



ormancılık araştırma DERGİSİ

Turkish Journal of Forestry Research

Yıl
Year 2022

Cilt
Volume 9

Sayı
Issue 1

ISSN 2149-0783
e-ISSN 2149-0775

ORMAN GENEL MÜDÜRLÜĞÜ General Directorate of Forestry



OGM

1839

TÜBİTAK ULAKBİM Dergipark
<http://dergipark.gov.tr/ogmoad>



Ormanlık Araştırma Dergisi

Cilt: 9 Sayı: 1
ISSN: 2149-0783
e-ISSN:2149-0775
Haziran 2022
Yayın Süreli Yayın
Yılda 2 Defa Yayınlanır
(Haziran-Aralık)

Sahibi

Orman Genel Müdürlüğü adına,
Daire Başkanı
Mehmet KOÇ

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Murat BAŞAR

Editörler Kurulu

Mehmet ÇALIKOĞLU
Fatma FEYZİOĞLU
Ercan VELİOĞLU
Hüseyin KARATAY
Ali KAVGACI
Erdal ÖRTEL
Gaye KANDEMİR
Mehmet Güneç NEGİZ
Şükrü Teoman GÜNER
Sevda POLAT
Filiz YÜKSEK
Neşat ERKAN
Ersin YILMAZ
Taner OKAN
Mustafa BATUR
Nur DİKTAŞ BULUT
Hadiye BAŞAR
Oğuzhan SARIKAYA
Halil İbrahim YOLCU
Akif KETEN
Coşkun KÖSE
Gökhan GÜNDÜZ
Nadir YILDIRIM
Deniz AYDEMİR
Ümmühan ASLAN
Şaban ÇETİNER

Yazışma Adresi

Orman Genel Müdürlüğü Dış
İlişkiler Eğitim ve Araştırma
Dairesi Başkanlığı, Beştepe
Mahallesi Söğütözü Caddesi
No: 8/1 06560 Yenimahalle /
ANKARA

Tel: 0312 248 17 10-11-69

Fax: 0312 248 17 12

Baskı: Orman Genel Müdürlüğü
Matbaası

Tel: 0312 248 17 10-76

Baskı Tarihi: Haziran.2022

Sorumlu Editörler*Corresponding Editors*

| | |
|--|--|
| Baş Editör <i>Editor in Chief</i> | Murat BAŞAR <i>Orman Genel Müdürlüğü, Ankara</i> |
| Yetiştirme <i>Growing</i> | Gaye KANDEMİR <i>Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara</i> |
| Ekoloji <i>Ecology</i> | Sevda POLAT <i>Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarsus</i> |
| İşletme <i>Forest Management</i> | Neşat ERKAN <i>Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa</i> Mustafa BATUR <i>Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü, İzmir</i> Ş. Teoman GÜNER <i>Bartın Üniversitesi, Bartın</i> |
| Koruma <i>Conservation</i> | Akif KETEN <i>Düzce Üniversitesi, Düzce</i> |
| Orman Ürünleri <i>Forest Products</i> | Deniz AYDEMİR <i>Bartın Üniversitesi, Bartın</i> |
| Dil Editörleri <i>Language Editors</i> | Şaban ÇETİNER <i>Orman Genel Müdürlüğü, Ankara</i> Ümmühan ASLAN <i>Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Antalya</i> |

Danışma Kurulu Advisory Board

| | |
|---|---|
| İslah <i>Tree Breeding</i> | Mehmet ÇALIKOĞLU, <i>Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Antalya</i> Nebi BİLİR, <i>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta</i> Servet ÇALIŞKAN, <i>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul</i> |
| Yetiştirme <i>Growing</i> | Ali KAVGACI, <i>Karabük Üniversitesi, Karabük</i> Ayşe DELİGÖZ, <i>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta</i> Fahrettin TİLKİ, <i>Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin</i> Mustafa YILMAZ, <i>Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa</i> |
| Ekoloji <i>Ecology</i> | Ender MAKİNECİ, <i>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul</i> Ferhat GÖKBULAK, <i>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul</i> Kürşad ÖZKAN, <i>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta</i> Ömer KARA, <i>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon</i> |
| İşletme <i>Forest Management</i> | Bekir KAYACAN, <i>İstanbul Üniversitesi, İstanbul</i> Sacit KOÇER, <i>Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araş. Enst., İzmit</i> Yılmaz ÇATAL, <i>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta</i> |
| Koruma <i>Conservation</i> | H. Tuğba DOĞMUŞ LEHTİJARVİ, <i>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta</i> İsmail DEMİR, <i>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon</i> Ömer KÜÇÜK, <i>Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu</i> |
| Orman Ürünleri <i>Forest Products</i> | Arif KARADEMİR, <i>Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa</i> Fatih MENGELOĞLU, <i>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Maraş</i> M. Hakkı ALMA, <i>Iğdır Üniversitesi, Iğdır</i> Temel ÖZEK, <i>Anadolu Üniversitesi, Eskişehir</i> Türker DÜNDAR, <i>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul</i> |

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

| | | |
|--|--|--------|
| Ekoloji / Ecology | Araştırma makalesi / Research article | |
| İç Anadolu Bölgesindeki karaçam ağaçlandırmalarının odunsu tür ve taksonomik çeşitliliği / <i>Woody species and taxonomic diversity of black pine plantations in the Inner Anatolian Region</i> | | 1-11 |
| Şükrü Teoman GÜNER, Münevver ARSLAN, Kürşad ÖZKAN, Aydın ÇÖMEZ, Rıza KARATAŞ, Nejat ÇELİK | | |
| İşletme / Forest Management | Araştırma makalesi / Research article | |
| Türkiye'nin ilk orman planlama ünitesindeki teknik ve yapısal değişimlerin 100 yıllık değerlendirilmesi / <i>Centennial evaluation of technical and structural changes in the first forest planning unit of Turkey</i> | | 12-34 |
| Abbas ŞAHİN, İnci ÇAĞLAYAN, Hasan BÜYÜK, Halil KARADEMİR, Asalettin AKSU, Halim ŞAHİN | | |
| Orman Ürünleri / Forest Products | Araştırma makalesi / Research article | |
| <i>Marchalina hellenica</i> Genn.'in konuk olduğu kızılçamın (<i>Pinus brutia</i> Ten.) fenolik bileşenlerinin belirlenmesi / <i>Determination of phenolic compounds of Turkish red pine (Pinus brutia Ten.) infested by Marchalina hellenica Genn.</i> | | 35-43 |
| Mustafa Burak ARSLAN, Selçuk KÜÇÜKAYDIN, Bihter ŞAHİN, Mehmet Emin DURU, Halil Turgut ŞAHİN | | |
| İşletme / Forest Management | Araştırma makalesi / Research article | |
| İzmir Orman Bölge Müdürlüğü fıstıkçamı (<i>Pinus pinea</i> L.) meşcerelerinde kütük çapı-göğüs çapı ilişkisinin modellenmesi / <i>Modeling the relationship between stump diameter and diameter at breast height for stone pine (Pinus pinea L.) stands at Izmir Regional Directorate of Forestry</i> | | 44-60 |
| Niyazi ÖZÇANKAYA, Mustafa BATUR | | |
| İşletme / Forest Management | Araştırma makalesi / Research article | |
| Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki sedir ve karaçam ağaçlandırmalarının büyüme ve karbon birikimi açısından uzun dönem sonuçlarının değerlendirilmesi / <i>Evaluation of long term results of cedar and black pine afforestation in Eastern Anatolia Region in terms of growth and carbon sequestration</i> | | 61-69 |
| Neşat ERKAN | | |
| Yetiştirme / Growing | Araştırma makalesi / Research article | |
| Plant, tuber and seed properties of <i>Himantoglossum robertianum</i> (Loisel.) P. Delforge and <i>Orchis italica</i> Poiret / <i>Himantoglossum robertianum</i> (Loisel.) P. Delforge (Patpatanak) ve <i>Orchis italica</i> Poiret'in (Tavşan topuğu) bitki, yumru ve tohum özellikleri | | 70-80 |
| Salih PARLAK | | |
| İşletme / Forest Management | Araştırma makalesi / Research article | |
| El tipi mobil LiDAR teknolojisinin orman envanterlerinde kullanımı: Artvin-Şavşat örneği / <i>Using handheld mobile LiDAR technology in forest inventories: Artvin-Şavşat case</i> | | 81-96 |
| Can VATANDAŞLAR, Mustafa ZEYBEK, Ergin Çağatay ÇANKAYA, Tugay DEMİRASLAN, Cahit ŞAHİN, Yasin GÜNDÜZ, Ümit KORKMAZ, Mehmet Latif AVCI | | |
| Koruma / Conservation | Araştırma makalesi / Research article | |
| Eşenadası Alageyik Üretme İstasyonunda bulunan Alageyik (<i>Dama dama</i> Linnaeus, 1758) popülasyonu üreme parametrelerinin fotokapan ile belirlenmesi / <i>Determination of some reproductive traits of Fallow Deer (Dama dama Linnaeus, 1758) by Cam-trackers at Eşenadası Production Station</i> | | 97-107 |
| Halil İbrahim YOLCU, Ayhan SERTTAŞ, Uğur Melih ALKAN, Yasin ÜNAL, Süleyman ESEN, Serhat YILDIRIM | | |

İç Anadolu Bölgesindeki karaçam ağaçlandırmalarının odunsu tür ve taksonomik çeşitliliği

Woody species and taxonomic diversity of black pine plantations in the Inner Anatolian Region

Şükrü Teoman GÜNER¹

Münevver ARSLAN²

Kürşad ÖZKAN³

Aydın ÇÖMEZ⁴

Rıza KARATAŞ²

Nejat ÇELİK²

¹ Bartın Üniversitesi, Ulus Meslek Yüksekokulu, Ormanlık Bölümü, Bartın

² Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir

³ Sparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi, Sparta

⁴ Batı Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bolu

Sorumlu yazar (Corresponding author)

