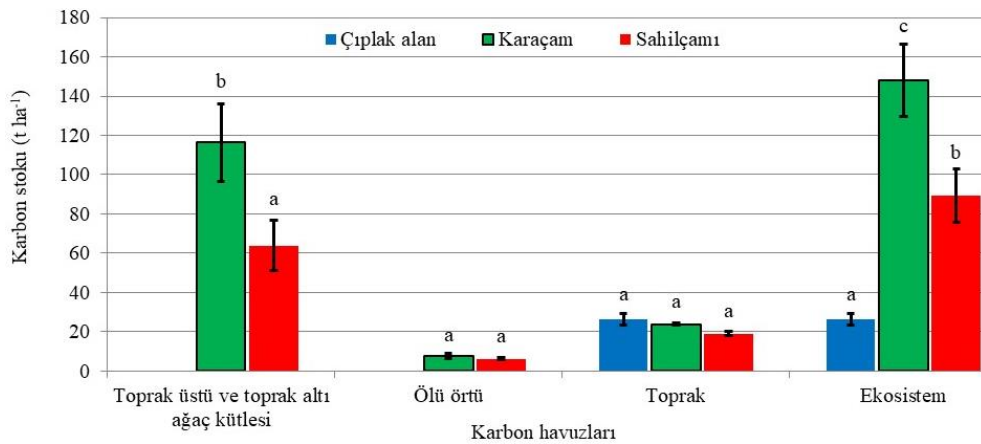
3.3. Ağaçlandırmanın toprak ve ölü örtü özelliklerine etkisi

3.3.1. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

3.3.1.1. Hacim ağırlığı (HA)

Araştırma alanındaki topraklar hacim ağırlığı bakımından arazi kullanımları arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($P>0,05$, Çizelge 3). Segura vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada da 22 yaşındaki *Pinus halepensis* Mill. ağaçlandırma alanında arazi kullanım durumuna göre toprağın hacim ağırlığı değerleri arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Yine Güner vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada da ağaçlandırmadan 50 yıl sonra toprağın hacim ağırlığı değerleri arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Ancak, Korkanç (2014) tarafından yapılan çalışmada, çıplak alandaki hacim ağırlığı değerleri ağaçlandırılan alanlara göre daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Araştırmacı bu durumu, çıplak alandaki toprağın düşük organik madde içermesi, toprak özelliklerinin bozulması ve otlama faaliyetlerinden dolayı topraktaki makro gözeneklerin azalması ile açıklamıştır. Çalışmamızda arazi kullanımları arasında fark bulunamamış olması, ağaçlandırmada arazi hazırlığı sırasında yapılan toprak işleme ile gevşetilen toprağın bir süre sonra tekrar eski haline dönüyor olmasından kaynaklanmış olabilir. Zira kil miktarının %25 civarında ve kil tipinin montmorillonit olması durumunda makinelili toprak işlemenin hacim ağırlığına etkisi 12 yıl kadar sürebilmektedir (Çepel, 1985). Bununla birlikte toprak işleme sırasında toprağın neminin ve makinenin ağırlığının fazla olması durumunda ise hacim ağırlığı artarak toprakta sıkışma da meydana gelebilmektedir (Çepel, 1985). Diğer yandan ağaçlandırmada kullanılan fidanların kökleri zamanla kalınlaşarak toprakta sıkışma ve dolayısıyla da hacim ağırlığının artışına da sebep olabilmektedir (Peng vd., 2022). Hacim ağırlığı değerleri karaçam dışında toprak derinliğine bağlı olarak artış göstermiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara ulaşılmış, hacim ağırlığı değerleri toprak derinliğine bağlı olarak artmıştır (Yüksek ve Yüksek, 2011; Saryıldız vd., 2017; Soleimani vd., 2019; Güner vd., 2021).

Derinlik kademelerindeki (0-10, 10-20, 20-30 cm) toprak miktarı ($\phi<2$ mm) bakımından arazi kullanımları arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($P>0,05$; Çizelge 3).



Şekil 2. Ekosistemin bileşenlerinde depolanan karbon stoklarının arazi kullanımlarına göre değişimi (bileşenlerdeki aynı harfler aralarında fark bulunmayan ($P>0,05$) benzer grupları göstermektedir)

3.3.1.2. Toprak tekstürü

Toprak tekstürü (kum, toz ve kil oranları) bakımından arazi kullanımları arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($P>0,05$, Çizelge 3). Evrendilek vd. (2004), Korkaç (2014) ve Güner vd., (2021) tarafından yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara ulaşılmıştır. Ancak, Yüksek ve Yüksek (2011), Sarıyıldız vd. (2017), Korkaç vd. (2018) ve Soleimani vd. (2019) tarafından yapılan çalışmalarda, toprak tekstürü arazi kullanımlarına göre önemli farklılıklar göstermiştir. Korkaç vd. (2018) bu farklılığı, mera alanında rüzgâr erozyonuyla toprağın ince tanelerinin taşınmasına, kavak alanında ise ölü örtü, diri örtü ve ağaçların toprak tanelerini rüzgâr erozyonuna karşı koruması ile açıklamıştır. Araştırmamızda tekstür bakımından arazi kullanımları arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemesi, çıplak alanların ağaçlandırma alanları arasındaki boşluklardan alınması sebebiyle bu alanların rüzgâr erozyonuna karşı kısmen kapalı olması ile açıklanabilir.

3.3.1.3. Toprak reaksiyonu (pH)

Toprak reaksiyonu, her üç derinlik kademesinde de arazi kullanımları arasında önemli bir farklılık göstermemiştir ($P>0,05$; Çizelge 3). Bu durumun araştırma alanlarındaki toprakların kireçli olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira toprakların kireç içeriğinin (%) yükselmesine bağlı olarak pH değerlerinin de yükseldiği görülmektedir (Çizelge 3). Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda ise farklı bulgulara ulaşılmış, ağaçlandırılan alanlarda pH değerleri daha düşük düzeyde bulunmuştur (Korkaç, 2014; Korkaç vd., 2018; Güner vd., 2021). Toprak reaksiyonundaki bu düşüş, ibrelili türlere ait ölü örtünün asit reaksiyonlu olması (Rhoades ve Binkley, 1996)

ve toprağa organik madde girişi ile açıklanmıştır (Korkaç vd., 2018). Yine 45 yaşındaki karaçam ve yalancı akasya türleri ile yapılan ağaçlandırmalarının toprak özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, karaçam altındaki toprakların pH değerinin, yalancı akasya altındaki ve bitişik çıplak alandaki toprakların pH değerine göre istatistiksel bakımdan önemli düzeyde düşük bulunmuştur (Karatepe, 2005).

3.3.1.4. Elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam kireç (Tk)

Araştırma alanındaki topraklar elektriksel iletkenlik ve toplam CaCO_3 (Tk) bakımından arazi kullanımları arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($P>0,05$). Kt içeriği sahil çamı örnekleme alanlarında en yüksek olup (%3,39-7,20), bunu çıplak alan (%3,12-6,24) ve karaçam örnekleme alanları (%1,02-3,95) izlemiştir (Çizelge 3).

3.3.1.5. Organik karbon (OC)

Araştırma alanındaki topraklar organik karbon yoğunluğu bakımından arazi kullanımları arasında istatistiksel bakımdan anlamlı farklılıklar göstermiştir ($P<0,05$). Her üç derinlik kademesi için de çıplak alanlardaki organik karbon yoğunluğu, karaçam ve sahil çamı ağaçlandırma alanlarına göre daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Karaçam ve sahil çamı ağaçlandırmaları altındaki toprakların organik karbon yoğunlukları arasındaki farklılıklar ise istatistiksel bakımdan önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$; Çizelge 3). Çıplak alanlardaki organik karbon yoğunluğunun ağaçlandırma alanlarına göre daha yüksek düzeyde bulunması, çıplak alan üzerinde bulunan otsu vejetasyonun toprak altı ve toprak üstü kısımlarının kuruyarak ayrışıp, toprağa daha fazla organik karbon sağlaması ile açıklanabilir.

Çizelge 3. Arazi kullanımlarına göre toprak özellikleri arasındaki farklılıklar (Ort. \pm SH)

Toprak özellikleri	Toprak derinliği (cm)								
	0-10 cm			10-20 cm			20-30 cm		
	Karaçam	Sahil çamı	Çıplak alan	Karaçam	Sahil çamı	Çıplak alan	Karaçam	Sahil çamı	Çıplak alan
HA (g/cm ³)	1,45 \pm 0,09 a	1,43 \pm 0,04 a	1,25 \pm 0,09 a	1,44 \pm 0,02 a	1,46 \pm 0,03 a	1,39 \pm 0,06 a	1,43 \pm 0,02 a	1,47 \pm 0,04 a	1,45 \pm 0,02 a
İTM (g/l)	689 \pm 67 a	580 \pm 13 a	525 \pm 15 a	579 \pm 38 a	512 \pm 41 a	457 \pm 78 a	670 \pm 61 a	456 \pm 41 a	494 \pm 98 a
Kum (%)	19,1 \pm 1,3 a	16,7 \pm 1,2 a	19,6 \pm 1,9 a	13,7 \pm 1,4 a	16,2 \pm 3,4 a	20,2 \pm 4,2 a	16,2 \pm 0,7 a	16,9 \pm 1,3 a	17,9 \pm 5,1 a
Toz (%)	37,9 \pm 1,4 a	39,1 \pm 0,9 a	40,7 \pm 1,5 a	39,5 \pm 1,2 a	37,6 \pm 1,7 a	37,8 \pm 1,4 a	40,2 \pm 1,7 a	37,6 \pm 1,5 a	38,5 \pm 0,9 a
Kil (%)	43,0 \pm 1,9 a	44,2 \pm 1,3 a	39,7 \pm 3,1 a	46,7 \pm 1,6 a	46,2 \pm 1,7 a	41,9 \pm 3,9 a	43,6 \pm 2,4 a	45,5 \pm 1,5 a	43,6 \pm 4,7 a
pH	7,7 \pm 0,2 a	8,2 \pm 0,1 a	7,9 \pm 0,1 a	8,3 \pm 0,1 a	8,4 \pm 0,04 a	8,3 \pm 0,03 a	8,3 \pm 0,1 a	8,6 \pm 0,05 a	8,5 \pm 0,05 a
EC (mS/cm)	0,06 \pm 0,02 a	0,09 \pm 0,02 a	0,09 \pm 0,02 a	0,05 \pm 0,002 a	0,07 \pm 0,03 a	0,08 \pm 0,02 a	0,05 \pm 0,01 a	0,06 \pm 0,03 a	0,09 \pm 0,01 a
Kt (%)	1,02 \pm 0,7 a	3,39 \pm 1,2 a	3,12 \pm 0,7 a	3,29 \pm 2,66 a	5,16 \pm 2,05 a	3,84 \pm 0,96 a	3,95 \pm 3,03 a	7,20 \pm 3,62 a	6,24 \pm 1,27 a
OC (%)	2,1 \pm 0,2 a	1,8 \pm 0,1 a	2,8 \pm 0,1 b	0,83 \pm 0,03 a	1,02 \pm 0,07 a	1,44 \pm 0,15 b	0,73 \pm 0,04 a	0,76 \pm 0,05 a	1,00 \pm 0,07 b
N (%)	0,18 \pm 0,01 a	0,18 \pm 0,003 a	0,33 \pm 0,02 b	0,11 \pm 0,003 a	0,13 \pm 0,003 a	0,20 \pm 0,019 b	0,10 \pm 0,004 a	0,11 \pm 0,006 a	0,15 \pm 0,01 b
C/N oranı	11,6 \pm 1,2 b	10,2 \pm 0,4 ab	8,5 \pm 0,2 a	7,4 \pm 0,1 a	7,9 \pm 0,4 a	7,1 \pm 0,3 a	7,1 \pm 0,3 a	6,9 \pm 0,5 a	6,5 \pm 0,1 a
S (%)	0,012 \pm 0,001 b	0,009 \pm 0,001 a	0,016 \pm 0,001 c	0,007 \pm 0,000 a	0,007 \pm 0,001 a	0,012 \pm 0,001 b	0,006 \pm 0,000 a	0,006 \pm 0,000 a	0,010 \pm 0,001 b
P (ppm)	3,22 \pm 0,18 a	3,60 \pm 0,24 ab	4,36 \pm 0,26 b	1,78 \pm 0,15 a	3,14 \pm 0,38 b	2,83 \pm 0,15 b	1,80 \pm 0,43 a	1,51 \pm 0,31 a	1,88 \pm 0,07 a
K (ppm)	136 \pm 6 a	108 \pm 6 a	185 \pm 39 a	92 \pm 5 a	78 \pm 3 a	110 \pm 22 a	82 \pm 10 a	70 \pm 5 a	87 \pm 9 a
Ca (ppm)	5027 \pm 910 a	6900 \pm 1053 a	6485 \pm 368 a	5677 \pm 889 a	7358 \pm 615 a	6928 \pm 225 a	6160 \pm 664 a	7255 \pm 784 a	7028 \pm 187 a
Mg (ppm)	108 \pm 6 a	101 \pm 11 a	101 \pm 25 a	85 \pm 5 a	72 \pm 22 a	87 \pm 32 a	65 \pm 7 a	67 \pm 26 a	103 \pm 53 a
Na (ppm)	9 \pm 1 a	9 \pm 1 a	8,5 \pm 0,5 a	9 \pm 1 a	11 \pm 0,1 a	9 \pm 1 a	10 \pm 1 a	11 \pm 1 a	11 \pm 1 a
Fe (ppm)	189 \pm 13 b	97 \pm 24 a	80 \pm 9 a	68 \pm 10 a	54 \pm 6 a	62 \pm 7 a	59 \pm 9 a	44 \pm 2 a	55 \pm 3 a
Zn (ppm)	2,2 \pm 0,1 b	1,5 \pm 0,2 a	3,7 \pm 0,2 c	0,2 \pm 0,02 a	0,7 \pm 0,1 ab	0,9 \pm 0,2 b	0,003 \pm 0,003 a	0,35 \pm 0,15 a	0,30 \pm 0,11 a
Cu (ppm)	7,0 \pm 0,9 a	3,3 \pm 0,4 ab	5,5 \pm 0,7 b	4,9 \pm 0,4 b	2,6 \pm 0,2 a	4,2 \pm 0,6 b	4,6 \pm 0,4 b	2,6 \pm 0,4 a	3,5 \pm 0,3 ab
Mn (ppm)	176 \pm 30 a	121 \pm 7 a	106 \pm 14 a	93 \pm 19 a	102 \pm 18 a	76 \pm 11 a	83 \pm 17 a	82 \pm 7 a	68 \pm 11 a

Satırlardaki aynı harfler aralarında fark bulunmayan benzer grupları göstermektedir ($P>0,05$), SH: standart hata, HA: hacim ağırlığı, İTM: ince toprak miktarı ($\phi<2$ mm), EC: elektriksel iletkenlik, Kt: toplam kireç (CaCO_3), OC: organik karbon

Ayrıca ağaçlandırma çalışmalarının başlangıcında yapılmış olan toprak işleme sonucu meydana gelen organik madde ayrışması da ağaçlandırılmış alanlardaki karbon yoğunluğunun azalmasında etkili olmuş olabilir. Araştırma bulgularımızın aksine, yapılan çalışmalarda genel olarak ağaçlandırılan alanlardaki toprak organik karbon yoğunluğu çıplak alanlara göre daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Bu durum bitkisel kütledeki artışla açıklanmıştır (Evrendilek vd., 2004; Karatepe, 2005; Yüksek ve Yüksek, 2011; Sarıyıldız vd., 2017; Eslamdoust ve Sohrabi, 2018; Soleimani vd., 2019; Güner vd., 2021). Toprak organik karbon yoğunluğunun yüksek olması o toprağın daha yüksek miktarda karbon depoladığı anlamına gelmeyebilir. Zira depolanan karbon miktarı toprağın derinliği ve hacim ağırlığı ile birlikte değerlendirilmelidir. Daha düşük yoğunluğa sahip bir toprak derin taşsız ve hacim ağırlığı fazla ise daha fazla bir karbon stoğuna sahip olabilir. Araştırmamızda organik karbon yoğunluğu her üç arazi kullanımında da toprak derinliğine bağlı olarak azalış göstermiştir (Çizelge 3). Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara ulaşılmıştır (Korkanç, 2014; Soleimani vd., 2019; Güner vd., 2021).

3.3.1.6. Makro besin elementleri

Makro besin elementlerinden N ve S yoğunluğu bakımından arazi kullanımları arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P < 0,05$). Toplam azot ve kükürt yoğunluğu çıplak alan topraklarında en yüksek bulunmuştur. Toplam azot yoğunluğu karaçam ve sahil çamı ağaçlandırmaları altındaki topraklar arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($P > 0,05$). Kükürt yoğunluğu karaçam ve sahil çamı ağaçlandırmaları altındaki toprakların 0-10 cm derinlik kademesinde bir farklılık göstermiş ($P < 0,05$), 10-20 ve 20-30 cm derinlik kademelerinde ise anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($P > 0,05$; Çizelge 3). Organik karbondaki azot ve kükürt yoğunluğunun çıplak alandaki topraklarda karaçam ve sahil çamı ağaçlandırmaları altındaki topraklara göre daha yüksek düzeyde bulunması çıplak alan üzerinde bulunan otsu vejetasyonun toprak altı ve toprak üstü kısımlarının kuruyarak ayrışıp, toprağa karışmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca otsu bitkilerin odunsulara göre yaprak kısımlarında daha yüksek miktarda azot ve fosfor içermeleri, odunsu bitkilerin ise biyokütle üretebilmeleri için gerekli enerji ve besin maddelerini daha çok köklere tahsis etmeleri (Brant ve Chen, 2015) toprağa farklı miktarlarda besin maddesi girdisi meydana getirebilir. Yine ağaçlandırma alanlarındaki toprak işleme sonucu meydana gelen organik madde azalmasının da bu durum üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Ancak araştırmamızda, otsu vejetasyonun toprağa sağladığı karbon ve bitki besin maddesi konusunda bir değerlendirme yapılmamıştır. Bundan sonra yapılacak benzer araştırmalarda bu konunun dikkate alınması gerekmektedir. Genel olarak toplam azot ve kükürt yoğunluğu her üç arazi kullanımı için de toprak derinliğine bağlı olarak azalış göstermiştir (Çizelge 3). Keza, konu ile ilgili yapılan çalışmalarda da makro besin elementleri toprak derinliğine bağlı olarak azalış göstermiştir (Yüksek ve Yüksek, 2011; Güner vd., 2021). Fosfor yoğunlukları yetersiz düzey olarak kabul edilen 12 ppm'in oldukça altında olup (Çepel, 1996), 0-10 cm ve 10-20 cm derinlik kademelerinde arazi kullanımlarına göre önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek P değerleri 0-10 cm derinlikte açık alanda, 10-20 cm derinlikte ise sahil çamında bulunmuştur. Fosforun pH'nın 7'nin üzerine çıkmasıyla

alınabilirliğinin azaldığı yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur (Çepel, 1996). Ayrıca kil miktarının yüksek olmasının da fosfor yoğunluğunun düşük olmasına sebep olduğu çeşitli araştırmalarla ortaya konulmuştur (Jian vd., 2022).

3.3.1.7. Mikro besin elementleri

Mikro besin elementlerinden Zn yoğunluğu 0-10 cm ve 10-20 cm derinliklerde, Fe yoğunluğu ise 0-10 cm derinlikte, Cu bütün derinlik kademelerinde, arazi kullanımlarına göre önemli farklılıklar göstermiş, en yüksek Zn yoğunlukları çıplak alanda, en yüksek Fe ve Cu yoğunlukları ise karaçamda belirlenmiştir. Topraklarda bitki tarafından alınabilir Zn miktarının 0,7-2,4 ppm aralığında, Cu miktarının 0,2 ppm'in üzerinde olması, Fe miktarının ise 4,5 ppm'in üzerinde olması yeterli görülmektedir (Akınoğlu vd., 2022). Buna göre tüm işlemlerde genel olarak toprağın üst katmanlarında Zn yoğunluğunun yeterli seviyede olduğunu söylemek mümkündür. Aynı şekilde Fe ve Cu yoğunlukları da yeterlidir. Bazı mikro besin elementlerinin yoğunluklarının arazi kullanımlarına göre farklılıklar göstermesi bitki türlerinin topraktaki besin maddelerini farklı miktarlarda alması ve buna bağlı olarak da yaprak dökülmesi yoluyla toprağa farklı miktarlarda besin maddesi girişi ile ilgili olabilir (Brant ve Chen, 2015; Li vd., 2021). Dökülen yaprakların ya da ince köklerin ayrışma hızlarına bağlı olarak besin elementlerinin mineralizasyonu da toprakların besin maddesi yoğunlukları üzerinde etkili olan diğer bir faktördür (Diallo vd., 2019).

3.3.2. Ölü örtülerin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Karaçam ve sahil çamı türleri ile yapılan ağaçlandırmalar ölü örtü özellikleri bakımından değerlendirildiğinde, ölü örtü kütlesi, azot yoğunluğu ve C/N oranı bakımından karaçam ve sahil çamı arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir ($P > 0,05$). Ölü örtü C, S, Mn ve Zn yoğunluğu bakımından ise karaçam ve sahil çamı ağaçlandırmaları arasında istatistiksel bakımdan anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($P < 0,05$). C yoğunluğu karaçam ölü örtüsünde (%50,33), S yoğunluğu ise sahil çamı ölü örtüsünde (%0,082) daha yüksek düzeyde bulunurken Mn ve Zn yoğunlukları karaçamda daha yüksektir (Çizelge 4). Ölü örtü C, S, Mn ve Zn yoğunluklarındaki bu farklılıklar araştırmaya konu olan ağaç türleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan bir başka araştırmada, farklı gelişim çağındaki karaçam ağaçlandırmalarında, ölü örtüdeki N %0,59-0,82 ve S %0,103-0,155 arasında bulunmuştur (Güner ve Özkan, 2019). Araştırma bulgularımızla karşılaştırdığımızda, S değerlerimizin daha düşük, N değerlerimizin ise verilen aralıkta yer aldığı görülmektedir. C/N oranı karaçam ölü örtüsü için 74,94, sahil çamı ölü örtüsü için 60,42 olarak bulunmuştur. Bu durum ekosistemdeki ölü örtü ayrışmasının yavaş olduğunu göstermektedir. Kantarcı (2000), C/N oranının 30'dan fazla olduğu yerlerde ayrışmanın çok yavaş gerçekleştiğini, 15-25 arasında ayrışmanın devam ettiğini, 15'ten küçük olan yerlerde ise ayrışmanın ve mineralizasyonun çok hızlı olduğunu bildirmektedir. Ölü örtü C/N oranları arasında karaçam ve sahil çamı ağaçlandırmaları arasında anlamlı bir fark olmamasına rağmen ortalama değerler sahil çamı ölü örtüsünün karaçama göre daha hızlı ayrıştığına işaret etmektedir. Türkiye'deki sahil çamı ağaçlandırma

alanlarında yapılan çalışmalardan, Ağaçlı maden sahalarında (İstanbul) ölü örtü kütlesi $1,79 \text{ kg m}^{-2}$ (Sever ve Makineci, 2008), Durusu kumul ağaçlandırmalarında (İstanbul) araştırmamızla aynı gelişim çağındaki bulunan meşcerelerde ($d_{1,3}=20-35,9 \text{ cm}$) ölü örtü kütlesi $4,82 \text{ kg m}^{-2}$ bulunmuştur (Makineci, 2021). Araştırma bulgularımız ($1,27 \text{ kg m}^{-2}$), Sever ve Makineci (2008) ile Makineci (2021) tarafından belirlenen değerlerden daha düşük düzeyde olup bu durum ağaçlandırmaların yaşları veya yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki farklılıklardan kaynaklanabilir. Meşcerelerin gelişimi ile ölü örtünün önemli bir kaynağı olan bitkisel kütle de artmaktadır. Ayrıca yetiştirme ortamı özellikleri nem ve sıcaklık ilişkilerini etkilemek suretiyle ölü örtünün ayrışma hızını değiştirmekte ve bazı durumlarda ölü örtü birikimine sebep olmaktadır (Kantarci 2000). Çalışmamızda karaçamda ölü örtü miktarı sahil çamından bir miktar yüksek bulunmuş olmakla birlikte aradaki fark önemsiz seviyededir.

3.3.3. Toprak ve ölü örtüdeki besin stokları

Topraktaki N, S ve mikro besin elementi (Fe, Mn, Zn, Cu) stoku bakımından arazi kullanımları arasında istatistiksel bakımdan önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P<0,05$). Topraktaki N (3461 kg ha^{-1}) ve S (190 kg ha^{-1}) stoku çıplak alanda en yüksek düzeyde bulunurken Fe stoku ağaçlandırılan alanlarda çıplak alana göre daha yüksektir. En yüksek Zn stoku ise çıplak alanda belirlenmiştir. Cu stoku ise karaçam ağaçlandırma alanlarında diğer alanlara göre daha yüksektir. En düşük N (2189 kg ha^{-1}) ve S (118 kg ha^{-1}) stoku sahil çamı ağaçlandırma alanı altındaki topraklarda belirlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, topraktaki makro besin elementlerinin yoğunluk ve stok değerlerinin birbirlerine paralellik gösterdiği görülmektedir (Çizelge 5).

Çizelge 4. Ağaç türlerine göre ölü örtü özellikleri arasındaki farklılıklar (Ort.±SH).

Ölü örtü özellikleri	Karaçam	Sahil çamı	t	P
Ölü örtü kütlesi (kg m^{-2})	1,51±0,23	1,27±0,13	0,880	$P>0,05$
C (%)	50,33±0,36	48,75±0,28	3,428	$P<0,05$
N (%)	0,68±0,06	0,82±0,06	-1,630	$P>0,05$
C/N oranı	74,94±6,8	60,42±4,8	1,745	$P>0,05$
S (%)	0,07±0,001	0,08±0,001	-6,130	$P<0,01$
P (%)	0,05±0,01	0,05±0,01	-0,173	$P>0,05$
K (%)	0,13±0,03	0,17±0,01	-1,383	$P>0,05$
Ca (%)	1,28±0,08	1,34±0,11	-0,438	$P>0,05$
Mg (%)	0,10±0,02	0,11±0,01	-0,410	$P>0,05$
Na (ppm)	137±25	144±13	0,523	$P>0,05$
Fe (ppm)	1765±783	2033±256	-0,325	$P>0,05$
Mn (ppm)	147±17	94±6	0,143	$P<0,05$
Zn (ppm)	115±24	45±8	2,779	$P<0,05$
Cu (ppm)	4,4±2,3	2,7±0,9	0,699	$P>0,05$

Çizelge 5. Arazi kullanımlarına göre toprak ve ölü örtüdeki besin stokları (Ort.±SH).

Besin stokları	Toprak ($\text{Ø} < 2 \text{ mm}$)				Ölü örtü				
	Karaçam	Sahil çamı	Çıplak alan	F	P	Karaçam	Sahil çamı	t	P
N (t ha^{-1})	2,58±0,12 ab	2,19±0,08 a	3,46±0,45 b	5,599	$P<0,05$	105±22	104±13	0,040	$P>0,05$
Ca (t ha^{-1})	11,14±2,42 a	11,16±1,70 a	10,03±1,31 a	0,120	$P>0,05$	197±39	169±5	0,726	$P>0,05$
S (kg ha^{-1})	171±25 ab	118±7 a	190±21 b	3,541	$P<0,05$	11,1±1,6	10,5±1,1	0,266	$P>0,05$
P (kg ha^{-1})	4,49±0,17 a	4,46±0,71 a	4,48±0,56 a	0,001	$P>0,05$	7,47±1,81	6,28±0,99	0,575	$P>0,05$
K (kg ha^{-1})	201±7 a	136±13 a	194±45 a	1,724	$P>0,05$	21±7	22±2	-0,135	$P>0,05$
Mg (kg ha^{-1})	166±1 a	125±25 a	152±67 a	0,258	$P>0,05$	16±5	14±2	0,319	$P>0,05$
Na (kg ha^{-1})	18±1 a	16±1 a	14±2 a	1,446	$P>0,05$	2,2±0,7	1,8±0,1	0,523	$P>0,05$
Fe (kg ha^{-1})	206±6 b	103±12 a	97±9 a	40,224	$P<0,05$	29±16	25±2	0,255	$P>0,05$
Mn (kg ha^{-1})	224±27 b	159±12 ab	126±16 a	6,829	$P<0,05$	2,18±0,31	1,20±0,16	2,787	$P<0,05$
Zn (kg ha^{-1})	1,64±0,13 a	1,33±0,09 a	2,53±0,09 b	37,087	$P<0,05$	1,66±0,27	0,57±0,11	3,719	$P<0,05$
Cu (kg ha^{-1})	10,60±0,38 c	4,20±0,35 a	6,69±1,07 b	22,088	$P<0,05$	0,07±0,04	0,03±0,01	0,930	$P>0,05$

Satırlardaki aynı harfler aralarında fark bulunmayan benzer grupları göstermektedir ($P>0,05$), SH: standart hata, P: önem düzeyi

Ölü örtüde depolanan N ve S stoku bakımından türler arasındaki farklılıklar istatistiksel bakımdan önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Farklı gelişim çağındaki karaçam ağaçlandırmalarında yapılan bir çalışmada, ölü örtüdeki N ($23,6-188,0 \text{ kg ha}^{-1}$) ve S ($4,3-40,0 \text{ kg ha}^{-1}$) arasında bulunmuştur (Güner ve Özkan, 2019). Karaçam ölü örtüsüne ait N ve S stoku bulgularımızın Güner ve Özkan (2019) tarafından yapılan çalışma ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Türkiye'deki sahil çamı ağaçlandırma alanlarında yapılan çalışmalardan, Ağaçlı maden sahalarında (İstanbul) ölü örtüdeki azot miktarı $113,9 \text{ kg ha}^{-1}$ (Sever ve Makineci, 2008), Durusu kumul ağaçlandırmalarında (İstanbul), araştırmamızla aynı gelişim çağındaki bulunan meşcerelerde ($d_{1,3}=20-35,9 \text{ cm}$) ölü örtüdeki azot miktarı 440 kg ha^{-1} bulunmuştur (Makineci, 2021). Sahil çamı ölü örtüsüne ilişkin bulgularımız (104 kg ha^{-1}), Sever ve Makineci (2008) tarafından yapılan çalışmaya yakın, Makineci (2021) tarafından yapılan çalışmadan ise oldukça düşük düzeyde bulunmuştur.

4. Sonuçlar

Bu araştırma, farklı ağaç türleri ile yapılan ağaçlandırmaların karbon stokları ile toprak ve ölü örtü özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre karaçamın toprağın bazı kimyasal özelliklerini sahil çamına göre daha olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Ayrıca yöredeki sahil çamı ve karaçam ağaçlandırma çalışmaları sonucunda toprağın azot ve kükürt stoklarının 35 yıllık sürede çıplak alanın miktarına henüz ulaşmadığı, ancak karaçamın sahil çamına oranla toprak kimyasal özelliklerini daha hızlı eski seviyesine getirebildiği anlaşılmıştır. Toprak üzerindeki ölü örtü ve ağaç kütleindeki besin maddesi stokları dikkate alındığında ekosistemdeki besin maddesi üzerinde ağaçlandırmanın olumlu etki yaptığı, çıplak arazilerin ağaçlandırma alanlarına dönüştürülmesinin, ekosistem karbon stokunu arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yörede ve benzer ekolojik koşullara sahip yetiştirme ortamlarındaki ağaçlandırmalarda, tür seçimine karar verilmesi ve iklim değişikliğinin etkisinin azaltılması bakımından önemlidir.

Açıklama

Bu araştırma, TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından “Ulus (Bartın) yöresindeki sahil çamı ve karaçam ağaçlandırmalarının karbon birikimi açısından değerlendirilmesi (1919B012106854)” isimli proje kapsamında desteklenmiştir. Örnekleme alanlarında bulunan bitki taksonlarını teşhis eden Doç. Dr. Bilge TUNÇKOL ile sonuç raporunda kullanılan haritayı hazırlayan Öğr. Gör. Eren Gürsoy ÖZDEMİR’e teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akınoğlu, G., Korkmaz, A., Horuz, A., 2022. Toprak ve Sulama Suyunda Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi. Akademisyen Kitabevi, Ankara.
- Berg, B., Meentemeyer, V., 2001. Litter fall in some European coniferous forests as dependent on climate: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(2): 292-301. doi:10.1139/x00-172.
- Berg, B., McClaugherty, C., 2003. Plant Litter Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration. Springer-Verlag Berlin Heiderberg, Germany.
- Brant, A.N., Chen, H.Y.H., 2015. Patterns and mechanisms of nutrient resorption in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34(5): 471-486. doi: 10.1080/07352689.2015.1078611.
- Çepel, N., 1985. Ağaçlandırma çalışmalarında uygulanan arazi hazırlığı çalışmalarına ilişkin mekanizasyonun ekolojik sonuçları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B(35), 1-13.
- Çepel, N., 1996. Toprak İlimi Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Basımevi, İstanbul.
- Çömez, A., 2012. Sündiken Dağları'ndaki (Eskişehir) Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi. Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü Yayını, Eskişehir.
- Diallo, M.B., Irénikatché Akponikpè, P.B., Fatondji, D., Abasse, T., Agbossou, E.K., 2019. Long-term differential effects of tree species on soil nutrients and fertility improvement in agroforestry parklands of the Sahelian Niger. *Forests, Trees and Livelihoods*, 28(4), 240-252.
- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C., Wisniewski, J., 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystem. *Science*, 263: 185-190.
- Eriç, S., 1965. Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayını, İstanbul.
- Erkan, N., Ayhan, E., 2023. Growth rate and economic evaluation of mixed stands established with *Cedrus libani* and *Pinus nigra*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 38(5): 344-351.
- Evrendilek, F., Celik, I., Kilic, S., 2004. Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forest, grassland, and cropland ecosystems in Turkey. *Journal of Arid Environments*, 59(4): 743-752.
- Eslamdoust, J., Sorabi, H., 2018. Carbon storage in biomass, litter, and soil of different native and introduced fast-growing tree plantations in the South Caspian Sea. *Journal of Forest Research*, 29(2): 449-457.
- Güner, Ş.T., Çömez, A., 2017. Biomass equations and changes in carbon stock in afforested black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) stands in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(3): 2368-2379.
- Güner, D., Özkan, K., 2019. Türkiye'deki karaçam ağaçlandırma alanlarında besin stoklarının belirlenmesi. *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 6(2): 192-207.
- Güner, Ş.T., Erkan, N., Karataş, R., 2021. Effects of afforestation with different species on carbon pools and soil and forest floor properties. *Catena*, 196, 104871. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104871>
- Hewitt, A., Fraser, S., Hedley, C.B., Lynn, I., 2012. Afforestation effects on soil carbon stocks of low productivity grassland in New Zealand. *Soil Use and Management*, 28: 508-516.
- IUSS Working Group WRB, 2015. World reference base for soil resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*, FAO, Rome.
- Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D.W., Minkinen, K., Byrne, K.A., 2007. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, 137: 253-268.
- Jian, Z., Lei, L., Ni, Y., Xu, J., Xiao, W., Zengi L., 2022. Soil clay is a key factor affecting soil phosphorus availability in the distribution area of Masson pine plantations across subtropical China. *Ecological Indicators*, 144: 109482.
- Kacar, B., İnal, A., 2010. Bitki Analizleri. Nobel Yayınevi, Ankara.
- Kantarci, M.D., 2000. Toprak İlimi. İstanbul Üniversitesi Yayını, İstanbul.
- Karatepe, Y., 2005. Accumulation of organic carbon and nitrogen in plantation forests of black pine (*Pinus nigra* Arn.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in Golcuk (Isparta). *Forestist*, 55(1): 209-223. <https://doi.org/10.17099/jffiu.33805>
- Korkaç, S.Y., 2014. Effects of afforestation on soil organic carbon and other soil properties. *Catena*, 123: 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.07.009>
- Korkaç, S.Y., Şahin, H., Özden, A.O., Özkurt, B., 2018. Arazi kullanımı dönüşümlerinin toprakların organik karbon depolama ve bazı özellikleri üzerindeki etkileri: Niğde yöresi örneği. *Türkiye Ormançılık Dergisi*, 19(4): 362-367. <https://doi.org/10.18182/tjf.436132>
- Kroetsch, D., Wang, C., 2008. Particle Size Distribution, in section VI. Soil Physical Analysis, Section Ed. By Angers D.A., Larney, F.J., In: Carter, M.R., Gregorich, E.G. (Eds.), *Soil Sampling and Methods of Analysis 2*. Edition, CRC Press, Boca Raton.
- Lal, R., 2005. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220: 242-258. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.015>
- Li, Y., Han, C., Sun, S., Zhao, C., 2021. Effects of tree species and soil enzyme activities on soil nutrients in dryland plantations. *Forests*, 12: 1153. <https://doi.org/10.3390/f12091153>
- Makineci, E., 2021. Nitrogen accumulation in forest floors with introduced *Pinus pinea* and *Pinus pinaster* in dune site. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193: 327. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09100-3>
- MGM., 2020. Meteorolojik veri. <https://www.mgm.gov.tr/>, Erişim: 14.02.2020.
- MTA., 2021. 1:500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/500bas>, Erişim: 13.12.2021.
- Müftüoğlu, N.M., Türkmen, C., Çakılı, Y., 2014. Toprak ve Bitkide Verimlilik Analizleri. Nobel Yayınevi, Ankara.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116: 381-389. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00214-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00214-7)
- OGM, 2018. Orman Genel Müdürlüğü Stratejik Planı (2019-2023). [https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/StratejikPlan/Orman%20Gene1%20M%C3%BCd%C3%BCr1%C3%BC%C4%9F%C3%BC%20Stratejik%20Plan%20\(2019-2023\).pdf](https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/StratejikPlan/Orman%20Gene1%20M%C3%BCd%C3%BCr1%C3%BC%C4%9F%C3%BC%20Stratejik%20Plan%20(2019-2023).pdf), Erişim: 22.03.2020.
- Ozdemir, E., Oral, H.V., Akburak, S., Makineci, E., Yılmaz, E., 2013. Carbon and nitrogen accumulation in forest floor and surface soil under different geographic origins of Maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton.) plantations. *Forest Systems*, 22(2): 214-221. <http://dx.doi.org/10.5424/fs/2013222-03441>
- Pausas, J.G., 1997. Litter fall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forests of the eastern Pyrenees. *Journal of Vegetation Science*, 8: 643-650. <https://doi.org/10.2307/3237368>
- Peichl, M., Arain, M.A., 2006. Above- and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 140: 51-63. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.08.004>

- Peng, L., Tang, C., Zhang, X., Duan, J., Yang, L., Liu, S., 2022. Quantifying the effects of root and soil properties on soil detachment capacity in agricultural land use of southern China. *Forests*, 13: 1788. <https://doi.org/10.3390/f13111788>
- Rhoades, C., Binkley, D., 1996. Factors influencing decline in soil pH in Hawaiian Eucalyptus and Albizia plantations. *Forest Ecology and Management*, 80(1-3): 47–56. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(95\)03646-6](https://doi.org/10.1016/0378-1127(95)03646-6)
- Sarıyıldız, T., Savacı, G., Maral, Z., 2017. Effect of different land uses (mature and young fir stands- pasture and agriculture sites) on soil organic carbon and total nitrogen stock capacity in Kastamonu Region. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 17(1): 132-142. <https://doi.org/10.17475/kastorman.296912>
- Schimel, D., Enting, I.G., Heimann, M., Wigley, T.M.L., Raynaud, D., Alves, D., Siegenthaler, U., 2000. CO₂ and the carbon cycle. In: *The Carbon Cycle*, Ed: Wigley TML, Schimel DS, Cambridge University Press, USA.
- Segura, C., Navarro, F.B., Jiménez, M.N., Fernández-Ondoño, E., 2020. Implications of afforestation vs. secondary succession for soil properties under a semiarid climate. *Science of The Total Environment*, 704: 135393. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135393>
- Sever, H., Makineci, E., 2008. Ağaçlı-İstanbul maden sahalarında sahil çamı (*Pinus pinaster* Aiton.) ağaçlandırmalarında bazı ölü örtü ve toprak özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 136-146.
- Soleimani, A., Hosseini, S.M., Bavani, A.R.M., Jafari, M., Francaviglia, R., 2019. Influence of land use and land cover change on soil organic carbon and microbial activity in the forests of northern Iran. *Catena*, 177: 227-237. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.02.018>
- SPSS v.22.0®, 2015. SPSS 22.0 Guide to Data Analysis. published by Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Tolunay, D., Çömez, A., 2007. Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye'deki durum. *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu*, 13-14 Aralık, İstanbul, s. 97-107.
- Tolunay, D., Makineci, E., Şahin, A. Özturba, A.G., Pehlivan, S., Abdelkaim, M.A., 2017. İstanbul-Durusu Kumul Alanlarındaki Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ve Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.) Ağaçlandırmalarında Karbon Birikimi. TÜBİTAK TOVAG Proje Nu: 114O797, İstanbul.
- TS 8336, 1990. Soils-Determination of organic matter. Turkish Standards Institution Press, Ankara.
- TS 8335, ISO 10693, 1996. Soil quality-Determination of carbonate content-Volumetric method. Turkish Standards Institution Press, Ankara.
- TS ISO 11265, 1996. Soil quality-Determination of electrical conductivity. Turkish Standards Institution Press, Ankara.
- TS ISO 10390, 2013. Soil quality-Determination of pH. Turkish Standards Institution Press, Ankara.
- Turner, J., Lambert, M., 2000. Change in organic carbon in forest plantation soils in eastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 133(3): 231-247. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00236-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00236-4)
- Yüksek, T., Yüksek, F., 2011. The effects of restoration on soil properties in degraded land in the semi-arid region of Turkey. *Catena*, 84: 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.09.002>
- Zhang, X., Zhang, X., Han, H., Shi, Z., Yang, X., 2019. Biomass accumulation and carbon sequestration in an age-sequence of Mongolian pine plantations in Horqin sandy land, China. *Forests*, 10(2): 197. <https://doi.org/10.3390/f10020197>

Hitit metinlerinde orman

Hasan Tuncer^{a,*} 

Özet: Tarihin en eski devirlerinden beri, her toplum için, verimli topraklar önemli bir yere sahipti. Bu durum, Hititler için de geçerli idi. Ağaçlandırılmış alanlar ve bu alanlarda bulunan ağaç çeşitleri Hititçe metinler aracılığıyla kaydedilmiştir. Bu makalenin amacı, Hititlerde orman konusunu Hitit metinleri üzerinden inceleyip değerlendirmektir. Ayrıca orman kelimesini ifade eden ve çivi yazılı belgelerde geçen sözcükler incelenmiş ve metinlerde nasıl kullanıldıkları ifade edilmiştir. Hititlerde, çeşitli ağaçların bulunduğu ormanlık alanlara sadece maddi getirilerin olduğu bir yer olarak bakılmamış, buralar kutsal bir mekân olarak da kabul edilmiştir. Öyle ki, Hititler ormanlık alanlarda birçok ayin gerçekleştirmişlerdir. Yine metinlerden ormanlık alanlarda görevlilerin, yıkanma evlerinin ve ayin esnasında kutsanan bazı yapıların olduğu bilgisi öğrenilmektedir. Tanrıların gazap ve kötülüklerinin ormanlık alanlara uğramaması konusunda da bazı telkinlerde bulunulmuştur. Çeşitli şehirlerin ormanları olabileceği gibi, kimi zaman ormanlık alanlardan bir yer belirlenirken söz edilmiş, kimi zaman da ormanların şehrin önemli bir yerinde konumlanmış olduğu ifade edilmiştir. Hititler açısından kutsal bir mekân olarak önem verilen ormanlar, birçok farklı metin türünde, çivi yazılı belgelere kaydedilmiştir.