Münevver ARSLAN

munevverarslan@ogm.gov.tr

Geliş tarihi (Received)

20.05.2021

Kabul Tarihi (Accepted)

16.07.2021

Sorumlu editör (Corresponding editor)

Sevda POLAT

sevdapolat@ogm.gov.tr

Atıf (To cite this article): Güner, Ş , Arslan, M , Özkan, K , Çömez, A , Karataş, R , Celik, N . (2022). İç Anadolu Bölgesindeki karaçam ağaçlandırmalarının odunsu tür ve taksonomik çeşitliliği . Ormanlık Araştırma Dergisi , 9 (1) , 1-11 . DOI: 10.17568/ogmoad.939783

Öz

Bu çalışmada, İç Anadolu Bölgesi'ndeki Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) ağaçlandırmalarının yetişme ortamı özellikleri ve bonitet sınıfları ile odunsu bitki çeşitliliği (tür çeşitliliği, taksonomik çeşitliliği) arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Çalışmada 90 örnek alana ait yetişme ortamı faktörleri ile 38 bitki türü verileri kullanılmıştır. Örnek alanlar iyi bonitet (A) ve kötü bonitet (B) olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır. Tür çeşitliliği, Shannon indisi H ile belirlenmiştir. Taksonomik çeşitlik hesabında ağırlıklı ve ağırlıksız taksonomik çeşitlilik (To , uTo) ile taksonomik mesafe (To^+ , uTo^+) indisleri kullanılmıştır. Shannon İndisi (H) ile bonitet sınıfı, eğim, yükselti, faydalanılabilir su kapasitesi, organik karbon ve yıllık yağış arasında pozitif; yıllık ortalama sıcaklık ve boylam arasında ise negatif ilişkiler belirlenmiştir. Taksonomik çeşitlilik, taksonomik mesafe ve tür çeşitliliği bakımından bonitet sınıfları arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Taksonomik çeşitlilik ve tür çeşitliliği karaçamın verimli olduğu alanlarda daha yüksek bulunmuştur. Karaçam ağaçlandırma alanlarında en sık rastlanan taksonlar, az sayıda benzer cins ve familyaya bağlıdır. Bu durumun taksonomik çeşitlilikte azalma ve taksonomik mesafede daralmaya neden olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bonitet sınıfı, çevresel faktörler, Shannon İndisi, taksonomik çeşitlilik, taksonomik mesafe

Abstract

The present study was carried out to examine the relationships between the site factors and site classes of Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) plantations and woody plant diversity (species diversity and taxonomic diversity) in the Inner Anatolian Region. In this study, site factors and 38 plant species data taken from 90 sample plots were evaluated. The sample plots were divided into 2 categories (i.e. productive (A) and unproductive (B)). Species diversity was estimated using Shannon index (H). For estimation of taxonomic diversity, weighted and unweighted taxonomic diversity (To , uTo), and taxonomic distinctness (To^+ , uTo^+) indices were employed. Shannon (H) is positively associated with site class, slope, elevation, available water capacity, organic carbon and annual precipitation and negatively associated with mean annual temperature and longitude. In terms of taxonomic diversity, taxonomic distinctness and species diversity, significant differences were found among the site classes. In comparison with unproductive sites of black pine, its productive sites are richer in taxonomic diversity and species diversity. The most common taxa gather in a few of similar genera and families in the afforestation areas. This situation may probably be due to reduction in taxonomic diversity and restriction in taxonomic distinctness.

Keywords: Environmental factors, Shannon indices, site class, taxonomic distinctness, taxonomic diversity



Creative Commons Atıf -
Türetilemez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

1. Giriş

Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki ekosistemler, ekstrem koşullar, yetersiz yağış, yüksek sıcaklık, sığ ve organik maddece fakir topraklar ve benzeri sebeplerle oldukça kırılgandır (Çalışkan ve Boydak, 2017). Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yarı kurak iklim koşulları hakimdir (Akman, 1999). Bu hassas ekosistemlerdeki orman alanları çeşitli insan faaliyetleri sonucunda (tarım ve hayvancılık, yerleşme, barınma ve yakacak odun temini vb.) tahrip edilmiştir (Kahveci, 2017; Çalışkan ve Boydak, 2017). Nitekim, Türkiye'de insan yerleşiminden önce tahminen 50 milyon ha olan orman alanı (Ürgenç, 1998), 2012 yılına kadar geçen sürede 21,7 milyon hektara düşmüştür (Boydak ve Çalışkan, 2014).

Türkiye'de orman alanlarının iyileştirilmesi ve geçmişte orman vasfındaki alanların tekrar ağaçlandırma yoluyla orman alanlarına dönüştürme çalışmaları hızlı bir şekilde devam etmektedir. Derin kök sistemi oluşturan ve kanaatkâr bir tür olan Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Asch. & Graebn.], kurak ve yarı kurak alanların ağaçlandırılmasında en çok kullanılan ağaç türlerinden biridir (Ürgenç, 1998; Güner ve ark., 2016).

Ağaçlandırma çalışmalarının tür çeşitliliğini azalttığı konusundaki tartışmalar günümüzde de hâlâ devam etmektedir. Bazı araştırmacılar doğal tür çeşitliliğinin sürdürülebilirliği ve korunması açısından doğal orman kalıntılarının veya türlerinin korunarak ağaçlandırmanın uygun olduğunu savunurken (Heinrichs ve ark., 2018), ağaçlandırmanın tür çeşitliliğini azalttığını ortaya koyan çalışmalar da mevcuttur (Andrés ve Ojeda, 2002; Alrababah ve ark., 2007; Braun, 2015). Ancak, dikim ve ekim yoluyla ağaçlandırmanın, bozulmuş arazilerde yeni ormanların kurulması, kurak ve yarı kurak ekosistemlerde bozulmuş ormanların restorasyonu için temel bir araç olduğu da bir gerçektir (Çalışkan ve Boydak, 2017).

Yapılan araştırmalara göre ağaçlandırmanın tür çeşitliliği üzerindeki etkisi, ağaç türüne, kapalılığa, yetişme ortamına, ağaçlandırmanın yaşına ve ağaçlandırma yapılmadan önceki vejetasyonun durumuna göre farklılık göstermektedir (Carnus ve ark., 2006; Paillet ve ark., 2010; Duan ve ark., 2009; Bremer ve Farley, 2010; Chen ve ark., 2016; Guzmán-Mendoza ve ark., 2020). Ancak toprak koruma ve bozulmuş ormanların iyileştirilmesinde ağaçlandırmanın gerekliliği de ortadadır.

Taksonomik çeşitlilik, türlerin morfolojik veya fonksiyonel özelliklerine ve taksonomik ayırımına

(cins, familya, takım, sınıf, alem) dayanmaktadır. Türlerin taksonomik özelliklerine sayısal değerler verilmek suretiyle yapılabildiği gibi türlerin var/yok, bolluk ve frekans verilerinin dahil edilmesiyle de taksonomik çeşitlilik hesaplamaları yapılabilmektedir. Taksonomik çeşitlik türlerin taksonomik sınıflandırılmasına dayandırıldığında aynı zamanda genetik özelliklerini de yansıtmaktadır. Genetik çeşitlilik ise ekosistem çeşitliliğinin belirlenmesinde tür çeşitliliği, yapısal çeşitlilik ve fonksiyonel çeşitlilik indisleri gibi belirlenmesi gerekli bileşenlerden biridir (Özkan, 2010).

Tür çeşitliliği ve ekosistem işlevi arasındaki ilişki, dünya çapındaki tür kaybıyla birleştiğinde, dikkate değer bir konu haline gelmiştir (Zhang ve Zhang, 2002). Verimlilik, ekosistem işlevlerini değerlendirmek için kullanılan önemli yöntemlerden biridir (Tilman, 1999). Bu nedenle bitki-tür çeşitliliği ile ekosistem işlevi arasındaki ilişkinin daha iyi bilinmesi, tüm ekosistemlerin anlaşılmasına yardımcı olacaktır (Wang ve ark., 2009).

Daha önce Türkiye'de karaçam ağaçlandırma alanlarında taksonomik çeşitlilik/mesafe indislerine yönelik bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Yetiştirme ortamının verimliliği bitki tür çeşitliliği üzerinde etkili olan faktörlerden biridir (Güner ve ark., 2011). Bu çalışmada İç Anadolu Bölgesi'ndeki Anadolu karaçamı ağaçlandırmalarında taksonomik çeşitliliğin/ mesafenin, bonitet sınıfına göre farklılıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda bu çeşitlilik bileşenleri ile çevresel (edafik, fizyografik ve iklim) faktörler arasındaki ilişkiler de ortaya konulmuştur. Ayrıca ağaçlandırmaların tür ve taksonomik çeşitlilik/mesafe üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla farklı ülkelerde yapılan çalışmalarla konunun daha iyi değerlendirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Örnek alanlar, İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Eskişehir ve Afyonkarahisar illerinde 838 – 1700 metre yükseltiler arasındaki ağaç katı kapalılığı oluşmuş karaçam ağaçlandırma alanlarından alınmıştır. Örnek alanlar, genel olarak ağaç katı kapalılığının %85 civarında olduğu yerlerden seçilmiştir. Ağaç katı kapalılığı subjektif olarak tahmin edilmiştir. Çalışma üç farklı verim sınıfında (I., II. ve III. bonitet) bulunan 90 örnek alanda yürütülmüştür. Örnek alanlar, 15 ağacı kapsayacak şekilde 10 × 10 m veya 10 × 20 m büyüklüğünde alınmıştır. Odunsu taksonlara (çalı, ağaççık ve ağaç) ait ölçümler Braun-Blanquet (1932) skalasına göre belirlenmiştir. Bitki örneklerinin teşhisi için Herbaryum tekniklerine uygun şekilde bitki örnekleri alınıp kurutulmuştur. Örnek alanlarda fizyografik

faktörlerden yükselti (m), eğim (%) ve bakı (°) arazi belirlenmiştir. Yamaç konumu, sayısal harita üzerinde yamaç uzunluğunun yüzde oranı (Zech ve Çepel, 1972) şeklinde hesaplanmıştır. Her örnek alanda açılan toprak çukurunda, mineral toprak horizonlarına ayrılmış ve ayrılan horizonlardan 1 litrelik silindir ile toprak örnekleri alınmıştır. Yetiştirme ortamının verimliliği bitki tür çeşitliliği üzerinde etkili olan faktörlerden biridir. Bu çalışmada özellikle taksonomik çeşitlilikle verimlilik (bonitet sınıfı) arasındaki ilişkileri belirlemek için meşcere üst boyuna sahip beş ağaçta yaş ve boy ölçümleri yapılmıştır.

2.1. Laboratuvar ve büro çalışmaları

Toprak örnekleri hava kurusu haline getirildikten sonra porselen havanda öğütülmüş ve daha sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Toprak reaksiyonu (pH) 1:2,5 oranında saf suyla muamele edilmiş ve cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür. Organik karbon (Corg) Wakley-Black ıslak yakma metoduyla (Gülçur, 1974) belirlenmiştir. Faydalanılabilir su kapasitesi (FSK) tarla kapasitesi (1/3 atmosfer) ve solma noktasındaki (15 atmosfer) rutubet içerikleri arasındaki fark ile hesaplanmıştır (Çepel, 1985). Toprak tuzluluğu (EC) saf su ile (1 toprak/2,5 saf su) doyurulan toprak örneğinde 25°C'deki elektrik iletkenliği miliSiemens/cm olarak ölçülmüştür (Jackson, 1962). Toplam kireç Scheibler kalsimetre ile tayin edilmiştir (Gülçur, 1974). Alınabilir fosfor (P) alkalin reaksiyonlu topraklarda Olsen Metodu, asit reaksiyonlu topraklarda Modifiye Bray ve Kurtz No.1 Metodu ile analiz edilmiştir (Ülgen ve Ateşalp, 1972). Topraklardaki K, Na, Ca ve Mg tayini amonyum asetat metodu ile yapılmıştır (Kacar, 1994). Katyon değişim kapasitesi (KDK) sodyum asetat metodu ile belirlenmiştir (Chapman ve Pratt, 1982; Karaöz, 1990).

Bitki örnekleri, Türkiye Florasından yararlanılarak teşhis edilmiştir (Davis, 1965-1982).

2.2. Değerlendirme ve sayısal analizler

Karaçam ağaçlandırma alanları için hazırlanan hasılat tablosundan (Yavuz ve ark., 2004) yararlanılarak örnek alanların bonitet sınıfı belirlenmiştir. İstatistiksel değerlendirme yapılmadan önce I. ve II. bonitet sınıfındaki örnek alanlar iyi bonitet, III. bonitet sınıfındaki örnek alanlar ise kötü bonitet sınıfında değerlendirilmiştir.

Toprak örneklerinin birim hacimdeki değerleri mutlak derinliğe (B horizonunun alt sınırı) göre değerlendirilmiştir. Bakı, radyasyon indisine (RT) dönüştürülerek (Moisen ve Frescino, 2002) sayısal analizlerde kullanılmıştır. Tür çeşitliliği ve takso-

nomik çeşitlilik/mesafe hesaplamalarına karaçam haricinde ağaçlandırma sonrası alanda bulunan odunsu türlere ait değerler hesaplamalarda kullanılmıştır. Karaçamın örtme yüzdesi tüm örnek alanlarda aynı olduğundan, ayrıca bazı örnek alanlarda taksonomik mesafeyi yapay olarak artırılması açısından sayısal analizlere dâhil edilmemiştir.

Tür çeşitliliği hesaplamaları için vejetasyon tablosundaki bolluk-örtüş değerleri 0-7 aralığındaki değerlere ($r = 1, + = 2, 1 = 3, 2 = 4, 3 = 5, 4 = 6, 5 = 7$) çevrilerek sayısallaştırılmıştır (Van der Maarel, 1979). Bitki tür çeşitliliğinin belirlenmesinde Shannon indisi (H) kullanılmıştır (Shannon, 1948; Özkan, 2016).

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

Eşitlikte S tür sayısını ve p_i türlerin oransal değerlerini ifade etmektedir. Shannon indisine ait hesaplamalar, Biyolojik Çeşitlilik Bileşen (Biçeb) Hesaplama Yazılımında gerçekleştirilmiştir (Özkan ve ark., 2020).

Taksonomik çeşitlilik ve taksonomik mesafe hesabında Özkan (2018) tarafından geliştirilen indisler kullanılmıştır. Bu indislerin çekirdek eşitliği Deng Entropisi'dir. Deng entropisi (Ed) aşağıda gösterilen eşitlik ile belirlenmiştir (Deng, 2016).

$$Ed = - \sum_i m(F_i) \ln \frac{m(F_i)}{2^{|F_i|} - 1} \quad (2)$$

Eşitlikte bulunan F_i kütle fonksiyonunun m oransal değeridir. $|F_i|$ ise F_i 'nin eleman sayısını ifade etmektedir.

Taksonomik çeşitlilik dilimleme esasına dayandığı için $m(F_i)$ 'nin hesabı aşağıdaki eşitliğe denk gelmektedir.

$$m(F_i) = m(F_k)^0 / \sum m(F_k)^0 \quad (3)$$

Burada $\sum m(F_k)^0$ ilgili adımda arda kalan tür sayıdır. $m(F_k)^0 = 1$ ve ilk adımda $\sum m(F_k)^0 = S$ olup, S örnek alandaki toplam tür sayısını ifade etmektedir.

Deng entropisi Linnean taksonomik sistemine göre her bir seviye için hesaplanmaktadır. Bu durumda $Ed_s, Ed_G, Ed_F, Ed_O, Ed_C, Ed_P$ ve Ed_K sırasıyla tür (S), cins (G), familya (F), takım (O), sınıf (C), şube (P) ve alem (K) seviyelerindeki Deng entropi değerlerini temsil etmektedir. Deng entropisi tür seviyesinde Shannon entropisine eşit olur ($Ed_s = H$). Çünkü tür seviyesinde kanaat sadece tek element-

lere göre ya da her bir tür için atanmaktadır. Diğer bir deyişle bütün elementlerin (türlerin) oransal veya sayısal değerleri tür seviyesinde bilinmektedir. Deng entropisine dayalı taksonomik çeşitlilik ölçümü (pTo) aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$pTo = \ln \left(\frac{\sum_{n_k=0}^{n_s} (n_s - n_k) \left(\prod_{i=1}^{i=7} \left(w_i \left(\frac{e^{Ed_s}}{e^{Ed_i}} + 1 \right) \right) \right)}{n_s + \sum n_k} \right) \quad (4)$$

Eşitlikte $e = 2,71828$ olan sayısal sabiteyi ifade etmektedir, n_s adım sayısını ve n_k , k . adımı ifade etmektedir. i taksonomik seviyelerin sıra numarasıdır ve w_i ağırlıklandırılmış değerleri ifade etmektedir.

pTo taksonomik çeşitlilik ölçümünün genel göstere midir. Eğer w_i tür seviyesinden alem seviyesine kadar artan bir değer alıyor ise (tür seviyesinde $w_i = 1$ alem seviyesine $w_i = 7$) o zaman pTo , ağırlıklandırılmış taksonomik çeşitlilik ölçümünü (To) eğer tüm taksonomik seviyelerde sabit ise pTo , ağırlıksız taksonomik çeşitlilik ölçümünü (uTo) ifade etmektedir.

Taksonomik mesafe ölçümünde (pTo^+) türlerin var/yok verileri kullanılmaktadır.

$$pTo^+ = \ln \left(\prod_{i=1}^{i=7} \left(w_i \left(\frac{e^{Ed_s}}{e^{Ed_i}} + 1 \right) \right) \right) \quad (5)$$

Eşitlik 5, eşitlik 4'te verilen taksonomik çeşitlilik ölçümünün (pTo) temelidir. Zira $n_s = 1$ ve $nk = 0$ durumunda eşitlik 4 (pTo) eşitlik 5' e (pTo^+) indirgenmektedir. pTo^+ tür seviyesinden alem seviyesine kadar artan bir değer alıyor ise ağırlıklandırılmış taksonomik mesafe (To^+) eğer bütün taksonomik seviyeler için $w_i = 1$ ise ağırlıklandırılmamış taksonomik mesafe (uTo^+) olarak isimlendirilir (Özkan, 2018).

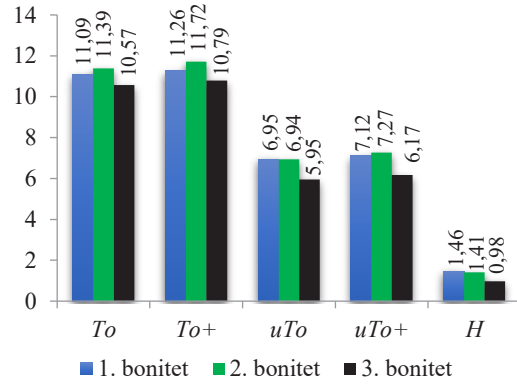
To , uTo , To^+ ve uTo^+ ölçümlerinin hesaplanması Özkan ve ark. (2018) tarafından "Macrotak-divozkan" ismi altında geliştirilen bir makro program aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. ve hesaplamaları yapılmadan önce türlerin bolluk-örtüş değerleri Van der Maarel (1979)'in skalasına çevrilerek sayısallaştırılmıştır. To^+ ve uTo^+ hesaplarında ise daha önceden bahsedildiği üzere türlerin var/yok verileri kullanılmıştır.

H , taksonomik çeşitlilik ve taksonomik mesafe ile çevresel değişkenler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Bonitet sınıfları (iyi bonitet ve kötü bonitet) ile taksonomik çeşitlilik, taksonomik mesafe ve tür çeşitliliği arasındaki farklı-

lıklar normal dağılım göstermediğinden T testinin alternatifi olan Mann-Whitney Testi ile analiz edilmiştir (Özdamar, 2009).