Anahtar kelimeler: Orman, Hitit, Çiviyazısı, Ağaç, Kutsallık

Forest in Hittite texts

Abstract: Since the earliest times of history, fertile lands have had an important place for every society. This was also the case for the Hittites. Forested areas and the types of trees found in these areas are recorded in Hittite texts. The aim of this article is to analyse and evaluate the issue of forest in the Hittites through Hittite texts. In addition, the words that express the word forest and appear in the cuneiform documents were examined and how they were used in the texts was expressed. In the Hittites, forested areas with various trees were not only considered as a place of material benefits, but also as a sacred place. So much so that the Hittites performed many rituals in forested areas. It is also learnt from the texts that there were officials, bathing houses and some structures consecrated during the rituals in the forested areas. Some suggestions were also made to prevent the wrath and evil of the gods from visiting the forested areas. As various cities may have forests, sometimes forested areas were mentioned in the designation of a place, and sometimes it was stated that forests were located in an important part of the city. Forests, which were considered as a sacred place by the Hittites, were recorded in cuneiform documents in many different types of texts.

Keywords: Forest, Hittite, Cuneiform, Tree, Sacredness

1. Giriş

Hititçe çivi yazılı metinlerde “orman” sözcüğünün anlamını karşılayan bazı kelimeler yer almaktadır. Sumerce bir sözcük olan ^{GIS}TIR bunlardan birisidir. Metinlerde en sık bu kelimeye rastlanmaktadır. Ünal, bu sözcük için “orman, ağaçlık, koruluk” anlamlarını kaydetmiştir (Ünal, 2016). Tischler de bu sözcüğün “orman” anlamını geldiğini belirtmiştir (Tischler, 2001). Konuyla alakalı bir başka sözcük, Hititçe ^{GIS}warhuizna kelimesidir. Tischler, Hititçe ^{GIS}warhuizna sözcüğünün “orman” anlamına geldiğini ifade eder (Tischler, 2001). Ünal, bu kelimeye “kutsal bir yer, orman[?], ağaçlık[?]” anlamlarını uygun görmüştür (Ünal, 2016). Yine konuyla bağlantılı bir diğer kelime, ^{GIS}tieššar sözcüğüdür. Laroche, ^{GIS}tieššar sözcüğü için “orman, koruluk” anlamlarını uygun bulmuştur (Laroche, 1948). Kloekhorst, bu sözcük için “orman” anlamının uygun olduğunu savunmuştur (Kloekhorst, 2007). Miller, askerler için talimatları içeren bir belgede (KUB 13.28, 6-CTH 267), bu sözcüğü doğrudan “orman” olarak tercüme etse de (Miller, 2013), CTH 261 (KBo 48.238, ay. IV, 41) numaralı, I.

Arnuwanda'nın eyalet valileri için talimatlarını içeren belgede, “^{GIS}tieššar-meyve bahçesi” olarak ifade etmiştir (Miller, 2013). Ünal, bu sözcük için “orman, ağaçlık, meyve bahçesi” anlamlarını ifade etmiştir (Ünal, 2016). Tischler, Hititçe ^{GIS}tieššar sözcüğünün, Sumerce, ^{GIS}TIR-sar ile aynı anlama geldiğini ifade eder (Tischler, 2001). Wilhelm-Rüster, bu kelimeyi “dikilmiş ağaç bahçesi, meyve bahçesi” olarak tanımlar (Rüster ve Wilhelm, 2012). Oettinger de, ^{GIS}warhuizna kelimesini doğal bir ormanlık alan olarak ifade ederken, ^{GIS}tieššar kelimesini ise tabiri caizse yapay ve dikilmiş ağaç bahçesi olarak kabul etmektedir (Oettinger, 2002).

Hititlerde orman, kutsal bir mekân olarak kaydedilmiştir. Ormanın manevi anlamda ön plana çıkması birçok farklı metin aracılığıyla belgelenmiştir. Ayrıca ormanlık alanlarda yapılan ayinler ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Ormanda büyük ihtimalle belirli bir noktada veya mekânda ayin faaliyetleri gerçekleştirilmiş ve bunlar belirli bir düzen içerisinde uygulanmıştır. Uygulama esnasında ormanda yer alan çeşitli yapılardan da faydalanılmıştır. Ayrıca kimi metinlerde ormandaki görevli kişi de ayinlerde aktif olarak rol oynamıştır.

✉ ^a Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Tarih Bölümü, Nevşehir

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): hasan.tuncer01@hotmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.09.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 25.09.2023



Citation (Atıf): Tuncer, H., 2023. Hitit metinlerinde orman. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 309-315.
DOI: [10.18182/tjf.1356474](https://doi.org/10.18182/tjf.1356474)

Orman sözcüğü, şüphesiz ağaç çeşitleri fark etmeksizin bütün türleri kapsayacak şekilde genel bir ifadenin ismidir. Ancak kimi zaman belli türden ağaçların oluşturduğu ormanlık alanlardan söz edilmiştir. Ertem, “^{GİS}HI.A ^{GİS}TÜG”¹ sözcüğünü “şimşir ağaçlarının oluşturduğu orman” şeklinde yorumlamıştır (Ertem, 1987). Ekonomik açıdan da düşünüldüğü zaman, belli tür ağaçların tek bir yerde yetiştirilmesi ve oradan bir gelir elde edilmek istenmesi mantık dâhilindedir.

Bu makalenin amacı, Eski Anadolu’da çok önemli bir uygarlık olarak ön plana çıkan Hititler döneminde “orman” kavramını açıklamaktır. Hititler döneminde ormanın hangi tür metinlerde ve nasıl kullanıldığını ifade etmektedir. Birden fazla sözcüğün “orman” kelimesini ifade ettiğini düşündüğümüz çivi yazılı metinlerde, bu sözcükleri değerlendirip, onlarla ilgili en doğru sonuca ulaşmak ve birbirlerinden az da olsa farkları var ise, bunları ifade etmek hedeflenmiştir. Özellikle “kutsal bir alan” olarak ön plana çıkan ormanı her yönüyle inceleyip çeşitli sonuçlara ulaşmak amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Makalenin oluşturulmasında başlıca kaynak, Hititçe çivi yazılı metinlerdir. Bu orijinal belgelerin transliterasyonu ve tercümesinin yapıldığı yabancı ve yerli kaynaklardan da faydalanılmıştır. Ayrıca Hititçe sözlüklerde yer alan “orman” sözcüğü ve onunla bağlantılı kelimeler incelenmiş ve en doğru şekilde aktarılmaya çalışılmıştır. Yukarıda da söz edildiği gibi “orman” sözcüğünü karşılayan farklı kelimeler bulunmakta ve bunlar Sumerce ve Hititçe olabilmektedir. Ayrıca çeşitli filolog ve alan uzmanlarının “orman” kelimesini ifade eden terimlerle ilgili birbirine benzer veya birbirinden farklı fikirleri bulunmaktadır. Bunların hepsi göz önüne alınmış olup bu fikirlerden yola çıkılarak kişisel düşünceler de konuya eklenmiştir. Bütün veriler bir araya getirilerek, en doğru sonuca ulaşmaya çalışılmıştır. Tüm bunlar yapılırken, metin inceleme, transliterasyon, tercüme ve kıyaslama yöntemi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Makalenin temelini “orman” kavramı oluşturmaktadır. Hitit metinlerinde bu sözcük ile alakalı metin yerleri incelenmiş ve en doğru sonuca ulaşmaya çalışılmıştır. Bu sebeple, başlıca kaynak Hititçe belgelerdir. Başta ritüel ve bayram metinleri olmak üzere, arazi bağış belgelerinde, talimat metinlerinde, kült metinlerinde, dua metinlerinde, mitolojik metinlerde, kral yıllıklarında, mektuplarda ve daha birçok farklı çivi yazılı tablette “orman” sözcüğünü ifade eden çeşitli kelimeler yer almaktadır. Adı geçen belgeler aşağıda incelenecektir. Bunlar üzerinden yola çıkılarak, farklı yazarların görüş ve fikirleri de dikkate alınarak bir sonuca ulaşmaya çalışılmıştır. Burada ön plana çıkan en önemli durum, giriş bölümünde de ele alınan ve adı geçen “orman” ile ilgili sözcüklerin tartışılmasıdır. Her yazarın bu konuyla ilgili birbirinden farklı fikir ve ifadeleri yer almaktadır. Elbette birbirine benzer ifadede bulunan yazarlar da olmuş ve bunlar da belirtilmiştir. Bu fikirler bir bulguya ve veriye dayanarak, bir de üzerine çeşitli yorumlar yapılarak elde edilen bilgilerdir. Birbirine paralel metinlerden de yola

çıkılarak çeşitli görüşler ortaya konulmuş, farklı metin türlerindeki benzer ifadelerden de faydalanılmıştır. Tüm bunlar kıyaslanıp incelendikten ve sağlıklı bir şekilde değerlendirildikten sonra, en doğru sonuca ulaşmaya çalışılmış, bireysel fikir ve düşünce de makalenin sonuç bölümünde ifade edilmiştir.

3.1. Arazi bağış belgelerinde orman

Arazi bağış belgelerinde ormanların büyüklüğünden söz edilmiştir. 1312/u (CTH 222) numaralı bir arazi bağış belgesinde, şu sözlerle bu durum ifade edilmiştir: “... IKU sebze bahçesi, 2 IKU (ölçüsünde) çiftçiler tarafından orman dikimi.” (Rüster ve Wilhelm, 2012).

Yukarıdaki gibi, ormanların büyüklüğü hakkında verilen bilgilere, kimi zaman o ormanlık alanı oluşturan ağaç türlerinin de ismi eklenmiştir. Bu şekilde, ormanı hangi tür ağaçların oluşturduğu bilgisine de sahip olunabilmektedir. Bu bilginin, bir başka arazi bağış belgesi (2064/g, CTH 222) aracılığıyla öğrenilmesi mümkündür. Zantananta’daki sarayın 18 IKU büyüklüğünde olan ve çeşitli meyve ağaçlarından oluşan bir ormanlık alanından söz edildiği belgede şu ifadeler yer almaktadır: “Zantananta’daki sarayın kayısı, elma ve muşmula (?)/şeftali (?) ağaçlarından oluşan 18 IKU (ölçüsünde) meyve ağacı ormanı.” (Rüster ve Wilhelm, 2012).

Kimi zaman ormanlık bir alan belirli bir noktanın vurgulanması amacıyla metinde yer almıştır. Bu durum Bo 2004 numaralı arazi bağış belgesinde, şu ifadelerle belirtilmiştir: “bir harman yeri, ormanın arkasındaki ... IKU (ölçüsünde) tarla.” (Rüster ve Wilhelm, 2012).

3.2. Talimat metinlerinde orman

Hititlerde kral ve kraliçe çeşitli konularda kimi zaman bazı emirler verebilmektedir. Belli bir grubu veya konuyu kapsayabilen bu talimatların, şüphesiz sorunsuz bir şekilde uygulanması hedeflenmiştir. Bu tür metinlerde kimi zaman “orman” sözcüğüne rastlanılmaktadır. Örneğin, KUB 57.46 numaralı belge (CTH 252), kraliçe Aşmunikal’ın kraliyet cenaze töreni için talimatlarını içeren metindir. Belgenin ilgili kısmının tercümesi şu şekildedir: “(Genç kadınları) kraliyet mezarlığındaki erkeklere gelin olarak gönderecekler, ama kimse (oradan) genç bir erkeği veya kızı gelin ya da damat olarak göndermeyecek. Hiç kimse kraliyet mezarlığındakilerden tarla, ormanlık alan, bahçe, bostan, bağ ya da personel satın almayacaktır. Bununla birlikte, kraliyet mezar yapısından bir adam bir tarla ya da bir ormanlık alan ya da bir bahçe ya da bir bağ ve personel satın alırsa, hangi görevde olursa olsun ...” (Miller, 2013).

Yukarıdaki belgede, kraliyet mezarlığında olan kimselerden ve oradaki bölgelerden -diğer unsurlarla birlikte- bir ormanlık alan satın alınmayacağı ifade edilmiştir. Belgenin sonu kırık olsa da bunu yapan kimselerle ilgili -cümlelerin akışına dayanarak- olumsuz durumun olacağı ifade edilmiştir.

Yine KUB 31.113 numaralı belge (CTH 275), rahipler ve kâhinler için talimat ve protokolleri içeren parçalardan oluşmaktadır. Belgenin ilgili kısmında tanrının su ve ekmeğinin başka yerden değil, özellikle metinde adı geçen iki ormandan alınması gerektiği vurgulanmıştır: “Tanrının

¹ ^{GİS}TÜG: Şimşir ağacı. Bu sözcük hakkında ayrıntılı bilgi için Bkz. Tuncer, 2022: 1690-1700.

ayinleri için onu almamalısınız. Tanrının suyu (ve) günlük ekmeğini *gauriya* ve *dumnariya* ormanlarından taşımamalısınız. Bunları her zaman tanrının ayinleri için almalısınız.” (Miller, 2013).

Yukarıda adı geçen belgede de ormanın kutsal bir alan olduğu açık şekilde vurgulanmıştır. Tanrının suyunun ve günlük ekmeğinin başka bir yerden asla alınmaması gerektiği ve özellikle metinde adı geçen ormanlık alanlardan temin edilmesi ifade edilmiştir. Öyle ki, Hititler tanrılarını memnun etmek ve onların gazabından korunmak adına, yiyecek ve içeceklerin en iyisini tanrılarına temin ederlerdi. Bu konuda metinlerde birçok uyarının yapıldığı gibi, bu belgede de aynı duruma dikkat edilmesi özenle vurgulanmıştır.

KBo 48.238 numaralı belge (CTH 261), I. Arnuwanda'nın eyalet valileri için talimatlarını içeren metindir. Metnin ilgili kısmında tanrılara saygı gösterilmesinin ve onların kutsallığının yanında, ormanların da kutsal olduğu vurgulanmış ve ormanlara da saygı gösterilmesi emredilmiştir. Şüphesiz tanrılarla birlikte ormanların kutsal olduğunun özellikle belirtilmesi ve onlara saygıda kusur edilmemesin özellikle ifade edilmesi, ormanların Hitit dünyasında manevi değerlerinin ne kadar çok olduğunu açıkça göstermektedir. Şu cümlelerle bu bilgilere ulaşılabilir: “Ayrıca, karakolun valisi tanrının eşyaların bir kaydını tutacak ve bunları majestelerinin huzuruna getirecektir. Ayrıca, tanrılara zamanında (bir şekilde) saygı gösterilecektir. Hangi ilah için (belirlenmiş) bir zaman varsa, ona o zamanda saygı göstereceklerdir. Hangi ilah için rahip, ana-ilah rahibesi ya da mesh edilmiş biri yoksa hemen bir tane tayin edilmelidir. Ve ormanların kutsallığına saygı gösterilmelidir.” (Miller, 2013).

Konuyla alakalı bir başka belge olan KUB 31.100 numaralı metinde (CTH 257), yine I. Arnuwanda'nın bu kez belediye başkanlarına talimatlarından söz edilmektedir. Belgede “Ayrıca yukarıda ne kadar bahçe ve ormanlık alan varsa ... hepsi kapatılacak.” ifadeleri geçmektedir (Miller, 2013).

3.3. Bayram, ritüel ve kült metinlerinde orman

Hititlerde yılın farklı dönemlerinde birçok bayram kutlanmaktadır. Elbette bayram kutlamalarındaki temel hedef, tanrılarını memnun etmek ve onların gazabından korunmak isteğidir. Konuyla alakalı KUB 9.17 numaralı belge (CTH 685), koruyucu tanrılar için yapılan bayram ritüellerini içermektedir. Metnin ilgili kısmında “Ormanın Fırtına Tanrısı” ifadesi yer alır. Ayrıca Taurişa ormanı ve buradaki bir bekçiden söz edilmiştir. Ayın esnasında bekçi aktif bir rol oynamıştır. Diğer yandan da ayinin gerçekleştirildiği alanın güvenliğinden sorumlu kimse olduğu akla yatkındır. Şu cümlelerle olaylar gerçekleşir: “Kral yola çıkar. *Alanzu*-görevlileri onu takip eder. Taurişa'ya varır ve Taurişa'nın Koruyucu Tanrısı ve Tanrı Kalimma'yı içer. Tekrar yola çıkar. Taurişa ormanı ilk sırayı alır. Orman bekçisi *wišta*-ekmekleri ve *unganai*-ekmeklerini tutar ve okur. Rahip onu (ekmeği) ondan alır ve kırar. Ormanın Fırtına Tanrısını içer. Köpek-adamlar dönüş yolculuğunda onu yerler.” (McMahon, 1991).

KUB 2.8 numaralı belge (CTH 617), AN.TAH.ŞUM bayramı esnasında Taurişa kenti ormanında gerçekleştirilen kutlamaları içermektedir. Burada bayramın Taurişa Kenti Koruyucu Tanrısı için kutlanacağı bilgisi yer alır. Taurişa kenti ormanı ve Koruyucu Tanrısının yer aldığı metinde şu ifadeler geçmektedir: “Eğer kral Taurişa kenti ormanında

Taurişa Kenti Koruyucu Tanrısı için AN.TAH.ŞUM bayramını kutlarsa (tahta tabletine göre) düzenlenmiştir.” (Sir Gavaz, 2016).

KBo 20.76 numaralı belge (CTH 621), yine AN.TAH.ŞUM bayramı ile ilgili içeriğe sahiptir. Metinde, kralın Kulila ormanında gerçekleştirdiği ayinin ayrıntılarına yer verilmiştir. Öncelikle bir araçla buraya gelen kral, ardından kutsal alanda tanrılara libasyon yapıp, onlara olan saygısını ifade eder: “Kral, huwaşi taşından ayrılır ve bir huluganni arabasına oturur. Kral, Kulila ormanına varır. Huwaşi taşlarının önüne gelir ve üç tur yapar: Güneş Tanrıçasına, Fırtına Tanrısına ve Mezulla'ya. Kral huwaşi taşına libasyon yapar ve eğilir. Küçük İnanna lirinini (eşliğinde) şarkı söylerler. Kral, Matilla'ya gider.” (Kryszewski, 2016).

KBo 39.154 numaralı belge (CTH 681), Karahna bayramları ile ilgilidir. Metnin çeşitli yerlerindeki bilgilere dayanarak ormanlık alanların çeşitli uygulamaların gerçekleştirilmiş olduğu kutsal yerler olduğu görülmektedir. Belgede şu ifadeler yer almaktadır: “Güneş Tanrısını (heykelini) ormanlık alana taşırlar. Onu tekrar stelin üzerine yerleştirirler. Bir besili öküz, yedi koyun ve bir kuzuyu takdis ederler.” Yine belgenin ilerleyen kısımlarında bazı şehir ormanlıklarında gerçekleştirilen dinsel uygulamalar göze çarpmaktadır. Bunlardan birisinde “Tanrıyı ve eti alıp aşçının evine götürürler. Eti sunağın üzerine koyarlar. Ordunun Fırtına tanrısı için, bir gün içinde, Aşkalya şehrinin ormanında.” ve diğerinde ise “Ayakta durarak ritondan dokuz kez içler. On bir kalın ekmeği kırarlar ve bunları Yeryüzünün Güneş Tanrıçası için stele geri koyarlar. Bir gün içinde, Aşkalya şehrinin ormanlık alanında.” ifadeleri yer almaktadır (McMahon, 1991).

Yukarıdaki belgede, tanrılara kurban sunulduğu açıkça görülmektedir. Yine Ordunun Fırtına Tanrısı için ayin yapıldığı görülen metinde, Yeryüzünün Güneş Tanrıçasını memnun etmek için de çeşitli ayinler gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulamaların ormanda belirli alanlarda ve stel, sunak gibi ayinlerde kullanılan nesnelere birlikte düzenlendiği fikri akla yatkındır.

KBo 37.51 numaralı belge (CTH 738), Tanrıça Teteşhapi için kutlanılan bayramları içermektedir. Bayram esnasında uygulanan ayinlerden birinde, NIN.DINGIR rahibesinin ormana gittiği kaydedilmiştir: “(NIN.DINGIR rahibesi) ormana *uhuruş*-bitkisine gider. Onun arkasından *zintuhi(ia)*-kadınları tekrar *talaya talayata* şarkısını söylerler.” (Arkan, 2002; Sir Gavaz, 2016).

Yukarıdaki ile aynı metinde, ormanlık alan içerisine kurulmuş olan bir çadırda ayinin gerçekleştirildiği görülmektedir: “Ve (tanrının kız kardeşi) ormanın içinde ağaçtan bir kulübeye yönelir. Ve ardından *zintuhi* kızları yürür. *talaya talayata* (diye) şarkı söylerler. (Araba) ormanın içine girince çadırı oraya kurarlar ve sonra tanrının kız kardeşi arabadan iner. Rahip tanrının heykelini çadırın içine taşır. Tanrının kız kardeşi (çadıra) girer.” (Sir Gavaz, 2016; Ardiznba, 2010).

Hititlerde ayinlerin sistemli bir şekilde olmasına büyük bir önem verilirdi. Her şeyden önce tanrılara olan saygı ve onları memnun etme hedefiyle ayinler dâhil, ülkedeki bütün dini uygulamaların zamanını geciktirmeden ve düzenli bir şekilde yapılması önemli idi. Yukarıdaki metinde de ormanlık alan içerisinde, muhtemelen kutsal kabul edilen bir noktada çadır kurulmuş ve ayin gerçekleştirilmişti. Ardından gelişen olayların şüphesiz belirli bir sıraya göre düzenlenmesi tesadüf değildi. Bir yandan söylenen şarkılar, diğer yandan

tanrı heykelinin istenen noktaya ulaştırılması gibi tüm uygulamaların ormanda gerçekleştirilmesi de ormanların Hititlerde kutsal sayıldığına bir göstergesidir.

KBo 21.34 numaralı belge (CTH 699), Lawazantiya'nın Teşup ve Hepat'ı için kutlanan bayramlarla ilgilidir. Belgede tanrıların (heykellerinin) ormanlık alana getirilmesi ve burada bir rahip tarafından yapılan ayinden söz edilmektedir. "Tanrıların (heykelleri) Aşturiya'ya yaklaştıklarında, Hepat'ın *alalu*-giysisini alırlar, şarkıcılar, BALAG.DI adamları, *katra*-kadınları şarkı söylerler ve tanrıların (heykelleri) ormanlık alana getirildiğinde, yüzleri *kippa*'ya dönük olarak, bir rahip delikten bir kuşla etraflarında dolaşır; üzerlerine su serper." (Lebrun, 1977).

Bu belgede de, orman içerisinde gerçekleştirilmiş olan bir ayinden söz edilmektedir. Tanrı heykelleri ormanlık alana getirildiğinde, bir rahip çeşitli uygulamalar yaparak ayini gerçekleştirmektedir.

KBo 20.72 numaralı belge (CTH 694), Huwaşşanna için yapılan bayramları içermektedir. Metinde gerçekleştirilen ayinin bir kısmı ormanda uygulanmakta olup, kraliçe tarafından tanrı Zababa'nın onuruna bir koyun ve bir keçi olmak üzere hayvan kurban edilmiştir. Kraliçenin tanrı için uyguladığı ayinde şu cümleler geçmektedir: "Üçüncü gün, hava aydınlandığında, kraliçe yüce Zababa için yıkanır ve sonra ormana gider ve yüce Zababa için bir koyun ve bir keçi kurban eder." (Lombardi, 1999).

KUB 10.91 numaralı belge (CTH 669), daha büyük bayram ritüellerini kapsamaktadır. Belgenin ilgili kısmında, ormanda gerçekleştirilen bir ritüel uygulamasından söz edilmektedir. Belgeden, ormanda bir yıkanma evinin olduğu ve Tawiniya şehrinin de önemli bir noktasında olduğu bilgisi öğrenilmektedir: "Tanrı, Tawiniya şehir kapısının yanındaki ormana getirilir. Ancak tanrı ormandaki yıkanma evinin önüne gelir gelmez, kurban sahibi *huhiti* ve su alır ve yıkanma evi ile tanrının etrafında döner. Tanrı, yıkanma evine getirilir ve *tapri*-adamları onu hazırlar. Sunağı dallarla süsler ve üzerine iki somun ekmek koyar." (Elicker, 2016).

KUB 22.27 numaralı belge (CTH 568), çeşitli bayramları kutlamak için kehanetleri içerir. Metinde, ormanda tanrıların kutlandığı görülür: "Zithariya, Tataşuna'dan ayrılır ve İstuhila'ya gider. Şehir halkı bir teke, altı *an* ekmeği, üç GÜG ekmeği ve iki tatlı ekmek verir. İstuhila'dan Hakkura'ya gider. Şehir halkı da aynı şekilde ekmek, bira ve bir teke sağlar. Kurban, Kutsal Postun tapınağında gerçekleşir. Ormanda Tanrıça Taşhapuna için bin tanrıyı kutlarlar." (Kryszan, 2016).

KBo 22.181 numaralı belge (CTH 670), bayram ritüelleri ile ilgili fragmanları içermektedir. Metinde yer alan *warhuizna*- denilen yere kralın gelip burada tanrıları içtiği görülür: "Kral, bir haluganni arabasında oturur. Kral ormanlık alana vardığında haluganni'den iner ve iki kez içer: Güneş Tanrıçası ve Mezulla. Küçük Inanna lirin'in eşliğinde şarkı söylerler. Kral eğilir. Kral, beyaz arabaya biner. Kral Kulila şehrinin *warhuizna*'sına (ormanına) varır. Üç kadeh içer: Güneş Tanrısı, Fırtına Tanrısı ve Mezzulla. Küçük Inanna lirin'in (eşliğinde) şarkı söylerler." (Popko, 1986; Kryszan, 2016).

Yine CTH 670 ve KBo 52.161 numaralı bayram ritüellerini içeren belgede, kral ve kraliçenin Tahrupa'dan yola çıkıp Hanhana'ya geldiği ve Tahrupa'da bir ormanlık alana vardığında aracından inip, huwaşi taşının önünde

eğildiği görülür: "Ertesi gün kral ve kraliçe Tahrupa'dan yola çıkar. Kral bir savaş arabasıyla Hanhana'ya gider. Tahrupa'da bir ormanlık alana vardığında arabadan iner ve huwaşi taşının önünde eğilir." (Kryszan, 2016).

KUB 29.1 numaralı belge (CTH 414), saray inşa ritüelleri ile ilgilidir. Belgede ormanın yeşil olması şu sözlerle vurgulanmaktadır: "Ama içinde (kalbinde) ne varsa ortaya çıkar! Eğer üzüntüyse, onu buraya getir! Eğer kötülükse, ortaya çıkar! Eğer bu bir lanetse, ortaya çıkar! Eğer içinde ila hastalığı veya Güneş Tanrıçası hastalığı varsa, onu süpür! Öyle olacak ki, kral Labarna gelir, içine kalay ve demir döker! Kral eve girdiğinde, taht (tanrıça), kartalı çağırır: Gel, seni denize göndereceğim. Ama giderken, yeşil ormana bir bak, orada kim var! (Kartal) cevap verir: Baktım. Şeytani, ilkel dışı tanrılar İşduştaya ve Papaya orada diz çökmüş durumdadır." (Trabazo, 2002; Görke, 2011; CHD, 2019).

KBo 30.54 numaralı belge (CTH 666), Arinna kültü ile alakalı metinleri içermektedir. Bu belgede, ormanlık alanda gerçekleştirilmiş olan bir ayinden söz edilmektedir. Kralın, ayinin yapılacağı yere gitmesinden ayini bitirip ormanlık alandan ayrılışına kadar olan süreç belgede anlatılır: "Kral arabaya oturur ve Arinna'ya gider. Kral sonbaharda Arinna'ya gittiğinde, ormanlık alandaki kurbanı gerçekleştirdikten/bitirdikten sonra, kral arabaya biner ve Arinna'ya gider." (Klinger, 1996).

KUB 38.12 numaralı belge (CTH 527), kült envanter metinlerini içermektedir. Belgede, çeşitli bayramlar kutlandığı ve bunlar arasında orman bayramının da olduğu ifade edilmiştir: "Bir yıl boyunca büyük bir bayram, bir *taggantipu* bayramı, bir hasat bayramı, bir *harnayaya* sebze bayramı, bir orman bayramı, bir sonbahar bayramı olmak üzere on bir bayram vardır." (CHD, 2013).

KBo 42.27 numaralı belge (CTH 527), kült envanter metinlerini içermektedir. Metinde diğer tanrılarla birlikte Ormanın Fırtına Tanrısından da söz edilir ve tanrılar için biri sonbahar ve diğeri de ilkbahar olmak üzere bayram düzenleneceği ifade edilir. "Bay Hurluşsa'nın harabe kasabası: 15 stel tanrısı: Fırtına Tanrısı, Güneş Tanrıçası, Geyik Tanrısı, Nerik'in Fırtına Tanrısı, Kaştama'nın Fırtına Tanrısı, Niviveli İstar, Yiğit Fırtına Tanrısı, Çayır Tanrısı Tiwinala, Huwadaşi, Ormanın Fırtına Tanrısı, Heptad, Milku, Harana'nın Fırtına Tanrısı. Her tanrı için 2 bayram: 1 sonbahar bayramı, 1 ilkbahar bayramı." (Cammarosano, 2018).²

KUB 20.10 numaralı (CTH 678) ve Nerik kültü ile ilgili belgede (öy. III, 12) "LUGAL-uš^{GIŠ}wa-ar-hu-iz-na-aš a-ri"; KUB 53.16 (CTH 679) numaralı belgede ise (ay. VI, 12), "[LUGAL-uš^{GIŠ}TI]R-na-aš a-ri" sözleri geçmektedir. "Kral, ormana varır." anlamına gelen bu cümlelerde farklı birer metin olsa da bir paralellik göze çarpmaktadır. Bir belgede *warhuizna*-, diğerinde ise ^{GIŠ}TIR sözcükleri "orman" kelimesini karşılayacak şekilde kullanılmıştır.

3.4. Dua metinlerinde orman

KUB 24.1 numaralı belge (CTH 377), II. Murşili'nin Telipinu'ya dualarını içermektedir. Metinde Telipinu'ya ve aynı zamanda Hatti tanrılarına da içinde bulunulan olumsuz durumu aktaran II. Murşili, tanrıların -diğer nesnelere yanında- ormanlarının/koruluklarının da zarar gördüğünü ifade etmiştir. Bu zarar karşısında, düşman topraklarının

² Ayrıca KUB 38.15 numaralı kült envanter metninde "Ormanın Geyik Tanrısı" tabiri geçmektedir. Bkz. Cammarosano, 2018: 322.

cezalandırılmasını istemektedir: “Kavga eden ve çatışan düşman toprakları, (bunların) bazıları sana saygı duymuyor, Ey Telipinu, (aynı şekilde) Hatti tanrılarına (da); diğerleri tapınaklarınızı yakmak istiyor, diğerleri ritonlarınızı, kupalarınızı, gümüş ve altın eşyalarınızı almak istiyor; diğerleri nadas alanlarınızı, bağlarınızı, bahçelerinizi ve ormanlık alanlarınızı/koruluklarınızı boşa harcamak/harap etmek istiyor. O düşman topraklarına şiddetli ateş, veba, kıtlık ve çekirge (istilası) ver!” (Singer, 2002; Rieken, 2016a; Yiğit ve Tuncer, 2023).

KUB 24.3 numaralı belge (CTH 376), Arinna'nın Güneş Tanrıçasına duaları içermektedir. Yukarıdaki belge gibi bu metinde de düşman topraklar tanrıçaya şikâyet edilmekte ve düşmanların diğer tüm yerler ve nesnelere birlikte ormanlara da zarar verecekleri yönünde bilgi aktarılmaktadır: “Bazıları tapınaklarını yakıp yıkmak istiyor; diğerleri ritonlarınızı, kaplarınızı, gümüş ve altın eşyalarınızı almak istiyor; diğerleri tarlalarınızı, bahçelerinizi ve ormanlarınızı harap etmek istiyor; diğerleri çiftçilerinizi, bahçıvanlarınızı ve öğütücü kadınlarınızı ele geçirmek istiyor. Bu düşman topraklara şiddetli ateş, veba ve kıtlık ver, Ey Arinna'nın Güneş Tanrıçası, leydim! Ve sen kendin, Ey Arinna'nın Güneş Tanrıçası, kendini çağır! Ezilenler yeniden zinde olsun. Kral Murşili'ye ve Hatti ülkesine iyilikle dön! Murşili'ye ve Hatti ülkesine yaşam, sağlık, canlılık, ruh parlaklığı sonsuza dek ve uzun ömür bahset!” (Singer, 2002; Rieken, 2016b).

3.5. Mitolojik metinlerde orman

Mitolojik belgelerde de ormanlarla ilgili söylemler yer almaktadır. Örneğin KUB 33.8 numaralı belge (CTH 324), Telipinu mitosu ile ilgilidir. Metinde olumsuz hislerin ormana girilmesinden korkulmakta ve öfke, gazap, günah ve hiddet gibi bu hislerin ormana girmemesi hususunda temenniler dile getirilmektedir: “Kötü öfke, gazap, günah ve hiddet gitsin! Ama verimli tarlaya, ormana ve bahçeye de girmesin! Onlar karanlık dünyaya giden yolda gitsin! Karanlık dünyada demirden fiçiler durur. Kapakları kurşundandır. İçlerine giren bir daha çıkmaz. İçinde yok olur. Telipinu'nun kötü öfkesi, gazabı, huysuzluğu ve günahı da onların içine girsin ve bir daha çıkmasın! Orada yok olsun!” (Rieken, 2009a; Hoffner, 1998).

KBo 26.133 numaralı Fırtına Tanrısının kayboluşu ve geri dönüşü ile ilgili mitte de (CTH 325), yukarıdakine benzer şekilde ifadeler yer almaktadır. Fırtına Tanrısının öfkesi ve gazabı gibi kötü durumların onu ve zarar gelebilecek tüm yerleri terk etmesinin istendiği metinde, bu olumsuzlukların, tarla, bahçe ve ormandan uzak olması istenmiştir. “Fırtına Tanrısının öfkesi, gazabı, kötülüğü (ve) hıncı gitsin!” şeklinde başlayan telkinlerden sonra bu olumsuz durumların şu cümleyle uzak olması gereken yerlerden söz edilmiştir: “Meyve veren tarlaya, bahçeye (ve) ormana gitmesinler.” (Rieken, 2009b).

KUB 33.66 numaralı belge (CTH 331), Lihzina'da Fırtına Tanrısı mitiyle ilgilidir. Bu belgede Fırtına Tanrısı tarlaları hasat edip, ormanlık alanlar oluşturduğundan söz etmektedir: “Fırtına Tanrısı gidip Lihzina şehrini birkaç defa vurdu. Sonunda onu yendi ve orada yaşayanları öldürdü. Sekiz yıl Lihzina'da kaldı ve orada çalıştı. Onları (tarlaları) hasat etti. (Yerlerine) ağaçlık/ormanlık alan dikti. İşte, böyle yaptı. (Sonradan) Lihzina'dan döndü. Kutsal oğullarından sekizi yolda Fırtına Tanrısıyla karşılaştı. Onun önünde (şu sözlerle) eğildiler. Ey Fırtına Tanrısı, babamız, neredeydin? (cevap

verir) Lihzina'daydım. Onları (tarlaları) hasat ettim. (Onun yerine) ağaçlık/ormanlık alan diktim. (İşte) bununla ilgilendim.”(Groddek, 1999).

3.6. Kral yıllıklarında, mektuplarda ve diğer bazı metinlerde orman

KUB 14.16 numaralı belge (CTH 61), II. Murşili'nin yıllıkları ile ilgilidir. Belgede Arinnanda Dağı'nın tanımı yapılırken, bu dağın sarp, yoğun ormanlık ve çok yüksek olduğu ifade edilir: “Arinnanda Dağı çok sarpdır Ayrıca çok yüksektir, yoğun ormanlıktır ve ayrıca kayalıktır. Savaş arabalarıyla (atlarla) yukarı çıkmak imkânsızdı.” (CHD, 2005). Dağ tanrıları veya onların tasvirleri yapılırken de dağların kayalık ve ormanlık olmalarının göz önünde bulundurulduğu düşünülür. Bu sebepten dolayı onların üst tarafının insan biçimli, alt taraflarının ise kayalıktır ve ormanlık alanları ifade edecek şekilde kılıçkılı kabarik bir biçimde olduğu belirtilir (Bahar vd., 2018). Ayrıca dağların ormanlarla kaplı olduğu bilgisi, KBo 10.47g numaralı (CTH 341) olan ve Gılgamış'ı anlatan bir belgede de ifade edilmiştir: “Dağları ormanlarla kaplıdır.” (CHD, 1989).

KUB 23.11 numaralı belge (CTH 142), I. Tudhaliya'nın yıllıkları ile ilgilidir. Metinde I. Tudhaliya Kaşkalılara karşı elde ettiği başarıdan söz etmiştir. Kaşkalıları nasıl yendiğini anlatırken, Kaşkalıların kurduğu kampın yerini tarif etmiş ve arkasında orman önünde ise nehir olduğunu ifade etmiştir: “Tüm Kaşka ülkesi Tiwara'ya taşındı ve karşımda kamp kurdu. Kampın arkasında orman vardı ama önünde nehir akıyordu. Ama ben, Tudhaliya, büyük kral, onunla savaşmaya gittim ve tanrılar onu bana verdi, Arinna'nın Güneş Tanrıçası, Hatti'nin Koruyucu Tanrısı Zababa, İstar, Ay Tanrısı Lelwani ve Kaşka'nın kampını vurdum.” (Carruba, 1977).

Maşat'tan 75/62 numaralı krala veya kraliçeye mektuplarla ilgili belgede, bir hayvanın ormanda aranması gerekip gerekmediği ile ilgili bilgi alınmak istenmiştir: “Talimat verdiğiniz konuyla ilgili olarak, majesteleri, lordum, Habiri şöyle dedi: Bu yolculukta kuşları esir al. Bizim için kuşları memnuniyetle/isteyerek topladılar, ancak bir aslan, bir leopar, bir *şarmiya* ve bir *kurula* hayvanı bizim için yakalanmadı. Ve çünkü majesteleri, efendimiz, Tiwalya ve Palhişna şehirlerinden bize ayrı ayrı talimat vermedi. Majesteleri, efendimiz, lütfen bize hemen cevap yazın ve bu kuşları hangi yolculukta aramamız gerektiğini söyleyin, *şekkuni*'de değil de ormanda kurula hayvanını aramamız gerekip gerekmediğini lütfen bize hemen yazın.” (Hoffner, 1997).

KUB 17.28 numaralı belge (CTH 730), ay ve rüzgâr büyüleriyle ilgilidir. Metinde çadırların kurulacağı yer hakkında bilgi verilir: “Çadırları ya ekilmemiş bir yerde ya da ormanda kurdular.” (CHD, 1997).

KBo 20.57 numaralı belge (CTH 832), farklı içerikleri sahip Hitit parçalarını kapsamaktadır. Belgede kaçakların Ormanın Fırtına Tanrısına gönderildiği ve onların tanrıların olmadığını ifade edilir: “Kaçakları Ormanın Fırtına Tanrısına gönderdiler ama onların tanrısı yok(tur).” (CHD, 1997).

4. Sonuç

Hitit metinlerinde –her şeyden önce- orman kutsal bir alan olarak kaydedilmiştir. Orman, ayınların uygulandığı bir mekân, tanrıların memnun edilmesi için onlara kurbanların sunulduğu bir bölgedir. Hititler bu uygulamaları belirli bir

düzen içerisinde gerçekleştirmiş, bu ayın faaliyetleri ayrıntılı bir şekilde metinlere yansımıştır.

Belgelerde adı geçen orman bekçisi veya görevlisi, şüphesiz, gerçekleştirilecek olan ayın faaliyetlerinin bulunduğu kutsal yeri koruyan kimse idi. Bu kişi, ayrıca bir metinde, ayın esnasında da aktif bir rol oynamıştır. Şüphesiz ormanda yapılan seremoniler, Hititlerin diğer bayram kutlamalarına benzer şekilde çeşitli kurban sunuları, şarkı ve dans, libasyon ve tanrılara olan şükranı içeren toplu bir aktiviteyi içermektedir.

Gerçekleştirilecek olan ayınlar için, ormanlık alan içerisinde belli bir kutsal bölümün olması muhtemeldir. Bu kutsal bölümde *huwaši* taşı, çadır, kulübe, yıkanma evi gibi ayının gerçekleştirilmesi esnasında kullanılan bölümler yer almaktadır. Ayrıca “Ormanın Fırtına Tanrısı”, “Ordunun Fırtına Tanrısı” ve “Ormanın Geyik Tanrısı”nın varlığı da metinlerde zikredilmiş ve orman bayramları yapıldığı bilgisi de yine belgeler aracılığıyla öğrenilmektedir.

Kimi belgelerde ormanlarla ilgili betimleyici ve ayrıntılı bilgiler de verilmiştir. Bir belgede, ormanların yeşil bir renge sahip olduğu vurgulanmış, diğer bir belgede bir dağın tarifi yapılırken, o dağın ulaşılması ve aşılması zor bir yer olduğu vurgulanmış ve bölgedeki yoğun orman varlığından da söz edilmiştir. Yine ormanlarda çeşitli hayvanların yaşadığı ile ilgili vurgular da metinlerde mevcuttur.

Ormanlar kimi zaman bir yerin tarifi hususunda da belgelerde yer almıştır. I. Tudhaliya'nın Kaşkalılarla yapmış olduğu savaşı anlattığı yıllıklarında, Kaşkalıların kurduğu kampın arkasında bir orman olduğu, önünden ise bir nehri aktığı ifade edilmiştir. Yine bir arazi bağış belgesinde de ormanın arkasındaki bir tarladan söz edilmiştir.

Bilindiği üzere Hititçe çivi yazılı belgelerde, farklı dillerden sözcükler yer almaktadır. Kimi zaman Hititler direkt olarak farklı dilden aldıkları bu sözcükleri belgelerinde kullanmışlar, kimi zaman da aynı kelimenin hem farklı dildeki hem de kendi dillerindeki karşılıklarını metinlerinde zikretmişlerdir. Özellikle Sumerce'den ve Akad dilinden sayısız kelime Hitit arşivlerinde kendilerine yer bulmuştur. Bunlardan birisi, Sumerce ^{GIŠ}TIR sözcüğüdür. Bu sözcük, “orman” anlamında en sık zikredilen kelime olarak kaydedilmiştir. Bu kelime dışında, yukarıda da farklı örneklerle ifade edilen ^{GIŠ}warhuizna ve ^{GIŠ}tieššar kelimelerinin “orman” anlamına geldiği veya bu kelimeyle olan yakınlığı belirtilmiştir. Elbette bunlar arasında ufak da olsa farkların olması muhtemeldir. Bu konuda, belgelere dayanarak aşağıda yer alan çeşitli tespitlerde bulunulmuştur.

Hititlerde “orman” anlamını taşıyan ve karşılayan sözcüklere bakıldığında, ^{GIŠ}TIR ve ^{GIŠ}warhuizna sözcüklerinin anlamlarının birbirlerini karşıladığı; ^{GIŠ}tieššar sözcüğünün ise, sonradan dikilmiş bir ağaç topluluğunu ifade ettiği düşüncesi akla yatkındır. Yine ^{GIŠ}TIR ve ^{GIŠ}warhuizna sözcükleri doğal bir ormanı ifade ederken, ^{GIŠ}tieššar yapay bir ormanı, yani insan eliyle dikilmiş bir ağaç topluluğunu oluşturmaktadır. Son olarak, ^{GIŠ}tieššar'ın, ^{GIŠ}TIR ve ^{GIŠ}warhuizna'ya göre, belirli ağaçlardan oluşan bir bahçelik alan olduğu ve boyutsal anlamda da daha küçük bir alanı kapsayan ağaç topluluğundan meydana geldiği düşünülmektedir. Çünkü örneğin bir dağdan söz edilirken, buradaki ormanların yoğun ve büyük olması ihtimali vardır. Ayrıca ayınların yapıldığı yerlerin ^{GIŠ}TIR ve ^{GIŠ}warhuizna sözcükleriyle geçmesi de önemli bir ayrıntı ve tespittir.

Kaynakça

- Ardzinba, V., 2010. Eskiçağ Anadolu Ayınları ve Mitleri. (Çeviri: Uravelli, O.), Kafdav Yayınları, Ankara.
- Arıkan, Y., 2002. Hitit metinlerinde geçen ^{MUNUS}zintuhi ve ^{LÜ}zinhuri-görevlileri. *Archivum Anatolicum*, 5: 11-51.
- Bahar, H., Turgut, M., Küçük, B., 2018. Hititlerde yerleşim yerikutsal dağ ilişkisi üzerine bir mesafe önerisi. *SEFAD*, 39: 403-424.
- Cammarosano, M., 2018. Hittite Local Cults. SBL Press, Atlanta.
- Carruba, O. 1977. Beiträge zur mittelhethitischen geschichte I: die Tuthalijas und die Arnuwandas. *Studi Micenei ed Egeo-Anatolici (SMEA)*, 18: 137-174.
- CHD, 1989. The Hittite Dictionary. Vol. L-N, (Ed: Güterbock, H. G., Hoffner, H. A.), The Oriental Institute of the University of Chicago, Chicago.
- CHD, 1997. The Hittite Dictionary. Vol. P, (Ed: Güterbock, H. G., Hoffner, H. A.), The Oriental Institute of the University of Chicago, Chicago.
- CHD, 2005. The Hittite Dictionary. Vol. Š/2, (Ed: Güterbock, H. G., Hoffner, H. A., van den Hout), The Oriental Institute of the University of Chicago, Chicago.
- CHD, 2013. The Hittite Dictionary. Vol. Š/3, (Ed: Güterbock, H. G., Hoffner, H. A., van den Hout, T. P. J., Beal, R. H.), The Oriental Institute of the University of Chicago, Chicago.
- CHD, 2019. The Hittite Dictionary. Vol. Š, (ed. Güterbock, H. G., Hoffner, H. A., van den Hout, T. P. J., Goedegebuure, P. M.), The Oriental Institute of the University of Chicago, Chicago.
- Elicker, J., 2016. KUB 10.91 (CTH 669). Anatolica et indogermanica. In: *Studia linguistica in honorem Johannis Tischler septuagenarii dedicata* (Ed: Marquardt, H., Reichmuth, S., Trabazo, J. V. G.) Innsbrucker Beiträge zur Sprachwissenschaft, Innsbruck, pp. 63-73.
- Ertem, H., 1987. Boğazköy Metinlerine Göre Hititler Devri Anadolu'sunun Florası. TTK Basımevi, Ankara.
- Görke, S., 2011. hethiter.net/: CTH 414.1 (Portal Mainz), Erişim: 07.07.2023.
- Groddek, D., 1999. CTH 331: Mythos vom verschwundenen wettergott oder aitiologie der zerstörung lihinas?. *Zeitschrift für Assyriologie und Vorderasiatische Archäologie*, 89(1): 36-49.
- Hoffner, H.A., 1997. On Safari in Hittite Anatolia. In: *Studies in Honor of Jaan Puhvel, Part 1*, (Ed. Disterheft, D., Huld, M., Greppin, J. A. C.), *Ancient Languages and Philology*, Washington, pp. 5-21.
- Hoffner, H.A., 1998. *Hittite Myths*. Society of Biblical Literature, Atlanta.
- Klinger, J., 1996. Der kult von Matilla im ahmen der beiden grossen hethitischen reisebeste. *SMEA*, 37: 67-78
- Kloekhorst, A., 2007. *Etymological Dictionary of the Hittite Inherited Lexicon*. vol. 5, Brill, Leiden.
- Kryszan, A., 2016. *A Historical Geography of the Hittite Heartland*. AOAT 437, Ugarit-Verlag, Münster.
- Laroche, E., 1948. Etudes de vocabulaire. *Revue Hittite et Asiatique*, 9: 10-25.
- Lebrun, R., 1977. Textes religieux Hittites de la fin de l'empire. In: *Hethitica 2*, (Ed: Jucquois, G., Lebrun, R.), Peeters, Louvain, pp. 93-153.
- Lombardi, A., 1999. Una festa per Huwaššanna celebrata da una regina Ittita. *Studi Micenei ed Egeo-Anatolici (SMEA)*, 41: 219-244.
- McMahon, G., 1991. *The Hittite State Cult of the Tutelary Deities*. Assyriological Studies 25, Chicago.
- Miller, J.L., 2013. *Royal Hittite Instructions and Related Administrative Texts*. Society of Biblical Literature 31, Atlanta.
- Oettinger, N. 2002. Hethitisch warhuizna- 'Wald, Heiliger Hain' und tiyessar 'Baumpflanzung (mit einer Bemerkung zu dt. Wald, engl. Wold). In: *Silva Anatolica: Anatolian Studies Presented to Majiec Popko on the Occasion of His 65th Birthday*, (Ed. Taracha, P.), Agade, Warsaw, pp. 253-260.

- Popko, M., 1986. Die kleinasiatischen Stadtnamen Kulila and Matila. *Altorientalische Forschungen*, 13: 176-179.
- Rieken, E., 2009a. hethiter.net/: CTH 324.7 (Portal Mainz), Erişim: 07.07.2023.
- Rieken, E., 2009b. hethiter.net/: CTH 325 (Portal Mainz), Erişim: 07.07.2023.
- Rieken, E., 2016a. hethiter.net/CTH 377 (Portal Mainz), Erişim: 07.07.2023.
- Rieken, E., 2016b. hethiter.net/: CTH 376.1, (Portal Mainz), Erişim: 07.07.2023.
- Rüster, C., Wilhelm, G., 2012. *Landschenkungsurkunden Hethitischer Könige*. StBoTB 4, Harrassowitz, Wiesbaden.
- Singer, I., 2002. *Hittite Prayers*. Society of Biblical Literature, Leiden.
- Sir Gavaz, Ö., 2016. Hititçe Metinlerde Geçen Taurişa Kenti ve Ormanı. In: ANTAHŞUM^{SAR} "Çiğdem" Eski Anadolu Araştırmalarına ve Hititlere Adanmış Bir Hayat: Ahmet Ünal Armağanı, (Ed: Erkut, S., Sir Gavaz, Ö.), Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul, s: 469-480.
- Tischler, J., 2001. *Hethitisches Handwörterbuch*. Institut für Sprachen und Literaturen der Universität Innsbruck, Innsbruck.
- Trabazo, J.V.G., 2002. *Textos Religiosos Hititas*. BCBO 6, Editorial Trotta, Madrid.
- Tuncer, H., 2022. Hitit metinlerinde geçen ^{GIS}TÚG üzerine bazı değerlendirmeler. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 12(3): 1690-1700.
- Ünal, A., 2016. Hititçe-Türkçe Türkçe-Hititçe Büyük Sözlük Hattice, Hurrice, Hiyeroglif Luvicesi, Çivi Yazısı Luvicesi ve Palaca Sözcük Listeleriyle Birlikte. *Bilgin Kültür Sanat Yayınları*, Ankara.
- Yiğit, T., Tuncer, H., 2023. Hititçe çivi yazılı metinlerde değirmen (É^{NA4}ARA₅) ve öğütme taşı (^{NA4}ARA₅). *Archivum Anatolicum*, 17/1: 231-245.

Ağaç işleri ve mobilya sektörlerinde iş güvenliği kültürüne yönelik bir değerlendirme: Gümüşhane ilinde bir durum çalışması

Osman Komut^{a,*} , Şekip Şadiye Yaşar^b , M. Said Fidan^c , Mehmet Yaşar^b 

Özet: Türkiye’de mobilya endüstrisi sektörü küçük ve orta ölçekli işletme yapısıyla ülke genelinde önemli bir istihdam alanı sağlamaktadır. Diğer yandan sektör, iş sağlığı ve güvenliği hususunda olumsuzlukların fazlasıyla yaşandığı faaliyet alanları arasında yer almaktadır. Bu çalışmanın amacı, sanayi bölgelerinden uzak küçük ve orta ölçekli ağaç işleri ve mobilya endüstrisi işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği koşullarının değerlendirilmesidir. Bu kapsamda toplam 54 çalışan ile yüz yüze görüşme esasına dayalı anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 5’li likert ölçeğinde hazırlanmış önermeler ile işyerlerinin durumu ve çalışanların konuya ilişkin görüşleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Araştırmada, elde edilen veriler üzerinde oransal karşılaştırmaların yanı sıra, iş kazasına maruz kalma değişkenine göre iş güvenliği faktörlerinin analizinde Mann Witney U testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, katılımcı işletmelerin %67 oranında faaliyet süresinin 5 yılın altında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kişisel koruyucu donanım kullanımı ve periyodik sağlık muayenelerinde eksikliklerin olduğu tespit edilmiştir. Katılımcıların iş kazası maruziyeti %72 olarak belirlenirken, el ve parmakların ağırlıklı yaralanan uzuvlar olduğu anlaşılmıştır. Diğer yandan iş kazası maruziyetinin iş güvenliği faktörlerine yönelik görüşlere ilişkin istatistiksel düzeyde anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) oluşturduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, küçük ve orta ölçekli ağaç işleri ve mobilya işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği kültürünün yeterince gelişmediği söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Ağaç işleri ve mobilya sektörü, Küçük ve orta ölçekli işletme, İş güvenliği kültürü

An evaluation of occupational safety culture in woodworking and furniture industries: A case study in Gümüşhane province

Abstract: The furniture industry sector in Turkey provides an important employment area throughout the country with its small and medium-sized business structure. On the other hand, the sector is among the fields of activity in which the negativities in terms of occupational health and safety are experienced. In this context, a survey based on face-to-face interviews was conducted with a total of 54 employees. In the study, the situation of the workplaces and the opinions of the employees on the subject were tried to be determined with the propositions prepared in a 5-point Likert scale. In the study, besides the proportional comparisons on the data obtained, the Mann Witney U test was used in the analysis of occupational safety factors according to the variable of exposure to work accident. According to the findings, 67% of the participating enterprises have an operating period of less than 5 years. In addition, it has been determined that there are deficiencies in the use of personal protective equipment and periodic health examinations. While the occupational accident exposure of the participants was determined as 72%, it was understood that the hands and fingers were predominantly injured limbs. On the other hand, it has been determined that occupational accident exposure creates statistically significant differences ($p<0.05$) regarding the views on occupational safety factors. As a result, it can be said that the culture of occupational health and safety is not sufficiently developed in small and medium-sized woodworking and furniture enterprises.

Keywords: Woodworking and furniture industry, Small and medium-sized business, Occupational safety culture

1. Giriş

Ülkemizde iş hayatını konu edinen ilk yasal düzenleme 1865 tarihli Dilaver Paşa Nizamnamesidir. Bu düzenlemenin ana konusunu; kömür madeni iş kolunda çalışan işçilerin çalışma koşulları, dinlenme süreleri ve ücretler hususu oluşturmuştur (Yüksel, 2017). Bu düzenlemeden sonra günümüze kadar birçok yasal düzenleme yapılmıştır. 2012 yılında yürürlüğe giren 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği kanunu ile bütün kamu ve özel girişim işletmeleri kapsama

dâhil edilmiştir (Korkmaz ve Avsallı, 2012; Doğan ve Kılıç, 2020). Bu kanun, tüm işyerlerinde çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve geliştirilmesi esaslarını içermesi yanı sıra söz konusu hususa ilişkin iş paydaşlarının sorumluluk ve görevleri yanı sıra yükümlülük ve haklarını tanımlayarak önemli bir paylaşım hukuku geliştirmiştir (Sayın vd., 2014; Engür, 2017). Çalışanları işyerlerinde oluşabilecek olumsuz şartlardan korumak, verimliliği artırarak üretimin devamını sağlamak için yapılan bütün çalışmaları ifade etmek için kullanılan iş sağlığı ve güvenliği kavramı, gelişen teknoloji

✉ ^a Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Gümüşhane, Türkiye

^b Afyon Kocatepe Üniversitesi, Dinar Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Endüstriyel Tasarım Bölümü, Afyon, Türkiye

^c Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

✉ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): osmankomut@gumushane.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 14.04.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 18.08.2023



Citation (Atıf): Komut, O., Yaşar, Ş.Ş., Fidan, M.S., Yaşar, M., 2023. Ağaç işleri ve mobilya sektörlerinde iş güvenliği kültürüne yönelik bir değerlendirme: Gümüşhane ilinde bir durum çalışması. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 316-322.

DOI: [10.18182/tjf.1283077](https://doi.org/10.18182/tjf.1283077)

ve sanayi ile beraber önemini artırmıştır (Ceylan, 2011; Doğan vd., 2022).

Yapılan değerlendirmeler küçük ve orta büyüklükteki işletmelerde (KOBİ) meydana gelen iş kazası sayısının, diğer ölçeklerdeki işletmelere kıyasla daha yüksek olduğunu göstermektedir (Yılmaz, 2009; Şen ve Çınar, 2017). Türkiye’de ağaç işleri ve mobilya üretim faaliyet alanı çoğunlukla küçük ve orta ölçekli işletmelerden oluşan bir yapı arz etmektedir (Yazıcı ve Karayılmazlar, 2001). Türkiye’deki ağaç işleri ve mobilya sektörü bu yönüyle iş sağlığı ve güvenliği hassasiyeti yüksek bir sektör durumundadır.

Sosyal Güvenlik Kurumu 2021 yılı verilerine göre, kaza sonrası oluşan iş göremezlik süreleri esas alındığında iş kazasına maruz kalan çalışan sayısı 511 084 kişi olarak gerçekleşmiştir. Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin Sınıflaması (NACE Rev. 2)’ye göre yapılan faaliyet alanı sınıflaması temelinde 2021 yılında mobilya imalatı sektöründe (NACE 31) toplam 8122, ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı (mobilya hariç) (NACE 16) toplam 4468 çalışan iş kazasına maruz kalmıştır (SGK, 2021). Bu sektörler alt faaliyet alanları itibariyle genel olarak tehlikeli ve çok tehlikeli işler sınıfında yer almaktadır (Resmî Gazete, 2017). Söz konusu her iki sektör için kazaya maruz kalan çalışanların %6’sını kadınlar (802 çalışan), %94’ünü erkekler (11 788 çalışan) oluşturmuştur (SGK, 2021).

Mobilya imalatı sektöründe iş kazası geçirme oranı ülkemizdeki diğer sektörlerden daha yüksek düzeydedir (Gedik ve İlhan, 2014). Ancak yapılan çalışmalar, sektörde meydana gelen iş kazalarının çoğunlukla çalışan insanlardan kaynaklı olduğunu ortaya koymuştur (Uysal vd., 2005; Yılmaz, 2012; Atılğan vd., 2015; Aşkın ve Öztürk, 2022). Bu sektörde meydana gelen iş kazaları çoğunlukla kesilme, delinme, kas ve lif ezilmesi, göze yabancı cisim kaçması şeklinde gerçekleşmektedir (Gedik ve İlhan, 2014; İnce ve Sevim Korkut, 2019). 2021 yılında ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri ile mobilya imalatı faaliyet alanında gerçekleşen iş kazası kaynaklı ölüm sayısının, yıllık toplam iş kazalarındaki ölüm sayısına oranı %1 düzeyindedir (15 çalışan) (SGK, 2021).

Bu çalışmanın amacı, ağırlıklı olarak küçük ve orta ölçekli ağaç işleri ve mobilya imalatı işletmelerinin bulunduğu sanayi bölgelerine uzak coğrafi yerleşimlerde işletmelerin yönetici ve çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgi, tutum ve davranışlarının değerlendirilmesidir. Ayrıca işletmeler, kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanımı, uyarı levhalarının durumu ve çalışma ortamı koşulları yönünden analiz edilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Araştırma materyali, Gümüşhane ili imalat sektöründe yer alan ağaç işleri ve mobilya üretim sektöründeki işletmelerdir. Araştırmanın uygulanabilmesi için Gümüşhane Ticaret ve Sanayi Odası ile il ve ilçelerde bulunan Esnaf ve Sanatkarlar Odası kayıtlarından yararlanılarak, Gümüşhane Merkez 15, Kelkit 25, Şiran 7, Torul 6, Köse 4, Kürtün 4 olmak üzere toplam 61 adet işletme olduğu tespit edilmiştir. Araştırma, söz konusu 2 ana sektörlere ait 6 alt sektör kapsamında yürütülmüştür (Çizelge 1).

2.2. Yöntem

Araştırmada çalışanların iş sağlığı ve güvenliği hususlarına ilişkin görüşleri, iş kazası ve meslek hastalığı durumlarını tespiti yönelik veri toplama aracı olarak yüz yüze görüşme esasına dayalı anket uygulaması kullanılmıştır. Araştırma ölçeğinde yer verilen önermeler 5’li likert ölçeğine göre şekillendirilmiştir. Önermeler; (1) Kesinlikle katılmıyorum, (2) Katılmıyorum, (3) Kararsızım, (4) Katılıyorum, (5) Kesinlikle katılıyorum şeklinde yapılandırılmıştır. Araştırma deseni, anket bölümünde ilişkili alt sorular dahil olmak üzere 32 adet soru ve 9 adet önermeden oluşturulmuştur.

Gümüşhane kapsamındaki ağaç, ağaç işleri ve mantar imalatı ile mobilya imalatı işletmeleri ve söz konusu işletme çalışanlarına ilişkin iş sağlığı ve güvenliği hususunda genelleme yapılabilecek yargılara ulaşılabilmesi için gerekli en düşük katılım sağlanacak işletme sayısı formül 1 yardımıyla hesaplanmıştır (Baş, 2006).

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot p \cdot q}{[d^2 \cdot (N-1) + t^2 \cdot p \cdot q]} \quad (1)$$

N: Evrendeki eleman sayısı (Toplam işyeri sayısı), n: örneklem büyüklüğü, t: Güven katsayısı, p: niteliğin evrende gözlenme olasılığı, q: niteliğin evrende gözlenmeme olasılığı (1-p), d: Örnekleme hatası.

Çalışmada örnekleme hatası %10 ve %95’lik güvenilirlik düzeyi için t=1,96 olarak hesaplanmıştır. p ve q değişken değerleri 0,5 olarak dikkate alınmıştır.

Araştırmada Gümüşhane ili kapsamında ağaç, ağaç işleri ve mantar imalatı ile mobilya imalatı faaliyet alanlarında toplam 61 işletme belirlenmiştir. Çalışmada araştırma evreni, il kapsamında faaliyet gösteren söz konusu sektördeki işletme sayısı olarak değerlendirilmiştir. Kapsama alınan evrendeki çalışan sayısı 256 olarak belirlenmiştir (TUİK, 2013). Eleman sayısı bilinen evrenden alınması gereken en düşük örneklem sayısı formül 1’e göre 38 işletme olarak tespit edilmesine karşın, çalışmada 40 işletmede 54 katılımcıya ulaşılmıştır.

Çizelge 1. Araştırma kapsamındaki işletmelerin faaliyet sınıflaması (NACE, 2008)

Ekonomik Faaliyet Sınıflaması (NACE Rev. 2)	Alt Sektör	Tanım
16- Ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı (mobilya hariç), saz, saman ve benzeri malzemelerden örülerek eşyaların imalatı	16.10	Ağaçların biçilmesi ve planyalanması
	16.21	Ahşap kaplama paneli ve ağaç esaslı panel imalatı
	16.22	Birleştirilmiş parke yer döşemelerinin imalatı
31-Mobilya imalatı	16.23	Diğer bina doğramacılığı ve marangozluk ürünlerinin imalatı
	31.02	Mutfak mobilyalarının imalatı
	31.09	Diğer mobilyaların imalatı

Cronbach Alpha Güvenirlik Katsayısı yöntemi kullanılarak veri toplama aracının güvenilirliği (iç tutarlılığı) araştırılmıştır. Analiz sonucunda, Cronbach Alpha Güvenirlik Katsayısı 0,844 olarak hesaplanmıştır. Güvenirlik katsayısının 0,80-1,00 aralığında olması kullanılan ölçeğin yüksek derecede güvenilir olduğunu göstermektedir (Baş, 2006; Kalaycı, 2010).

Bu araştırmada uygulama sonucu elde edilen verilerin faktör analizi için uygunluğunun bulunup bulunmadığı Bartlett'in Sphericity testi ve Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) katsayısı ile incelenmiştir (Baş, 2006; Kalaycı, 2010). Sonuçlara göre veri toplama aracının Bartlett'in Sphericity testi (Approx Chi-Square =204,872) $p < 0.001$ düzeyinde anlamlı ve KMO katsayısı 0,812 bulunmuştur. Yapılan çözümleme sonuçlarına göre, hazırlanan veri toplama aracının araştırma için gerekli görülen içerik ve yapı geçerliliğini sağladığı görülmektedir.

Ulaşılan veriler frekans, %, ortalama ve standart sapma gibi tanımlayıcı analizlere tabi tutulmuştur. İstatistik analizlerde SPSS paket programından faydalanılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

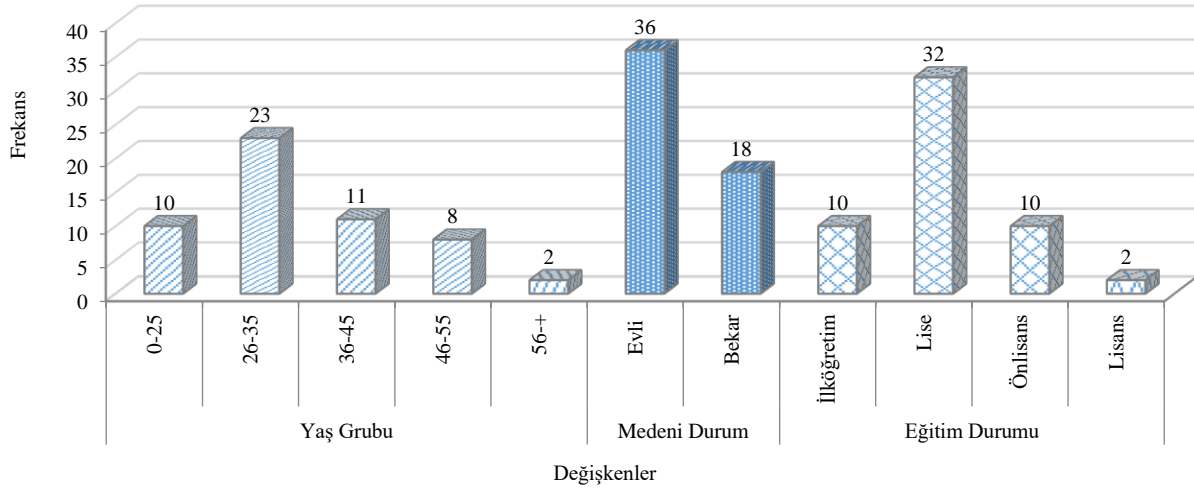
Çalışma kapsamında ulaşılan katılımcıların yaş grubu sınıflamasında en yüksek katılım 26-35 yaş grubunda %43, en düşük katılım ise 56 ve üzeri yaş grubunda %4 olarak gerçekleşmiştir. Mobilya sektöründe yapılan çalışmalar da sektörde ağırlıklı olarak genç bireylerin istihdam edildiğini göstermiştir (Peker vd., 2022). Çalışmada katılımcıların tamamını erkek çalışanlar oluşturmuş olup, çalışma alanı kapsamında kadın çalışan tespit edilmemiştir. Katılımcıların medeni durum dağılımı %67 ile evli, %33 ile bekâr çalışanlar şeklinde oluşmuştur. Araştırmaya katkı veren çalışanların %59'u lise, %19'u ilköğretim, %19'u ön lisans ve %4'ü ise lisans eğitim düzeyine sahip oldukları görülmüştür (Şekil 1). Mesleki eğitim veren okullardan mezun bireylerin ilgili alanlarında çalışmak istememeleri dolayısıyla işletmelerin %82,3'ünde kalifiye eleman sıkıntısı yaşandığı bildirilmektedir (Aksu vd., 2009). Komut vd., (2020) Erzurum ili orman ve orman ürünleri işletmelerini kapsayan çalışmalarında, sektörde genel olarak düşük eğitimli bireylerin istihdam alanı bulduklarını ve iş değiştirme frekansının yüksek oluşunun iş güvenliği hassasiyetini artırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Araştırma kapsamında ulaşılan işletmelerin %33'unun faaliyet süresi 10 yıl ve üzeri iken, %40'ı 3-5 yıl arasında,

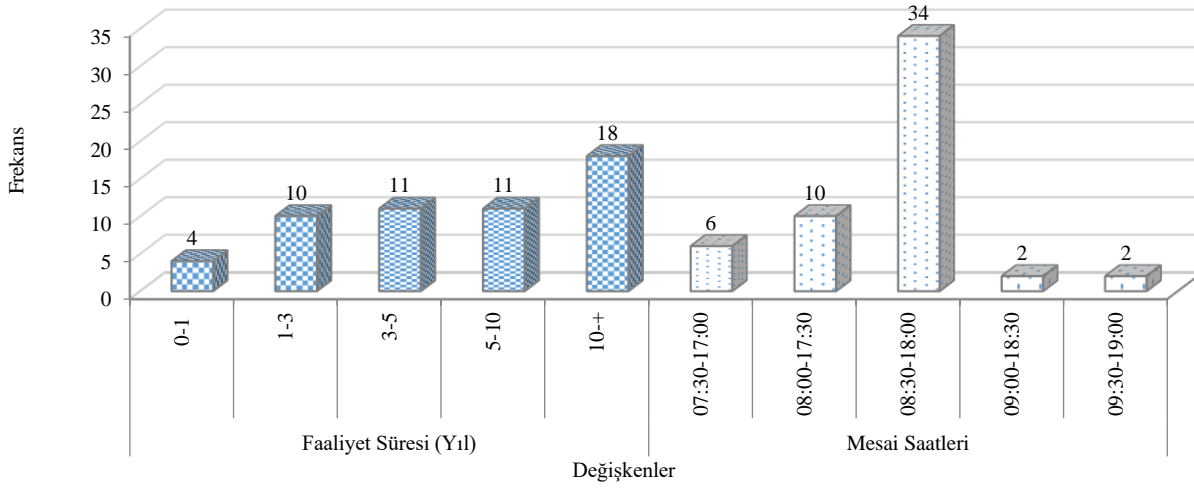
%27'si ise 1-3 yıl arasında olduğu görülmüştür. Katılımı sağlanan işletmelerin %63'ü 08:30-16:00 saatleri arasında, %19'u 08:00-17:30 saatleri arasında, %11'i 07:30-17:00 saatleri arasında, %4'ü 09:00-18:30 ve %4'ü 09:30-19:00 saatleri arasında faaliyet göstermektedir (Şekil 2). Gedik ve İlhan (2014) yaptıkları çalışmada Sakarya ilindeki katılımcıların orman endüstri mesleğinde ve mobilya sektöründe çalıştıkları süreleri incelemiş %60,8'inin 1-5 yıl arasında bu meslek içinde yer aldığını ortaya koymuşlardır. Çalışma sürelerinin bireylerin sorumluluk bilinci ve iş güvenliği farkındalığını artırdığı bildirilmektedir (Tozkoparan ve Taşoğlu, 2011; Peker vd., 2022).

Araştırma kapsamında anket uygulanan katılımcıların %6'sı çalıştıkları işletmelerde KKD tedarikinin zamanında yapıldığını belirtmiştir. En çok kullanılan KKD maske, eldiven ve gözlük olarak öne çıkmıştır. Katılımcıların %54'ü periyodik muayenelerin yapılmadığını bildirirken, periyodik muayenelerin yılda en az 1 kez yapıldığını belirten katılımcıların oranı ise %26 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 2). İnce ve Sevim Korkut (2019), mobilya küçük ölçekli mobilya işletmelerinde KKD kullanımının %60 düzeyinde olduğunu bildirmiştir. Yapılan bir başka çalışmada da küçük ve orta ölçekli mobilya endüstrisinde güvenlik koşullarının yetersiz kaldığı yönünde tespitler yapılmıştır (Yaşar ve Komut, 2018).

İşyerlerinin %30'unda makine bakımlarının sadece arıza gerçekleştiğinde yapıldığı bildirilirken, %20 oranında yıllık, %28 oranında aylık ve %22 oranında günlük-haftalık bakım yapıldığı belirlenmiştir. Katılımı sağlanan işyerlerinin 28'inde yaralanmalı ve 1 adet ölümlü iş kazası yaşandığı ve bu kazalarda toplam 39 kişinin etkilendiği belirlenmiştir. Katılımcıların 39'u (%72) bir iş kazası yaşadığını, 15 katılımcı ise (%28) herhangi yaralanmalı-ölümlü iş kazasına maruz kalmadığını bildirmiştir. İş kazasına maruz kalan çalışanların %62'sinin 1 kez, %18'inin 2 kez ve %15'inin 3 kez iş kazası geçirdiği görülmüştür. Diğer yandan, söz konusu iş kazalarında en fazla yaralanmanın %77 ile el ve parmaklarda gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 3). Balcı vd., (2005), yaptıkları çalışmada Kayseri'de bir mobilya fabrikasında iş kazası geçirme oranını %17 olarak saptamışlardır. Araştırma da geçilen başlıca iş kazalarının; ele sivri cisim batması, makineye el sıkıştırma ve cilt kesikleri olduğu belirlenmiştir. Gedik ve İlhan (2014) ise mobilya işletmelerinde iş kazası geçiren çalışanların %10'unun kalıcı bir sakatlığa uğradığını ortaya koymuşlardır.