3. Bulgular ve Tartışma

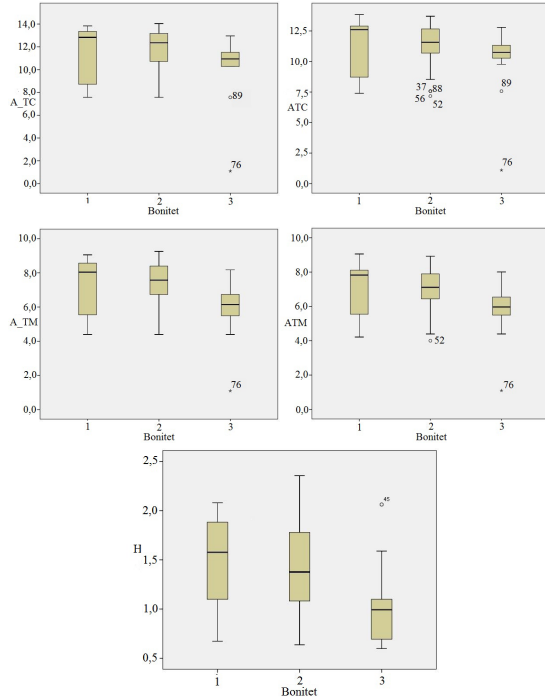
Çalışma sonucunda karaçam ağaçlandırma alanlarında 38 farklı odunsu takson tespit edilmiştir (Ek 1). Ağaçlandırma sahalarında tespit edilen 3 bonitet sınıfına göre tür çeşitliliği (H), ağırlıklı taksonomik çeşitlilik (To), ağırlıksız taksonomik çeşitlilik (uTo), ağırlıklı taksonomik mesafe (To^+) ve ağırlıklandırılmamış taksonomik mesafe (uTo^+) sonuçları Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. En yüksek taksonomik çeşitlilik II. bonitet ve I. bonitet sınıfında tespit edilmiştir. En düşük taksonomik çeşitlilik ise III. bonitet sınıfında bulunmuştur. En yüksek ortalama tür çeşitliliği (H) 1,46 değeriyle I. bonitette, en düşük ortalama tür çeşitliliği 0,98 değeri ile III. bonitette belirlenmiştir.



Şekil 1. Bonitet sınıflarına göre tür çeşitliliği ve taksonomik çeşitlilik/mesafe grafiği
Figure 1. Species diversity and taxonomic diversity/distinctness graph by bonitet classes

Örnek alanların tür ve taksonomik çeşitlilik/mesafe indislerine ait sonuçlar Ek 2'deki çizelgede verilmiştir. En yüksek tür çeşitliliği genel olarak iyi bonitet alanlarındadır. Ancak odunsu tür sayısı 2 adet olan tüm örnek alanlar ister iyi bonitet sınıfında, ister kötü bonitet sınıfında olsun tür çeşitliliği de oldukça düşüktür. Bu durum beklenen bir sonuçtur. En yüksek tür çeşitliliği en fazla odunsu türün (12 adet) yer aldığı örnek alanda (53. örnek alan) bulunmuştur. Guzmán-Mendoza ve ark. (2020) Meksika ılıman ormanlarında egzotik ağaç türüyle yapılan ağaçlandırma alanındaki tür zenginliğinin (tür sayısı) doğal orman alanına göre daha fazla olduğunu ancak ağaçlandırma alanında tür zenginliğini artıran, ağaçlandırma yapılmadan önce alanda bulunmayan ancak daha sonra alana gelen yabancı otların ortaya çıkmasını, ekolojik bir fakirleşme olarak nitelemişlerdir. Çalışma alanlarımız ağaç-

landırmalarında kullanılan karaçam, doğal olarak İç Anadolu Bölgesi'nde yayılış göstermektedir. Bunun bir sonucu olarak çalışma alanında tespit edilen odunsu taksonlar, *Robinia pseudoacacia* L. haricinde genel olarak doğal karaçam orman alanlarında bulunan taksonlardan oluşmaktadır. Dolayısıyla karaçam ağaçlandırma alanlarında ekolojik bir fakirleşmenin, en azından odunsu türler açısından görülmediği söylenebilir.



A_ : Ağırlıklandırılmamış; A: Ağırlıklandırılmış; TC: Taksonomik çeşitlilik; TM: taksonomik mesafe; H: Shannon indisi (A_: Unweighted; A: Weighted; TC: Taxonomic diversity; TM: Taxonomic distinctness)

Şekil 2. Bonitet sınıflarına göre tür çeşitliliği, taksonomik çeşitlilik/mesafe kutu grafiği

Figure 2. Species diversity and taxonomic diversity/distinctness box plot by site class

Oğuzoğlu ve ark. (2013)'nın Köprülü Kanyon Tabiat Parkı'nda (Antalya) yaptıkları çalışmada, taksonomik çeşitlilik ile çevresel faktörler arasında yapılan regresyon analizine göre yükselti ile eğrisel bir ilişki bulunurken, aynı alanda taksonomik çeşitliliğin potansiyel dağılım modellemesinde kullanılan regresyon ağacı modelinde ise en yüksek taksonomik çeşitlilik (minimum 3,427 ve maksimum 4,459) değeri 4,214 ile eğimin %81,8'den büyük olduğu örnek alanlarda bulunmuştur (Mert ve Özkan, 2017). Çalışmamızda ağırlıklı taksonomik çeşitlilik (To) ve ağırlıksız taksonomik çeşitlilik (uTo) ile çevresel faktörlerden sadece kötü BS arasında negatif bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 1). Taksonomik çeşitliliği etkileyen faktörler yetişme ortamı özelliklerine ve bitki örtüsüne göre farklılık göstermektedir.

İyi bonitet sınıfında uTo değeri daha yüksektir. Ağırlıklı (To^+) ve ağırlıksız taksonomik mesafe (uTo^+) ile BS arasında negatif yönde önemli bir ilişki bulunmuştur. BS değeri arttıkça yani kötü bonitet sınıfında, taksonomik mesafe indis değerleri azalmaktadır. Taksonomik mesafe değerleriyle eğim, organik karbon (Corg) ve faydalanılabilir su kapasitesi (FSK) arasında birbirine benzer pozitif yönde ilişkiler tespit edilmiştir.

Tür çeşitliliği ile çevresel faktörler arasında en yüksek ilişki, eğim ve bonitet sınıfı arasında tespit edilmiştir (Tablo 1). Eğim ve tür çeşitliliği arasında pozitif ilişki varken kötü bonitet sınıfıyla negatif ilişki söz konusudur. Eğimin arttığı örnek alanlarda taksonomik mesafe indis değerleri ve tür sayısı daha fazladır. Dolayısıyla tür sayısının fazla olduğu alanlarda tür çeşitliliği indis değeri de daha yüksektir. Buna bağlı olarak taksonomik mesafe indis değerleri de artmaktadır. Aslında burada eğimin etkisi, düz arazilere göre eğimli arazilerde meşcere içine daha fazla ışığın girmesiyle ilgilidir. Bonitet sınıfı değeri arttıkça (kötü bonitet sınıfı) tür çeşitliliği ve aynı şekilde taksonomik mesafe indislerine ait değerler de azalmaktadır.

Boylam değeri ve sıcaklık ile tür çeşitliliği arasında negatif ilişkiler bulunmuştur. Çalışma alanı, İç Anadolu Bölgesi'nin çevresinde yer alan illerde konumlanmaktadır. İç Anadolu'nun ortasına doğru step vejetasyonunun yer aldığı geniş ovalar bulunmaktadır. Bu bölgenin iç kesimlerine doğru yağış miktarı azalmakta, gündüz sıcaklığı ise artmaktadır. Dolayısıyla İç Anadolu'nun iç kesimlerine doğru boylam ve sıcaklık değerleri de artmakta ve buna bağlı olarak kuraklık da artmaktadır. Bu durum odunsu tür çeşitliliğinde azalmaya neden olabilir. Yükselti, yıllık yağış, faydalanılabilir su kapasitesi ve organik karbon miktarındaki artışa bağlı olarak tür çeşitliliği de artmaktadır. Yükselti artışına bağlı olarak yağış miktarı da artmaktadır. Özellikle kurak ve yarı kurak iklim koşullarında yağış miktarındaki artış yetişme ortamı koşullarını iyileştirmektedir. Bu durum tür çeşitliliğini de artırmıştır.