Şekil 1. Katılımcıların demografik niteliklere göre dağılımı



Şekil 2. Katılımcı işletmelerin faaliyet süresi ve mesai saatleri değişkenlerine göre sınıflandırılması

Çizelge 2. İşletmelerde KKD ve periyodik muayene durumu

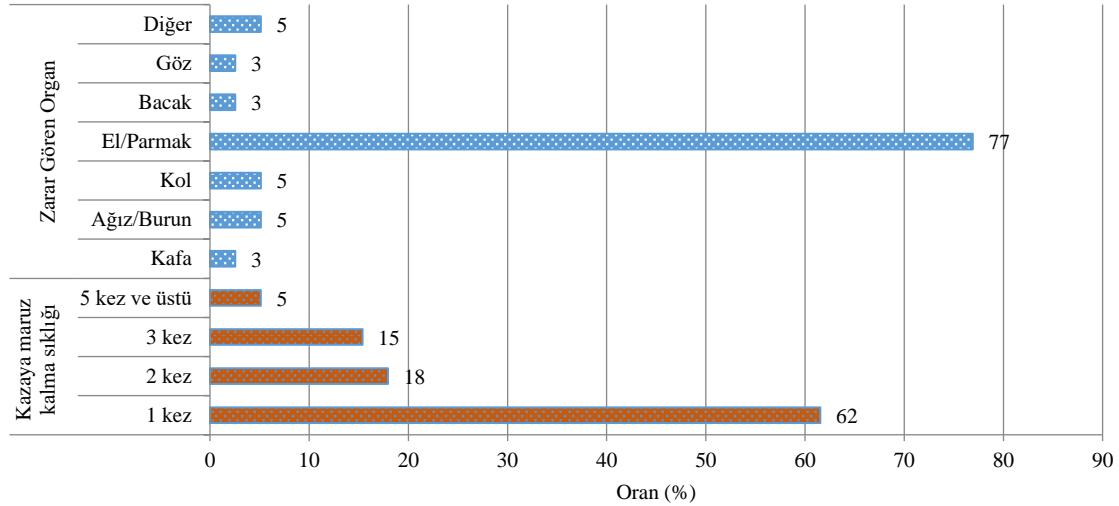
İncelenen husus	Katılımcı beyanları	Frekans	Oran (%)
KKD Tedarik	Zamanında sağlanıyor	41	76
	Zamanında sağlanmıyor	13	24
Kullanılan KKD	Koruyucu Maske	22	41
	Koruyucu Eldiven	22	41
	Koruyucu Baret	9	17
	Koruyucu Gözlük	22	41
	İş Elbisesi	11	20
	Koruyucu Ayakkabı	9	17
	Diğer	10	19
Periyodik muayene	Periyodik muayene yapılıyor	25	46
	Periyodik muayene yapılmıyor	29	54
Periyodik muayene sıklığı (Yılda)	1 kez	14	26
	2 kez	6	11
	3 kez	4	7
	4 kez	1	2

İş kazası nedenleri katılımcılar tarafından; 1.derecede öncelikli iş güvenliği eğitim eksikliği, teknik nedenler ve güvensiz davranışlar, 2. derece öncelikli çevresel nedenler, makine-ekipman, kamu denetimi yetersizliği olarak sıralanmıştır. İş yükü etkileri, kişisel nedenler ve işletme içi denetim eksikliği ise en düşük düzeyde önemlilik derecesine sahip iş kazası nedenleri olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4). Yaşar ve Komut (2018) yaptıkları çalışmada, iş kazası nedenlerinin çalışanlar tarafından; makine koruyucuları yetersizliği, çalışanların güvensiz davranışları, iş güvenliği eğitimi yetersizliği, çalışana bağlı diğer nedenler ve iş yükü fazlalığı olarak sıralandığını bildirmiştir.

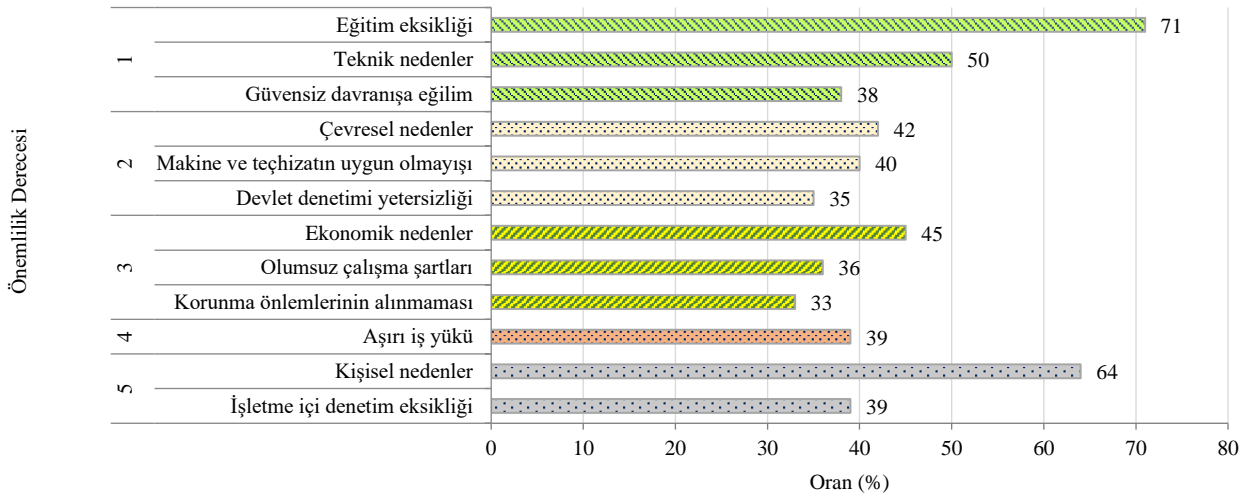
Çalışma kapsamında anket uygulanan katılımcıların çalıştıkları işletmelerde iş güvenliği kontrol faktörleri gruplarına ilişkin dağılımları Şekil 5'te verilmiştir. Buna göre, katılımcıların %70'i işyerlerinde uyarı levhalarının bulunduğunu bildirmiştir. Diğer yandan, %67 oranındaki katılımcı koruyucu ekipmanların kontrolünün yapıldığını, %80 oranındaki katılımcı acil durum ve tahliye tatbikatlarının yapıldığını belirtmiştir. İşyerinde makine ekipmanların bakım ve onarımını yapabilecek teknik eleman yeterliliği %57 olarak belirlenirken, tehlikeli kimyasallara karşı önlem

alma düzeyi %69 olarak tespit edilmiştir. Artvin ili orman endüstri işletmelerinde yapılan bir çalışmada, bakım ve kontrol kartlarının eksikliği, makine koruyucularının yetersizliği, uyarı levhalarının eksikliği ve işlevini kaybettiği yönünde tespitler yapılmıştır (Irmak vd., 2021).

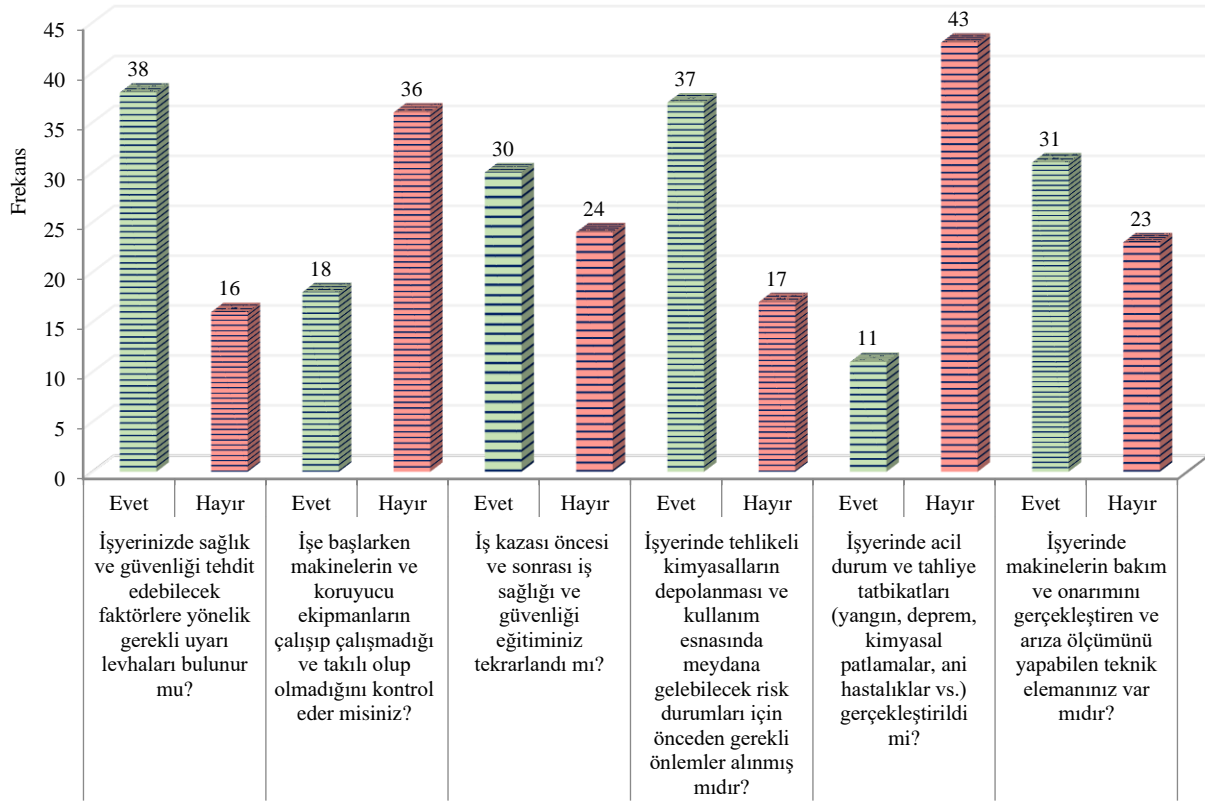
İşyerinde iş kazası yaşanma değişkenine göre çalışanların iş güvenliği faktörlerine ilişkin görüşleri arasında farklılıkları tespiti yönelik yapılan Mann-Whitney U testi uygulanmıştır (Çizelge 3). Buna göre iş kazası yaşanan ve yaşanmayan işyeri çalışanlarının; kullanılan makine-ekipman, malzeme, yapılan iş hakkındaki bilgi yeterliliği, makine-ekipmanın yeterli güvenlik donanımına sahip olması ve çalışma tezgâhları ile diğer alanların ergonomik şartları sağlama düzeyi hakkındaki görüşleri arasında istatistiksel düzeyde anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) bulunduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, işyeri büyüklüğü ve güvenlik konusundaki bilgi yeterliliği değişkenlerine ilişkin görüşler arasında, iş kazası meydana gelen işyeri çalışanlarının daha düşük görüş puanı ortalamasına sahip olmasına rağmen, iş kazası yaşanmayan işyeri çalışanları ile aralarında istatistiksel düzeyde anlamlı farklılık tespit edilememiştir (Çizelge 3).



Şekil 3. Katılımcıların iş kazasına maruziyet sıklıkları ve zarar gören organları



Şekil 4. İş Kazası nedenleri önem derecesi sınıflaması



Şekil 5. İş güvenliği kontrol faktörleri

Çizelge 3. İşyerinde iş kazası yaşanma değişkenine göre iş güvenliği faktörlerine ilişkin Mann-Whitney U test sonuçları

İş güvenliği faktörleri	İşyerinde iş kazası	Sayı (N)	mean rank	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Makine-malzeme hakkında bilgi yeterliliği	Evet	29	20,59	178	556	-3,023	0,003*
	Hayır	25	32,88				
	Toplam	54					
Yapılan iş hakkında bilgi yeterliliği	Evet	29	21,56	204	582	-2,63	0,009*
	Hayır	25	31,84				
	Toplam	54					
Makinelerin güvenlik donanımı yeterliliği	Evet	29	21,41	200	578	-2,637	0,008*
	Hayır	25	32,00				
	Toplam	54					
İş yerinin alan büyüklüğü yeterliliği	Evet	29	25,44	309	687	-0,538	0,591
	Hayır	25	27,64				
	Toplam	54					
Güvenlik tedbirleri konusunda bilgi yeterliliği	Evet	29	23,67	261	639	-1,44	0,150
	Hayır	25	29,56				
	Toplam	54					
Çalışma tezgâhı vb. ergonomik açıdan uygunluğu	Evet	29	22,61	232,5	610,5	-1,989	0,047*
	Hayır	25	30,70				
	Toplam	54					

*p<0,05

4. Sonuçlar ve öneriler

Çalışmanın gerçekleştirildiği ağaç işleri ve mobilya endüstrisi işletmeleri çalışanlarının ağırlıklı olarak 26-35 yaş aralığındaki evli ve lise mezunu olduğu görülmüştür. Söz konusu işletmeler, genel olarak gündüz saatlerinde faaliyet göstermekte olup, işletme deneyimi ve hafızası oluşturulabilecek sürelerde faaliyet gösterdikleri belirlenmiştir.

Çalışma, küçük ve orta ölçekli ağaç işleri ve mobilya işletmelerinde; gerekli KKD'nin tam olarak tedarik edilmediğini göstermiştir. Tedarik edilen KKD'lerin ağırlıklı olarak maske, eldiven ve gözlük gibi düşük maliyetli koruyucular olduğu görülmüştür. Ayrıca, çalışanların periyodik sağlık muayeneleri hususunda önemli düzeyde eksiklikler söz konusudur.

Yapılan çalışma, iş kazası maruz kalma oranının yüksek düzeyde gerçekleştiği, en fazla el ve parmak yaralanmaları ile karşılaşıldığını göstermiştir. İşyerlerinde koruyucu ekipman kontrolü, tehlikeli kimyasallara karşı korunma tedbirleri ve acil durum ve tahliye tatbikatları eksikliği görülen en önemli iş sağlığı ve güvenliği faktörleri arasında yer almıştır. Diğer yandan, iş kazası maruziyetinin iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine karşı hassasiyeti artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Açıklama

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 17.B0122.02.01 no'lu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Aşkın, A., Öztürk, Ö.F., 2022. Mobilya sektörü çalışanlarında iş kazası ve meslek hastalıklarının incelenmesi üzerine bir araştırma. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(2): 351-364.
- Aksu, B., Koç, H., Karademir, D., 2009. Türkiye mobilya endüstrisinde küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) gelişebilirlik potansiyelinin değerlendirilmesi. 1.Uluslararası Meslek Yüksekokulları Sempozyumu, 27-29 Mayıs, Konya.
- Atılğan, A., Ersen N., Peker, H., Kahraman, N., 2015. Türkiye mobilya sanayinde iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesine ilişkin tavsiyeler. *Selçuk-Teknik Dergisi Özel Sayı-1, UMK-2015*: 664-683.
- Balci E., Gün İ., Kaya A., Öksüzkaya A., 2005. Kayseri'de bir mobilya fabrikasındaki işçilerin iş güvenliği konusunda bilgi-tutum ve davranışlarının değerlendirilmesi. *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, (24):28-33.
- Baş, T., 2006. Anket Nasıl Hazırlanır? Anket Nasıl Uygulanır? Anket Nasıl Değerlendirilir? Seçkin Yayıncılık, 4. Baskı, Ankara.
- Ceylan, H., 2011. Türkiye'deki iş kazalarının genel görünümü ve gelişmiş ülkelerle kıyaslanması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3(2): 18-24.
- Doğan, O., Kılıç, Ö., Kılıç, A.M., Keskin, M.Ö., 2022. The uses of industry 4.0 technologies in underground mining activities evaluation in terms of occupational safety. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 12(9): 26-39.
- Doğan, O., Kılıç, A.M., 2020. İş güvenliği uzmanlığı birliktirleri üzerine bir çalışma. *Sosyal Güvenlik Dergisi*, 10(1): 165-184.
- Engür, M.O., 2017. Mobilya endüstrisinde iş sağlığı ve güvenliği mevzuatına uyumun kontrol listeleri ile sağlanması üzerine bir çalışma. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(ÖS: Ergonomi2016): 283-292.

- Gedik, T., İlhan, A., 2014. Sakarya ili mobilya imalatçılarında iş sağlığı ve iş güvenliği üzerine bir inceleme. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 15: 123-129.
- İrmak, S., Peker, H., Ersen, N., Akyüz, İ., 2021. Artvin'deki orman ürünleri işletmelerinin iş sağlığı ve güvenliğinin risk değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2): 278-291.
- İnce, M., Sevim Korkut, D., 2019. Adana ilindeki küçük ölçekli mobilya işletmelerinde iş kazalarının analizi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1): 1-10.
- Kalaycı, Ş., 2010. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri (5. Baskı). Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- Komut, O., Yaşar, Ş.Ş., Yaşar, M., 2020. Türkiye ağaç, ağaç ürünleri ve mantar üretim sektöründe iş sağlığı ve güvenliği farkındalığı. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21(3): 260-266.
- Korkmaz, A., Avsallı, H., 2012. Çalışma hayatında yeni bir dönem: 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26: 153-167.
- NACE, 2008. NACE Rev. 2- statistical classification of economic activities in the european community. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Peker, H., Kuşdemir, B., Ersen, N., Akyüz, İ., Akyüz, K.C., 2022. Tekirdağ ilindeki mobilya işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliğine yönelik araştırma. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 8(2): 247-265.
- Resmî Gazete, 2017. İş sağlığı ve güvenliğine ilişkin işyeri tehlike sınıfları tebliğinde değişiklik yapılmasına dair tebliğ. Değişik: RG-27/2/2017-29992 Mükerrer). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/02/20170227M1.pdf>, Erişim: 22.11.2022.
- Sayın, S., Güney, C.O., Sarı, A., 2014. Orman yangınlarında iş sağlığı ve güvenliği. *SDU Orman Fakültesi Dergisi*, 15: 168-175.
- SGK, 2021. Sosyal güvenlik kurumu istatistik yıllıkları, 2021 Yılı istatistikleri. <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>, Erişim: 22.11.2022
- Şen, H., Çınar, H., 2017. Mobilya ürün yaşam döngüsünde iş sağlığı ve güvenliği analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 5(ÖS: Ergonomi2016): 235-246.
- Tozkoparan, G., Taşcıoğlu, J., 2011. İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları ile ilgili iş görenlerin tutumlarını belirlemeye yönelik bir araştırma. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1): 181-209.
- TÜİK, 2013. 2002 Genel sanayi ve işyeri sayımı. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt_id=28, Erişim: 20/10/2022.
- Uysal, B., Özçiftçi, A., Kurt, Ş., 2005. Türkiye'de küçük ve orta ölçekli mobilya imalat işletmelerinde meydana gelen iş kazalarının analizi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(3): 439-451.
- Yaşar, Ş.Ş., Komut, O., 2018. İmalat sanayisinde iş sağlığı ve güvenliği üzerine bir araştırma: Erzincan ili mobilya işletmeleri örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2): 252-265.
- Yazıcı, H., Karayılmazlar, S., 2001. Türkiye ahşap mobilya sektörü ve ekonomik gelişimi. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 3(3): 3-17.
- Yılmaz, F., 2009. Ülkemizde KOBİ'lerde iş sağlığı ve güvenliği: Avrupa Birliği ülkeleriyle karşılaştırmalı bir inceleme. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, 57: 449-479.
- Yılmaz, İ.C., 2012. İş kazalarının analizi (mobilya sanayindeki küçük ve orta boy işletmeler ile büyük boy işletmelerin karşılaştırılması). Yüksek lisans tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Yüksel, B., 2017. Çalışma ilişkilerine yönelik ilk düzenleme: Dilaver Paşa Nizamnamesi ve çalışma hayatına etkileri. *İş ve Hayat Dergisi*, 3(6): 155-178.

Effects of sodium borohydride on peroxide bleaching of *Pinus brutia* Ten. and wheat straw pulps

Mustafa Çiçekler^{a,*}, Ahmet Tutuş^a

Abstract: The addition of sodium borohydride (NaBH₄) to peroxide bleaching has been investigated for its effects on the bleaching yield, mechanical and optical properties of *Pinus brutia* and wheat straw pulps. The pulps were subjected to four different bleaching conditions by adding charges of NaBH₄ at 0%, 0.5%, 1.0%, and 1.5%, while keeping a constant hydrogen peroxide charge of 7%. The use of NaBH₄ in the peroxide bleaching processes of the two pulps increased the bleaching yields. The results show that the addition of NaBH₄ significantly improved the mechanical properties of the pulps, including tensile and burst indices. The optical properties of the pulps were also improved with the addition of NaBH₄. The increase in mechanical and optical properties can be attributed to the reduction of residual hydrogen peroxide and the removal of metal ions, while the decrease in yellowness is due to the removal of metal ions that can cause oxidative degradation of the pulp. The findings of this study suggest that the addition of NaBH₄ as an additive in peroxide bleaching is a promising approach to improve the mechanical and optical properties of *P. brutia* and wheat straw pulps, which can be further explored in future research.

Keywords: Peroxide bleaching, Sodium borohydride, *Pinus brutia*, Wheat straw

Sodyum borhidrürün *Pinus brutia* Ten ve buğday sapı hamurlarının peroksit ağartması üzerindeki etkileri

Özet: Peroksit ağartmasında sodyum borhidrür (NaBH₄) ilavesinin, kızılçam (*Pinus brutia*) ve buğday sapı hamurlarının ağartma verimi, mekanik ve optik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Hamurlar, %7'lik sabit bir hidrojen peroksit oranında, %0, %0.5, %1.0 ve %1.5 oranlarında NaBH₄ eklenerek dört farklı ağartma koşuluna tabi tutulmuştur. Her iki hamur çeşidinin peroksit ağartma işleminde NaBH₄ kullanılması ağartma verimini artırmıştır. Ağartma işleminde NaBH₄ kullanımı kağıtların kopma ve patlama indisleri dahil üzere hamurların mekanik özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir. NaBH₄ ilavesi ile hamurların optik özellikleri de iyileştirilmiştir. Mekanik ve optik özelliklerdeki artış, artık hidrojen peroksitin azalmasına ve metal iyonlarının uzaklaştırılmasına bağlanabilirken, sarılıktaki azalma, hamurun oksidatif bozunmasına neden olabilecek metal iyonlarının uzaklaştırılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmanın bulguları, peroksit ağartmada bir katkı maddesi olarak NaBH₄ eklenmesinin, *P. brutia* ve buğday sapı hamurlarının mekanik ve optik özelliklerini iyileştirmek için umut verici olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Peroksit ağartma, Sodyum borhidrür, *Pinus brutia*, Buğday sapı

1. Introduction

The bleaching process plays a crucial role in the production of paper and has a major effect on the financial wellbeing of the pulp and paper industry. The process is used to improve the brightness, softness, and purity of the pulp compared to unbleached pulp. The process is required to produce types of paper, including print, tissue, sanitary paper, and adsorption materials. Chemical pulp bleaching involves a multi-stage sequential process that uses two or more chemicals in order to achieve high brightness in the final product. The process is crucial in ensuring that the final product meets the desired standards for brightness, softness, and purity, which are important factors for many end-users (Sharma et al., 2020). The bleaching process of wood involves the interaction of chlorine and chlorine-based chemicals with the phenols, resins, and lignin contained in the wood, resulting in the production of dangerous pollutants.

This method of chemical pulp bleaching has been widely used for many years due to its affordability and effectiveness in producing high-quality pulp. Chlorine and hypochlorite are the main chemicals used in this process, providing cost-effective and efficient bleaching results. However, the downside to this approach is the production of harmful pollutants that can have negative impacts on the environment and human health (Ashrafi et al., 2015; Gavrilescu et al., 2008).

The paper industry is under constant pressure from the market to improve the quality of its pulp. The demand for high-brightness bleached pulp is growing, and this has prompted the industry to find ways to improve the bleaching process. Hydrogen peroxide (H₂O₂) is a key chemical in the process of pulp bleaching and has the advantage of being environmentally friendly. However, the presence of transition metal ions, such as manganese, can have a significant impact on the effectiveness of the hydrogen

✉ ^a Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industry Engineering, Onikişubat 46040, Kahramanmaraş

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): mcicekler87@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.03.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 24.07.2023



Citation (Atf): Çiçekler, M., Tutuş, A., 2023. Effects of sodium borohydride on peroxide bleaching of *Pinus brutia* Ten. and wheat straw pulps. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 323-328.

DOI: [10.18182/tjf.1261515](https://doi.org/10.18182/tjf.1261515)

peroxide bleach. To maximize the bleaching effect, it is necessary to remove these transition metal ions through a chelation step. This step is crucial in ensuring that the hydrogen peroxide bleach works to its full potential, resulting in a higher-quality, brighter pulp (Wang et al., 2004). Even when proper chelation procedures are followed to remove transition metal ions prior to the peroxide stage of the bleaching process, some residual transition metal ions can still remain. These leftover ions can have a negative impact on the hydrogen peroxide bleach by breaking down the extra hydrogen peroxide, reducing its effectiveness. This reduction in effectiveness can result in a lower-quality bleached pulp and can also lead to additional environmental impacts from the breakdown of hydrogen peroxide. To minimize these negative effects, it is important to continue to monitor and reduce the presence of residual transition metal ions in the peroxide stage of the bleaching process (de Oliveira Ribeiro et al., 2022; Houtman and Hart, 2022; Ni and Qiu, 2003; Schmitz et al., 2021; Wang et al., 2021). The addition of sodium borohydride (NaBH_4), a potent reducing agent, and stabilizers to the pulp slurry before the hydrogen peroxide (H_2O_2) stage can help reduce the negative impact of high valency metals, such as manganese, on the effectiveness of the hydrogen peroxide bleach. Sodium borohydride can effectively reduce manganese to its low valency form, thereby reducing manganese-induced hydrogen peroxide degradation (Wang et al., 2004). This reduction of hydrogen peroxide breakdown can result in improved bleaching results and a higher-quality end product. By using sodium borohydride and stabilizers in conjunction with hydrogen peroxide, the negative impact of residual transition metal ions can be minimized, leading to a more effective and efficient bleaching process.

The paper industry has been exploring more environmentally friendly methods in recent times, and one of the areas of interest is the use of boron compounds in the pulping and bleaching processes. The industry recognizes the need to reduce its impact on the environment and is seeking alternative methods that are both effective and eco-friendly. The use of boron compounds in the pulping and bleaching process has gained traction as a promising solution due to its potential to improve the process while reducing the environmental impact (Istek and Gonteki, 2009; Wang et al., 2004). The paper industry is continuously looking for ways to improve the quality of its products while minimizing its environmental footprint, and the use of boron compounds in pulping and bleaching processes may play an important role in achieving this goal. Among the various boron compounds being explored for use in the paper industry, sodium borohydride (NaBH_4) is the most preferred due to its affordability and ease of use. NaBH_4 has been widely adopted as a digester additive in the pulping process and has proven to be effective in improving the brightness and other physical properties of the pulp. This compound has gained popularity in the paper industry because of its ability to provide cost-effective and efficient results, making it an attractive alternative to traditional pulping and bleaching methods. By using NaBH_4 as a digester additive, the paper industry can achieve its goal of producing high-quality pulp while minimizing its impact on the environment (Gulsoy and Eroglu, 2011; Gümüşkaya et al., 2011; Istek and Gonteki, 2009; Istek and Özkan, 2008; Tutus and Cicekler, 2016). It is becoming apparent that NaBH_4 is increasingly being used as a reducing agent in multi-stage bleaching. NaBH_4 reduces

carbonyl groups to alcohol groups and improves reflectivity over a wider range than sodium or zinc hydrosulfite (Çiçekler et al., 2022; Ferrandin-Schoffel et al., 2023; Martinsson et al., 2020).

It has been experimentally demonstrated that investigating the effect of NaBH_4 on the peroxide bleaching of spruce TMP (Thermomechanical pulp), it was stated that high brightness was obtained and less peroxide consumption was achieved compared to conventional methods (Zhibin et al., 2005). Another study by other authors found that bleaching of two different TMPs with NaBH_4 -assisted hydrogen peroxide increased the optical properties of pulps and reduced the amount of peroxide required (Wang et al., 2004). This effect of NaBH_4 is supported by evidence (Li et al., 2015) from which the authors conclude that borohydride pretreatment is relatively effective in suppressing the effect of Fe(III) on peroxide degradation. In the same study, it was reported that the content of carbonyl groups in the pulp can be significantly reduced by treatment with NaBH_4 and the residual lignin becomes more stable. It was observed that chlorine dioxide and/or NaBH_4 increased brightness stability during cellulosic pulp processing (Rapson, 1960). A combination of borohydride and ozone treatments has been recommended to bleach and lighten cellulosic fibers (Wade, 1963). In a study of bleaching CTMP pulps, using 2% H_2O_2 in the first stage of bleaching and 1% NaBH_4 in the second stage increased brightness (Tutuş and Usta, 2004). NaBH_4 -assisted bleaching processes have generally been applied to pulps made by mechanical processes. In this study, the effects of the optical and mechanical properties of NaBH_4 on peroxide bleaching of *Pinus brutia* wood and wheat straw pulps obtained by chemical methods were investigated.

2. Material and method

2.1. Material

The *Pinus brutia* wood samples used in this study were sourced from Ahir Mountain in Kahramanmaraş, Turkey, while the wheat straws were harvested from Kahramanmaraş, Turkey, at the end of the growing season. Table 1 below provides the production conditions and various properties of *P. brutia* and wheat straw pulps that are commonly used in the bleaching process. The table lists the relevant information and data that pertains to the production of these pulps, including the conditions under which they were produced and their key mechanical and optical properties. This information is critical for understanding the properties and behavior of the pulps during the bleaching process and for determining the optimal conditions for achieving the desired end results. By examining the data in Table 1, researchers, industry professionals, and other stakeholders can gain a deeper understanding of the pulps and their suitability for use in the bleaching process.

Table 1. Production conditions and some properties of pulps used in bleaching processes

Production conditions and some properties	<i>Pinus brutia</i>	Wheat straw
Active Alkali (%)	20	-
Sulfidity (%)	27	-
NaOH charge (%)	-	16
Cooking temperature (°C)	160	140
Time to maximum temp. (min)	40	40
Time at maximum temp. (min)	120	50
Liquor to raw material ratio	5/1	5/1
Brightness (ISO%)	25.6	28.7
Breaking length (km)	7.89	6.12
Burst index (kPa.m ² /g)	4.97	3.39

H₂O₂, NaBH₄, EDTA, MgSO₄, NaOH and Na₂SiO₃ chemicals were used in peroxide bleaching of *P. brutia* and wheat straw pulps. All these chemicals were purchased from Merck, a leading supplier of laboratory chemicals and reagents based in Darmstadt, Germany. Distilled water, which has been purified through a process of distillation, was used specifically in the bleaching process. This is because distilled water is free of impurities and minerals that may interfere with the bleaching chemicals and reactions. Tap water was used in the washing process to remove any remaining bleaching chemicals and impurities from the pulp, without introducing any additional impurities that may have been present in distilled water.

2.2. Peroxide bleaching of the pulps

The pulps were subjected to four different conditions as shown in Table 2. During all four conditions, the temperature and time of the bleaching process remained constant, as did the amount of H₂O₂ used. The only variable that was changed during the bleaching processes was the NaBH₄ charge.

Once the bleaching liquors outlined in Table 2 were prepared, the pulps were carefully placed into polyethylene bags. These bags, containing the pulps and bleaching liquor, were then immersed in a water bath. The temperature of the water bath was precisely regulated by a thermostat to ensure the bleaching process occurred at the desired temperature. Following the bleaching process, the pulps were removed from the water bath and thoroughly washed with both hot and cold water. This washing process continued until all residual chemicals were completely removed from the pulp. Once the washing was complete, the pulps were pressed to a dryness of 20-25%. To investigate the impact of NaBH₄ on the efficiency of the bleaching process, yield calculations were conducted following each individual bleaching treatment. Yield, in this context, refers to the amount of pulp that remained after the bleaching process. These calculations were used to evaluate the extent to which NaBH₄ impacted the bleaching efficiency of the pulps, and to compare the results obtained from different bleaching conditions.

Table 2. Peroxide bleaching conditions of *P. brutia* and wheat straw pulps

Peroxide bleaching conditions	Value
H ₂ O ₂ charge (%)	7
NaOH charge (%)	9.33
EDTA charge (%)	0.5
Na ₂ SiO ₃ charge (%)	2
MgSO ₄ charge (%)	0.5
NaBH ₄ charge (%)	0, 0.5, 1.0, 1.5
Temperature (°C)	75
Time (min)	60
Consistency (%)	12

2.3. Handsheet production and analysis

Pulps were refined to a Schopper Riegler (SR) level of 35±1 SR° in order to prepare the pulps for evaluation following the peroxide bleaching process. This was achieved through the use of a Hollander beater, in accordance with the guidelines outlined in ISO 5267-1 (1999). The refinement process helped to ensure that the pulps were of a consistent and uniform quality, which was important for accurate evaluation of their properties. Handsheets with a grammage of 80 (g/m²) were prepared using a laboratory-type Rapid Kothen paper machine to assess the quality of the pulps obtained from the various peroxide bleaching treatments. The preparation of these handsheets followed the procedures set forth in ISO 5269-2 (2004), which helped to ensure consistency in the papermaking process.

The use of quantitative optical measurements allowed for precise characterization of the properties of the handsheets, providing valuable insights into the quality of the pulps obtained from the various bleaching treatments. Using a Datascolor Elrepho spectrophotometer, the brightness, whiteness, and yellowness index of the handsheets were measured quantitatively. These measurements were conducted in accordance with ISO 2470-1 (2016), ISO 11475 (2017), and ASTM E313-20 (2020) standards, respectively. The tensile (50 mm/min) and burst indices, which are crucial measures of paper strength properties, were determined using the ISO 1924-2 (2008-tensile strength) and ISO 2759 (2014-burst strength) standards, respectively. For each treatment condition of the handsheets, ten measurements were taken, and the resulting mean values were utilized.

3. Results and discussion

Figure 1 illustrates the results of the H₂O₂ bleaching process, including the corresponding yields and the effects of NaBH₄ on the pulp. The figure presents a visual representation of the data, allowing us to easily identify any patterns, trends or relationships between the variables being analyzed. The H₂O₂ bleaching yields, which reflect the amount of bleached pulp produced, are depicted graphically in Figure 1, providing a clear comparison of the bleaching yields between different treatments.

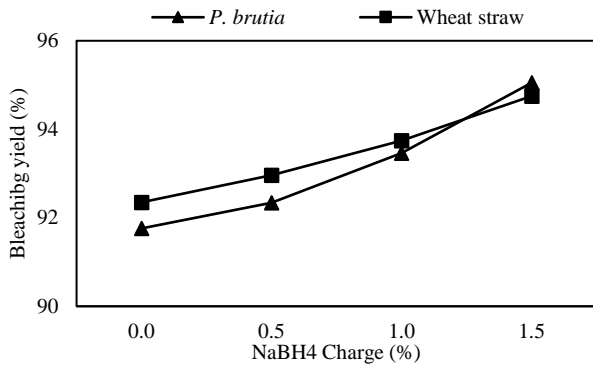


Figure 1. Effects of NaBH₄ addition on peroxide bleaching yield

By analyzing the information presented in Figure 1, we can draw conclusions about the effectiveness of H₂O₂ bleaching and the role of NaBH₄ in enhancing the bleaching process. The results of the study indicated that there was a positive correlation between the amount of NaBH₄ added to the bleach liquor and the corresponding yield values. One of the mechanisms through which NaBH₄ improves yield is by reducing peeling that can occur during the cooking/bleaching process. This is achieved by converting the carbonyl group on the reducing ends of both the cellulose and hemicellulose chains into a hydroxyl group, thus minimizing the loss of yield. As a result, the addition of NaBH₄ is effective in preventing yield losses and increasing the overall yield of the resulting pulp (Birinci et al., 2020; Istek and Gonteki, 2009; Tutus and Cicekler, 2016; Wigell et al., 2007a, 2007b).

The figure also indicates the comparison of the bleaching yield between wheat straw and *P. brutia*. The results of the study show that the bleaching yield of wheat straw was higher than that of *P. brutia*. This finding implies that wheat straw is better suited for H₂O₂ bleaching processes compared to *P. brutia*. This difference in bleaching yield can be attributed to several factors such as the cellulose content and structure of the materials and the presence of extractives and lignin in the raw materials (Andrade and Colodette, 2014; Laine et al., 1996; Mussatto et al., 2008). Overall, this observation underscores the importance of selecting the appropriate raw material for bleaching processes and optimizing the bleaching conditions for each material. Such considerations are critical to maximizing the efficiency and yield of the bleaching process, which can have significant economic and environmental implications.

Figure 2 provides an overview of the mechanical properties of the bleached pulps. The figure illustrates how the mechanical properties of the pulps are affected by the bleaching process and the addition of NaBH₄. The mechanical properties of the pulp are important indicators of its overall quality and suitability for various applications. Figure 2 presents information on key mechanical properties such as tensile strength and burst index which are commonly used to evaluate the strength and durability of paper products.

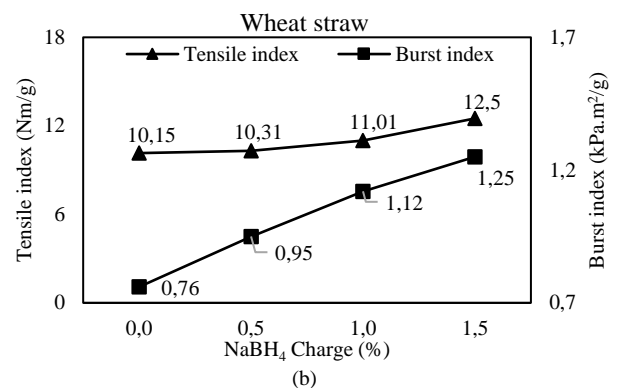
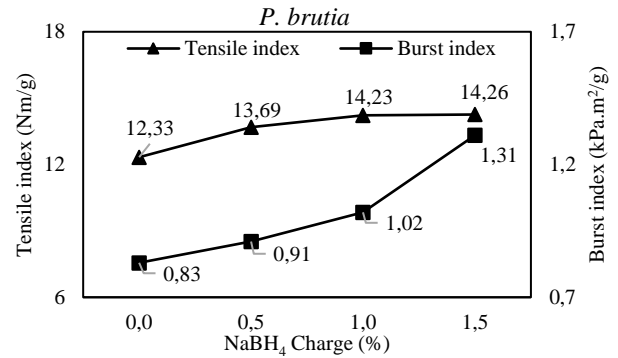


Figure 2. Effects of NaBH₄ addition during peroxide bleaching on mechanical properties. (a) *P. brutia* pulps, (b) Wheat straw pulps

By analyzing the data presented in Figure 2, we can draw conclusions about the effect of bleaching and NaBH₄ on the mechanical properties of the pulp. This information can be useful in optimizing the bleaching process and developing high-quality pulp products that meet the desired mechanical specifications. Despite the primary purpose of pulp bleaching chemicals being to brighten or remove lignin, their effects are not limited to lignin alone. The chemicals used in pulp bleaching can also impact other components of the pulp, including carbohydrates such as cellulose and hemicellulose (Hannuksela et al., 2004; Schönberg et al., 2001). These compounds are important structural components of the pulp, and any alterations to their properties can have significant implications for the overall quality and properties of the resulting pulp products (Molin and Teder, 2002; Young, 1994). Therefore, a comprehensive understanding of the effects of bleaching chemicals on all pulp components is crucial in optimizing the bleaching process and developing high-quality pulp products.