Alrababah ve ark. (2007) ağaçlandırmanın yarı kurak Akdeniz otlaklarında bitki örtüsünü ve çeşitliliğini önemli ölçüde azalttığını ve bitki örtüsünün yoğun ağaç örtüsü altında çok düşük veya tamamen yok olduğunu vurgulamışlardır. Diğer bir araştırma sonucunda Akdeniz havzası açık fundalıklarının ağaçlandırılması (çam ağaçlandırması) sonucunda odunsu tür çeşitliliğinin fundalık alanlara göre azaldığı sonucuna ulaşılmıştır (Andrés ve Ojeda, 2002). Bremer ve Farley (2010) ağaçlandırmanın otlak biyoçeşitliliği üzerindeki

etkilerini küresel ölçekte değerlendirdikleri makalede, doğal ve yarı doğal otlakların ormanlara dönüştürülmesinin tür zenginliği ve çeşitliliğinde bir azalmaya yol açtığını göstermişlerdir. Paillet ve ark. (2010) Avrupa ölçeğinde yaptıkları değerlendirmeye göre ağaçlandırmalarda tür zenginliğinin doğal ormanlara göre ilk 20 yılda arttığını, ancak sonrasında azaldığını göstermiştir. Şili’de endüstriyel çam plantasyonlarının (ağaçlandırma) kısmen yerli tür zenginliğini koruduğunu ancak doğal ormanlardan tamamen farklı bir toplum kompozisyonuna sahip olduğu vurgulanmıştır (Heinrichs ve ark., 2018). Çin’de 2600 metredeki meralarda yapılan *Picea crassifolia* Kom. ağaçlandırmalarının tür zenginliğini, tür çeşitliliğini, toprak organik karbonunu, topraktaki N miktarını ve C/N oranını mera alanlarına göre artırdığı, ağaçlandırmanın ileri yaşlarında da bu artışın devam ettiği belirlenmiştir (Chen ve ark., 2016). Chen ve Cao

(2014) ise Çin’de bozulan orman alanında doğal yenilenmeyi sağlamak, tür çeşitliliğini, odun üretimi ile toprak verimliliğini ve suyun yenilenmesini entegre etmek için *Pinus tabulaeformis* Carrière ile yapılan ağaçlandırma alanlarında, düşük meşcere kapalılığının sağlanmasının en uygun müdahale olduğunu vurgulamışlardır. Yine Çin’de Kou ve ark. (2016)’nın yapmış oldukları bir çalışmada, *Robinia pseudoacacia* olgun plantasyonlarının tür zenginliğini azalttığını tespit etmişlerdir. Ancak aynı alanda yapılan çalışmada, odunsu türlerin örtüşündeki azalmayla birlikte tür çeşitliliğinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır (Wang ve ark., 2019). Araştırmalara göre ağaçlandırmaların tür çeşitliliği üzerinde olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi açısından ağaçlandırmada kullanılan türün yöreye uygun seçilmesi ve tür çeşitliliğinin devamlılığı için uygun müdahale yöntemlerinin belirlenmesi veya seçilmesinin önemli olduğu söylenebilir.

Tablo 1. Tür ve taksonomik çeşitlilik/mesafe ile çevresel faktörler arasındaki ilişkiler
Table 1. Relationships between species and taxonomic diversity / distance and environmental factors

| Çevresel Değişkenler | To^+ | | To | | uTo^+ | | uTo | | H | |
|----------------------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------------|----------|
| | PK | <i>p</i> | PK | <i>p</i> | PK | <i>p</i> | PK | <i>p</i> | PK | <i>p</i> |
| Enlem | 0,059 | 0,584 | 0,070 | 0,510 | 0,089 | 0,406 | 0,107 | 0,317 | 0,318** | 0,002 |
| Boylam | -0,037 | 0,730 | -0,016 | 0,882 | -0,174 | 0,101 | -0,156 | 0,141 | -0,111 ^{ns} | 0,299 |
| Yükselti | 0,015 | 0,890 | 0,007 | 0,944 | 0,141 | 0,186 | 0,141 | 0,186 | 0,482** | 0,000 |
| RI | -0,030 | 0,781 | -0,012 | 0,909 | -0,085 | 0,427 | -0,064 | 0,546 | -0,231* | 0,028 |
| Eğim | 0,177 | 0,096 | 0,159 | 0,134 | 0,322** | 0,002 | 0,310** | 0,003 | 0,256* | 0,015 |
| BS | -0,227* | 0,031 | -0,216* | 0,041 | -0,380** | 0,000 | -0,376** | 0,000 | -0,472** | 0,000 |
| Sıcaklık | -0,044 | 0,683 | -0,057 | 0,594 | -0,106 | 0,322 | -0,129 | 0,224 | 0,126 ^{ns} | 0,237 |
| Yağış | -0,014 | 0,895 | -0,029 | 0,788 | 0,099 | 0,351 | 0,089 | 0,405 | -0,322** | 0,002 |
| pH | -0,049 | 0,644 | -0,025 | 0,817 | -0,111 | 0,297 | -0,082 | 0,444 | -0,142 ^{ns} | 0,180 |
| Kt | -0,023 | 0,832 | 0,002 | 0,986 | -0,095 | 0,375 | -0,067 | 0,533 | -0,157 ^{ns} | 0,139 |
| FSK | 0,158 | 0,137 | 0,130 | 0,222 | 0,281* | 0,007 | 0,252* | 0,017 | 0,408** | 0,000 |
| Corg | 0,177 | 0,095 | 0,170 | 0,109 | 0,300** | 0,004 | 0,299** | 0,004 | 0,410** | 0,000 |
| P | 0,039 | 0,715 | 0,046 | 0,669 | 0,042 | 0,693 | 0,052 | 0,630 | 0,030 ^{ns} | 0,781 |
| K | 0,029 | 0,787 | 0,028 | 0,796 | -0,012 | 0,909 | -0,017 | 0,874 | -0,108 ^{ns} | 0,312 |
| Na | 0,149 | 0,161 | 0,137 | 0,198 | 0,176 | 0,097 | 0,161 | 0,129 | 0,162 ^{ns} | 0,127 |
| Ca | 0,025 | 0,814 | 0,040 | 0,706 | -0,040 | 0,708 | -0,025 | 0,815 | -0,140 ^{ns} | 0,187 |
| Mg | 0,015 | 0,885 | 0,021 | 0,845 | -0,061 | 0,571 | -0,059 | 0,580 | -0,158 ^{ns} | 0,138 |
| KDK | 0,011 | 0,915 | 0,024 | 0,821 | -0,061 | 0,565 | -0,050 | 0,639 | -0,179 ^{ns} | 0,092 |

^{ns}: önemsiz, *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, PK: Pearson korelasyon; RI: radyasyon indeksi, BS: bonitet sınıfı, Kt: toplam $CaCO_3$, FSK: faydalanılabilir su kapasitesi, Corg: organik karbon, KDK: kation değişim kapasitesi

Örnek alanlara ait ağırlıklı ve ağırlıksız taksonomik çeşitlilik (To ve uTo), ağırlıklı ve ağırlıksız taksonomik mesafe (To^+ , uTo^+) ile tür çeşitliliği değerleri (H), tür sayısı fazla ve taksonomik kategorileri farklı olan örnek alanlarda en yüksek değeri almaktadır (Ek-1 ve Ek-2). Taksonomik çeşitlilik, taksonomik mesafe ve tür çeşitliliği bakımından bonitet sınıfları arasında önemli ($p < 0,01$) farklılıklar belirlenmiştir. Karaçamın verimli olduğu iyi bonitet sınıfına sahip örnek alanlarda hem taksonomik çeşitlilik/mesafe hem de tür çeşitliliği daha

yüksek çıkmıştır. Bununla birlikte en belirgin farklılık tür çeşitliliğinde bulunmuştur. Çünkü tür çeşitliliği taksonomik çeşitlilikteki gibi taksonomik bir dallanmaya bağlı olmadan hesaplanmaktadır. Karaçam ağaçlandırma alanlarında en sık rastlanan taksonlar, az sayıda benzer cins ve familyaya bağlıdır. Bu durum muhtemelen, taksonomik çeşitlilikte azalma ve taksonomik mesafede daralmaya neden olabilir.

Şili’de büyük ölçüde doğal yaprak dökken ve skle-

rofil (herdem yeşil kuraklığa dayanıklı bitki) ormanların yerine dikilen *Pinus radiata* D. Don, *Eucalyptus globulus* Labill. ve *Populus nigra* L. gibi yerli olmayan tür plantasyonlarının tür çeşitliliği ile taksonomik çeşitliliği azalttığı sonucuna ulaşılmıştır (Braun, 2015). Ancak Angiospermae üyesi bitkilerin aksine Gymnospermae üyesi *Pinus radiata* plantasyonlarının taksonomik farklılığı (mesafe) artırdığı görülmüştür. Burada tek türün hakimiyeti söz konusudur. Bu durumu düzeltmek için taksonomik baskınlığı açıklayan indeksler geliştirilmiş ve bu indeksler yardımıyla *P. radiata* plantasyonlarının taksonomik mesafe açısından avantajı daha az belirgin ve önemsiz hale getirilmiştir. Dolayısıyla tek türün hakimiyetinin söz konusu olduğu alanlarda taksonomik mesafe sonuçlarının daha geniş açıdan değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışmamızda böyle bir farklılığı oluşturmaması açısından ağaçlandırmada kullanılan karaçam türü sayısal değerlendirmeye dahil edilmemiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, örnek alanlarda sadece odunsu tür verilerine göre tür çeşitliliği, taksonomik çeşitlilik ve taksonomik mesafe indisleri hesaplanmıştır. Örnek alanlardaki tüm bitkilerin değerlendirmeye alınmasıyla farklı veya benzer sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca farklı yetiştirme ortamında ve farklı ağaçlandırma alanlarına bitişik ağaçlandırılmamış alanların karşılaştırılmasıyla ağaçlandırmanın biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerinin ayrı ayrı belirlenmesi uygun olacaktır. Ancak bu çalışmada daha önce yapılmış olan çalışmadan [Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi (ESK-05(6302))] elde edilen verilerden yararlanılmış olup, ağırlıklı ve ağırlıklandırılmamış taksonomik çeşitlilik ve taksonomik mesafe için örnek bir çalışma hazırlanmıştır.

Ağaçlandırmanın tür çeşitliliği ve taksonomik çeşitlilik üzerindeki etkisi, ağaç türüne, yetiştirme ortamı koşullarına, ağaç kapalılığına, doğal orman alanlarına olan yakınlığına, ağaçlandırmanın yaşına göre değişiklik göstermektedir.

Tür çeşitliliği üzerinde çevresel faktörlerin önemli etkisi söz konusu iken taksonomik çeşitlilik üzerinde çevresel değişkenlerin etkisi yok veya çok azdır. Ancak taksonomik çeşitliliğe göre çevresel faktörlerin taksonomik mesafe üzerindeki etkisi biraz daha fazladır. Taksonomik çeşitlilik çevresel faktörlere bağlı olmaksızın türlerin bağlı olduğu üst taksonomik birimlerdeki çeşitliliği yansıttığı için bir alanın tür çeşitliliğinin ortaya çıkarılmasında değerlendirilmesi gereken önemli konularından biridir.

Plantasyonlar doğal ormanlar, otlaklar ve çalılıklar gibi doğal ekosistemlerin yerini almaktan ziyade bozulmuş arazilerde kurulduğunda ve egzotik türler yerine yerli ağaç türleri kullanıldığında büyük olasılıkla biyolojik çeşitliliğe katkıda bulunmaktadır (Bremer ve Farley, 2010). Tür yönelimli biyolojik çeşitliliğin yanı sıra, standart biyolojik çeşitlilik değerlendirmelerini tamamlayan ve geliştiren biyolojik çeşitliliğin bir yönü de taksonomik çeşitliliktir (Warwick ve Clarke, 2003). Taksonomik çeşitlilik, biyolojik çeşitlilik değerlendirmelerinin perspektifini genişletir. Zira taksonomik çeşitlilik hesabı ile dolaylı olarak türlerin yapısal ve fonksiyonel özellikleri analize dâhil edilmiş olur. Ayrıca taksonomik çeşitlilik indisleri geleneksel çeşitlilik indisleri ile paralel sonuçlar göstermeyebilir ve bu nedenle ekosistemlerin biyolojik çeşitlilik hakkında daha yeni anlayışlar sağlar (Braun, 2015). Sonuç olarak, biyolojik çeşitlilik açısından bir alanın daha nitelikli değerlendirilmesi isteniyorsa diğer çeşitlilik indislerinin yanında taksonomik çeşitlilik ve taksonomik mesafe hesaplamalarının da gerçekleştirilmesi önemlidir.

Ağaçlandırma alanlarında tür çeşitliliğinin ve taksonomik çeşitliliğin artırılması amacıyla yöreye uygun ağaççık ve çalı türlerinin de küçük veya büyük gruplar halinde dikilmesi, farklı bitki türlerinin veya canlıların gelişebileceği uygun yaşam alanlarının oluşturulması bakımından önemlidir.

Teşekkür

Bu çalışma, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü tarafından desteklenen ESK-05(6302) numaralı araştırma projesine ait veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma, 26-28 Kasım 2020 tarihleri arasında Bursa'da düzenlenen 10. Uluslararası Ekoloji Sempozyumunda sözlü bildiri olarak sunulmuş ve özeti Sempozyum Özetleri kitabında yayınlanmıştır.

Kaynaklar

Akman, Y., 1999. İklim ve Biyoiklim (Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri). Kariyer Matbaacılık, Ankara

Alrababah, M.A., Alhamad, M.A., Suwaileh, A., Al-Gharaibeh, M. 2007. Biodiversity of semi-arid Mediterranean grasslands: impact of grazing and afforestation. *Applied Vegetation Science*, 10 (2): 257–264. Doi: 10.1111/j.1654-109X.2007.tb00524.x

Andrés, C., Ojeda, F., 2002. Effects of afforestation with pines on woody plant diversity of Mediterranean heathlands in southern Spain. *Biodiversity & Conservation*, 11(9):1511–1520.

Boydak, M., Çalışkan, S., 2014. Ağaçlandırma. 1. Baskı,

OGEM-VAK, Ankara

Braun, A. C., 2015. Taxonomic diversity and taxonomic dominance: the example of forest plantations in south-central Chile. *Open Journal of Ecology*, 5(05): 199–212.

Braun-Blanquet, J., 1932: Plant sociology (Translated: Fuller, D. G. and Conard S. H. 1983), Koeltz Scientific Books, Koenigstein, Germany.

Bremer, L. L., Farley, K. A., 2010. Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodiversity and Conservation*, 19(14): 3893–3915. Doi: 10.1007/s10531-010-9936-4

Carnus, J.M., Parrotta, J., Brockerhoff, E., Arbez, M., Jactel, H., Kremer, A., Walters, B. 2006. Planted forests and biodiversity. *Journal of Forestry*, 104 (2): 65–77. Doi: 10.1093/jof/104.2.65

Chapman, H. D., Pratt, P. F., 1982. Methods of Analysis for Soils Plants and Waters, University of California, Division of Agricultural Sciences, California, USA.

Chen, Y., Cao, Y., 2014. Response of tree regeneration and understory plant species diversity to stand density in mature *Pinus tabulaeformis* plantations in the hilly area of the Loess Plateau, China. *Ecological engineering*, 73: 238–245. Doi: 10.1016/j.ecoleng.2014.09.055

Chen, L. F., He, Z. B., Zhu, X., Du, J., Yang, J. J., Li, J., 2016. Impacts of afforestation on plant diversity, soil properties, and soil organic carbon storage in a semi-arid grassland of northwestern China. *Catena*, 147: 300–307. Doi: 10.1016/j.catena.2016.07.009

Çalışkan, S., Boydak, M., 2017. Afforestation of arid and semiarid ecosystems in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(5): 317–330. Doi: 10.3906/tar-1702-39

Çepel, N., 1985. Toprak Fiziki, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları No. 374, İstanbul, Türkiye.

Davis, P.H., 1965-1982. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburg University Press, Vol: 1–9, Edinburgh.

Deng, Y., 2016. Deng entropy. *Chaos, Solitons & Fractals*, 91:549–553. Doi: 10.1016/j.chaos.2016.07.014

Duan, R. Y., Wang, C., Wang, X. A., Zhu, Z. H., Guo, H., 2009. Differences in plant species diversity between conifer (*Pinus tabulaeformis*) plantations and natural forests in middle of the Loess Plateau. *Russian Journal of Ecology*, 40(7): 501–509. Doi: 10.1134/S106741360907008X

Guzmán-Mendoza, R., Calzontzi-Marín, J., Salas-Araiza, M. D., Leyte-Manrique, A., 2020. Changes in vegetation diversity of temperate forests in central Mexico under different levels of reforestation. *Forestist*, 70(2): 69–76. Doi: 10.5152/forestist.2020.20011

Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz

Metodları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İÜ Yayın No. 1970, OF Yayın No. 201, Kutulmuş Matbaası, İstanbul, Türkiye.

Güner, Ş.T., Özkan, K., Yücel, E., 2011. Sarıçam ormanlarının verimliliği ile vejetasyon ve tür çeşitliliği arasındaki ilişkiler: Türkmen Dağı örneği, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 12: 1–6.

Güner, Ş.T., Çömez, A., Özkan, K., Karataş, R., Çelik, N., 2016. Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(1): 159–172.

Heinrichs, S., Pauchard, A., Schall, P., 2018. Native plant diversity and composition across a *Pinus radiata* D. Don plantation landscape in South-Central Chile–The impact of plantation age, logging roads and alien species. *Forests*, 9(9): 567. Doi: 10.3390/f9090567

Jackson, M. L., 1962. Soil Chemical Analysis, Constable and Company Ltd., London, England.

Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III, Toprak Analizleri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara, Türkiye.

Kahveci, G., 2017. Distribution of *Quercus* spp. and *Pinus nigra* mixed stands in semiarid northern Central Anatolia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(2): 135–141. Doi: 10.3906/tar-1609-14

Karaöz, M. Ö., 1990. Topraklarda katyon değişim kapasitesi ve değiştirilebilir katyonların analiz yöntemleri, İstanbul Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, 40B(1): 64–81.

van der Maarel, E., 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, 39: 97–114. Doi: 10.1007/BF00052021

Kou, M., Garcia-Fayos, P., Hu, S., Jiao, J., 2016. The effect of *Robinia pseudoacacia* afforestation on soil and vegetation properties in the Loess Plateau (China): A chronosequence approach. *Forest Ecology and Management*, 375: 146–158. Doi: 10.1016/j.foreco.2016.05.025

Mert, A., Özkan, K., 2017. Studies on taxonomic diversity of plant communities and modeling its potential distribution in Yazılı Canyon Nature Park, Turkey. *Journal of Environmental Biology* 38: 1267–1274. Doi: 10.22438/jeb/38/6/MRN-282

Moisen, G. G., Frescino, T.S., 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, 157(3-2): 209–225. Doi: 10.1016/S0304-3800(02)00197-7

Oğuzoğlu, Ş., Sinpari, G., Özkan, K. 2013. The relationships between taxonomic diversity and some environmental factors (A case study from Yazılı Canyon Nature Park) / Taksonomik çeşitlilik ile bazı yetiştirme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler (Yazılı Kanyon Tabiat Parkı örneği). 3rd International Geography Symposium -