The addition of NaBH₄ into the peroxide bleaching liquor has been demonstrated to have a positive impact on the mechanical properties of pulps. This improvement can be attributed to the reduction of residual hydrogen peroxide and the elimination of metal ions that may have been present in the bleaching process (Wang et al., 2004; Zhibin et al., 2005). When NaBH₄ is added to the peroxide bleaching process, it acts as a reducing agent, which aids in the decomposition of hydrogen peroxide into water and oxygen. This reaction leads to a decrease in the concentration of residual hydrogen peroxide, which can be detrimental to the mechanical properties of the pulp if left unreacted (Dang et al., 2007; Kordsachia and Patt, 1988; Rushdy et al., 2017).

Additionally, NaBH₄ can effectively remove metal ions, such as copper and manganese, that may have been present in the pulp (Wang et al., 2004). These metal ions can cause oxidative degradation of the pulp, leading to a decrease in its mechanical strength (Sharma et al., 2020). By removing these metal ions, NaBH₄ helps to maintain the integrity of the pulp fibers, resulting in improved mechanical properties. Overall, the addition of NaBH₄ to peroxide bleaching liquor has been shown to be a promising approach to improve the mechanical properties of pulps.

The effect of NaBH₄ on the optical properties of peroxide bleached pulps has been evaluated and presented in Figure 3. The optical properties of the pulps, including brightness, whiteness, and yellowness, were measured and analyzed to assess the effectiveness of NaBH₄ in improving these characteristics.

The results depicted in Figure 3 show that the addition of NaBH₄ to the peroxide bleaching process has a positive effect on the optical properties of the pulps. The brightness of the pulp, which is a measure of the amount of light reflected from the surface (Wistara et al., 2015), is significantly increased with the addition of NaBH₄. This increase in brightness is attributed to the reduction of residual hydrogen peroxide and the elimination of metal ions that may have been present in the bleaching process (Tutuş and Usta, 2004; Wang et al., 2004; Zhibin et al., 2005). The addition of NaBH₄ to the bleaching liquor helps to reduce the concentration of residual H₂O₂ by providing electrons for its decomposition into water and oxygen (Dang et al., 2007; Li et al., 2015). This reaction leads to a more efficient removal of H₂O₂, resulting in a brighter and whiter pulp product. Furthermore, the yellowness of the pulp, which is an indicator of the degree of degradation of the pulp (Schmidt et al., 1995), is reduced with the addition of NaBH₄. This reduction in yellowness is attributed to the removal of metal ions that can cause oxidative degradation of the pulp, as well as the reduction of residual hydrogen peroxide. In summary, the addition of NaBH₄ to the peroxide bleaching process has a positive impact on the optical properties of the pulps, leading to improved brightness, whiteness, and reduced yellowness. These results suggest that NaBH₄ can be an effective additive in improving the overall quality of peroxide bleached pulps. The obtained data demonstrate that the use of 1.5% NaBH₄ provides the best results in the bleaching of *P. brutia* and wheat straw pulps.

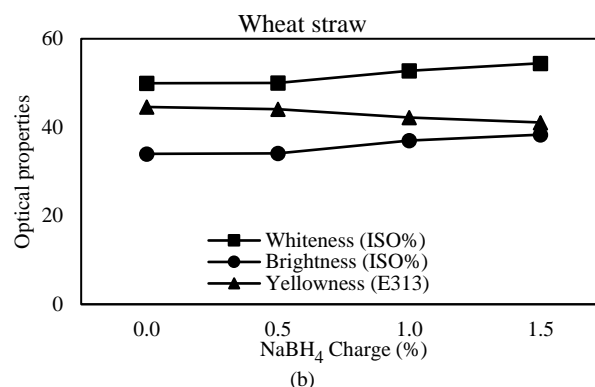


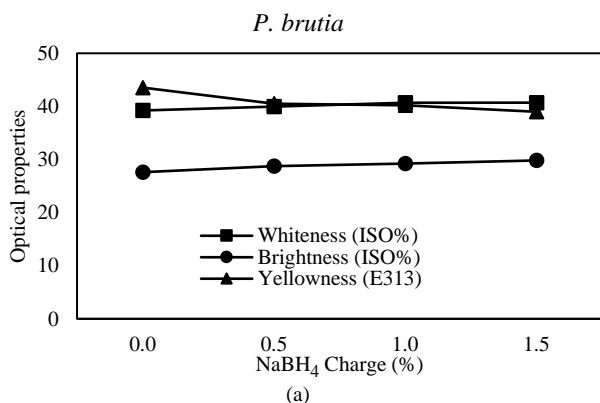
Figure 3. Effects of NaBH₄ addition during peroxide bleaching on optical properties. (a) *P. brutia* pulps, (b) Wheat straw pulps

4. Conclusion

The addition of sodium borohydride (NaBH₄) to peroxide bleaching has been shown to have a significantly positive effects on the bleaching yield, mechanical and optical properties of *P. brutia* and wheat straw pulps. Using NaBH₄ as an additive in peroxide bleaching can effectively reduce the level of residual hydrogen peroxide and remove metal ions that may be present, which can cause yellowing and reduce the brightness of pulp fibers (Wang et al., 2004). The results of the study showed that the addition of NaBH₄ to the peroxide bleaching process led to an improvement in the mechanical properties of the pulps. This improvement can be attributed to the reduction in residual hydrogen peroxide and the elimination of metal ions that cause the breakdown of carbohydrates that may have been present in the bleaching process. The optical properties of the pulps, including brightness, whiteness, and yellowness, were also improved by the addition of NaBH₄. The increase in brightness and whiteness is attributed to the reduction in residual hydrogen peroxide and the removal of metal ions, while the decrease in yellowness is attributed to the removal of metal ions that can cause oxidative degradation of the pulp. Overall, the use of NaBH₄ as an additive in peroxide bleaching is a promising approach to improve the mechanical and optical properties of *P. brutia* and wheat straw pulps. This study provides valuable insights into the potential benefits of adding NaBH₄ peroxide bleaching, which can be further explored in future research.

Acknowledgement



It is with heavy hearts that we acknowledge the passing of Ayşe Özdemir in Kahramanmaraş mega-earthquakes on February 6th, 2023. Ayşe was a respected and valued member of our team, and her contributions to our laboratory investigations will be deeply missed. Her passion for research and dedication to advancing our understanding of the field was evident in her work, and her positive energy and warm personality made her a pleasure to work with. We extend our heartfelt condolences to Ayşe's family and loved ones during this difficult time. Our thoughts and prayers are with them, as well as with all those affected by the earthquakes. We are grateful for the time we were able to spend working with Ayşe and will always remember her fondly.



References

- Andrade, M.F., Colodette, J. L., 2014. Dissolving pulp production from sugar cane bagasse. *Industrial Crops and Products*, 52: 58-64.
- Ashrafi, O., Yerushalmi, L., Haghghat, F., 2015. Wastewater treatment in the pulp-and-paper industry: A review of treatment processes and the associated greenhouse gas emission. *Journal of Environmental Management*, 158: 146-157.
- ASTM E313, 2010. Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates. ASTM, Pennsylvania, USA.
- Birinci, E., Tutuş, A., Çiçekler, M., 2020. Evaluation of *Rhododendron luteum* and *Rhododendron ponticum* in pulp and paper production. *Drvna Industrija*, 71(4): 365-370.
- Çiçekler, M., Özdemir, A., Tutuş, A., 2022. Characterization of pulp and paper properties produced from okra (*Abelmoschus esculentus*) stalks. *Drvna Industrija*, 73(4): 423-430.
- Dang, Z., Elder, T., Ragauskas, A.J., 2007. Alkaline peroxide treatment of ECF bleached softwood kraft pulps. Part 1. Characterizing the effect of alkaline peroxide treatment on carboxyl groups of fibers. *Holzforschung*, 61(4): 445-450.
- de Oliveira Ribeiro, R.A., Zuta, U.O., Soares, I.P.M., Anselmi, C., Soares, D.G., Briso, A.L. F., Hebling, J., de Souza Costa, C.A., 2022. Manganese oxide increases bleaching efficacy and reduces the cytotoxicity of a 10% hydrogen peroxide bleaching gel. *Clinical Oral Investigations*, 26(12): 7277-7286.
- Ferrandin-Schoffel, N., Dupont, A.L., Martineau-Corcoc, C., Fichet, O., 2023. Routes to improve the strengthening of paper with aminoalkylalkoxysilanes. *Cellulose*, 30: 539-556.
- Gavrilescu, M., Teodosiu, C., Gavrilescu, D., Lupu, L., 2008. Strategies and practices for sustainable use of water in industrial papermaking processes. *Engineering in Life Sciences*, 8(2): 99-124.
- Gulsoy, S.K., Eroglu, H., 2011. Influence of sodium borohydride on kraft pulping of European Black Pine as a digester additive. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 50(4): 2441-2444.
- Gümüşkaya, E., Erişir, E., Kirci, H., Misir, N., 2011. The effect of sodium borohydride on alkaline sulfite-anthraquinone pulping of pine (*Pinus pinea*) wood. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 50(13): 8340-8343.
- Hannuksela, T., Holmbom, B., Lachenal, D., 2004. Effect of sorbed galactoglucomannans and galactomannans on pulp and paper handsheet properties, especially strength properties. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 19(2): 237-244.
- Houtman, C., Hart, P., 2022. Predicting the autoaccelerating hydrogen peroxide decomposition rate after mixing with sodium hydroxide. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 61(34): 12473-12481.
- ISO 11475, 2017. Paper and board - Determination of CIE whiteness, D65/10 degrees (outdoor daylight). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 1924-2, 2008. Paper and board - Determination of tensile properties, Part 2: Constant rate of elongation method (20 mm/min). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 2470-1, 2016. Paper, board and pulps - Measurement of diffuse blue reflectance factor, Part 1: Indoor daylight conditions (ISO brightness). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 2759, 2014. Board - Determination of bursting strength. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 5267-1, 1999. Pulps - Determination of drainability, Part 1: Schopper-Riegler method. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 5269-2, 2004. Pulps - Preparation of laboratory sheets for physical testing, Part 2: Rapid-Köthen method. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Istek, A., Gonteki, E., 2009. Utilization of sodium borohydride (NaBH₄) in kraft pulping process. *Journal of Environmental Biology*, 30(6): 951-953.
- Istek, A., Özkan, İ., 2008. Effect of sodium borohydride on *Populus tremula* L. kraft pulping. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(2): 131-136.
- Kordsachia, O., Patt, R., 1988. Full bleaching of ASAM pulps without chlorine compounds. 42(3): 203-209.
- Laine, J., Stenius, P., Carlsson, G., Strom, G., 1996. The effect of ECF and TCF bleaching on the surface chemical composition of kraft pulp as determined by ESCA. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 11(3): 201-210.
- Li, J., Hu, H., Song, Y., Chai, X.S., 2015. New evidence for the role of the borohydride pretreatment on the hydrogen peroxide bleaching of kraft pulp. *RSC Advances*, 5(119): 98067-98074.
- Martinsson, A., Hasani, M., Potthast, A., Theliander, H., 2020. Modification of softwood kraft pulp fibres using hydrogen peroxide at acidic conditions. *Cellulose*, 27(12): 7191-7202.
- Molin, U., Teder, A., 2002. Importance of cellulose/hemicellulose-ratio for pulp strength. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 17(1): 14-19.
- Mussatto, S. I., Rocha, G. J. M., Roberto, I.C., 2008. Hydrogen peroxide bleaching of cellulose pulps obtained from brewer's spent grain. *Cellulose*, 15(4): 641-649.
- Ni, Y.H., Qiu, Z.P., 2003. Methods to decrease manganese-induced decomposition of peroxide. *Appita Journal*, 56: 355-358.
- Rapson, W.H., 1960. Method of bleaching wood pulp, Canadian Patent, CA610654A, December 13. (Patent Sy 610654A).
- Rushdy, A., Noshay, W., Youssef, A., Kamel, S., 2017. Influence of bleaching materials on mechanical and morphological properties for paper conservation. *Egyptian Journal of Chemistry*, 60(5): 893-903.
- Schmidt, J.A., Rye, C.S., Gurnagul, N., 1995. Lignin inhibits autoxidative degradation of cellulose. *Polymer Degradation and Stability*, 49(2): 291-297.
- Schmitz, E., Francis, J., Gutke, K., Nordberg Karlsson, E., Adlercreutz, P., Paulsson, M., 2021. Chemical and biochemical bleaching of oat hulls: The effect of hydrogen peroxide, laccase, xylanase and sonication on optical properties and chemical composition. *Biotechnology Reports*, 30, e00624.
- Schönberg, C., Oksanen, T., Suurnäkki, A., Kettunen, H., Buchert, J., 2001. The importance of xylan for the strength properties of spruce kraft pulp fibres. *Holzforschung*, 55(6): 639-644.
- Sharma, N., Bhardwaj, N.K., Singh, R.B.P., 2020. Environmental issues of pulp bleaching and prospects of peracetic acid pulp bleaching: A review. *Journal of Cleaner Production*, 256: 120338.
- Tutus, A., Cicekler, M., 2016. Evaluation of common wheat stubbles (*Triticum aestivum* L.) for pulp and paper production. *Drvna Industrija*, 67(3): 271-279.
- Tutus, A., Usta, M., 2004. Bleaching of chemithermomechanical pulp (CTMP) using environmentally friendly chemicals. *Appita Journal*, 25(2): 141-145.
- Wade, R.C., 1963. Method of bleaching cellulose fibres, US patent, US3318657A, September 23.
- Wang, N., Ma, S., Zuo, P., Duan, J., Hou, B., 2021. Recent progress of electrochemical production of hydrogen peroxide by two-electron oxygen reduction reaction. *Advanced Science*, 8(15): 2100076.
- Wang, S., Li, Z., Ni, Y.H., Zhang, E., 2004. Sodium borohydride assisted hydrogen peroxide bleaching process for mechanical pulps. *Appita Journal*, 57(5): 377-380.
- Wigell, A., Brelid, H., Theliander, H., 2007a. Degradation/dissolution of softwood hemicellulose during alkaline cooking at different temperatures and alkali concentrations. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 22(4): 488-494.
- Wigell, A., Brelid, H., Theliander, H., 2007b. Kinetic modelling of (galacto) glucomannan degradation during alkaline cooking of softwood. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 22(4): 495-499.
- Wistara, N.J., Carolina, A., Pulungan, W.S., Emil, N., Lee, S.H., Kim, N.H., 2015. Effect of tree age and active alkali on kraft pulping of White Jabon. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 43(5): 566-577.
- Young, R.A., 1994. Comparison of the properties of chemical cellulose pulps. *Cellulose*, 1(2): 107-130.
- Zhibin, H., Yonghao, N., Zhang, E., 2005. Further understanding of sodium borohydride assisted peroxide bleaching of mechanical pulps (the PR process). *Appita Journal*, 58(1): 72-76.

Anadolu endemiği Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *equi-trojani* (Aschers. & Sint. ex Boiss) Coode et Cullen): Bildiklerimiz ve araştırma gereksinimleri

Nurbahar Usta^{a,b,*} , Çağatay Tavşanoğlu^b 

Özet: Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) Biga Yarımadası ve Kızılırmak Deltası arasında yayılış gösteren, endemik ve Dünya Doğa Koruma Birliği (IUCN)'ne göre tehlikede (EN) olan asli bir orman ağacıdır. Bu çalışmanın amacı Kazdağı göknarı üzerine yayınlanmış tüm çalışmaları derlemek ve sonucunda tür hakkındaki bilinenleri ve bilinmeyenleri ortaya koymaktır. Bu amaçla türün güncel taksonomik adı ve tüm sinonim adları kullanılarak literatür taranmış, bunlar arasından doğrudan Kazdağı göknarını konu alan yayınlar seçilerek, yapılan çalışmalar incelenen popülasyonlara (Kazdağları, Uludağ, Batı Karadeniz) ve çalışmaların konularına (taksonomi, evrim ve filogeni, genetik, ekoloji ve ekofizyoloji, morfoloji, hastalıkları ve zararlıları, ürün kullanımı ve özellikleri, silvikültür ve amenajman) göre gruplandırılmış ve her grup altındaki çalışmalar kapsamlı olarak açıklanmıştır. Bu kapsamda 181 bilimsel dergi makalesi, 16 sempozyum bildirisi, 10 teknik rapor ve 21 yüksek lisans ya da doktora tezi olmak üzere toplam 228 yayından oluşan bir açık erişimli bir yayın listesi oluşturulmuştur. Sonuçlar, Kazdağı göknarı hakkındaki çalışmaların 2000'li yıllar sonrası arttığını gösterse de, türün geçmişten gelen taksonomik karmaşası ve evrimsel süreci hakkında henüz yeterli bilginin mevcut olmadığını ortaya koymaktadır. Aynı şekilde Kazdağı göknarının morfolojisi ve ekolojisi üzerine de çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. İklim değişikliğinin artan etkisiyle birlikte hastalık ve zararlıları daha sık çalışılmaya başlanmış; türün işletilmesi ve yönetimi hakkında 2000 öncesi yayınlar bulunsa da güncel çalışmalara rastlanmamıştır. Endemik ve tehlikede olmasına karşın türün korunmasına yönelik çalışmalar ve önerilerin oldukça sınırlı sayıda olması ve tür hakkında yeterli fizyolojik, ekolojik ve genetik verinin bulunmaması, Kazdağı göknarının korunmasına yönelik çalışmaların ilerlemesi için önemli bir engel teşkil etmektedir.

Anahtar kelimeler: Kazdağı göknarı, Ekoloji, Koruma, Ormancılık, Orman ekosistemi

Anatolian endemic Trojan fir (*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *equi-trojani* (Aschers. & Sint. ex Boiss) Coode et Cullen): What we know and research requirements

Abstract: Trojan fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) is an endemic primary forest tree classified as endangered (EN) by International Union for Nature Conservation (IUCN) distributed between the Biga Peninsula and the Kızılırmak Delta. The aim of this study is to compile all the studies published on Kazdağı fir to reveal what is known and unknown about the species. For this purpose, the literature was reviewed using the current taxonomic name of the species and all synonyms. Among these publications, the studies which were directly focused on the Trojan fir were selected, and were grouped based on the focused populations (Kazdağları, Uludağ, Batı Karadeniz) and the subjects of the studies (taxonomy, evolution and phylogeny, genetics, ecology and ecophysiology, morphology, diseases and pests, product use and properties, silviculture and management). The publications under each group were reviewed in detail. Lastly, an open access publication list was created consisting of a total of 228 publications, including 181 scientific journal articles, 10 symposium papers, 16 technical reports and 21 master's or doctoral theses. The results show that although studies on Trojan fir have increased after the 2000s, there is not enough information about the taxonomic complexity and evolutionary process of the species. Likewise, studies on the morphology and ecology of Trojan fir are very limited. With the increasing effect of climate change, diseases and pests have started to be studied more frequently; though, there are studies before 2000 on the forest management of the species, no recent studies has been conducted. Even though the species is endemic and endangered, the studies on its conservation are very limited. The lack of studies on physiological, ecological and genetic properties of the species constitute an important obstacle for the progress of studies on the conservation of Trojan fir.

Keywords: Trojan fir, Ecology, Conservation, Forestry, Forest ecosystem

✉ ^a Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 06800 Beytepe, Ankara
^b Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Ekoloji Ana Bilim Dalı, 06800, Beytepe, Ankara

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): ustanurbahar@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 08.05.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.07.2023



Citation (Atıf): 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. DOI: [10.18182/tjf.1293159](https://doi.org/10.18182/tjf.1293159)

1. Giriş

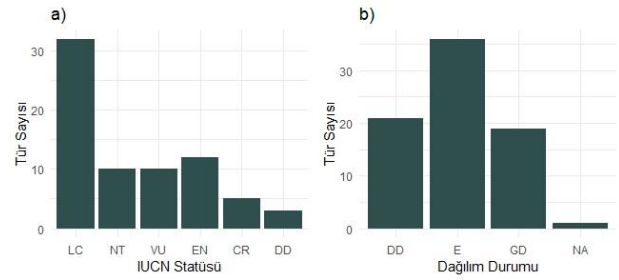
Göknarlar, Pinaceae (Çamgiller) familyasının *Abies* cinsine ait türleri kapsayan, iğne yapraklı ağaçlardır. Dünya genelinde 79 *Abies* taksonu bulunmaktadır (World Flora Online, 2023) ve bunların 47'si endemik ya da dar yayılışlı olarak kaydedilmiştir (Şekil 1). Çoğunlukla ılıman kuşakta ve yüksek rakımda yayılış göstermeleri nedeniyle göknarlar iklim değişikliği ile artacak sıcaklıklardan olumsuz etkilenecek bitki gruplarından (Aussenac, 2002; Tanaka vd., 2012; Yun vd., 2018; Liao vd., 2020).

Türkiye göknarları, “Akdeniz Cıvırı Göknaırlar” isimli taksonomik bir grupta yer almaktadır (Caudullo ve Tinner, 2016). Göknaırlar, Anadolu’da Kafkaslardan başlayıp Doğu ve Batı Karadeniz Bölgesi’nde, Marmara Bölgesi’nin güneyinde ve güneyde Toroslar ile Amanoslarda yayılış gösterirler. Anadolu’nun kuzeyinde yer alan göknarlar Kafkas göknarı (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach) ve alt türlerinden, güneyinde yer alanlar ise Toros göknarı (*Abies cilicica* Lindl., Gard. Chron) ve alt türlerinden oluşmaktadır.

Hem Kazdağı hem de Toros göknarının taksonomik statüsü yıllar içinde değişiklik göstermiştir. Resimli Türkiye Florası’nın ikinci cildinde (Güner vd., 2018) Kazdağı’ndan Kızılırmak Deltası’na kadar yayılış gösteren bütün göknarlar Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) olarak bir araya toplanarak, alttür ayrımları ortadan kaldırılmıştır. Bu derlemede, taksonun adlandırılmasına referans kaynak olarak Resimli Türkiye Florası (Güner vd., 2018) ve World Flora Online (2023) takip edilmiş ve taksonun sinonimlerinden (Çizelge 1) coğrafî konumları ile ilişkilendirilerek bahsedilmiştir (Kazdağı, Uludağ ve Batı Karadeniz popülasyonu).

Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*), endemik ve IUCN (Dünya Doğa Koruma Birliği) tehlike statülerinden EN (Tehlikede) kategorisinde yer alır (Knees ve Gardner, 2011). Ancak, endemik ve asli orman ağacı olan bu takson üzerine yapılmış kapsamlı çalışmalar oldukça sınırlıdır. Özellikle taksonomik statüsünün sürekli değişimi, bu takson hakkında geçmiş çalışmalardan elde edilen bilginin de güncellenmesini gerekli kılmaktadır.

Bu derlemenin amacı, Türkiye’nin biyolojik çeşitliliği için değerli, endemik bir takson olan Kazdağı göknarı üzerine yürütülmüş bilimsel araştırmaları irdeleyerek, takson hakkında var olan bilgileri derlemek, dolaylı olarak popülasyonları üzerindeki olası tehditleri göz önüne sermek ve araştırma ihtiyaçlarını ortaya koyarak gelecekte bu türle ilgili yapılacak çalışmalara yön vermektir. Bu amaç doğrultusunda, taksonla ilgili bugüne kadar yapılmış olan bilimsel araştırmalar konularına ve konularına göre sınıflandırılmış ve her bir konu kapsamında türle Kazdağı göknarı ile ilgili bilgi boşluklarına işaret edilmiştir.



Şekil 1: *Abies* türlerinin a) IUCN koruma statüleri ve b) dağılım durumları (koruma statüsü ve yayılım bilgileri IUCN’den, takson bilgisi ise World Flora Online (2023)’den alınmıştır). Koruma statüsü kısaltmaları: EX (Tükenmiş), EW (Doğal ortamında tükenmiş), CR (Kritik tehlikede), EN (Tehlikede), VU (Hassas), NT (Neredeyse tehdit altında), LC (Asgari endişe), DD (Yetersiz veri), NE (Değerlendirilmedi)

2. Yayın listesinin oluşturulması

Bu çalışmada kullanılan yayınlar, büyük ölçüde “Publish or Perish” uygulaması aracılığı ile derlenmiştir (Harzing, 2007). Bu uygulamada anahtar kelime olarak Kazdağı göknarının Çizelge 1’de belirtilen tüm sinonim isimlendirmeleri sırasıyla kullanılmış ve çıkan sonuçlar, yayın adı, yıl, yazar adları, yayımlandığı dergi ve yayın özeti sütunlarından oluşan tek bir listede toplanmıştır (10.6084/m9.figshare.22717423). Uygulama, Google Scholar ve Web of Science’a ek olarak YÖKTEZ dahil olmak üzere üniversitelerin tez veritabanlarını taramakta, anahtar kelimelerin geçtiği tüm bilimsel yayınları liste olarak sunmaktadır. Aramada özel bir zaman aralığı kullanılmamış, en eski çalışmadan en güncel kadar tüm yayınlar incelenmiştir. Çevrimiçi olarak ulaşılamayan gri literatürün de yayın listesine eklenebilmesi amacıyla, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü kütüphanesi katalogu taranarak, ilgili yayınların basılı kopyaları temin edilmiştir. Doğrudan Kazdağı göknarı ile ilgili olan yayınların seçilmesi ve tekrarların çıkarılması için bir filtreleme işlemi yapılmıştır. Bu filtreleme işlemi sırasında öncelikle, Kazdağı göknarının yalnızca adının geçtiği ve doğrudan takson ile ilgili önemli bilgi içermeyen çalışmalar (envanter çalışması, flora analizi, vb.) yayın listesinden çıkarılmıştır. Eleme işlemi çoğunlukla yayın adı kullanılarak, yayın adından çalışmanın Kazdağı göknarını doğrudan inceleyip incelemediğinin anlaşılamadığı durumlarda ise yayın özeti okunarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda, yayın listesinin ilk versiyonunda yer alan ve içeriğinde Kazdağı göknarının herhangi bir sinonim adının yer aldığı 1216 adet yayının 228’inin doğrudan Kazdağı göknarını inceleyen çalışmalar olduğu belirlenmiştir (10.6084/m9.figshare.22717423). Bu yayınlar; taksonomi, evrim ve filogeni, genetik, ekoloji ve ekofizyoloji, morfoloji, hastalıkları ve zararlıları, ürün kullanımı ve özellikleri, silvikültür ve amenajman olarak 8 konu altında gruplandırılmıştır. Gruplandırma yapılırken öncelikli olarak yayın başlıkları ve yayının anahtar kelimeleri kullanılmış, bu iki kaynağın sınıflandırmak için yeterli bilgi sunmadığı durumlarda ise yayın özetleri temel alınmıştır. Birde fazla konu grubuna dahil olan yayınlar, ilgili grafiklerde ait oldukları her konu grubu için tekrarlı olarak yer almıştır. Yayın listesine kaydedilen herhangi bir çalışmayla doğrudan ilişkili tekrarların tespit edilmesi durumunda, bunlar artık bilgi (*redundancy*) olarak kabul edilerek, listeden

çıkarılmıştır. Örneğin, tek bir çalışmanın bulguları hem dergi makalesi hem de konferans bildirisi olarak yayınlandı ise, daha kapsamlı bilgi içerdiği için sadece dergi makalesi listede tutulmuştur. Sonuçta, yayın listesi 181 dergi makalesi, 10 sempozyum bildirisi, 16 teknik rapor ve 21 yüksek lisans ya da doktora tezi olmak üzere toplam 228 yayın içermiştir (10.6084/m9.figshare.22717423). Bu yayınların basım tarihleri Nisan 1959 ile Ocak 2023 arasında değişmektedir. 226 yayından oluşan liste, Şekil 2 ve Şekil 3'ün verisini oluştururken, bu makale içerisinde 228 yayının hepsinden bahsedilmemiş, ilgili grup başlıklarında en çok ilişkili olanlara yer verilmiştir.

Ayrıca, yayın listesine eklenmiş her yayının Kazdağı göknarının hangi popülasyonunu konu aldığını gösteren bir bölge gruplandırması da yapılmıştır. Kazdağı göknarı örneklerin taksonun hangi popülasyonundan geldiğini belirlemek üzere yapılmıştır. Bu doğrultuda, sadece Kazdağları bölgesini içeren (Balıkesir ve Çanakkale illeri) "Kazdağları", sadece Uludağ bölgesini içeren (Bursa ili) "Uludağ" ve Bolu - Sinop arası popülasyonları içeren "Batı Karadeniz" adında üç ana coğrafi grup oluşturulmuştur. Bu gruplardan birkaçını ya da taksonun tüm yayılış alanını konu alan yayınlar ise yayın listesinde ayrıca belirtilmiştir. Böylece, her bir yayında taksona ait sunulan enformasyonun taksonun hangi popülasyonlarını kapsayarak elde edildiği sunulmuştur. Aynı zamanda yayın listesinde kullanılan kısaltmaların açıklamaları metadata dosyası olarak yer almaktadır (10.6084/m9.figshare.22717423).

3. Kazdağı göknarı ile ilgili çalışmalar

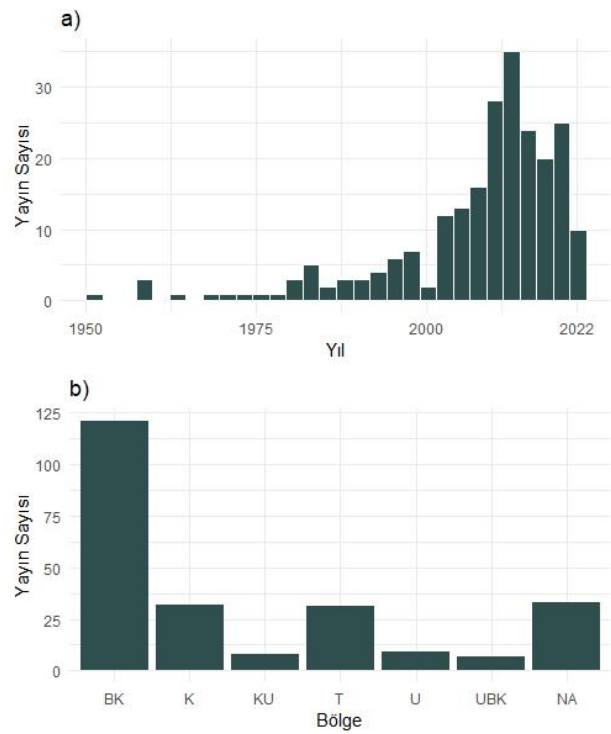
Kazdağı göknarı ile ilgili literatürde tespit edilen ilk çalışma 1959 yılında Burhan Aytuğ tarafından yazılmış olan "Abies equi trojani Aschers., Sinten'in orijini üzerinde palinolojik araştırmalar" başlıklı yayındır. Bu yıldan itibaren 1970'li yılların sonuna kadar taksonla ilgili nadir sayıda yayın yapılmış, ancak sonrasında her yıl birkaç çalışma yayınlanmaya başlamıştır (Şekil 2a). Kazdağı göknarına ait çalışmalar 2000'li yıllar itibarıyla belirgin bir artış göstermiş ve 2004 yılından itibaren her yıl, Kazdağı göknarını ana konusu yapan en az 15 yayın basılmıştır (Şekil 2a). Kazdağı göknarı ile ilgili en fazla çalışma (113 adet) Batı Karadeniz popülasyonları üzerine gerçekleştirilmiştir; ikinci sırada Kazdağları (30), son sırada ise Uludağ popülasyonu (9) yer almaktadır (Şekil 2b). Bununla birlikte, tüm popülasyonları kapsayan 34, Kazdağları ve Uludağ popülasyonunu birlikte kapsayan 4, Uludağ ve Batı Karadeniz popülasyonlarını birlikte kapsayan 9 ve kullanılan örneklerin orijinin belirtilmediği 31 yayın bulunmaktadır (Şekil 2b). Kazdağı göknarı konusundaki araştırmaların son yıllardaki artışı büyük ölçüde taksondan elde edilen ürünlerin kullanımı ve özelliklerine ilişkin yayımlardan kaynaklanmaktadır (Şekil 3). Buna ek olarak, taksonun hastalık ve zararlıları, ekofizyolojisi ve ilgili silvikültür ve amenajman çalışmalarının son yıllarda gösterdiği artış da dikkat çekicidir (Şekil 3). Taksonun evrim, taksonomi, filogeni ve morfolojisi ile ilgili çalışmalar az sayıdadır (Şekil 3).

3.1. Taksonomi

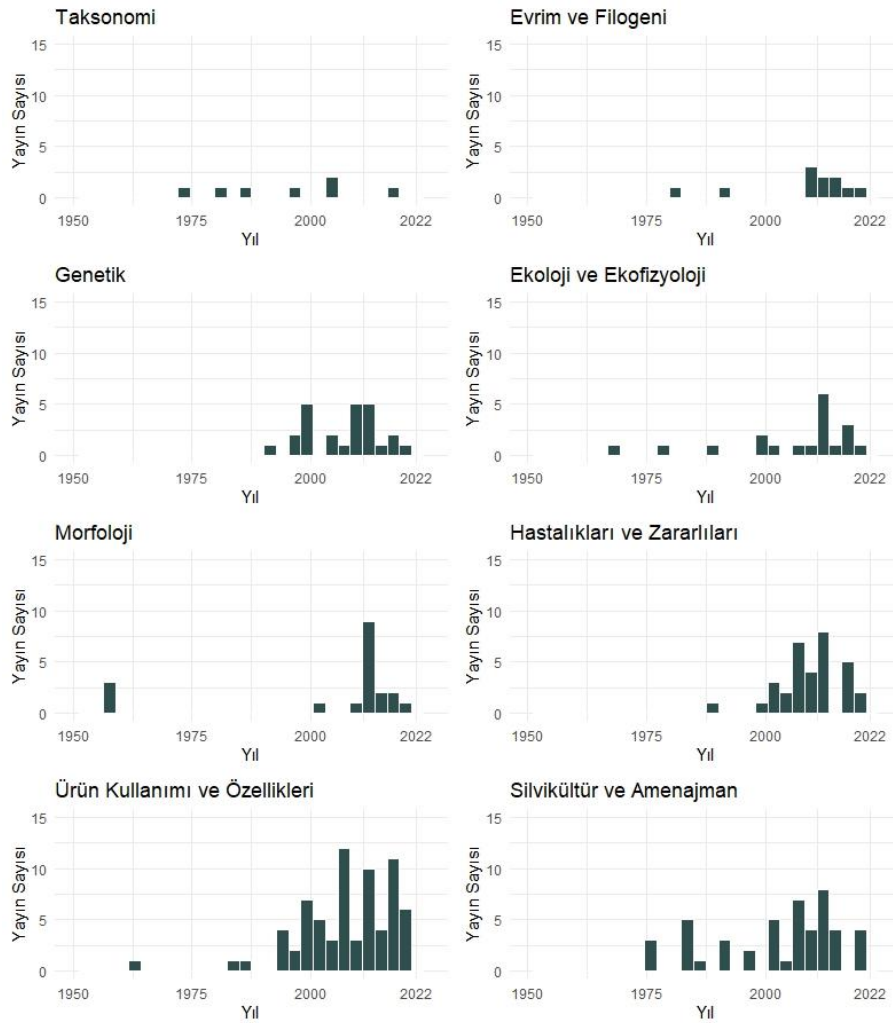
Pinaceae familyasında *Abies* cinsi altında yer alan göknarlar taksonomik olarak iki bölüme ayrılmıştır: *Abies* ve *Piceaster* (Farjon ve Rushforth, 1989). Kazdağı göknarının bulunduğu *Abies* bölümü, Avrupa, Balkanlar ve Doğu Akdeniz'de yayılış gösteren göknarları (örn., *A. alba* ve *A. cephalonica*), *Piceaster* bölümü ise Kuzey Afrika ve Batı Avrupa'daki türleri (örn., *A. pinsapo* ve *A. numidica*) kapsamaktadır.

Çizelge 1. Kazdağı göknarının (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) sinonimleri. Veri Kaynağı: World Flora Online (2023)

<i>Abies alba</i> subsp. <i>equi-trojani</i> (Asch. & Sint. ex Boiss.) Asch. & Graebn.
<i>Abies bornmuelleriana</i> Mattf.
<i>Abies cephalonica</i> var. <i>graeca</i> (Fraas) Liu
<i>Abies cephalonica</i> var. <i>greaca</i> (Fraas) T.S.Liu
<i>Abies equi-trojani</i> (Asch. & Sint. ex Boiss.) Mattf.
<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>bornmuelleriana</i> (Mattf.) Coode & Cullen
<i>Abies nordmanniana</i> var. <i>bornmuelleriana</i> (Mattf.) Silba
<i>Abies nordmanniana</i> var. <i>equi-trojani</i> (Asch. & Sint. ex Boiss.) Guin. & Maire
<i>Abies olcayana</i> Ata & Merev
<i>Abies pectinata</i> var. <i>equi-trojani</i> Asch. & Sint. ex Boiss.
<i>Abies pectinata</i> var. <i>graeca</i> Fraas



Şekil 2. Kazdağı göknarı ile ilgili yayınların coğrafi grupları. a) Yayınların yıllara göre sayısal dağılımı, b) Yayınların popülasyonlara göre sayısal dağılımı. (BK: Batı Karadeniz, K: Kazdağları, KU: Kazdağları ve Uludağ, T: Tüm popülasyonlar, U: Uludağ, UBK: Uludağ ve Batı Karadeniz, NA: Değerlendirilmedi.)



Şekil 3. Kazdağı göknarı ile ilgili yayınların konu gruplarına ve yıllara göre dağılımı

Türkiye göknarlarının morfolojik karakterlerinin ölçümleri ile yapılan taksonomik çıkarımlar ilk kez Aytuğ (1959) tarafından gerçekleştirilmiştir. Kazdağı, Uludağ ve Batı Karadeniz popülasyonlarının ayrı türler olarak kabul edildiği söz konusu çalışmada, Toros göknarı (*A. cilicica*) da dahil olmak üzere dört farklı grupta ölçüm yapılmıştır. Traheidler, karşılaşma yerleri ve öz ışıklarda yapılan ölçümler karşılaştırmalı bir tablo halinde sunulmuştur ancak istatistiksel analiz yapılmadığından, bu karakterler arasındaki farklılıkların anlamlı olup olmadığı bilinmemektedir. Yazar bu göknar gruplarının morfolojik olarak ayırt edilemeyeceğini belirtmesine rağmen, ölçümleri sırasında traheidlerin radyal çepelleri üzerinde çift sıralı geçitlerin bulunmasıyla Kazdağı popülasyonlarının diğerlerinden farklı olduğuna işaret etmiştir. Ata (1975) ise iğne yapraklar üzerinde yaptığı mikroskobik incelemede, yaprak morfolojisinde yüksek seviyede değişkenlik tespit etmiş ve Uludağ popülasyonu ile Kazdağları popülasyonunun bu yöntemle ayırt edilemeyeceğini vurgulamıştır.