- GEOMED 2013, June 10-13, Kemer, Antalya, s. 509–518.
- Özdamar, K., 2009. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi, 7. Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir
- Özkan, K., 2010. Orman ekosistem çeşitliliği haritalama çalışmaları için ekolojik alan çeşitliliğinin belirlenmesi üzerine bir öneri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 136–148.
- Özkan, K., 2016. Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (Alfa, Beta ve Gama) Nasıl Ölçülür? Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 98, Isparta
- Özkan, K., 2018. Taksonomik çeşitliliğin belirlenmesi için yeni önerilen bir eşitlik. *Türkiye Ormanlık Dergisi* 19(4): 336–346.
- Özkan, K., Mert, A., Şenol, A., Özdemir, S., 2018. Macrotağdivozkan, <http://www.kantitatifekoloji.net/> takdivozkan, (Erişim tarihi: 20.07.2020).
- Özkan, K., Küçüksille, E. U., Mert, A., Gülsoy, S., Süel, H., Başar, M., 2020. Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (Bİ-ÇEB) hesaplama yazılımı, *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 21(3): 344–348.
- Paillet, Y., Berges, L., Hjalten, J., Odor, P., Avon, C., Bernhardt-Romermann, M., Bijlsma, R. J., ve ark., 2010. Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: meta-analysis of species richness in Europe. *Conservation biology*, 24 (1): 101–112. Doi: 10.1111/j.1523-1739.2009.01399.x
- Shannon, C. E., 1948. "A mathematical theory of communication", *Bell System Technical Journal*, 27(3): 379–423.
- Tilman, D., 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology*, 80(5): 1455–1474. Doi: 10.1890/0012-9658(1999)080[1455:TECOCI]2.0.CO;2
- Ülgen, N., Ateşalp, M., 1972. Toprakta Bitki Tarafından Alınabilir Fosfor Tayini. Topraksu Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Teknik Yayınlar Serisi No. 21, Ankara
- Ürgeç, S., 1998. Ağaçlandırma Tekniği. İ.Ü Orman Fakültesi, İ.Ü Rektörlük Yayın No: 3994, Orman Fakültesi Yayın No: 441, Emek Matbaacılık, İstanbul
- Wang, C. T., Long, R. J., Wang, Q. J., Ding, L. M., Wang, M. P., 2007. Effects of altitude on plant-species diversity and productivity in an alpine meadow, Qinghai–Tibetan plateau. *Australian Journal of Botany*, 55(2): 110–117. Doi: 10.1071/BT04070
- Wang, J., Zhao, W., Zhang, X., Liu, Y., Wang, S., Liu, Y., 2019. Effects of reforestation on plant species diversity on the Loess Plateau of China: A case study in Danangou catchment. *Science of The Total Environment*, 651(1): 979–989. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.266
- Warwick, R. M., Clarke, K. R., 2003. Taxonomic distinctness and environmental assessment. *Journal of Applied Ecology*, 35(4): 532–543. Doi: 10.1046/j.1365-2664.1998.3540532.x
- Yavuz, H., Mısır, N., Mısır, M., 2004. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri, Proje No: TOGTAG – 2747, Trabzon
- Zhang, Q. G., Zhang, D. Y., 2002. Biodiversity and ecosystem functioning: recent advances and controversies. *Biodiversity Science* 10(1): 49–60. Doi: 10.17520/biods.2002008
- Zech, W., Çepel, N., 1972. Güney Anadolu'daki Bazı *Pinus brutia* Meşcerelerinin Gelişimi ile Toprak ve Relief Özellikleri Arasındaki İlişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1753/191, İstanbul.

Ek 1. Çalışma alanında tespit edilen taksonlar ve taksonomik birimleri
Appendix 1. Taxa and taxonomic categories identified in the study area

| Taksonlar | Cins | Famulya | Takım | Sınıf | Altbölüm | Bölüm | Alem |
|---|----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------|
| <i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>oxycedrus</i> | <i>Juniperus</i> | <i>Cupressaceae</i> | <i>Cupressales</i> | <i>Pinopsida</i> | <i>Gymnospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Quercus pubescens</i> | <i>Quercus</i> | <i>Fagaceae</i> | <i>Fagales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Quercus infectoria</i> | <i>Quercus</i> | <i>Fagaceae</i> | <i>Fagales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Cistus laurifolius</i> | <i>Cistus</i> | <i>Cistaceae</i> | <i>Malvales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Rosa canina</i> | <i>Rosa</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Quercus trojana</i> | <i>Quercus</i> | <i>Fagaceae</i> | <i>Fagales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Quercus petraea</i> subsp. <i>iberica</i> | <i>Quercus</i> | <i>Fagaceae</i> | <i>Fagales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Quercus vulcanica</i> | <i>Quercus</i> | <i>Fagaceae</i> | <i>Fagales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Juniperus excelsa</i> | <i>Juniperus</i> | <i>Cupressaceae</i> | <i>Cupressales</i> | <i>Pinopsida</i> | <i>Gymnospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Juniperus foetidissima</i> | <i>Juniperus</i> | <i>Cupressaceae</i> | <i>Cupressales</i> | <i>Pinopsida</i> | <i>Gymnospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Quercus cerris</i> var. <i>cerris</i> | <i>Quercus</i> | <i>Fagaceae</i> | <i>Fagales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Acer hyrcanum</i> subsp. <i>sphaerocaryum</i> | <i>Acer</i> | <i>Sapindaceae</i> | <i>Sapindales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Acer platanoides</i> | <i>Acet</i> | <i>Sapindaceae</i> | <i>Sapindales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Ulmus glabra</i> | <i>Ulmus</i> | <i>Ulmaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Pyrus elaeagnifolia</i> | <i>Pyrus</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Cerasus mahaleb</i> | <i>Cerasus</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Corylus colurna</i> | <i>Corylus</i> | <i>Betulaceae</i> | <i>Fagales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Crataegus monogyna</i> subsp. <i>monogyna</i> | <i>Crataegus</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Crataegus orientalis</i> var. <i>orientalis</i> | <i>Crataegus</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Sorbus torminalis</i> var. <i>torminalis</i> | <i>Sorbus</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Sorbus umbellata</i> | <i>Sorbus</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Amelanchier rotundifolia</i> subsp. <i>rotundifolia</i> | <i>Amelanchier</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Lonicera etrusca</i> var. <i>etrusca</i> | <i>Lonicera</i> | <i>Caprifoliaceae</i> | <i>Dipsacales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Lonicera caucasica</i> subsp. <i>orientalis</i> | <i>Lonicera</i> | <i>Caprifoliaceae</i> | <i>Dipsacales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Viburnum lantana</i> | <i>Viburnum</i> | <i>Viburnaceae</i> | <i>Dipsacales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Jasminum fruticans</i> | <i>Jasminum</i> | <i>Oleaceae</i> | <i>Lamiales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Ligustrum vulgare</i> | <i>Ligustrum</i> | <i>Oleaceae</i> | <i>Lamiales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Chamaecytisus hirsutus</i> | <i>Chamaecytisus</i> | <i>Fabaceae</i> | <i>Fabales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Berberis crataegina</i> | <i>Berberis</i> | <i>Berberidaceae</i> | <i>Ranunculales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Rhamnus rhodopeus</i> | <i>Rhamnus</i> | <i>Rhamnaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Euonymus latifolius</i> subsp. <i>latifolius</i> | <i>Euonymus</i> | <i>Celastraceae</i> | <i>Celastrales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Rubus canescens</i> var. <i>glabratus</i> | <i>Rubus</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Amygdalus communis</i> | <i>Amygdalus</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | <i>Robinia</i> | <i>Fabaceae</i> | <i>Fabales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Malus sylvestris</i> subsp. <i>orientalis</i> var. <i>orientalis</i> | <i>Malus</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Prunus divaricata</i> subsp. <i>divaricata</i> | <i>Prunus</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Cotoneaster nummularia</i> | <i>Cotoneaster</i> | <i>Rosaceae</i> | <i>Rosales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |
| <i>Daphne oleoides</i> subsp. <i>oleoides</i> | <i>Daphne</i> | <i>Thymelaeaceae</i> | <i>Malvales</i> | <i>Magnoliopsida</i> | <i>Angiospermae</i> | <i>Spermatophyta</i> | <i>Plantae</i> |

Ek 2. Bonitet sınıflarına göre tür ve taksonomik çeşitlilik indislerine ait sonuçlar
Appendix 2. Results of species and taxonomic diversity indices according to bonitet classes