Kazdağı göknarının taksonomik durumu, geçmişten günümüze tartışmalı bir konu olagelmıştır. Akdeniz göknarlarının yakın dönemde çeşitlenmelerine bağlı olarak var olan genetik yakınlıkları, morfolojik esneklikleri ve

büyük olasılıkla hibritleşmeleri nedeniyle sınıflandırmalarının oldukça zor olduğu ve çokça tartışmaya konu olduğu vurgulanmıştır (Liu, 1971; , aktaran Liepelt vd., 2010). İlk kez 1883 yılında Ascherson ve Sinten tarafından tanımlanmış olan bu taksonun, önceleri Balkan Yarımadası'nda yayılış gösteren *A. alba*'nın bir varyetesi olduğu düşünülmüştür (Ata, 1975). Sonra taksonun hem *A. alba* hem de *A. cephalonica*'nın (Yunanistan) özelliklerini taşıyan farklı bir tür olduğu öne sürülerek; kelime anlamıyla "Truva atı" anlamına gelen *equi-trojani* tür adı ile isimlendirilmiştir (Mataracı, 2002). Aytuğ (1959) Kazdağı göknarının polen morfolojisini inceleyerek, taksonun *A. cephalonica* ile *A. nordmanniana*'nın hibritleşmesiyle oluşan bir tür olduğunu öne sürmüştür. İlerleyen zamanlarda Kazdağı göknarı sırasıyla Kafkas göknarının bir alt türü (*A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*), Uludağ göknarının alt türü (*A. bornmülleriana* subsp. *equi-trojani*), Uludağ göknarının varyetesi (*A. bornmülleriana* var. *equi-trojani*), Yunan (Grek) göknarı ve Uludağ göknarının hibriti (*A. cephalonica* var. *graece*) gibi birçok farklı şekilde adlandırılmıştır (Ata, 1975). Bunlara ek olarak, taksonun Kazdağları ile Uludağ arasında yer alan Çataldağ'daki popülasyonuna *A. olcayana* (Çataldağı göknarı) ismi

verilerek ayrı bir tür olarak tanımlanmıştır (Ata ve Merev, 1981, 1987).

Sonraki yıllarda Çataldağ göknarı isimlendirmesi birçok araştırmacı tarafından kabul edilmese de Ata ve Korgavuş (2012) Çataldağ popülasyonunun polen morfolojisi ve gövde anatomisindeki farklılıkları vurgulayarak, bu popülasyonu ayrı bir tür olarak kabul eden görüşü desteklemiştir. Yaltırık (1973) Kazdağ göknarının sınıflandırılmasında gözle görülebilir morfolojinin yeterli veri sağlamadığını, sınıflandırma önerilerinin aynı zamanda odun anatomisi, polen morfolojisi ve iç morfoloji gibi zamanının modern taksonomi araçlarıyla da desteklenmesi gerektiğini belirtmiştir. Daha sonraki yıllarda moleküler tekniklerin gelişmesiyle hız kazanan izoenzim, allozim ve genetik çalışmalar ise grubun taksonomik konumu ile ilgili olarak sıklıkla farklı konumları işaret etmiştir. Örneğin, Şimşek (1992) Batı Karadeniz, Uludağ ve Kazdağları popülasyonlarından topladığı örnekleri toplam altı enzim kullanarak incelemiş ve Kazdağları popülasyonunu genetik olarak çok fakir bulmuş ve de bu popülasyonun Uludağ göknarı ile akraba olmadığını belirtmiştir. Buna karşın SSR ve RAPD analizleriyle Kazdağ göknarının Uludağ ve Karadeniz göknarlarından farklılaştığını, ikisine de hemen hemen eşit genetik mesafede olduğunu bulmuştur. Kaya vd. (2008) kloroplast SSR ile yaptığı analizlerde Balıkesir (Kazdağları), Bilecik (Muratdere) ve Artvin (Ortaköy) popülasyonlarının genetik olarak yeterince farklılaştığını tespit etmiş ve habitat parçalanmasının bugünkü türleşmelerin kaynağını oluşturabileceğini belirtmiştir. Bu çalışmada ilk kez "A. nordmanniana tür kompleksi" tanımı kullanılmış ve Kuzey Ege'den başlayıp Artvin'e kadar uzanan göknar popülasyonları farklı tür ya da alt türlere ayrılmadan bir bütün olarak sunulmuştur (Kaya vd., 2008).

Akdeniz'de yayılış gösteren göknar türlerinin geçmiş bir ortak ataya sahip olabileceği hipotezi Linares (2011) tarafından da öne sürülmüştür. Linares (2011), paleocoğrafya, fosil, genetik, odun anatomisi ve tür dağılımı modelleri temel alınarak yapılmış tüm araştırmaları derleyerek, Akdeniz göknarlarını iki ana gruba toplamıştır. Birinci grup A. cilicica, A. numidica ve A. pinsapo gibi güney Akdeniz türlerini içeren arkaik-pinsapo tip, ikinci grup ise A. alba, A. cephalonica ve A. nordmanniana gibi kuzey Akdeniz ve Balkan türlerini içeren modern-gümüşü tip olarak tanımlanmıştır. Linares (2011) bu grupların, Pleyistosen iklim dalgalanmaları sırasında birbirlerinden izole olup, tekrar karşılaşma ve sonra tekrar izole olma sonucu oluştuğu çıkarımını yapmıştır. Bunu destekleyen çalışmalara örnek olarak Fady vd. (1992)'nin bugünkü tüm Akdeniz göknar türleri için tek bir Doğu Akdeniz Tersiyer ortak atası olduğunu genetik olarak göstermesi, Scaltsoyianes vd. (1999)'un allozimlerde tespit ettiği yüksek seviyedeki heterozigotluk ve Klöhn ve Winieski (1962)'nin Akdeniz göknarlarının Kuzey Amerika göknarlarına kıyasla genetik bariyerlerinin zayıf olması ve hibritleşmeye yatkın olmaları nedeniyle kısa bir zaman önce türleşmeye maruz kalmış olabileceklerini belirtmesi gösterilebilir. Benzer şekilde, Kormutak vd. (2013) de Akdeniz'de yayılış gösteren göknar türlerinin hibritleşme kapasitelerinin çok yüksek olduğunu, fakat Kuzey Amerika türleriyle aralarında kuvvetli bir üreme bariyeri bulunduğunu göstermiştir. Jasinska vd. (2017), 39 morfolojik ve anatomik ibre karakterini A. alba, A. x borgisii-regis, A. bornmülleriana, A. cephalonica ve A. nordmanniana ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ancak herhangi bir karakterin tek başına türleri ayırt etmek için yeterli

olmadığını belirlemiştir. Bu çalışmada karakterlerin kümülatif değerlendirilmesinde ise A. bornmülleriana, A. equi-trojani ve A. nordmanniana arasında yakın akrabalık tespit edilmiştir.

Kazdağ göknarının en güncel taksonomik durumunun yer aldığı Resimli Türkiye Florası'nda (Güner vd., 2018), Kazdağ, Uludağ ve Batı Karadeniz popülasyonları A. nordmanniana subsp. equi-trojani olarak (Kazdağ göknarı adı altında) birleştirilmiştir. Bununla birlikte, 2018 yılı sonrası bilimsel yayınların sadece bir kısmında bu yeni önerilen adlandırma kullanılmış, bazı yayınlarda ise taksonun sinonim isimlerinin (Çizelge 1) kullanımına devam edilmiştir. Türle ilgili önemli referans kaynak oluşturan diğer kuruluşlar olan IUCN, EUFORGEN [Avrupa Orman Genetik Kaynakları Programı] ve American Conifer Society [Amerika Kozalaklılar Derneği]'nin internet sayfalarında taksonun yayılış haritaları yer almakta, ancak bu üç referans kaynağın arasında da taksonomik tutarsızlıklar bulunmaktadır (IUCN, 2022; EUFORGEN, 2021). Spesifik olarak, IUCN ve American Conifer Society, sadece Kazdağları ve Uludağ popülasyonlarını A. nordmanniana subsp. equi-trojani olarak adlandırmakta (Knees & Gardner, 2011), aynı popülasyonlar EUFORGEN internet sayfasında ise A. equi-trojani şeklinde ayrı bir tür olarak değerlendirilmektedir.

Kazdağ göknarının 2018 yılında yapılan, üç alt türü birleştiren taksonomik değişimine dayanak oluşturacak yeterli veri bulunmamakla birlikte, ilerleyen yıllardaki çalışmalar bu popülasyonlar arasında tür bazında ayırım tespit etmekte başarısız kalmıştır. Çekirdek mikrosatellit analizleri Kazdağ göknarının Kazdağları, Uludağ ve Batı Karadeniz popülasyonlarının farklı türler olarak değerlendirilecek düzeyde çeşitlilik içermediğini göstermiş ve ilgili çalışmalarda bu popülasyonların aynı türün alt türleri olduğu ya da bir tür kompleksi içerisinde değerlendirilebileceği belirtilmiştir (Hrivnák vd., 2017; Litkowiec vd., 2021). Buna karşın, bir diğer mikrosatellit analizinde, Kazdağları popülasyonunun alel çeşitliliği oldukça yüksek bulunmuş ve taksonun en karmaşık grubunu oluşturduğu belirtilmiştir (Hrivnák vd., 2017). Çelik Altunoğlu vd. (2021) ise kloroplast DNA'sının Türkiye'deki Abies taksonlarını birbirinden ayırt etmek için yeterli olmadığını göstermiştir.

Kazdağ göknarının taksonomik karmaşası, Resimli Türkiye Florası (Güner vd., 2018)'nin yayınlanmasına kadar geçen süreçte yürütülmüş gerek morfolojik gerek genetik çalışmalarla aydınlatılamamıştır. Kazdağları, Uludağ ve Batı Karadeniz popülasyonlarının farklı türler olduğunu kesin olarak gösterebilen bir çalışma bulunmamakla birlikte, ileri seviye genetik analizlerin henüz yürütülmemiş olması göz önünde bulundurularak aynı tür oldukları önerisi de kanıt yoksunluğundan ötürü belirsizliğini korumaktadır.

3.2. Evrim ve filogeni

Göknarların evrimsel sürecini aydınlatmak amacıyla literatür derlemesi yapan ve özellikle Akdeniz göknarlarına odaklanan Linares (2011) İber Yarımadası'nda keşfedilen Abies fosillerinin, Tersiyer'de geniş bir yayılışa sahip atasal bir Abies türünün varlığına işaret ettiğini belirtmektedir. Bu derlemede önerilen türleşme sürecine göre Miyosen-Pliyosen'de beş göknar türü vardır. Bunlar Kafkaslar ve Balkanlarda A. alba, Toroslarda A. cilicica, İber Yarımadası'nda A. pinsapo, Kuzey Afrika'da A. numidica ve Batı Anadolu - Ege'de A. cephalonica ata türüdür. Linares

(2011) geç Pliyosen ve erken Pleyistosen'de Kafkaslar ve Balkanlarda yayılan *A. alba* ata türünün bugünkü coğrafyada Kuzey Ege ve Karadeniz kıyılarında, *A. cilicica* ata türünün ise Toroslarda yayılan türlerin atası olabileceğini söylemiştir. Günümüzde Kuzey Ege ve Batı Karadeniz'de yayılan ve son taksonomik durumda Kazdağı göknarı (*A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) olarak adlandırılan popülasyonların ise zaman zaman farklı taksonlara ayrışmalar da birbirine çok yakın olduğu ve *A. cephalonica*'dan ziyade Pontik atadan türeyen *A. alba*'ya yakın olduğu tahmin edilmiştir (Linares, 2011). Güncel olarak *A. nordmanniana* olarak adlandırılan Kafkas göknarının *A. alba*'dan türediği de düşünüldüğünde, Kazdağı göknarının en yakın olduğu taksonun, alt türü olarak sınıflandırıldığı *A. nordmanniana* olduğu ortaya çıkmakta ve birçok genetik veri de bu savı desteklemektedir (Linares, 2011). Çalışmada, Kazdağlarında, Batı Karadeniz popülasyonu ile bağlantısı görece azalan ve genetik verilere dayanarak *A. cephalonica* ile hibritleştiği bilinen popülasyonun ise ayrı bir tür olup olmadığı henüz yeterince aydınlatılmadığı belirtilmiştir.

Semerikova ve Semerikov (2014) 37 göknar taksonu ve toplam 5580 baz çiftinden oluşan farklı kloroplast DNA bölgeleri kullanarak göknarların genellikle coğrafi yayılışlarıyla uyumlu, beş ana gruptan oluşan bir filogenetik ağaç oluşturmuş ve günümüz *Abies* türlerinin bazal dalları arasındaki çeşitlenme zamanının Oligosen sonu ile Miyosen başı arası bir dönem olduğunu tahmin etmiştir. Bu filogenetik ağaçta, Akdeniz göknarlarının Asya - Kuzey Amerika şubasından ayrılma yaşı Miyosen'e karşılık gelmektedir. Bu bulgular, mevcut Akdeniz türlerinin farklılaşmasının Geç Pliyosen ve Erken Pleyistosen arasında gerçekleştiğini söyleyen Linares (2011)'in sonuçlarıyla çelişmektedir. Akdeniz göknarları diğer *Abies* gruplardan önemli ölçüde izole olmasına rağmen, türler arasındaki farklılaşmanın düşük olduğunu vurgulayan Semerikova ve Semerikov (2014), tüm Akdeniz türlerinin evrimsel yakınlığını Akdeniz havzasında meydana gelen Mesinyen Tuzluluk Krizi ile (~5.6 milyon yıl önce) ilişkili olabilecek bir genetik darboğaz ile açıklanabileceğini belirtmiştir. Semerikova ve Semerikov (2016) mitokondriyal DNA verilerine dayanan filogenetik ağaçların çekirdek ve kloroplast DNA ağaçlarına göre, *Abies* taksonlarının coğrafi yayılışı ile daha uyumlu olduğunu belirtmiştir.

Akdeniz göknarlarının evrimsel süreci ve taksonomisinin aydınlatılmamış olmasının sebebinin, yapılan tüm çalışmaların düşük çözünürlüklü markerlarla tek bir DNA bölgesinin çalışılmasına bağlayan Balao vd. (2020), RAD-seq analizi ile birbirine uzak göknar soylarında dahi hem antik hem de güncel gen akışlarının olduğunu tespit etmiştir. Kuzey Ege ile Batı ve Doğu Karadeniz popülasyonlarına "A. nordmanniana tür kompleksi" adıyla atıfta bulunulan bu çalışma da atasal türün günümüzde Orta Avrupa'da geniş ölçekli yayılış gösteren *A. alba* olduğunu göstermiştir. Türleşmenin önce *A. cilicica*'nın, sonra *A. cephalonica*'nın, son olarak da *A. nordmanniana* kompleksinin ayrılması ile gerçekleştiği ortaya konmuştur (Balao vd., 2020). *Abies nordmanniana* tür kompleksinin içinde bulunan *equi-trojani* ve *bornmülleriana* soyları için ise belirgin bir ayrım gözlenmemiştir. Bu doğrultuda, Balao vd. (2020)'nin bulguları, Linares (2011)'in hipotezleri ile uyumludur. Bu iki araştırmanın sonuçları, Mattfeld (1925)'in uzun zaman önce Anadolu, Avrupa ve Kuzey Afrika'nın bazı bölgeleri boyunca Akdeniz'i çevreleyen göknar ormanlarının olduğu, sonrasında gerçekleşen iklim değişikliklerinin göknar

alanlarını birbirinden izole ettiği ve Anadolu'da yüksek rakımlarda izole bir şekilde hayatta kalan bireylerin Kazdağları popülasyonlarını (ilgili makalede *A. equi-trojani* adıyla verilmiştir) oluşturduğu yönündeki hipotezi ile uyusmaktadır (Mattfeld, 1925; aktaran Ata ve Korgavuş, 2012).

Akdeniz çevresindeki göknarların filogenisini inceleyen Fady vd. (1992), türlerin terpen bileşimlerini karşılaştırarak olası akrabalıklar hakkında çıkarım yapmıştır. Bu çalışmada, gaz kromatografisi yöntemiyle, 18 Akdeniz göknar taksonu örneği kullanılarak yapılan ölçümler sonucunda, terpen bileşiminin tür içi değişkenliğinin en yüksek olduğu türler *A. alba* ve *A. cilicica* olarak tespit edilmiştir. Çalışılan tüm göknar taksonları arasındaki terpen bileşimlerinin yakınlığı, popülasyonları yakın zamanda farklılaşan ve sonrasında çok sayıda mutasyondan ziyade coğrafi engeller nedeniyle ayrı ayrı evrimleşen bir ata türün varlığını işaret etmekte olduğu belirtilmiştir (Fady vd., 1992). "Mezogeon göknarı" olarak adlandırılan bu tahmini ata göknar türünün Ege bölgesinde Miyosen dönemde evrimleştiği tahmin edilmektedir (Fady vd., 1992). Mesinyen iklim krizini ve Pliyosen deniz transgresyonunu takiben, bu Mezogeon ata türün, biri Balkan Yarımadası'nda (Balkan göknarı) ve diğeri Anadolu'da (Pontus göknarı) olmak üzere iki gruba ayrıldığı ve *A. alba* ile birlikte *A. equi-trojani* ve *A. bornmülleriana*'nın ortak atasının Pontus göknarı olduğu tahmin edilmektedir (Fady, vd., 1992). Liu (1971; aktaran. Liepelt vd., 2010) da Akdeniz göknarlarının çeşitlenmesinin Pliyosen ve erken Pleyistosen'de gerçekleştiğini öne sürmüştür.

Liepelt vd. (2010) mitokondri ve kloroplast DNA'sı verilerini kullanarak, *Abies* taksonlarının iklimsel dalgalanmalar sırasında yayılış alanlarını değiştirip, daha sonra ikincil temaslarla gen alışverişi yaptıkları hipotezini sınamış, ancak verilerin sınırlı olması nedeniyle *A. bornmülleriana*, *A. equi-trojani* ve *A. nordmanniana* için bu senaryonun geçerli olup olmadığını tespit edememiştir (Liepelt vd., 2010). Türkiye'deki tüm göknar taksonlarının kloroplast DNA'sının trn ve matK bölgeleri baz alınarak yapılan filogenetik araştırmalarda Türkiye'deki göknarlar monofiletik bir grup olarak gözlenmiş ve söz konusu gen bölgelerinde dizi farklılığına rastlanmamıştır (Ateş, 2011; Özdemir Değirmenci, 2011). Söz konusu iki çalışmada oluşturulan filogenetik ağaçlarda ayrılma zamanına dayalı bir tahmin yapılmamıştır ve Türkiye göknarları ile Avrupa göknarları tek bir klad olarak temsil edilmiştir.

Morfometrik karakterleri ve uçucu yağ içeriklerini inceleyerek, Türkiye göknarlarının filogenisi üzerine tahmin yürüten Bağcı ve Babaç (2003), *A. nordmanniana*'nın Kafkas ve Akdeniz göknarlarının atası olabileceğini, bu göknar türlerinin Sibiryaya ve Kafkasya'dan diğer kıta ve bölgelere yayılmış olabileceğini öne sürmüştür. Bu çalışmada, Akdeniz ve Kafkas göknarları ve akrabalarının terpen bileşiminin benzerliği vurgulanarak türlerin geçmişte Kafkasya'dan Avrupa'ya paralel bir çizgi boyunca ilerlemiş olabileceği de belirtilmiştir. Buna ek olarak, hem *A. alba*, *A. cephalonica*, *A. bornmülleriana*, *A. borisii-regis* ve *A. equi-trojani*'de terpen bileşimindeki benzerliğin hem de paleocoğrafi verilerin, günümüz için farklı bir Doğu Akdeniz Tersiyer atasının olası varlığını gösterdiği, *A. bornmülleriana* ve *A. equi-trojani* farklılaşmalarının Pliyosen ve Pleyistosen sürecinde Kafkas ve Avrupa atalarının etkileşim-izolasyon döngüleri sürecinde ortaya çıkmış olabileceği belirtilmiştir (Bağcı ve Babaç, 2003). Nihayetinde, Bağcı ve Babaç (2003) bu hipotezlerin yalnızca Türkiye göknarları çalışılarak

desteklenemeyeceğini, Avrupa göknarlarının da çalışmalara dahil edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Türkiye’de yayılış gösteren tüm göknarların yaprak uçucu yağlarının kimyasal karakterizasyonunun yapıldığı bir çalışmada; bugünkü sınıflandırmada ayrımları belirgin olan *A. nordmanniana* ve *A. cilicica* arasında farklar bulunurken; bugün ikisi de Kazdağı göknarı (*A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) olarak isimlendirilen *A. bornmülleriana* ve *A. equi-trojani* ile *A. cilicica* subsp. *isaurica* arasında bileşen farklılıkları tespit edilmemiştir (Uçar vd., 2010). Bu çalışma aynı zamanda taksonomik çıkarımlara da imkan sağlamaktadır. Yapılan taksonomik kümeleme analizinde *A. cilicica* ve *A. nordmanniana* olarak iki gruplanma ortaya çıkmış ve bunların gruplar altında toplanan türler de oldukça yakınlık göstermiştir. Bu sonuçlar da Kazdağı göknarının *A. nordmanniana*’nın bir alt türü olduğu ve Uludağ göknarıyla farklı tür olmadığı düşüncesini desteklemektedir.

Kazdağı göknarının sürecinin aydınlatılması, taksonomik çalışmalara çok yakından bağlıdır. Çalışmalarda ortak ata olarak işaret edilen Kazdağı göknarının yakın türleri olan Kafkas göknarı ve Grek göknarı gibi türlerin de dahil olduğu kapsamlı genetik ve filocoğrafik analizler, türün tarihini aydınlatmak için gereklilikler arasındadır.

3.3. Genetik

Kazdağı göknarının genetik yapısını, tohum endospermelerinde yapılan izoenzim çalışmasıyla aydınlatmaya çalışan Şimşek (1991) türün örneklerini Balıkesir (*A. equi-trojani*), Bolu (*A. bornmülleriana*) ve Giresun, Trabzon ve Artvin (*A. nordmanniana*) illerinden temin etmiş ve karşılaştırma sağlaması açısından *A. alba* örnekleri de kullanmıştır. Altı enzim sisteminin değerlendirilmesi sonucunda çalışmadaki diğer türlerin *A. alba*’dan farklılaşmış olduğu, aynı zamanda üç grubun genetik yapısının da birbirinden farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, ayrıca, *A. equi-trojani*’de tür içi değişkenliğin azlığı populasyonun küçük olmasına, enzim sistemlerinin çoğunun monomorf özellik taşıması ise türün genetik fakirliğine bağlanmıştır. Şimşek (1991), bu sonuçların Aytuğ (1959) ve Ata (1975)’in önerdiği *A. equi-trojani*’nin hibrit bir tür oluşu hipotezini doğrulamadığını belirtmiş ve relik bir tür olarak değerlendirilmesi gerektiğini öne sürmüştür. Şimşek (1991), *A. equi-trojani* ile *A. bornmülleriana* arasındaki genetik yakınlığın bunları akraba türler olarak değerlendirmek için yeterli olmadığını ve *A. equi-trojani*’nin genetik fakirliğinin işaret ettiği kendileşme baskısını vurgulayarak, mutlaka koruma altına alınması gereken bir tür olduğuna işaret etmektedir. Scaltsoyianes vd. (1999) tüm Akdeniz göknarlarında sekiz lokusta allozım analizi yapmış, *A. alba* ile *A. bornmülleriana* arasında benzerlik bulmuş, *A. equi-trojani*’yi ise Grek göknarına (*A. cephalonica*) yakın bir tür olarak tespit etmiştir.

Gülbaba vd. (1996) Kazdağlarında parçalı bir yayılış gösteren dört farklı populasyondan (Çan, Eybekli, Gürgendağ ve Kapıdağ) toplanan tohum örnekleriyle yürüttüğü izoenzim analizinde, 12 enzim sisteminde Şimşek (1991)’in aksine yüksek seviyede çeşitlilik tespit etmiştir. Gülbaba vd. (1996), bulgularına göre populasyon içi genetik çeşitliliği yüksek, aynı zamanda da diğer populasyonlardan olabildiğince farklılaşmış olan Gürgendağ ve Eybekli göknar sahalarının Gen Kaynakları Yönetim Alanı olarak tescil edilmesini önermiştir. Velioğlu vd. (1999) ise 12 farklı fidan karakterine bağlı genetik çeşitlilik analizinde en uzak

mesafeyi Çan ile Kapıdağ populasyonları arasında bulmuş, Kapıdağ, Gürgendağ ve Eybekli populasyonlarının ise birbirine yakın olduğunu belirterek, Çan ve Gürgendağ göknar sahalarını Gen Kaynakları Yönetim Alanı olarak önermiştir. Kaya vd. (2008) RAPD ve cpSSR markerları kullanarak yürüttüğü genetik analizde, Velioğlu vd. (1999)’u destekleyecek şekilde, Çan populasyonunu hem populasyon içi genetik çeşitliliği yüksek hem de diğerlerinden farklılaşan populasyon olarak tespit etmiştir.

Kazdağı göknarının tohum karakterleri kullanılarak genetik çeşitlilik çıkarımı içeren çok sayıda çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmaların birinde, Kazdağı göknarının Uludağ ve Batı Karadeniz populasyonlarından (çalışmada Uludağ göknarı olarak geçmektedir) toplanan tohumlar üzerinde yapılan ölçümlere dayanarak, dokuz morfolojik karakterin populasyonlar arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Turna vd., 2010). Bu çalışmada Batı Karadeniz populasyonlarında genetik çeşitlilik varlığının tespit edildiği belirtilmiş olsa da, bu konunun çözüme kavuşturulması için daha ileri analizlerin gerekli olduğunu vurgulanmıştır (Turna vd., 2010). Toros göknarı (*A. cilicica*) dahil olmak üzere, Türkiye’deki tüm göknar taksonlarını kapsayan bir başka çalışmada, *A. cilicica*’nın diğer taksonlardan tohum morfolojisi bakımından anlamlı olarak farklılık gösterdiği bulunmuş, ancak diğer üç grubun farklı bir türün alt türleri olduğu belirtilmiştir (Velioğlu vd., 2012). Yalnızca Kazdağları populasyonlarından alınan tohum örneklerini kullanarak yapılan benzer bir çalışmada ise, tohum boyut ve nem oranlarında hem populasyon içi hem de populasyonlar arası anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (Yüksel ve Dirik 2021). Buna karşın, benzer teknikte yapılan başka bir çalışmada Batı Karadeniz’de coğrafi olarak uzak populasyonların genetik yakınlık gösterebildiği tespit edilmiştir (Şevik vd., 2012).

Batı Karadeniz populasyonlarında, fidan karakterlerinin kullanıldığı bir çalışmada, 17 doğal populasyondan seçilen ağaçların tohumlarından yetiştirilen fidelerde incelenen dokuz karakterden yalnızca biri (kök boğazı çapı) anlamlı olarak farklılık göstermiştir (Şevik vd., 2013). Beş farklı populasyondan toplanan tohumlardan yetiştirilen fidelerin kullanıldığı bir diğer çalışmada ise kök boğazı çapı bakımından populasyonlar arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir (Gülcü ve Özbedel, 2016).

Kazdağı göknarı populasyonları üzerine yapılan genetik çalışmalar, türün populasyonlar arası ve populasyon için genetik çeşitliliğinin aydınlatmaktan çok uzaktadır. Bu çalışmaların birçoğu, günümüzde ‘eski’ olarak nitelendirilebilecek teknikler ile yapılmıştır ve bulguları birbiri ile çelişmektedir. Bu doğrultuda, Kazdağı göknarı populasyonlarının genetik çeşitlilik örüntülerini açığa çıkaracak yüksek çözünürlüklü çalışmalara gereksinim vardır.

3.4. Ekoloji ve ekofizyoloji

Kazdağı göknarının ekolojisine odaklanan ilk çalışmalar 2000’li yıllardan sonra, çoğunluğu Akdeniz göknarlarının geneli ile ilgilenenlerdir. Öncesinde ise yalnızca Uludağ populasyonlarının (eski isimlendirmeye *A. bornmülleriana*) fitoklimatik koşullarını inceleyen bir çalışma mevcuttur (García López, 1999).

Kazdağı göknarının Batı Karadeniz populasyonlarında, orman biyoçeşitliliğinin durumu birçok çalışma tarafından incelenmiştir. Bu çalışmaların bir kısmı, yükseklik gradiyenti

boyunca Kazdağı göknarı ormanlarındaki tür çeşitliliği (Ertekin ve Özel, 2012) ve popülasyon yapısı (Çoban ve Özalp, 2012; Özel ve Ertekin, 2012) değişimlerine odaklanmış, tek bir çalışma ise göknar meşcerelerindeki bitki çeşitliliğini herhangi bir çevresel gradiyentle ilişkilendirmeden tanımlamıştır (Zengin vd., 2017). Bu çalışmaların bulguları, denizden yüksekliğin artmasına bağlı olarak komünitelerdeki çeşitlilik ve ağaç yoğunluğunun azaldığını (Özel ve Ertekin, 2012), karışık ormanlardaki göknar miktarının artış gösterdiğini (Çoban ve Özalp, 2012; Özel ve Ertekin, 2012) ve göknarların boy ve çapının azaldığını (Özel ve Ertekin, 2012) göstermiştir. Bolu Aladağlar yöresinde göknar meşcerelerindeki bitki çeşitliliğini inceleyen çalışmada, 10 farklı kuadratta 49 cinsde ait 122 bitki türü tespit edilmiştir (Zengin vd., 2017).

Bolu Ayıkaya yöresinde yapılan bir araştırmada, göknar popülasyon yapısının yükselti gradiyentine bağlı olarak nasıl değiştiği incelenmiştir (Çoban ve Özalp, 2012). Yöre de saf ormanlarının bulunmasının yanı sıra doğu kayını (*Fagus orientalis*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*) ile de karışık ormanlar oluşturduğu belirtilen göknarın, üst rakım kuşaklarındaki karışımlarda oranının arttığı gözlenmiştir (Çoban ve Özalp, 2012). Bolu Aladağlar yöresinde yürütülen bir başka çalışmada ise, göknar meşcerelerindeki bitki çeşitliliğini incelemiş; dört gözlem döneminde, 10 farklı kuadratta tür seviyesinde 122, cins seviyesinde 49 takson tespit edilmiştir (Zengin vd., 2017).

Kazdağı göknarının Batı Karadeniz popülasyonlarıyla (Bartın) yürütülen bir çalışmada, 900 ve 1500 m rakımlar arası yükseklik gradiyentine bağlı olarak, saf göknar popülasyonlarının kurduğu bitki komünitelerindeki biyoçeşitlilik ölçülmüştür (Ertekin ve Özel, 2012). Bu çalışmanın bulguları, artan yükseltiye bağlı olarak komünitelerdeki biyoçeşitliliğin azaldığını göstermiştir. Çalışmada, birçok farklı araştırmada biyoçeşitliliğin yükseltiye bağlı olarak azaldığının gösterildiği vurgulansa da, bulguların göknar ile ilişkisi kurulmamıştır (Ertekin ve Özel, 2012).

Köse (2012) Batı Karadeniz popülasyonlarında yürüttüğü çalışmasında, iklimsel faktörlerin yıllık halka büyümesine etkisini incelemiş ve türün iklimsel isteklerini dolaylı olarak tanımlamıştır. Yağışların, özellikle vejetasyon döneminde halka büyümesine pozitif etkisinin olduğunu, ocak ayındaki yağışların ise anlamlı bir negatif etkisinin olduğunu tespit etmiştir. Bu sonuçlar baz alınarak, iklim değişikliğinin türün büyüme dinamiğine olası etkileri üzerine çıkarımlar yapılabilmektedir. Köse vd. (2010) aynı zamanda Batı Karadeniz (Kastamonu) popülasyonlarında, ağaç halkaları üzerindeki izleri takip ederek bölgede kayıtlara geçmemiş çığ varlığını tespit etmiştir. Kaya düşmesinin yine Batı Karadeniz popülasyonları (Kastamonu) üzerine etkisini inceleyen bir çalışma ise kaya düşmesi zararının ağaçların ağırlıklı olarak 1 m boya kadar, kabuk ve oduna zarar verdiğini tespit etmiştir (Aydın vd., 2012).

Yükseltiye bağlı meşcere yapısını beş farklı yükseltide, ağaç sayısı, hacim ve meşceredeki göknar karışım oranına bağlı olarak inceleyen bir çalışmada; artan yükseltiye bağlı olarak hektar başına düşen ağaç sayısının azaldığı tespit edilmiştir. Göknarların boyu ve çapı da aynı şekilde yükselti ile ters orantılı eğilim göstermiştir. Buna karşın yükselti arttıkça meşcere karışımındaki göknar oranının arttığı belirlenmiştir (Özel ve Ertekin, 2012).

Son dönemde yürütülmüş bir çalışma ile, Kazdağı göknarı ve karaçam (*Pinus nigra*) fidelerinin saf göknar ve

göknar + karaçam karışık ormanlarındaki yerleşme dinamiklerini etkileyen tür etkileşimlerine ilişkin veriler, küresel bir veritabanı içerisinde yayımlanmıştır (Verdú vd., 2022). Bu veriler kullanılarak yapılan bir analiz, Kazdağı göknarı fidelerinin, hem saf göknar meşcerelerinde hem de Kazdağı göknarı + karaçam karışık meşcerelerinde genel olarak yetişkin bireylerin gövdelerinden uzağa, ancak yetişkin bireylerin oluşturduğu gölgelik alanlara yerleştiğini göstermiştir (Usta vd., yayımlanmamış veri).

Akdeniz göknarlarının dispersal, çimlenme, fide yerleşimi gibi dinamiklerinin neredeyse hiç bilinmediğini vurgulayan Aussenac (2002), göknarları, buldukları rakım ve iklimsel koşulları değerlendirerek su istekleri fazla olan taksonlar olarak tanımlamıştır. Aussenac (2002)'a göre Akdeniz göknarları kuraklık stresine karşı oldukça hassas bir stoma düzenine sahiptir ancak Kazdağı göknarı özelinde çalışılmış bir stoma düzeni incelemesi bulunmamaktadır. Kuraklık periyotlarının yanı sıra, soğuşun da göknarlar için önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir (Aussenac, 2002). Sürgün büyümesi döneminde karşılaşılan don olayları sağkalımı negatif olarak etkilemektedir. Boy artışı, yaz kuraklıklarından önce, yani Temmuz başı gibi tamamlandığından, o yılın sıcaklıklarından ziyade bir önceki yılın sıcaklıklarının etkili olduğu düşünülmektedir (Aussenac, 2002). Aussenac (2002) kuraklık endeksine dayalı bir simülasyona dayanarak Kazdağı göknarının Kazdağları ve Uludağ popülasyonlarının sırasıyla 50 ve 55 (yaklaşık olarak ortalama 2°C sıcaklık artışı) dereceli kuraklık endeksleri altında yayılış alanında azalma riski taşıdığını hesaplamıştır. Bu bulgular iklim değişikliği perspektifinde yorumlandığında, türün, iklim değişikliğinin ortalama sıcaklık ve kuraklık stresini artırıcı etkisinden olumsuz yönde etkileneceği tahmin edilebilir. Nitekim, iklim değişikliğinin Kazdağı göknarının yayılış üzerindeki olası etkilerini, tür dağılım modellemesi yaklaşımını kullanarak inceleyen Usta Baykal (2019) Kazdağı göknarının uygun habitat alanının 2050 yılında %75'ten fazla azalacağını öngörmüştür. Benzer bir çalışma, Kazdağları'ndaki iklim indislerini coğrafi olarak belirlemiş ve bu coğrafi alanlardaki orman ağaçları ile indisleri eşleştirmiştir; sonuçları göknarın içinde bulunduğu "nemli" iklim ağaçlarının uygun alanlarında 2050 yılında %90'dan fazla azalma beklemektedir (Hepbilgin ve Koç, 2019). Ancak, tür dağılım modellemesi yaklaşımını kullanan bir başka çalışma, Kazdağı göknarının uygun habitatlarının 1400 m rakım üzerinde azalırken, 200-600 m rakım arasında 2040 yılına kadar %66 artış öngörmektedir (Tekin vd., 2022). Bu sonuç, hem Usta Baykal (2019)'un alçak rakımlarda türün uygun habitatlarının azalacağını bildiren model sonucu hem de Aussenac (2002)'nin türün kuraklık stresine karşı dayanıklılığının düşük olduğunu belirttiği çalışması ile gelişmektedir.

Taksonun çimlenme özelliklerini inceleyen Beşkök (1970) Batı Karadeniz popülasyonlarından alçak (1000 m) ve yüksek (1600 m) rakımı ve de farklı fenolojik dönemleri (ağustos, eylül, ekim) temsil edecek şekilde üç yıl boyunca toplanan tohumları kullanmıştır. Kozalak boyutları, kozalak kesitindeki tohum sayısı, 1000 tane ağırlığı gibi ölçümlerin ardından tohumlar soğuk-ıslak katlamaya tabi tutulmuştur. Üç farklı çimlenme cihazında yapılan deneylerde, toplama zamanının çimlenmeye etkisinin alçak ve yüksek rakımlarda farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Alçak rakım tohumları ağustos başında toplananlardan itibaren düşük oranda (~%2) başlayıp ilerleyen zamanla çimlenme yüzdeleri artmış;

yüksek rakım tohumlarının ancak eylül ayından itibaren toplananları çimlenmeye başlamıştır. İki rakımda da en yüksek çimlenme oranı eylül ayı ortasında, yani tohumların kozalaklardan dağılmaya başlama zamanında toplanan tohumlarda gözlenmiştir.

Ekim zamanının çimlenme üzerine etkisini inceleyen Şevik vd. (2010)'da, farklı orijinlerden toplandığı belirtilen ancak lokasyon bilgisi verilmeyen tohumlar kullanılmıştır. Çalışmada taksonun Uludağ göknarı olarak adlandırılmış olması, tohumların Uludağ ya da Batı Karadeniz popülasyonlarından elde edildiğini düşündürmektedir. Eylül-ekim aylarında toplanan tohumlar aralık ve şubat olmak üzere iki farklı zamanda; açık alan, malçlama, sera ve örtü altı olmak üzere dört farklı ortamda ekilecek şekilde tasarlanan deneyler sonucu en yüksek çimlenme aralık ayında açık alanda malçlama işlemiyle ekilen tohumlarda gözlenmiştir. Örtü altı ekimlerinde ise iki ekim zamanında da hiç çimlenme gözlenmemiştir. Bu sonuçlara dayalı olarak, göknar tohumlarının çimlenme yüzdesinin düşüklüğü, çimlenme öncesi soğuk katlama işlemi gerekliliği ile ilişkilendirilmiştir.

Sıcaklığın, yerli göknar taksonları tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisini inceleyen Yılmaz vd. (2011), dört taksonun (*A. nordmanniana*, *A. nordmanniana* subsp. *bornmülleriana*, *A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*, *A. cilicica*) çimlenme yüzdesinde popülasyonlar arasında anlamlı farklar olduğunu ancak ortalama çimlenme yüzdesinin birbirine oldukça yakın olduğunu tespit etmiştir. ISTA standartlarında göknarlar için optimum çimlenme sıcaklığı olarak belirtilen 12 saat 20°C / 12 saat 30°C değişmeli sıcaklık uygulaması olmasına rağmen; beş haftalık soğuk katlamanın ardından 8°C, 12°C, 16°C ve 20°C'de yapılan deneylerde her sıcaklıkta çimlenme gözlenmiş ancak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Işığın, büyüme performansı üzerindeki etkisini incelemek için yürütülen bir çalışmada Batı Karadeniz popülasyonlarında aydınlık, gölge ve yarı gölge şeklinde üç farklı ışık miktarına maruz kalan fideler üzerinde ölçümler yapılmıştır. İbre boyu ve genişliği gibi karakterler ışık miktarıyla doğru orantılı olarak artış gösterse de, stoma sayısının yarı gölge koşullarında en yüksek miktarda olduğu tespit edilmiştir (Şevik vd., 2017). Rakımın fide büyümesi üzerine etkilerini araştıran Özden Keleş (2020)'de, üç yaşa gelene kadar aynı ortamda (Gölköy Fidanlığı) yetişen fideler, alçak (795 m) ve yüksek rakım (1300 m) şeklinde iki şeride dikilmiş; iki yıl sonunda, yedi morfolojik, sekiz anatomik ve odun yoğunluğu karakteri üzerinde ölçümler yapılmıştır. Boy, çap, kök uzunluğu, nod sayısı, ksilem alanı, odun yoğunluğu gibi karakterler yüksek rakımdaki fidelerde anlamlı ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışma ayrıca, yüksek rakımda yetiştirilen fidelerin gövdelerinin çevresel koşullardaki değişikliklere karşı daha güçlü hale gelmesini sağlayan bir özellik olarak, daha fazla radyal büyüme sahip olduğunu ileri sürmüştür.

Orman tepe yapısının fidelerin büyüme ve yeraltı/yerüstü biyokütlerine etkisini inceleyen Topaçoğlu (2018), fidelerin büyümesini etkileyen en önemli faktörün tepe örtüsü altına geçen ışık miktarı olduğunu belirlemiştir. Gölge dayanımı yüksek olduğu vurgulanan Kazdağı göknarının orman içi açıklıklara kuvvetli bir ihtiyacının olmadığı, ancak tepe örtüsü altına geçen ışığın artmasının, özellikle heterojen yaşlı meşcerelerde fide yerleşmesi için önemli bir faktör olduğu söylenmiştir. İşletilen ve işletilmeyen ormanlarda iklimin büyüme üzerine karşılaştırmalı etkisini inceleyen Kara (2021) ise işletilmeyen ormanlardaki ağaçların daha

düşük bir radyal büyüme ve iklim koşullarına karşı daha yüksek düzeyde bir hassasiyet sergilediğini gözlemiştir. İklim verilen tepkiyi ölçmek için daha uzun süreli çalışmaların gerekliliğine vurgu yapan Kara (2021), çalışmasında gözlediği sonuçların silvikültürel müdahaleden sonra azalan ağaç yoğunluğu ve artan kaynakla ilişkili olabileceğini öne sürmüştür.

Bu bölümde aktarılan çalışmaların çoğu, Kazdağı göknarı ormanlarının sahip olduğu çeşitlilikle ilgilidir ve biyoçeşitliliğin değerlendirilmiş olması bakımından değerlidir. Kazdağı göknarının çimlenme ve büyümesinin çevresel değişikliklere verdiği yanıtlarla ilgili çalışmaların sayısı sınırlıdır. Kazdağı göknarının diğer türlerle olan ilişkilerini ve bu ilişkilerin çevresel faktörlerden nasıl etkilendiğini araştıran ekolojik çalışmaların sayısı ise çok daha sınırlıdır.

3.5. Morfoloji

Kazdağı göknarının morfolojik özellikleri, ağırlıklı olarak fidanlar üzerinde çalışılmıştır. Manisa (Salihli / Kılıç) Orman Fidanlığı'nda yürütülen bir çalışmada 2+0 yaşındaki (toprakta + saksıda geçirdiği yıl) Kazdağı göknarı fidanlarının (Kazdağları popülasyonundan) altı farklı morfolojik karakteri ölçülmüş ve buna göre fidanlar kalite sınıflarına ayrılmıştır (Bilgin, 2012). 17 farklı Kazdağı göknarının batı Karadeniz (Kastamonu) popülasyonunun 18 farklı noktasından temin edilen tohumlarla yürütülen bir diğer çalışmada, hem 1 yaş sonu hem de 2 yaş sonu fidanların 15 farklı karakteri ölçülmüş, popülasyon içi değişkenlik yüksek olarak tespit edilirken, popülasyonlar arası değişkenlikte anlamlı bir fark bulunamamıştır (Şevik, 2012). Sonraki yıl, fidanların saksılara transferinin ardından, 2+1 yaşındaki fidanlarda bu sefer dokuz farklı karakter ölçülmüş, yalnızca kök boğazı çaplarında anlamlı farklılık bulunmuştur (Şevik, 2012). Balıkesir Orman Fidanlığı'nda yürütülen bir başka çalışmada ise 2+0, 3+0 ve 4+0 yaşlarındaki (Kazdağı popülasyonundan) fidanlar üzerinde yapılan ölçümlerle; fidan kaliteleri Türk Standartları Enstitüsü kalite sınıfları ile karşılaştırılmış ve tüm yaş gruplarının çoğunlukla kaliteli fidan sınıfında olduğu belirlenmiştir (Koç, 2014).

Yayım Yener (2012) Türkiye'de doğal olarak yayılış gösteren *Abies* taksonlarının görsel özelliklerini derlemiş ancak karşılaştırmalı bir analiz sunmamıştır. Derlemesinde, Uludağ popülasyonunda bulunan bireylerin 30-40 m boylanma yapabildiğini söylerken, Kazdağları popülasyonu için bir referans değeri belirtmemiştir. Buna ek olarak, Kazdağı popülasyonu için yan sürgünlerdeki tomurcuk sayısını 6-7 olarak belirtmiş ancak Uludağ popülasyonu için bir değer sunmamıştır.

Kazdağı göknarının tüm popülasyonlarından (Kazdağları, Uludağ, Batı Karadeniz) alınan kozalak örneklerinin ölçülen özelliklerinin; hem popülasyon içi hem popülasyonlar arası varyasyonunun çok düşük olduğu belirlenmiştir (Kurt vd., 2016). Yalnızca, Uludağ popülasyonunun ibrelerinin Kazdağı popülasyonundan anlamlı olarak daha uzun, kozalaklarının ise daha geniş olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte ibre boyutunun bir güneyden kuzeye, batıdan doğuya ve alçak rakımdan yüksek rakıma doğru artış gösterdiğine dair bir eğilim gözlenmiştir. Aynı eğilim, çok zayıf da olsa kozalak genişliği ve kozalak genişliği/uzunluğu oranı arasında da bulunmuştur (Kurt vd., 2016).

Batı Karadeniz popülasyonlarında yükseltiye bağlı morfolojik değişiklikleri inceleyen bir çalışma sonucunda;

1200 m yükseltideki göknarların boy ve çap açısından daha uzun ve daha kalın olduğu; yıllık halka genişliği, traheid lümen genişliği ve özışını genişliği değerleri gibi bazı anatomik değerlerin de 1200 m rakımdaki göknarlarda ağaçlarında 1600 m rakımdakilere kıyasla daha yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir (Yıldız ve Özden Keleş, 2022).

3.6. Hastalıkları ve zararlıları

Kazdağı göknarında hasar veya hastalık oluşturan grupların en çok çalışılmış olanı bir fungus olan *Heterobasidion annosum* tür kompleksidir. Bu tür üzerinde hem Kazdağı popülasyonlarından hem de Uludağ ve Batı Karadeniz popülasyonlarından alınan örneklerle yürütülmüş çalışmalar mevcuttur.

Heterobasidion annosum tür kompleksi Avrasya'da konifer ormanlarında yaygın dağılım gösterir. Bu fungus tür kompleksinin farklı *Abies* türleri üzerinde yaşayabildiği bilinmektedir. Kuzey ılıman kuşakta işletme ormanlarında *Abies* türleri başta olmak üzere konifer türlerine kök ve alt gövde zararı oluşturur (Doğmuş-Lehtijärvi vd., 2006). Göknarlarda sık görülen fırtına ve kar devriklerinin ya da ormancılık faaliyeti yürütülmüş meşcerelerdeki kesim uygulamaları gibi farklı sebeplerle yaralanmış ağaçların özellikle *H. annosum* zararına maruz kalma ihtimali artmaktadır (Doğmuş-Lehtijärvi vd., 2007). Bir seri şeklinde yürütülen dört farklı çalışmada Türkiye'deki *Abies* ormanlarının neredeyse tamamında *H. annosum* tespit edilmiştir. *Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* isimlendirmesi kullanılan bu çalışmalar, güncel taksonomiye uyarlandığında Kazdağı göknarının (*A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) tüm yayılış alanlarında *H. annosum*'un da yayılış gösterdiği anlaşılmaktadır (Doğmuş-Lehtijärvi vd., 2007).

Heterobasidion annosum tür kompleksinin yüksek rakımlarda, alçak rakımlara oranla daha az zarar oluşturduğu gözlenmiştir (Korhonen ve Stenlid, 1998). İklim değişikliği nedeniyle ortalama sıcaklığın artmasının, yüksek rakımlardaki göknar popülasyonlarında *H. annosum* zararını artıracakları öngörülmektedir. Rakım ve hastalık derecesi arasındaki ilişkiyi inceleyen bir diğer araştırma, Batı Karadeniz popülasyonlarındaki (İlgaz yöresi), ağaç büyüme ve gelişmesini engelleyen fungal patojen *Melampsorella caryophyllacearum* zararının iki farklı yükseltideki etkilerini bakiya bağlı olarak incelemiştir (Özden Keleş vd. 2021). Bu çalışma sonucunda, yüksek rakımda (1700 – 1800 m) patojenle karşılaşma oranının, alçak rakıma (1400 – 1500 m) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Göknar zararı oluşturan bir diğer fungus türü de *Neonectria neomacrospora*'dır. Kuzey Avrupa ve Amerika'da epidemi sonucu yılbaşı ağacı üretimine zarar verdiği ve maddi kayıplara neden olduğu için oldukça detaylı çalışılmıştır. Türkiye'de yayılış gösteren göknarların bu türe direncini araştıran bir çalışmada, Hørsholm Arboretumu'nda bulunan örnekler kullanılmış ve dallar *N. neomacrospora*'ya maruz bırakılmıştır. En dirençli tür olarak *A. cilicica* tespit edilirken, Kazdağı göknarının içinde bulunduğu Akdeniz ve Balkan göknarları grubunun da önemli ölçüde direnç gösterdiği tespit edilmiş ve bu türler yılbaşı ağacı üretimine uygunluk açısından önerilmiştir (Nielsen vd., 2017).

Kuzey Amerika ve Avrupa'da göknar üretim merkezlerinde görülen ve yılbaşı ağacı olarak göknar üretimine büyük boyutlarda zarar veren hastalıklar

araştırılırken; Türkiye'deki göknarların bu hastalık etmenlerine direncini ölçen çalışmalar mevcuttur (Kohlway vd., 2017; Nielsen vd., 2017). Yılbaşı ağacı üretimi için problem teşkil eden diğer türlerden biri *Phytophthora cinnamomi*'dir ve Kuzey Amerika'nın yerel türü olan Fraser göknarı *A. fraseri*'nin, bu türe karşı doğal direnci olmadığı bilinmektedir. Kuzey Amerika için egzotik bir tür olan Kazdağı göknarının (çalışmada *A. bornmülleriana* ve *A. equi-trojani* olarak geçmektedir) Fraser göknarından daha dirençli olduğu tespit edilmiş ve yılbaşı ağacı üretimi için uygun olduğu vurgulanmıştır (Kohlway vd., 2017).

Batı Karadeniz Bölgesi'nde (Karabük, Ulus ve Bartın Orman İşletmeleri) *Sirococcus strobilinus* ve *Sphaeropsis sapinea* göknar türlerinin kök ve gövdelerine zarar veren fungus türleri olarak tespit edilmiştir (Özkazanç ve Maden, 2013). İbre nekrozuna sebep olan *Sydowia polyspora* ise 2022 yılında ilk kez Aladağlar (Bolu) popülasyonlarındaki Kazdağı göknarlarında tespit edilmiştir (Çakar vd., 2022).

Kabuk böcekleri (Scolytinae), göknarlar üzerinde hasara neden olan bir diğer önemli zararlı grubudur. Kabuk böceklerinin göknar üzerindeki zararı Kazdağlarında çalışılmamıştır ancak Kazdağı göknarının Batı Karadeniz ve Uludağ popülasyonlarına odaklanan çalışmalar mevcuttur. Batı Karadeniz (İlgaz) popülasyonundan farklı yaş ve gövde çaplarını temsil edecek şekilde toplanan kabukların incelendiği bir çalışmada, yedi farklı kabuk böceği türü tespit edilmiştir. Bölgedeki toprak kalitesinin düşüklüğünün, göknar devrikleri üzerine etkisini de belirten çalışmada, böcek zararının artışında devriklerin önemli bir faktör olduğu öne sürülmüştür (Şimşek vd., 2006). Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Batı Karadeniz (İlgaz) popülasyonunu incelendiği bir diğer çalışmada ise; kabuk böceği zararının, yüksek eğimli noktalardaki yaşlı ağaçlarda zirve yaptığı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, saf göknar popülasyonlarındaki kabuk böceği zararının karışık meşcerelere oranla daha fazla olduğu, sarçam (*P. sylvestris*) ve karaçamın (*P. nigra* subsp. *pallasiana*) Kazdağı göknarı ile birlikte bulunduğu meşcerelerde kabuk böceğinin göknarları tercih ettiği belirlenmiştir (Kondur vd., 2012).

3.7. Ürün kullanımı ve özellikleri

Göknarlar; sıcaklık, kuraklık ve kentsel çevre koşullarına karşı görece dayanıksızlıkları nedeniyle yüksek ekonomik gelir sağlanan bir tür olarak değerlendirilememiştir (Bates ve Stanford, 2008). Antimikrobiyal özellikleri, uçucu yağ kompozisyonları, biyomonitör özellikleri, doğal konik şekli nedeniyle yılbaşı ağacı olarak kullanımı gibi açılardan çalışılmalı da, araştırmaların büyük çoğunluğu odun özelliklerini incelemektedir.

Türkyılmaz vd. (2018) hava kirliliğinin önemli bir ölçütü olan ağır metallerin, konifer türlerinin yapraklarında birikimini ölçüp, biyomonitör olarak kullanım olasılıklarını incelemiştir. Ağır metal ölçümleri için genellikle köklerin ya da yaprak döken ağaç yapraklarının kullanıldığını belirten Türkyılmaz vd. (2018), uzun yıllar ağaç üzerinde kalan iğne yaprakların araç trafiğinden doğan veya son yıllarda ortaya çıkan hava kirliliğinin birikimli gözlemi için önemli bir veri sunabileceğini öne sürmüştür. Batı Karadeniz popülasyonlarından toplanan örneklerde yapılan ağır metal konsantrasyon (Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg ve Pb) ölçümleri sonucu göknarın, karşılaştırıldığı diğer türlere göre (*P. nigra*, *P. sylvestris* ve *Picea pungens*) Zn, Pb ve Fe dışındaki metallerin en yüksek konsantrasyonlarını ihtiva ettiği

bulunmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda Kazdağı göknarının hava kirliliğini takip etmek için önemli bir biyomonitör olabileceği ortaya konmuş ve özellikle yoğun şehir merkezlerinde hava temizleme amaçlı dikimi önerilmiştir (Türkyılmaz vd., 2018). Kazdağı göknarının biyomonitör olarak kullanılma kapasitesini inceleyen bir diğer araştırma ise göknar organlarının, çevre sağlığının en önemli indikatörlerinden biri olan Baryum (Ba) elementini ihtiva derecesini incelemiş, farklı organlarda farklı konsantrasyonlarda tespit edilmiş ve göknar organlarının Ba konsantrasyonlarını ölçmede kullanılabilirliğini belirtmiştir (Çetin vd., 2021). Taşıt gazlarının yol açtığı kirliliğin tespitinde Kazdağı göknarının biyomonitör olarak uygunluğunu inceleyen Gözüdeli (2021) ise Al, Ca, Cd, Co, Cu, K, Na, Mg ve Pb elementlerinin konsantrasyonlarını farklı organlar ve farklı trafik yoğunluklarına bağlı olarak ölçmüş, yalnızca Mg elementinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak kısmen arttığını bulmuştur. Bu sonuçlara dayanarak Kazdağı göknarının trafik kirliliğini ölçmede uygun bir biyomonitör olmadığını tespit etmiştir.

Bağcı ve Dığrak (1996) dokuz *Abies* taksonundan elde edilen uçucu yağların, dokuz bakteri ve maya türü üzerine antimikrobiyal aktivitelerini karşılaştırmıştır. Atatürk Arboretumu'ndan toplanan örneklerin kullanıldığı bu çalışmada isimlendirmeler *A. nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* ve *A. nordmanniana* subsp. *nordmanniana* şeklinde yapılmış olmakla birlikte, örneklerin orjinleri belirtilmemiş, dolayısıyla güncel taksonomik sınıflandırmada hangi türe karşılık geldiği bilinmemektedir. Antimikrobiyal aktivitenin düşük, orta ve yüksek olarak sınıflandırıldığı bu çalışmada, bu iki göknar türü yüksek aktivite sergilemiştir. Kazdağı popülasyonundan toplanan örneklerin (1991) yaprak, koni ve dal ve gövde kabuğu özlerinin *Artemia salina*, *Bacillus subtilis*, *Mycobacterium smegmatis*, *Sarcina lutea* ve *Staph aureus* bakterilerine karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği tespit edilmiştir (Sakar vd., 1998).

Uçar vd. (2015) aynı zamanda Anadolu göknarlarının odunlarının uçucu yağlarını da araştırmış, şaşırtıcı derecede düşük miktarlarda (% 0,01 – 0,02) uçucu yağ tespit etmiş ve göknarlara özgü juvabion miktarı bakımından bireyler arası varyasyonun yüksek olduğunu bulmuştur ancak Anadolu göknarlarının uçucu yağ bileşenlerine göre tür bazında ayırt edilemeyeceğini belirtmiştir.

Kazdağı göknarının halk arasındaki yerel kullanımını araştıran bir çalışmada, reçinesinin çiban tedavisinde kullanıldığı (Göç vd., 2021), kozalaklarından hazırlanan dekoksionun mide ve akciğer rahatsızlıklarına karşı kullanıldığı (Emre Bulut ve Tuzlacı, 2009), Kastamonu'da çam pekmezi yapımında kozalağının kullanıldığı tespit edilmiştir (İncemehmetoğlu, 2021). Uludağ popülasyonundan alınan örneklerle yapılan bir sitotoksisite deneyinde, göknar özütlerinin meme kanseri hücre hattında apoptozun uyarılmasını sağladığı görülmüş ve bu özelliğiyle göknar özütlerinin kanser önleyici ilaçların geliştirilmesinde kullanılabilirliği belirtilmiştir (Tuncel, 2019). Benzer şekilde Şahin Yağlıoğlu vd. (2022), yerli göknar taksonları üzerinde yaptıkları araştırmada göknar bileşenlerinin özellikle C6 hücrelerine karşı yüksek kanser önleyici özellik göstermişlerdir.

Kazdağı göknarından elde edilen ürünler üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu odun özellik ve verimini araştırmaktadır. Bu çalışmalar içerisinde kerestesinin mekanik özellikleri büyük yer kaplamaktadır. Ancak burada

da ana sorunlardan biri, çalışmaların büyük kısmının Uludağ popülasyonlarıyla yürütülmüş olmasıdır. Güncel taksonomik durumda bu popülasyonlar Kazdağı göknarı olarak kabul edilse de, yapılan deney ve gözlemler tek bir popülasyonla sınırlı olduğu için türün genelini temsil edip etmediği bilinmemektedir. Bu derleme kapsamında “odun kullanımı ve özellikleri” başlığında sınıflandırılan 62 çalışmanın yalnızca ikisi doğrudan Kazdağı popülasyonlarından alınan örneklerle yürütülmüştür. Bu iki çalışmadan ilki, göknar odununun kontrplak endüstrisinde kullanım olanaklarını incelemiş ve mekanik özellik ölçümlerine dayalı olarak, kontrplağının genel yapılarında taşıyıcı veya beton kalıp tahtası olarak kullanılabilirliğini önermiştir (Göker vd., 1999). Diğeri ise, göknar odununun inşaat kerestesi, mobilyacılık, müzik aletleri ve ambalaj sandığı gibi alanlarda kullanıldığını belirtmektedir (Bozkurt, 1971; aktaran Asan, 1999). Aynı çalışmada, Kazdağı göknarı odununun neme dayanımının düşük olmasından ötürü inşaat malzemesi ya da maden direği olarak kullanılmaya uygun olmadığı da vurgulanmaktadır.

Uludağ popülasyonları örneklenerek yapılan çalışmalarda, odunun mekanik özellikleri sıkça araştırılmıştır. Korkut ve Bektaş (2008) ısı muamelenin göknar ahşabının boyutsal stabilitesini artırdığını vurgulamıştır. Uludağ popülasyonu örneklerinin sarıçam (*P. sylvestris*) ile karşılaştırıldığı bu çalışmada tüm mekanik özelliklerin azaldığı fakat işlem görmemiş numunelere göre yüksek boyutsal stabilize kazandığı belirlenmiştir. Isıl muamelenin derecesi yükseldikçe (170, 190, ve 210°C) renkte koyulaşmanın arttığı, sıkıştıma mukavemeti ve sertliğinin azaldığı gözlenmiştir (Gündüz vd., 2010). Farklı sıcaklıkların (170, 180, 190 ve 212°C) etkisini inceleyen bir başka araştırma, artan muamele sıcaklığının bükülme dayanımını azalttığını; buna karşın elastisiteyi artırdığını bulmuştur (Şahin Kol vd., 2015). Bir başka ısı muamele deneyi çalışmasında (190°C) yoğunluk, su alma ve hacimsel genişleme değerlerinde düşme tespit edilmiştir. Hacimsel genişlemenin sırasıyla teğet, radyal ve boyuna kesitte olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda ısı muamelenin renk değişimi oluşturduğu gözlenmiştir (Özan vd., 2017). 150, 180 ve 200°C sıcaklıklar ile yürütülen bir başka deneyde de benzer sonuçlar bulunmuş; hacimsel genişleme ve su emme değerlerinde, elastisite, paralel eğilme mukavemeti ve basma mukavemetinde düşüş ve renk değişimi gözlenmiştir (Özkan, 2017).

Odun yanma özellikleri Uludağ popülasyonlarında sıkça çalışılmıştır ancak Kazdağı popülasyonlarındaki çalışmalar oldukça az sayıdadır. Göknar biyokütlesinin kömürle birlikte yakılmasının kinetik analizi (Dumanlı vd., 2011), piroliz işlemi uygulanan göknar odunun kimyasal karakterizasyonu (Özbay, 2015), yangın geciktirici özelliğe sahip Firetex ile emprenye edilmiş göknarların yanma özellikleri (Kesik vd., 2016) araştırılan konular arasındadır.

Türkiye’de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların kullanımına yönelik genel bir değerlendirme yapan ve kullanım alanlarını tasnif eden bir çalışmada, Kazdağı göknarı için sıralanan kullanım alanları şu şekildedir: Kaplama ve ambalaj malzemesi, kontrplak üretimi, yapı malzemesi, mobilya ve doğrama hammaddesi, lif- yonga levha, selüloz ve kağıt, müzik aletleri (Doğu vd., 2001).

Peyzajda kullanılan ağaçları renk, form ve doku açısından inceleyen Pulatkan vd. (2012), göknarların nitelik, biçim ve estetik açıdan değerli olduğunu vurgulamış, Kazdağı

göknarının özellikle rüzgar perdesi oluşturma amacıyla yapılan ağaç dikimlerinde kullanılabilir önemli bir tür olduğunu belirtmiştir.

Göknarlar, estetik özelliklerinden dolayı Kuzey Amerika ve Avrupa'da yılbaşı ağacı üretiminde önemli yer kaplar (Kobliha ve Stejskal, 2009). *Abies alba* Avrupa'da, *A. fraserii* ise Kuzey Amerika'da yılbaşı ağacı üretiminde en yaygın kullanılan göknar türleridir (Kobliha ve Stejskal, 2009; Kohlway vd., 2017). Ancak, bu türlerin hem doğal popülasyonları azalmakta, hem de üretim süreçlerinde birçok hastalık ve zararlıya maruz kalmaktadırlar. Bu sebeplerle, yılbaşı ağacı üretimi için alternatif *Abies* türü arayışı doğmuştur. Kazdağı göknarı da değerlendirilen alternatiflerden biridir. Uludağ popülasyonlarını bu bağlamda değerlendiren bir çalışma; 10, 20 ve 50 m genişliğe sahip olabileceği bilinen elektrik transfer hattı bölgelerinde doğal filizlenmiş fidelerin yılbaşı ağacı olarak satışının yapılabilirliğini önermiştir (Şahin vd., 2012). Uydu görüntüleri kullanılarak tespit edilen elektrik hattı bölgelerinde alan genişliği ve bir fidenin kapladığı alan parametreleri kullanılarak üretim kapasitesi hesaplamaları yapılmıştır. Ancak çalışmada elektrik transfer hattı bölgelerinde fide yetiştirilmesinin nasıl yapılacağına dair bir metod önerilmemiş, yalnızca göknar tohumlarının rahatlıkla 50 m yayılabileceği vurgulanmıştır (Şahin vd., 2012).

Şevik (2011) tarafından yürütülen bir çalışma, Kazdağı göknarının dallanma karakterleri açısından yılbaşı ağacı üretimine uygun olup olmadığını değerlendirmiştir. Avrupa ve Kuzey Amerika'daki yılbaşı ağacı pazarının büyüklüğünü vurgulayan bu çalışmanın amacı, hangi popülasyonlardan pazar talebine en uygun formda yılbaşı ağacı elde edilebileceğini tespit etmektir. Kazdağı göknarının Batı Karadeniz popülasyonlarından (Amasya, Sinop, Kastamonu, Zonguldak ve Bolu'da 16 nokta) toplanan örnekler ve yapılan 10 farklı morfolojik karakter (sürgün uzunluğu ve kalınlığı, dal adedi, uzunluğu ve açısı, tepe genişliği, sürgün üzerindeki tomurcuk ve tepe tomurcuğu sayısı, ibre uzunluğu, 1 cm²'deki ibre sayısı) ölçümleri sonucu morfolojik karakterlerin popülasyonlar arasında anlamlı farklılıklar gösterdiği tespit edilerek üretim için arzu edilen morfolojik özelliği en iyi temsil edecek popülasyonların Ballıdağ popülasyonları olduğu belirlenmiştir (Şevik, 2011).

Türkiye'de yılbaşı ağacı pazarının genişliği hakkında bir çalışma bulunmamakla birlikte, Beykoz Göknarlık Tabiatı Koruma Alanı'nda göknar fidelerinin kaçak kesimleri tespit edilmiştir ve bu fidelerin yılbaşı ağacı olarak satıldığı düşünülmektedir (İstanbul Doğa Koruma Milli Parklar Şube Müdürlüğü, kişisel görüşme).

Kazdağı göknarının odun özellikleri, yanma verimi gibi açılardan diğer türlere göre daha düşük verim seviyesinde kaldığı gözükmektedir. Kullanım alanları ise Türkiye pazarında çeşitlilik göstermemektedir. Kullanım alanlarının artırılması, türü koruma çalışmalarını artırmak için gerekçe sunma potansiyeline sahiptir.

3.8. Silvikültür ve amenajman

Kazdağı göknarının orman kuruluşlarını inceleyen ilk çalışma Cemil Ata (1975) tarafından yürütülmüştür. Karaçam ile karşılıklı boy ve çap büyüme ilişkilerini belirlemek için Kazdağları popülasyonunda ölçümler yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda, i) Kazdağı göknarının karaçamdan yukarıda seyrettiği, ii) ilk yıllarda (5-10) karaçamın daha hızlı büyüme gösterdiği, iii) ilerleyen yıllarda göknarın hızlı bir büyüme ile

üstün hale geçtiği, iv) göknarın daha hızlı boy ve çap artımı gösterdiği ve v) Kazdağı ile göknarın ortalama 40 yıl için karışım yapabileceğini, sonrasında alanın göknar hakimiyetine geçeceğini belirtmiştir (Ata, 1975).

Sarıçam, kayın ve Kazdağı göknarı (Batı Karadeniz popülasyonu, Karabük) arasındaki büyüme ilişkilerini araştıran Çalışkan (1992) maksimum çap artımının 70-80 yaşında gerçekleştiği, baskıda kalma durumlarda ise maksimum çap artımının 130-170 yaşlarında olabildiği belirlemiştir. Bu çalışmada, Kazdağı göknarı ve sarıçam arasındaki hacim artımının sarıçam lehine olduğu, 30 yaşındaki Kazdağı göknarının sarıçam çapına ulaşmasının 60 yılı bulabildiği ve göğüs hizası çapı (1,3 m) boya sarıçamın göknardan 3-4 yıl daha önce ulaştığı tespit edilmiştir (Çalışkan, 1992). Kayınla karışık meşcerelerde ise kayının çapı bahsedilen iki türden de düşük seyretmektedir.

Ata (1975) Kazdağı göknarının silvikültürel ve ekolojik isteklerini belirlemiştir. Buna göre, Kazdağı göknarı karaçamla kıyasla az ışık koşullarına çok daha dirençlidir. Göknar gençliği her ne kadar siper altında uzun yıllar dayansa da, gerekli büyümeyi sağlayabilmek için daha yüksek ışık miktarına ihtiyaç duyar. Ata (1975)'e göre saf ve karışık göknar meşcerelerinin optimal kuruluşa ulaştırılabilmesi için kullanılabilir yöntemler tabii gençleştirme, siper altında gençleştirme, açık alanda gençleştirmedir.

Sıvacioğlu vd. (2007) bir meşcerenin kar ve fırtınadan gördüğü zararın büyüklüğünün ağaç türü, meşcere yaşı, aralama şiddeti ve topoğrafya değişkenlerine bağlı olduğunu ileri sürmüştür. Bu çalışmada, 1991-2001 yılları arasında Kastamonu Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan göknar meşcerelerindeki (Batı Karadeniz popülasyonu) kar ve fırtına zararının, yeterli ölçüde silvikültürel müdahale yapılmamasından kaynaklandığı öne sürülmüştür.

Kazdağlarında Kazdağı göknarı, kayın, karaçam karışık meşcerelerinde yapılan ölçümlerde, kayın + göknar meşcerelerinde kayının yaş ve çap olarak göknara üstün olduğu, kayın + göknar + karaçam meşcerelerinde kayın ve karaçamın yaş olarak göknara üstün olduğu ve çap olarak göknarın karaçam ile kayın arasında yer aldığı, karaçam + göknar meşcerelerinde ise yaş olarak karaçam üstün olmasına rağmen çap olarak göknarın daha üstün olduğu tespit edilmiştir (Simsar, 2007). Bu çalışma silvikültür çalışmaları arasında türün korunması gerekliliğine dikkat çeken ilk çalışmadır.

Kara ve Lhotka (2019) iklimin sarıçam + Kazdağı göknarı karışık meşcereleri üzerindeki etkisini incelemiş ve Kazdağı göknarının iklimsel değişimlere karşı daha duyarlı olduğunu, bu nedenle meşcerelerde sarıçama öncelik verilmesi gerektiğini belirtmiştir. Kara ve Lhotka (2020, 2021) ise işletilen ve işletilmeyen meşcerelerin yapısal kompleksliğini araştırmış ve işletilen ormanlarda küçük ve orta çap sınıfında sarıçam olmadığını ve de meşcerelerin saf göknara dönme ihtimalinin olduğunu öne sürmüşlerdir.

Amenajman planları türün dağılımı hakkında hesaplamalar yapmak için kullanılan ana araç olsa da, Asan (1984) amenajman planlarında var olduğu halde, göknara rastlanmayan bölme/bölmeciklerin olduğunu bildirmiştir. Bu durumun günümüzde geçerli olup olmadığına dair bir veri yoktur.

Amenajman çalışmaları arasında, farklı yönetim uygulamalarının Kazdağı göknarı popülasyonları üzerindeki etkilerini inceleyen kapsamlı bir araştırma bulunmamakla birlikte, Saraçoğlu (1980)'nun çalışmasında değişik yaşlı göknar meşcerelerinin optimizasyonu üzerine hesaplamalar

verilmiştir. Ancak bahsi geçen yayında, göknar taksonu belirtilmemiş, “Karadeniz yöresi” olarak geniş bir coğrafi kapsam verilmiştir. Dolayısıyla doğrudan Kazdağı göknarı için yürütülmüş bir çalışma olduğu söylenememektedir. Silvikültürü için ise görece daha çok araştırma bulunmasına rağmen, taksonun tüm popülasyonlarını kapsayan bütüncül bir çalışma mevcut değildir ve bulguların güncellenmesi gerekmektedir.

4. Sonuç ve araştırma gereksinimleri

Bu çalışmada derlenen yayınların, coğrafi bölge ve çalışma konusu olarak sınıflandırılması, Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) taksonuna ait sahip olduğumuz bilginin büyük bir kısmının Batı Karadeniz popülasyonlarından geldiğini göstermektedir. Ancak, bugüne kadar yapılmış olan çalışmalarda Batı Karadeniz popülasyonları için elde edilmiş olan verilerin ve bulguların, Kazdağı göknarının Kazdağları ya da Uludağ popülasyonları için de geçerli olup olmadığı bilinmemektedir. Ekolojik koşulları, rakım aralıkları ve meşcerede karışıma giren diğer türler bakımından bu üç bölge birbirinden farklılık göstermektedir. Dolayısıyla, örneğin, Kazdağı göknarının Batı Karadeniz popülasyonu örnekleriyle yapılmış bir deneyde elde edilen çimlenme yüzdesi bulgularının, Kazdağları popülasyonu için aynı olmayabileceği öngörülebilir. Aynı şekilde, bu üç coğrafi bölgedeki göknar popülasyonlarının karışık meşcere yaptığı türler farklılık gösterdiğinden, orman dinamiklerinin de buna bağlı olarak farklılık göstereceği düşünülebilir ve bu da üç coğrafi bölgeyi de kapsayan analizlerin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Kazdağı göknarının taksonomik adlandırılmasında da henüz bir konsensus sağlanmamıştır. Bunun en önemli sebeplerinden birisi, popülasyonlar arası farklılıkları belirleyecek kapsamlı bir genetik çalışmanın henüz yürütülmemiş olmasıdır. Bir veya birkaç gen bölgesine bakan mevcut çalışmalar, taksonomisi hakkında nihai sonuca varılabilecek veriyi sunmakta yetersiz kalmaktadır. Taksonomik belirsizlik, Kazdağı göknarının filogenisi hakkında da fikir yürütmeyi zorlaştırmaktadır. Morfolojik ya da fizyolojik çalışmaların kendi başlarına tür ayrımı yapmak için için yeterli olmadığı düşünüldüğünde, farklı Kazdağı göknarı popülasyonlarını içerecek şekilde geniş kapsamlı bir genetik analizlere gereksinim duyulduğu aşikardır. Özellikle, taksonun yayılış alanını kapsayacak çok sayıda popülasyondan alınmış bireyler üzerinde yapılacak olan tüm genom analizleri, bu çalışmada da değinilen tüm taksonomik ve filogenetik soruların cevaplarını almak adına önemli olacaktır. Çünkü bu karmaşa, aynı zamanda Dünya Doğa Koruma Birliği tarafından tehlikede (EN) olarak tanımlanmış koruma kriterini de belirsizleştirmektedir. Kazdağları ve Uludağ popülasyonlarını Kazdağı göknarı olarak kabul eden bu koruma statüsü, Batı Karadeniz popülasyonlarının da takson sınırlarına dahil edilmesiyle değişiklik gösterebilir ancak bu koruma statüsü değişimi taksonun ekolojik ya da genetik bilgisine değil, yalnızca popülasyon büyüklüğü değişimine dayalı olacağından yanıltıcı olma potansiyeline sahiptir.

Kazdağı göknarının taksonomik adlandırılmasındaki karışıklığın sebeplerinden biri de türün ve yakın akraba türlerinin evrimsel sürecinin aydınlatılmamış olmasıdır. Bu derleme makalede de görülebileceği üzere, türlerin ortak atasına dair tahminler hem farklı zaman aralıklarını hem de farklı coğrafyaları işaret etmektedir. Bu tahminleri yürüten

çalışmaların büyük çoğunluğu literatür analizlerinden gelmekte olup, kapsamlı bir genetik analiz içeren çalışma sayısı 3'tür. Ancak bunlar da güncel genetik yöntemleri kullanmadığından, sağladıkları bilgiler oldukça geneldir ve özellikle Kazdağı göknarı popülasyonlarını ayırt etme çözümlülükleri oldukça düşüktür. Bu noktada, Anadolu göknarlarının yüksek çözümlülük bir genetik analizinin hem geçmişe yönelik evrimsel tarihe ışık tutma hem de popülasyonların bugünkü taksonomik durumunu belirleme açısından önemi oldukça büyüktür.

Kazdağı göknarının genetiği, taksonomisi, evrimi, filogenisi ve ekolojisi üzerine çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olmasına rağmen, hastalık ve zararlıları ile ürün kullanımı ve özelliklerinin en çok çalışılan iki konu grubu olması dikkate değerdir. Ayrıca, silvikültür ve amenajman çalışmalarının çoğunda, Kazdağı göknarının kendisinden ziyade, türün karışık meşcere yaptığı türlerin gençleştirilmesi ya da meşcerede varlığını sürdürmesine odaklanılmıştır. Bu çalışmaların yalnızca bir tanesinde (Simsar, 2007) Kazdağı göknarının endemik ve nesli tehlike altında oluşu bir parametre olarak dikkate alınmaktadır. Bu durum, bilimsel araştırmalarda Kazdağı göknarının korunmasından çok üretimine odaklanıldığının bir işareti olabilir. Doğrudan Kazdağı göknarının korunmasına yönelik çıktuları olan yalnızca iki çalışmanın mevcut olması da (Kaya vd., 2008; Usta Baykal, 2019) bu görüşü desteklemektedir.

Kazdağı göknarının ekolojisi ve ekofizyolojisi son 10 yılda daha çok çalışmaya konu olmuşsa da, türün temel bilgileri hakkında oldukça büyük eksiklikler mevcuttur. Örneğin türün tohumlarının optimal çimlenme koşulları ya da sıcaklık ve kuraklığın fide yerleşme dinamikleri incelenmemiştir. Dolayısıyla iklim değişikliğinin Kazdağı göknarının tohum çimlenmesi ve fide yerleşimi süreçlerini nasıl etkileyeceğine dair araştırmalar yapılması gereklidir. Aynı zamanda Kazdağı göknarının yaşam süresi hakkında da belirgin bir araştırma yoktur. Bu konuda bireylerin yaşına dair farklı konulara odaklanılan araştırmalarda sunulan bilgiler, türün ömür uzunluğu hakkında belirgin bir kaniya sahip olmamıza fayda sağlamamaktadır.

Diğer bir önemli konu ise, Kazdağı göknarının orman yangınlarından nasıl etkilendiğine ilişkin hiçbir çalışma bulunmamasıdır. Asan (1984), Kazdağları'nda gerçekleşen 1945 yılı yangınlarında geniş alan kaplayan göknar popülasyonlarının yandığını, yangınlardan sonra göknarların yerine ise işletme esasıyla Karaçam dikimlerinin yapıldığını belirtmektedir. Simsar (2007) ise, çalışmanın yürütüldüğü tarihte Karaköy İşletme Müdürlüğü sınırları içinde kalan Eybekdağı, Karanlıkdere ve Doğançukuru mevkiilerinde (Kazdağları popülasyonu) 28-30 yaşlarında tek katlı göknar meşceresi içinde az sayıda yangın atlatmış Karaçam olduğunu bildirerek, yangını sağ atlatan az sayıda göknarın bu meşcereyi kurduğu çıkarımını yapmıştır. Ancak, bu konuda yapılmış olan kapsamlı bir araştırma mevcut değildir. İklim değişikliğinin Akdeniz coğrafyasında yangın sıklığını ve şiddetini artırdığı düşünüldüğünde, Kazdağı göknarının örtü yangınlarına direnç potansiyelinin ve tepe yangınları sonrası toparlanma stratejilerinin çalışılması büyük önem arz etmektedir. Bu doğrultuda, Akdeniz yüksek rakım katında yayılış gösteren konifer ağaç türlerinde sıklıkla görülen yangınla ilişkili karakterler olan kabuk kalınlığı ve kendiliğinden budanma ile türün toprak tohum bankası oluşturma özelliği ve tohumların yangın sıcaklıklarına dayanıklılığı ayrıca çalışılmalıdır.

Bu derlemede incelenmiş olan birçok çalışma, Kazdağı göknarının kuraklığa ve iklimsel değişimlere karşı dayanıksız olduğunu vurgulamıştır. Kazdağı göknarının yüksek rakım türü olması ile nem ve soğuk isteğinin fazla olması nedeniyle, iklim değişikliğinin ortalama sıcaklıkları artırma etkisinden ötürü, iklim değişikliğinin türü olumsuz yönde etkileyeceği yorumu yapılabilir. Ancak, bu etkilenmenin fizyolojik boyutlarını inceleyen bir çalışma mevcut değildir. Tohumların çimlenmesi, fidelerin büyümesi ve yerleşmesi ya da ağaçların büyümesi süreçlerine artan sıcaklık ve kuraklığın nasıl etki edeceğini inceleyen çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kazdağı göknarının taksonomik durumundaki karmaşa ve türün ekolojisi ve genetiği üzerine yapılmış olan çalışmaların eksikliği, tür ile ilgili koruma çalışmalarını önünde engel oluşturmaktadır. Kazdağı göknarına özgü olarak kurulmuş üç koruma alanı bulunmaktadır: Çan'da (Çanakale) 164 ha'lık ve Kalkın'da 125 ha'lık (Çanakale) "Kazdağı Göknarı Gen Koruma Ormanı"; İğürendağ'da (Balıkesir) ise 254 ha'lık "Kazdağı Göknarı Tabiatı Koruma Alanı". Bunun haricinde, Kazdağlarında yer alan Kazdağı Milli Parkı türün Kazdağları popülasyonunun, Uludağ Milli Parkı türün Uludağ popülasyonunun, Ilgaz Dağı Milli Parkı ise Batı Karadeniz popülasyonunun etkin olarak koruma çalışmaları yürütülmesi de koruma altında bulunduğu alanlardır. Ancak milli parklardaki popülasyonlar, türün yayılışının küçük bir kısmını temsil etmektedir. Son olarak, Beykoz Göknarlık Tabiatı Koruma Alanı'nda 46.5 hektarlık bir alanda göknar popülasyonları bulunmaktadır (Ürker, 2021) ancak popülasyonun genetik orijini bilinmemektedir.

Nesli tehlike altında olan Kazdağı göknarı türünün daha etkin bir şekilde korunması, oluşturduğu ormanların gelecekteki iklim ve yangın rejimi koşulları gözetilerek yönetilmesi ve ormanlarında koruma-kullanma dengesinin sağlanması için türün doğadaki ekolojik dinamiklerini kapsamlı olarak irdeleyen bilimsel çalışmalara gereksinim vardır.

Açıklama

Nurbahar Usta Baykal, Yükseköğretim Kurulu 100/2000 öncelikli alan bursu ile desteklenmiştir. Bu derleme yayın çalışması ise, The Rufford Foundation tarafından desteklenen, "Capacity Building to Connect Severely Fragmented Populations of Kazdağı Fir, an Endemic Subspecies in Turkey" başlıklı projenin bir parçası olarak hazırlanmıştır ve Nurbahar Usta Baykal'ın Hacettepe Üniversitesi'ndeki doktora tezinin bir bölümünü oluşturmaktadır. Makaleye fikir ve tartışma desteği veren Kahraman İpekdağ'a ve literatür araştırmasındaki desteklerinden ötürü İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü personeline ve Hacer Semerci'ye teşekkür ederiz.

Kaynakça

American Conifer Society. *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* / Turkish fir. URL: <https://conifersociety.org/conifers/abies-nordmanniana-equi-trojani-1>

Asan, Ü., 1984. Kazdağı Göknarı (*Abies equi-trojani* aschers, et sinten.) ormanlarının hasılat ve amenajman esasları üzerine araştırmalar. İÜ Orman Fakültesi, 3205(365), 1-2.

Asan, Ü., 1999. Kazdağı göknarının ekonomik önemi ve mevcut verim potansiyeli. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 34(1), 177-197.

Ata, C., 1975. Kazdağı göknarı (*Abies equi-trojani* Aschers et Sinten)'nin Türkiye'deki yayılışı ve silvikültürel özellikleri. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 25 (2), 165-219.

Ata, C., & Merev, N., 1981. Çataldağı göknarı. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 31(1), 128-154.

Ata, C., & Merev, N., 1987. A new fir taxon in Turkey Çataldağı fir: *Abies* × *olcayana* Ata and Merev. The Commonwealth Forestry Review, 66(3), 223-238.

Ata, C. & Korgavus, B., 2012. Climate change and its impacts upon occurrence of natural hybrid firs. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 12(3), 1-7.

Ateş, M. A., 2011. Molecular phylogenetics of Turkish *Abies* (Pinaceae) species based on matK gene regions of chloroplast genome (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi).

Aussenac, G., 2002. Ecology and ecophysiology of circum-Mediterranean firs in the context of climate change. Annals of Forest Science, 59(8), 823-832.

Aydın, A., Köse, N., Akkemik, Ü., & Yurtseven, H. (2012). Assessment and analysis of rockfall-caused tree injuries in a Turkish fir stand: A case study from Kastamonu-Turkey. Journal of Mountain Science, 9, 137-146.

Aytuğ, B., 1959. Türkiye göknar türleri üzerinde morfolojik esaslar ve anatomik araştırmalar. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University.

Bağcı, E., & Babaç, M. T., 2003. A morphometric and chemosystematic study on the *Abies Miller* (Fir) species in Turkey. Acta botanica gallica, 150(3), 355-367.

Bağcı, E., & Diğrak, M., 1996. Antimicrobial activity of essential oils of some *Abies* (fir) species from Turkey. Flavour and fragrance journal, 11(4), 251-256.

Balao, F., Lorenzo, M. T., Sánchez-Robles, J. M., Paun, O., García-Castaño, J. L., & Terrab, A., 2020. Early diversification and permeable species boundaries in the Mediterranean firs. Annals of Botany, 125(3), 495-507.

Bates, R. M., & Sanford, D. L., 2008. Evaluating Mediterranean Firs for use in Pennsylvania. In Combined Proceedings International Plant Propagators' Society (Vol. 58, p. 170).

Beşkök, T. E., 1970. Seed maturation period in *Pinus brutia*, *Picea orientalis* and *Abies bornmuelleriana*. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten, (42).

Bilgin, S., 2012. Determination of some morphological characteristics of 2+0 aged seedlings of Kazdağı fir (*Abies equi-trojani* Ashers et. Sint.). Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 12(3), 40-46.

Caudullo, G., & Tinner, W., 2016. *Abies*–*Circum-Mediterranean* firs in Europe: distribution, habitat, usage and threats.

Çakar, D., Şimşek, S.A., Çömez, A., Maden, S., 2022. First report of *Sydowia polyspora* causingdoğ needle necrosis on Trojan fir in Turkey. Journal of Plant Pathology, 104(1589–1590) <https://doi.org/10.1007/s42161-022-01213-z>

Çalışkan, A., 1992. Karabük-Büyükdüz Araştırma ormanında sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)-Göknar (*Abies bornmuelleriana* Mattf.)-Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) karışık meşcerelerinde büyüme ilişkileri ve gerekli silvikültürel işlemler. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 42(2).

Çelik Altunoğlu, Y., Güney, K., Baloğlu, P., & Baloğlu, M., 2021. Genetic Diversity Analysis of cpDNA in Turkish *Abies* Taxa. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 21(1), 41-54.

Çetin, M., Şevik, H., Türkyılmaz, A. & Işınkaralar, K., 2021. Using *Abies*'s needles as biomonitors of recent heavy metal accumulation. Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences, 7(1), 1-6.

Çoban, S., & Özalp, G., 2012. The vegetation analysis of mixed Uludağ fir (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) forests in Bolu Ayıkaya region, Turkey. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 14(21), 62-73.

Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Lehtijärvi, A., Korhonen, K., 2006. Heterobasidion abietinum on *Abies* species in Western Turkey. Forest Pathology, 36(4), 280-286.

Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Lehtijärvi, A., Korhonen, K., 2007. Heterobasidion on *Abies nordmanniana* in Northeastern Turkey. Forest Pathology, 37, 387-390.

- Doğu, D., Koç, K. H., As, N., Atik, C., Aksu, B. & Erdinler, S., 2001. Türkiye'de yetişen endüstriyel önem sahip ağaçların temel kimlik bilgileri ve kullanıma yönelik genel değerlendirme. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 51(2), 69-84.
- Dumanlı, A. G., Taş, S., & Yürüm, Y., 2011. Co-firing of biomass with coals: Part 1. Thermogravimetric kinetic analysis of combustion of fir (*Abies bornmülleriana*) wood. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 103(3), 925-933.
- Emre Bulut, G., & Tuzlacı, E., 2009. Folk medicinal plants of Bayramiç (Çanakkale-Turkey). Journal of Faculty of Pharmacy of Istanbul University, (40), 87-99.
- EUFORGEN, 2022. *Abies equi-trojani*. URL: <https://www.euforgen.org/species/abies-equi-trojani/>
- Ertekin, M., & Özel, H. B., 2012. Ground vegetation change according to the elevation level on pure fir forests (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) in Ardıç-Bartın, Turkey. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 12(3), 251-255.
- Fady, B., Arbez, M., & Marpeau, A., 1992. Geographic variability of terpene composition in *Abies cephalonica* Loudon and *Abies* species around the Aegean: hypotheses for their possible phylogeny from the Miocene. Trees, 6(3), 162-171.
- Farjon, A., & Rushforth, K. D., 1988. A classification of *Abies miller* (Pinaceae). Miscellaneous publications of the University of Utrecht Herbarium, 3(1), 59-79.
- García López, J. M., 1999. *Abies bornmuelleriana* Mattfeld phytoclimatic position in Uludağ massif in Turkey. Forest Systems, 8(3), 65-74.
- Göç, F., Erel, E., Sarı, A., 2021. Plants used in traditional treatment for boils in Turkey. International Journal of Traditional and Complementary Medicine Research, 2(1), 49-61.
- Göker, Y., Kantarcı, M., Akbulut, T., & Nusret, A. S., 1999. Kazdağı göknar (*Abies equi-trojani*) odununun kontrplak endüstrisinde kullanıma olanakları. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 49(2), 27-42.
- Gözüdeli, H. Ş., 2021. Kazdağı göknarının (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asc. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen) ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabilirliği. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi).
- Gülbaba, A.G., Velioglu, E., Özer, A.S., Doğan, B., Doerksen, A.H., Adams, W.T., 1996. Kazdağı göknarı (*Abies equi-trojani*) popülasyonlarının genetik yapıları ve gen kaynaklarının yerinde korunması. DOA Dergisi, 2, 23-48.
- Gülcü, S., & Özbedel, N. D., 2016. Uludağ Göknarı'nda (*Abies bornmülleriana* Mattf.) bazı fidan karakterleri bakımından genetik çeşitlilik. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(2), 112-118.
- Gündüz, G., Aydemir, D., & Korkut, S., 2010. The effect of heat treatment on some mechanical properties and color changes of Uludağ fir wood. Drying Technology, 28(2), 249-255.
- Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Eksi, G., & Cimen, A. O., 2018. Resimli Türkiye florası Cilt 2 [Illustrated flora of Turkey vol. 2]. ANG Vakfı Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi, İstanbul.
- Harzing, A.W., 2007. Publish or Perish, URL: <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>
- Hepbilgin, B., & Koç, T., 2019. Spatial Differentiation in Tree Formation Distribution of Kaz Mount. In 1st International Symposium on Biodiversity Research (298-309).
- Hrivnák, M., Paule, L., Krajmerová, D., Kulaç, Ş., Şevik, H., Turna, İ., ... & Gömöry, D., 2017. Genetic variation in Tertiary relict: The case of eastern-Mediterranean *Abies* (Pinaceae). Ecology and Evolution, 7(23), 10018-10030.
- İncemehmetoğlu, E., 2021. Geleneksel çam kozalağı pekmezinin fizikokimyasal, biyoaktif ve fonksiyonel özelliklerinin araştırılması. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi).
- Jasińska, A. K., Sekiewicz, K., Ok, T., Romo, A., Boratynski, A., & Boratynska, K., 2017. Taxonomic position of *Abies equi-trojani* on the basis of needle characters by comparison with different fir species. Turkish Journal of Botany, 41(6), 620-631.
- Kara, F., & Lhotka, J. M., 2020. Comparison of unmanaged and managed Trojan Fir-Scots pine forests for structural complexity. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 44(1), 62-70.
- Kara, F., & Lhotka, J. M., 2020. Climate and silvicultural implications in modifying stand composition in mixed fir-pine stands. Journal of Sustainable Forestry, 39(5), 511-525.
- Kara, F., 2021. Climate-growth relationships in managed and unmanaged Kazdağı fir forests. Forestist, 72(1), 81-87.
- Kaya, Z., Skaggs, A. & Neale, D. B., 2008. Genetic differentiation of *Abies equi-trojani* (Asc. & Sint. ex Boiss) Mattf. populations from Kazdağı, Turkey and the genetic relationship between Turkish Firs belonging to the *Abies nordmanniana* Spach complex. Turkish Journal of Botany, 32(1), 1-10.
- Kesik, H. İ., Aydoğan, H., Özkan, O. E., & Maraz, E., 2016. Combustion properties of Turkish fir impregnated with Firetex. 2nd International Furniture Congress, Muğla.
- Klaehn, F. U., & Winieski, J. A., 1962. Interspecific hybridization in the genus *Abies*. Silvae Genetica, 11(5/6), 130-42.
- Knees, S. & Gardner, M., 2011. *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011, <https://www.iucnredlist.org/species/31325/9626365>
- Kobliha, J., & Stejskal, J., 2009. Recent fir hybridization research in the light of Czech-American cooperation. Journal of Forest Science, 55(4), 162-170.
- Koç, D., 2014. Balıkesir orman fidanlığında üretilen Kazdağı göknarı (*Abies equi-trojani* Aschers et Sinten) fidanlarında morfolojik özellikler. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Kohlway, W. H., Whetten, R. W., Benson, D. M., & Frampton, J., 2017. Response of Turkish and Trojan fir to *Phytophthora cinnamomi* and *P. cryptogea*. Scandinavian Journal of Forest Research, 32(5), 406-411.
- Kol, H. Ş., Sefil, Y., & Keskin, S. A., 2015. Effect of heat treatment on the mechanical properties, and dimensional stability of fir wood. In the 27th International Conference Research for the furniture industry (17-18).
- Kondur, Y., Bilgili, B. C., Şimşek, Z., & Öner, N., 2012. Monitoring the epidemic of bark beetles determined in Uludağ fir stands in Ilgaz (Derbent and Doruk) via Landsat satellite images. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 12(3), 86-90.
- Korhonen, K., Stenlid, J., 1998. Biology of *Heterobasidion annosum*. In: Woodward S, Stenlid J, Karjalainen R, Hüttermann A (eds) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. CAB International, Wallingford, pp 43-70
- Korkut, S., & Bektaş, İ., 2008. The effects of heat treatment on physical properties of Uludağ fir (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. Forest Products Journal, 58(3), 95.
- Kormutak, A., Vooková, B., Čamek, V., Salaj, T., Galgócı, M., Maňka, P., ... & Gömöry, D., 2013. Artificial hybridization of some *Abies* species. Plant Systematics and Evolution, 299, 1175-1184.
- Köse, N., Aydın, A., Akkemik, Ü., Yurtseven, H., & Güner, T., 2010. Using tree-ring signals and numerical model to identify the snow avalanche tracks in Kastamonu, Turkey. Natural Hazards, 54, 435-449.
- Köse, N., 2012. Climatic factors affecting tree-ring growth of *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. subsp. *bornmuelleriana* (Mattf.) Coode & Cullen from Kastamonu, Turkey. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 62(1), 71-83.
- Kurt, Y., Frampton, J., Işık, F., Landgren, C., & Chastagner, G., 2016. Variation in needle and cone characteristics and seed germination ability of *Abies bornmuelleriana* and *Abies equi-trojani* populations from Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 40(2), 169-176.

- Lehtijärvi, A., Oskay, F., Aday, A., & Karadeniz, M., 2008. Annosum kök ve alt gövde çürüklüğünün *Abies bornmülleriana* ve *Abies cilicica* meşcerelerinde yoğunluğunun belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 9 (1-2): 111-120
- Lehtijarvi, A., Doğmuş-Lehtijarvi, H. T., Ünal, S., Karadeniz, M., Aday Kaya G., Oskay, F., 2012. Heterobasidion infection in *Abies nordmanniana* ssp. *bornmülleriana* stands in Kastamonu Province. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, Special Issue*. 271-274
- Liao, Z., Zhang, L., Nobis, M. P., Wu, X., Pan, K., Wang, K., ... & Tian, X., 2020. Climate change jointly with migration ability affect future range shifts of dominant fir species in Southwest China. *Diversity and Distributions*, 26(3), 352-367.
- Liepert, S., Mayland-Quellhorst, E., Lahme, M., & Ziegenhagen, B., 2010. Contrasting geographical patterns of ancient and modern genetic lineages in Mediterranean *Abies* species. *Plant Systematics and Evolution*, 284(3), 141-151.
- 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(4), 619-630.
- Litkowiec, M., Sękiewicz, K., Romo, A., Ok, T., Dagher-Kharat, M. B., Jasińska, A. K., ... & Boratyński, A., 2021. Biogeography and relationships of the *Abies* taxa from the mediterranean and central Europe regions as revealed by nuclear DNA markers and needle structural characters. *Forest Ecology and Management*, 479, 118606.
- Mataracı, T., 2002. Ağaçlar: doğa severler için rehber kitap: Marmara Bölgesi doğal egzotik ağaç ve çalıları. TEMA Vakfı Yayınları.
- Nielsen, U. B., Xu, J., Nielsen, K. N., Talgø, V., Hansen, O. K., & Thomsen, I. M., 2017. Species variation in susceptibility to the fungus *Neonectria neomacrospora* in the genus *Abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32(5), 421-431.
- Özan, Z. E., Onat, S. M., & Aydemir, D., 2017. Sarıçam ve uludağ göknar odunlarının bazı özellikleri üzerine termal muamelenin etkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 187-193.
- Özbay, G., 2015. Pyrolysis of firwood (*Abies bornmülleriana* Mattf.) sawdust: Characterization of bio-oil and bio-char. *Drvna Industrija*, 66(2), 105-114.
- Özden Keleş, S., 2020. The effect of altitude on the growth and development of Trojan fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* [Asch. & Sint. ex Boiss] Coode & Cullen) saplings. *Cerne*, 26, 381-392.
- Özden Keleş, S., Ünal, S., & Karadeniz, M., 2021. The effect of *Melampsorella caryophyllacearum* (fir broom rust) on the morphological and anatomical traits of *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*. *Forest Pathology*, 51(6), e12721.
- Özdemir Dęğirmenci, F., 2011. Molecular phylogenetic position of Turkish *Abies* (Pinaceae) based on noncoding trn regions of chloroplast genome (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi).
- Özel, H. B., & Ertekim, M., 2012. The change of stand structure in Uludağ fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* Mattf.) forests along an altitudinal gradient. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 12(3), 96-104.
- Özkan, O. E., Temiz, A., & Vurdu, H., 2017. Effects of heat treatment on Turkish fir wood properties. *Wood Research*, 62(5), 783-794.
- Özkazanç, N. K. & Maden, S., 2013. Some important shoot and stem fungi in pine (*Pinus* spp.) and firs (*Abies* sp.) in Western Black Sea Region, Turkey. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1), 32-38.
- Pulatkan, M., Var, M., Kaya Şahin, E., 2012. The use of fir taxa in planting design. *Kastamonu Üniversitesi Ormanlık Fakültesi Dergisi, Özel Sayı*, 208-216.
- Sakar, M. K., Ercil, D., Tamer, A. U., & Şahin, N., 1998. Antimicrobial activity and cytotoxicity of *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* extracts. *Fitoterapia*, 69(5), 457-459.
- Scaltsoyiannes, A., Tsaksira, M., & Drouzas, A. D., 1999. Allozyme differentiation in the Mediterranean firs (*Abies*, Pinaceae). A first comparative study with phylogenetic implications. *Plant Systematics and Evolution*, 216(3), 289-307.
- Semerikova, S. A., & Semerikov, V. L., 2014. Molecular phylogenetic analysis of the genus *Abies* (Pinaceae) based on the nucleotide sequence of chloroplast DNA. *Russian Journal of Genetics*, 50(1), 7-19.
- Semerikova, S. A., & Semerikov, V. L., 2016. Phylogeny of firs (genus *Abies*, Pinaceae) based on multilocus nuclear markers (AFLP). *Russian Journal of Genetics*, 52(11), 1164-1175.
- Sıvacıoğlu, A., Ayan, S., & Öner, N., 2007. Silvikültürel uygulamaların Ilgaz Dağları göknar ormanlarındaki meşcere yapısına ve çevreye etkisi. *Mersin Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Ulusal Çevre Sempozyumu*
- Simsar, M., 2007. Kazdağı göknarı (*Abies equi-trojani* aschers et sinten) ormanlarının meşcere kuruluş özellikleri (Karaköy örnek çalışması). (Yayınlanmamış Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi)
- Şahin, G., Karademir, Ö. & Akın, S., 2012. Production of Christmas Trees and Saplings at Power Transmission Lines From Uludağ Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* (Mattf.) Coode & Cullen). *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 12 (3), 234-236.
- Şahin Yağlıoğlu, A., Yağlıoğlu, M. S., Tosyalıoğlu, N., Adem, S., & Demirtaş, I., 2022. Chemical profiling, in vitro biological activities and Pearson correlation between chemical profiling and anticancer activities of four *Abies* species from Turkey. *South African Journal of Botany*, 151, 600-613.
- Şevik, H., Yahyaoğlu, Z., & Turna, İ., 2010. Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) tohumlarında farklı ekim zamanı ve ekim koşullarının çimlenme üzerine etkisi. III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi, Cilt II, 780-784.
- Şevik, H., 2011. Dallanma Karakterleri Bakımından Noel Ağacı Üretimine Uygun Uludağ Göknarı popülasyonlarının Belirlenmesi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 11 (1), 102-107.
- Şevik, H., 2012. Variation in seedling morphology of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) *African Journal of Biotechnology*, 11(23), 6389-6395.
- Şevik, H., Yahyaoğlu, Z., & Turna, İ., 2012. Determination of genetic variation between populations of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf according to some seed characteristics. *Genetic Diversity in Plants*. Chapter 12, 231-248.
- Şevik, H., Topaçoğlu, O., Umur, R., & Çiftçiöğlu, S., 2013. Uludağ Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* mattf.)'nda 2+1 Yaşlı Fidan Morfolojik Özellikleri Bakımından popülasyonlar Arası Farklılıklar. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 3(9), 91-102.
- Şevik, H., Çetin, M., Kapucu, O., Arıca, B., & Cantürk, U., 2017. Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish Fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(11), 6579-6587.
- Şimşek, Y., 1991. Türkiye orijinli göknar türlerinin (*Abies nordmanniana*, *Abies bornmuelleriana*, *Abies equi-trojani*) genetik yapıları üzerine araştırmalar. *Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülteni*, No: 221.
- Şimşek, Z., Kondur, Y., & Öner, N., 2006. The damage of bark beetles and the relations between certain tree properties in Uludağ fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) at Ilgaz Mountain, Çankırı, Turkey. *Journal of Biological Sciences*, 6(6), 1017-1022.
- Tanaka, N., Nakao, K., Tsuyama, I., Higa, M., Nakazono, E., & Matsui, T., 2012. Predicting the impact of climate change on potential habitats of fir (*Abies*) species in Japan and on the East Asian continent. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 455-466.

- Tekin, O., Çetin, M., Varol, T., Özel, H. B., Şevik, H., Çetin, İ. Z., 2022. Altitudinal Migration of Species of Fir (*Abies* spp.) in Adaptation to Climate Change. *Water Air Soil Pollution*. 233(385). <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05851-y>
- Topaçoğlu, O., 2018. Effects of canopy structure on growth and belowground/aboveground biomass of seedlings in uneven-aged trojan fir stands. *Cerne*, 24, 312-322.
- Tuncel, Z., 2019. Gökmar özütlerinin MDA-MB-231 hücreleri üzerindeki sitotoksik ve apoptotik etkisi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi).
- Turna, İ., Şevik, H., & Yahyaoglu, Z., 2010. Uludağ gökmarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) popülasyonlarında tohum özelliklerine bağlı genetik çeşitlilik. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, II(733-740).
- Türkyılmaz, A., Şevik, H., & Çetin, M., 2018. The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*, 14(1), 115-120.
- 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.
- Uçar, M. B., Uçar, G., & Özdemir, H., 2015. Composition of essential oils from fir (*Abies*) wood species grown in Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 51(2), 356-358.
- Usta Baykal, N., 2019. Determining potential niche competition regions between Kazdağı fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) & Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) and conservation priority areas under climate change by using MAXENT algorithm. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Ankara.
- Ürker, O., 2021. Bitki Komünitesi Perspektifinden Gökmarlık Tabiatı Koruma Alanı (Beykoz-İstanbul)'nın Güncel Floristik Durumunun Değerlendirilmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 126-142.
- Velioglu, E., Çiçek, F.F., Kaya, Z., & Çengel, B., 1999. Kaz Dağları'ndaki doğal Kazdağı gökmarı (*Abies equi-trojani*) popülasyonlarında genetik çeşitliliğin yapılanması. *Orman Ağaçları ve Tohum Islah Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülteni*, No: 74.
- Velioglu, E., Tayanç, Y., Çengel, B., & Kandemir, G., 2012. Genetic variability of seed characteristics of *Abies* s populations from Turkey. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 12(3), 27-35.
- Verdú, M., Garrido, J. L., Alcantara, J. M., Montesinos-Navarro, A., Aguilar, S., Aizen, M. A., ... & Zamora, R., 2022. RecruitNet: A global database of plant recruitment networks.. *Ecology*. doi:10.1002/ecy.3923.
- World Flora Online, 2023. World Flora Online. <http://www.worldfloraonline.org/>, Accessed on Ocak 15, 2023.
- Yaltırık, F. 1973. A review of the chronological variation in the taxonomy of the *Abies equi-trojani*. *Kazdağı Gökmarı ve Türkiye Florası Uluslararası Sempozyum Bildirileri*, 29-36.
- Yayım Yener, D., 2012. *Abies* taxa of Turkey and their visual characteristics. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, 12(31).
- Yıldız, E. N. & Özden Keleş, S., 2022. Kazdağı gökmarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *equi-trojani* (Asc-hers. & Sint. ex Boiss) Coode et Cullen) odununda yükseltiye bağlı morfolojik ve anatomik değişimler. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(2), 211-219. doi: 10.24011/barofd.1092771
- Yılmaz, M., Erzincan, E., Ekici, F. & Yüksel, T., 2011. Yerli gökmar (*Abies* spp.) taksonları tohumlarında sıcaklığın çimlenme üzerine etkisi. *Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi*, Cilt 1, 416-421.
- Yun, J. H., Nakao, K., Tsuyama, I., Matsui, T., Park, C. H., Lee, B. Y., & Tanaka, N., 2018. Vulnerability of subalpine fir species to climate change: using species distribution modeling to assess the future efficiency of current protected areas in the Korean Peninsula. *Ecological research*, 33, 341-350.
- Yüksel, T. & Dirik, H., 2021. Kazdağı gökmarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Aschers. & Sint. ex Boiss) Coode & Cullen) popülasyonlarının tohum morfolojisine bağlı genetik çeşitliliği. *Ağaç ve Orman*, 2(1), 22-28.
- Zengin, H., Özcan, M., & Erdoğan, E., 2017. Plant richness of fir (*Abies nordmanniana* ssp. *bornmuelleriana*) stands ranging at Aladağlar (Bolu) Region of Turkey. *The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity*. Minsk, Belarus.

Instructions for authors

Manuscript should be prepared in A4 page size, with Times New Roman font and 12 pt font size, as plain text. Unless necessary, no special formatting should be used. Page and line numbers should be included into the manuscript. Please check out the explanations below for other details.

Cover page: Cover page should include title of the manuscript, names and contact information of the authors.

Title and abstract (Turkish and English): Abstract should not exceed 250 words, and briefly explains rationale, goals, methods, results and recommendations of the study. Keywords with 3-6 words should be included at the end of the abstract.

Main text: Main body of the manuscript should be written in single line spacing, and it should not exceed a total of 15 pages including tables and figures. Headings should be numbered as follows: 1., 1.1., 1.1.1.

Footnotes: Use of footnotes within the text should be avoided as much as possible. If necessary, it can be used below tables and figures.

Symbols and abbreviations: Unit symbols should comply with The International System of Units. Abbreviations should be explained briefly within a parenthesis where it appears first.

References: In the text, literature should be given with the last name of the author and year of the publication (For example: Oliver et al., 1996; Geray, 1998). At the end of the paper, references should be ordered first alphabetically and then chronologically. If there is more than one paper from the same author for a given year, these references should be identified by the letters a, b, c..., after the year of publication (For example: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). See Appendix 1 for details on references.

Tables and figures: All tables and figures (graphs, photographs, maps etc.) should be numbered in the order of their citation in the text. Titles of the tables should be located above, and titles of the figures should be located below the related table or figure. Tables and figures should be simple, and their text, number and symbol components should be easily visible and understandable. Figures should be prepared in at least 300 dpi resolution and 8.15 or 17 cm width. Characters within the figures should be in Times New Roman font type and 8 pt font size.

Submission of a manuscript: All review and publishing processes are carried out online in [DergiPark Akademik](#). Authors should first “[register](#)” and “[login](#)” to the system and then upload their manuscript with a “[cover letter and copyright transfer form](#)”.

Yazar rehberi

Makale A4 sayfa boyutunda, 12 punto Times New Roman yazı tipinde ve düz metin şeklinde hazırlanmalıdır. Zorunlu olmadıkça hiçbir özel format kullanılmamalıdır. Makaleye sayfa ve satır numarası eklenmelidir. Diğer hususlar için lütfen aşağıdaki açıklamalara bakınız.

Kapak sayfası: Kapak sayfasında sırasıyla makale başlığı, yazar adı soyadı, yazar iletişim bilgileri yer almalıdır.

Başlık ve özet (Türkçe ve İngilizce): Özet, 250 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalı, kısaca araştırmanın gerekçesini, amaçlarını, uygulanan yöntemi, sonuç ve önerileri içermelidir. Özet sonuna 3-6 kelimedenden oluşan anahtar kelimeler eklenmelidir.

Ana metin: Makale ana metni tek satır aralıklı olarak yazılmalı, çizelge ve şekillerle birlikte toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Konu başlıkları 1., 1.1., 1.1.1., şeklinde numaralandırılmalıdır.

Dipnotlar: Metin içerisinde dipnotlardan olabildiğince kaçınılmalıdır. Çizelge ve şekillerde ise gerekli olması halinde ilgili objenin altında kullanılabilir.

Semboller ve kısaltmalar: Birim sembolleri Uluslararası Birimler Sistemine (The International System of Units; SI) uygun olmalıdır. Kısaltmalar ise metin içerisinde ilk geçtiği yerde parantez içinde açıklanmalıdır.

Kaynaklar: Metin içinde geçen kaynaklar yazarların soyadları ve yayın yılı ile birlikte verilmelidir (Örnek: Oliver vd., 1996; Geray, 1998). Metin sonundaki kaynaklar önce alfabetik sonra kronolojik sıraya göre sıralanmalıdır. Bir yazarın aynı yılda birden fazla yayınına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayın yılından sonra gelecek a, b, c... harfleriyle ayrılmalıdır (Örnek: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). Kaynaklar hakkında detaylar için Ek 1'e bakınız.

Çizelgeler ve şekiller: Bütün çizelge ve şekiller (grafik, fotoğraf, harita vb.) metin içerisinde atıf sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalıdır. Çizelgelerin üzerinde ve şekillerin altında başlıkları yer almalıdır. Çizelge ve şekiller mümkün olduğu kadar sade olmalı, içerilerindeki metin, rakam, sembol vb. unsurlar net olarak görünür ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller en az 300 dpi çözünürlüğünde ve 8.15 ya da 17 cm genişliğinde hazırlanmalıdır. Şekillerde kullanılan karakterler Times New Roman yazı tipinde ve 8 punto büyüklüğünde olmalıdır.

Makalenin gönderilmesi: Dergimizin tüm hakemlik ve yayıncılık faaliyetleri online olarak [DergiPark Akademik](#) üzerinden yürütülmektedir. Yazarların öncelikle dergimize “[kayıt](#)” olup sisteme “[giris](#)” yaptıktan sonra, makaleleri ile birlikte “[üst yazı ve telif devir](#)” formunu sisteme yüklemelidirler.

Appendix 1. References

In accordance with generally accepted principles; author, publication year, title, publisher, page numbers and other appropriate information should be given for each reference.

Electronic references: Ordinary internet sites sources with limited credibility and permanence should not be used as an electronic reference. If a publication exists in both print and electronic versions, the print version should be preferred as a reference.

If used, electronic sources should be treated as printed sources; author, year of publication, title of the article or web page, publisher's name and place should be given. DOI numbers should be included at the end if an online-only publication is used as reference.

Periyodik dergilerde makale / Article in periodical journals

Binkley, D., Stape, J.L., Ryan, M.G., 2004. Thinking about efficiency of resource use in forests. *Forest Ecology and Management*, 193: 5-16.

Acar, H.H., Ünver, S., 2012. Tomrukların oluk içerisinde traktör gücü ile kontrollü kaydırılması (TOKK-T) yönteminde iş verimliliği. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2): 97-102.

Kitap / Book

Boydak, M., Çalıköğlü, M., 2008. Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich) Biyolojisi ve Silvikültürü. Ormancılık Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayını, Lazer Ofset Matbaası, Ankara.

Oliver, C.D., Larson, B.C., 1996. *Forest Stand Dynamics*. John Wiley and Sons, New York.

Kitapta bölüm / Reference to a chapter in an edited book

Little, C.H.A., Pharis, R.P., 1995. Hormonal control of tree stem growth. In: *Plant Stems: Physiology and Functional Morphology* (Ed: Gartner, B.L.), Academic Press, New York, pp. 281-319.

Öztekin, M., 2014. *Phlomis L. (Çalbalar)*. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları (Ed., Akkemik, Ü.), Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, s: 385-389.

Tez / Thesis and dissertation

Gürlevik, N., 2002. Stand and soil responses of a loblolly pine plantation to midrotation fertilization and vegetation control. PhD Dissertation, North Carolina State University, NC, USA.

Işık, F., 1998. Kızıldağın (*Pinus brutia* Ten.) genetik çeşitlilik, kalıtım derecesi ve genetik kazancın belirlenmesi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Konferans bildirisi / Conference proceedings

Erdönmez, C., Ok, K., 2009. Özel ağaçlandırmaları etkileyen sosyo-ekonomik etkenler. II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 19-21 Şubat, Isparta, s. 74-80.

Erkan, N., 2002. Growth performance of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) in natural forest and plantation in Turkey. Proceedings of IUFRO Meeting: Management of Fast Growing Plantations, 11-13 September, Izmit, Turkey, pp. 67-74.

Elektronik kaynak / Electronic reference

FAO, 2011. Fact and figures: Forest cover. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/forestry/28808/en/>, Accessed: 22.12.2012.

OGM, 2009. Ormancılık istatistikleri 2009. Resmi istatistik programı kapsamındaki ormancılık istatistikleri, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, http://web.ogm.gov.tr/Dkmanlar/istatistikler/ormancilik_ist_2009.pdf, Erişim: 06.02.2013.

Ek 1. Kaynaklar

Genel kabul görmüş ilkelere uygun olarak, her bir yayının yazarı, yayın yılı, başlığı, yayıncısı, sayfa numarası ve gerekli diğer bilgileri verilmelidir.

Elektronik kaynaklar: Sıradan bir internet sitesi gibi güvenilirliği ve devamlılığı şüpheli olan elektronik kaynaklar tercih edilmemelidir. Eğer bir kaynağın hem elektronik hem de basılı hali mevcutsa, basılı olanı referans gösterilmelidir.

Eğer kullanılacaksa, elektronik kaynaklar da basılı kaynaklar gibi düşünülmeli; yazar, yayın yılı, makale veya internet sayfasının başlığı, yayıncı adı ve yeri verilmelidir. Sadece çevrimiçi yayın yapan dergilerde DOI numarası da kaynağın sonuna eklenmelidir.

Standartlar/Standarts

TS 2472, 2005. Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. TSE, Ankara

ASTM-D 1413-007, 2007. Standart test methods of testing wood preservatives by laboratory soilblock cultures. Annual Book of ASTM Standarts, USA.

Çeviri kaynak/Translated reference

Eyüboğlu, A.K., 1979. Fidan (Çeviri: Cleary, B.D., Greaves, R.D., Owston, P.W., 1978. Seedlings. Oregon State University, School of Forestry, Forest Service U.S. Department of Agriculture, Corvallis, Oregon, USA). Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2:31-69.

Proje raporu/Project report

Yılmaz, E., Abbak, A., Kırış, R., Sayın, M.A., 2015. Orman Amenajman Planlamasının Sosyal Boyutu: Pozantı Orman İşletme Şefliğinde Örnek Uygulama. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: 20.5315/2014-2015, Tarsus.

Teknik rapor/Technical report

Davis, C.T., Kellogg, L.D., 2005. Measuring Machine Productivity with the MultiDAT Datalogger: a Demonstration on Three Forest Machines. USDA Forest Service, General Technical Report, PSWGTR-194.

Keskin, S., 1989. Kokulu Ardıç (*J. foetidissima* Willd.) ve Boylu Ardıç (*J. excelsa* Bieb.) Çeliklerinin Köklendirilmesi Üzerine Çalışmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Raporlar Serisi, No: 36-39, Ankara.

Teknik bülten/Technical bulletin

Eyüboğlu, A.K., Atasoy, H., Küçük, M., 1992. Doğu Karadeniz Bölgesinde Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Orijin Denemelerinin 9 Yıllık Sonuçları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi, No: 237, Ankara.