| Örnek Alan | Tür sayısı | To ⁺ | To | uTo ⁺ | uTo | H | ABS | BBS | Örnek Alan | Tür sayısı | To ⁺ | To | uTo ⁺ | uTo | H | ABS | BBS |
|------------|------------|-----------------|-------|------------------|-------|--------|-----|-----|------------|------------|-----------------|-------|------------------|-------|--------|-----|-----|
| 1 | 2 | 10,28 | 10,28 | 5,493 | 5,493 | 0,6932 | 2 | 1 | 46 | 4 | 12,36 | 11,60 | 7,575 | 6,824 | 1,2326 | 3 | 2 |
| 2 | 2 | 10,28 | 10,28 | 5,493 | 5,493 | 0,6932 | 3 | 2 | 47 | 4 | 12,36 | 12,20 | 7,575 | 7,417 | 1,3662 | 2 | 1 |
| 3 | 2 | 10,28 | 10,28 | 5,493 | 5,493 | 0,6932 | 3 | 2 | 48 | 6 | 13,29 | 12,96 | 8,507 | 8,175 | 1,7380 | 2 | 1 |
| 4 | 3 | 10,94 | 10,94 | 6,149 | 6,149 | 1,0986 | 3 | 2 | 49 | 5 | 12,96 | 12,83 | 8,174 | 8,038 | 1,5911 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 11,52 | 11,19 | 6,736 | 6,401 | 1,0282 | 3 | 2 | 50 | 4 | 12,36 | 11,92 | 7,575 | 7,146 | 1,3108 | 3 | 2 |
| 6 | 2 | 10,28 | 10,06 | 5,493 | 5,271 | 0,6616 | 3 | 2 | 51 | 4 | 12,36 | 12,15 | 7,575 | 7,365 | 1,3518 | 2 | 1 |
| 7 | 3 | 11,52 | 11,40 | 6,736 | 6,610 | 1,0822 | 3 | 2 | 52 | 2 | 7,57 | 7,17 | 4,394 | 4,000 | 0,6365 | 2 | 1 |
| 8 | 3 | 10,94 | 10,75 | 6,149 | 5,967 | 1,0790 | 3 | 2 | 53 | 12 | 14,04 | 13,48 | 9,257 | 8,690 | 2,3554 | 2 | 1 |
| 9 | 2 | 10,28 | 10,28 | 5,493 | 5,493 | 0,6932 | 3 | 2 | 54 | 8 | 12,94 | 12,55 | 8,156 | 7,832 | 2,0449 | 2 | 1 |
| 10 | 2 | 10,28 | 9,77 | 5,493 | 4,985 | 0,5983 | 3 | 2 | 55 | 7 | 10,99 | 10,69 | 7,812 | 7,509 | 1,8938 | 2 | 1 |
| 11 | 2 | 10,28 | 10,28 | 5,493 | 5,493 | 0,6932 | 3 | 2 | 56 | 2 | 7,57 | 7,57 | 4,394 | 4,394 | 0,6932 | 2 | 1 |
| 12 | 2 | 10,28 | 10,28 | 5,493 | 5,493 | 0,6932 | 3 | 2 | 57 | 4 | 9,62 | 9,62 | 6,438 | 6,438 | 1,3863 | 2 | 1 |
| 13 | 3 | 11,52 | 10,99 | 6,736 | 6,205 | 0,9923 | 3 | 2 | 58 | 4 | 12,36 | 11,60 | 7,575 | 6,809 | 1,1972 | 2 | 1 |
| 14 | 4 | 12,36 | 12,36 | 7,575 | 7,575 | 1,3863 | 3 | 2 | 59 | 8 | 13,14 | 12,64 | 8,351 | 7,898 | 2,0316 | 2 | 1 |
| 15 | 3 | 11,52 | 11,10 | 6,736 | 6,317 | 1,0297 | 3 | 2 | 60 | 8 | 13,53 | 12,99 | 8,739 | 8,205 | 1,9826 | 2 | 1 |
| 16 | 4 | 12,36 | 11,61 | 7,575 | 6,858 | 1,2681 | 2 | 1 | 61 | 3 | 8,72 | 8,72 | 5,545 | 5,545 | 1,0986 | 1 | 1 |
| 17 | 5 | 12,96 | 12,79 | 8,174 | 8,005 | 1,5890 | 3 | 2 | 62 | 3 | 11,52 | 11,34 | 6,736 | 6,554 | 1,0790 | 2 | 1 |
| 18 | 3 | 11,13 | 10,33 | 6,345 | 5,541 | 0,9003 | 3 | 2 | 63 | 4 | 12,36 | 12,36 | 7,575 | 7,575 | 1,3863 | 2 | 1 |
| 19 | 7 | 13,46 | 12,79 | 8,675 | 8,005 | 1,8273 | 2 | 1 | 64 | 6 | 13,18 | 13,18 | 8,395 | 8,395 | 1,7918 | 2 | 1 |
| 20 | 2 | 10,28 | 10,28 | 5,493 | 5,493 | 0,6932 | 3 | 2 | 65 | 2 | 10,28 | 9,88 | 5,493 | 5,090 | 0,6365 | 2 | 1 |
| 21 | 2 | 10,28 | 10,28 | 5,493 | 5,493 | 0,6932 | 3 | 2 | 66 | 8 | 13,84 | 13,84 | 9,053 | 9,053 | 2,0794 | 1 | 1 |
| 22 | 5 | 12,83 | 12,61 | 8,041 | 7,824 | 1,5770 | 1 | 1 | 67 | 6 | 10,73 | 10,73 | 7,557 | 7,557 | 1,7918 | 2 | 1 |
| 23 | 6 | 13,29 | 13,11 | 8,507 | 8,325 | 1,7782 | 2 | 1 | 68 | 6 | 12,83 | 12,66 | 8,041 | 7,874 | 1,7721 | 2 | 1 |
| 24 | 4 | 9,46 | 9,12 | 6,279 | 5,947 | 1,3297 | 2 | 1 | 69 | 9 | 13,18 | 12,67 | 8,394 | 7,883 | 2,1332 | 2 | 1 |
| 25 | 3 | 11,52 | 11,01 | 6,736 | 6,219 | 1,0114 | 2 | 1 | 70 | 9 | 14,01 | 13,71 | 9,226 | 8,920 | 2,1391 | 2 | 1 |
| 26 | 3 | 11,52 | 11,40 | 6,736 | 6,610 | 1,0822 | 2 | 1 | 71 | 8 | 13,53 | 13,00 | 8,738 | 8,208 | 1,9915 | 2 | 1 |
| 27 | 3 | 11,52 | 11,34 | 6,736 | 6,573 | 1,0822 | 3 | 2 | 72 | 6 | 13,38 | 12,68 | 8,594 | 7,891 | 1,6746 | 2 | 1 |
| 28 | 3 | 11,33 | 11,15 | 6,540 | 6,358 | 1,0790 | 3 | 2 | 73 | 4 | 12,05 | 11,54 | 7,261 | 6,750 | 1,2883 | 3 | 2 |
| 29 | 2 | 10,28 | 10,28 | 5,493 | 5,493 | 0,6932 | 3 | 2 | 74 | 7 | 13,35 | 12,90 | 8,566 | 8,108 | 1,8821 | 1 | 1 |
| 30 | 4 | 11,59 | 11,31 | 6,807 | 6,517 | 1,3297 | 3 | 2 | 75 | 4 | 12,05 | 11,55 | 7,261 | 6,766 | 1,3209 | 2 | 1 |
| 31 | 3 | 11,52 | 11,40 | 6,736 | 6,610 | 1,0822 | 3 | 2 | 76 | 2 | 1,099 | 1,099 | 1,099 | 1,099 | 0,6932 | 3 | 2 |
| 32 | 2 | 10,28 | 10,10 | 5,493 | 5,312 | 0,6730 | 3 | 2 | 77 | 3 | 11,52 | 11,01 | 6,736 | 6,226 | 0,9950 | 3 | 2 |
| 33 | 3 | 11,52 | 11,34 | 6,736 | 6,554 | 1,0790 | 2 | 1 | 78 | 4 | 11,90 | 11,30 | 7,109 | 6,511 | 1,2450 | 3 | 2 |
| 34 | 2 | 10,28 | 10,10 | 5,493 | 5,312 | 0,6730 | 3 | 2 | 79 | 3 | 10,94 | 10,35 | 6,149 | 5,565 | 0,9596 | 3 | 2 |
| 35 | 3 | 8,53 | 8,53 | 5,349 | 5,349 | 1,0986 | 2 | 1 | 80 | 6 | 13,27 | 12,77 | 8,482 | 7,987 | 1,7171 | 2 | 1 |
| 36 | 2 | 10,28 | 10,28 | 5,493 | 5,493 | 0,6932 | 3 | 2 | 81 | 7 | 13,30 | 12,27 | 8,510 | 7,485 | 1,7327 | 2 | 1 |
| 37 | 2 | 7,57 | 7,57 | 4,394 | 4,394 | 0,6932 | 2 | 1 | 82 | 5 | 12,82 | 12,47 | 8,036 | 7,678 | 1,5454 | 2 | 1 |
| 38 | 2 | 10,28 | 10,10 | 5,493 | 5,312 | 0,6730 | 3 | 2 | 83 | 4 | 12,05 | 11,55 | 7,261 | 6,766 | 1,2650 | 2 | 1 |
| 39 | 4 | 10,95 | 10,95 | 6,159 | 6,159 | 1,3863 | 2 | 1 | 84 | 3 | 11,52 | 11,37 | 6,736 | 6,582 | 1,0734 | 2 | 1 |
| 40 | 3 | 10,94 | 10,94 | 6,149 | 6,149 | 1,0986 | 3 | 2 | 85 | 4 | 12,05 | 11,54 | 7,261 | 6,769 | 1,3086 | 2 | 1 |
| 41 | 2 | 10,28 | 9,88 | 5,493 | 5,090 | 0,6365 | 2 | 1 | 86 | 2 | 7,57 | 7,39 | 4,394 | 4,215 | 0,6730 | 1 | 1 |
| 42 | 3 | 10,52 | 10,52 | 6,736 | 6,736 | 1,0986 | 2 | 1 | 87 | 5 | 12,83 | 12,40 | 8,041 | 7,616 | 1,5473 | 3 | 2 |
| 43 | 4 | 12,36 | 11,54 | 7,575 | 6,749 | 1,1945 | 2 | 1 | 88 | 2 | 7,57 | 7,57 | 4,394 | 4,394 | 0,6932 | 2 | 1 |
| 44 | 3 | 12,96 | 12,60 | 8,174 | 7,809 | 1,5466 | 2 | 1 | 89 | 2 | 7,57 | 7,57 | 4,394 | 4,394 | 0,6932 | 3 | 2 |
| 45 | 8 | 12,58 | 12,40 | 7,790 | 7,614 | 2,0621 | 3 | 2 | 90 | 2 | 10,28 | 10,28 | 5,493 | 5,493 | 0,6932 | 3 | 2 |

BS: Arazideki bonitet sınıfı; BBS: Birleştirilmiş bonitet sınıfı (Sınıf 1: I ve II. bonitet, iyi bonitet; Sınıf 2: III. bonitet; kötü bonitet)

Türkiye'nin ilk orman planlama ünitesindeki teknik ve yapısal değişimlerin 100 yıllık değerlendirilmesi

Centennial evaluation of technical and structural changes in the first forest planning unit of Turkey

Abbas ŞAHİN¹
İnci ÇAĞLAYAN²
Hasan BÜYÜK¹
Halil KARADEMİR³
Asalettin AKSU³
Halim ŞAHİN⁴

¹ Marmara Ormanlık Araştırma Enstitüsü
Müdürlüğü, İstanbul

² İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman
Fakültesi, İstanbul

³ Orman Genel Müdürlüğü, Sakarya Or-
man Bölge Müdürlüğü, Adapazarı

⁴ Orman Genel Müdürlüğü, İstanbul Orman
Bölge Müdürlüğü, İstanbul

Sorumlu yazar (Corresponding author)

Abbas ŞAHİN
abbassahin@yahoo.com

Geliş tarihi (Received)

03.08.2021

Kabul Tarihi (Accepted)

07.09.2021

Sorumlu editör (Corresponding editor)

Mustafa BATUR
mustafabatur01@ogm.gov.tr

Atıf (To cite this article): Şahin, A., Çağlayan, İ., Büyük, H., Karademir, H., Aksu, A., Şahin, H. (2022). Türkiye'nin ilk orman planlama ünitesindeki teknik ve yapısal değişimlerin yüz yıllık değerlendirilmesi. Ormanlık Araştırma Dergisi, 9 (1), 12-34. DOI: 10.17568/ogmoad.977763



Creative Commons Atıf -
Türetilmez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

Öz

Çalışmanın amacı, Türkiye'nin ilk orman amenajman planının düzenlendiği Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı için 1917-2015 döneminde yapılan sekiz orman amenajman planının teknik ve yapısal değişimlerinin karşılaştırmalı olarak ortaya konulmasıdır. Bu değişimler; planların dayandığı yasal düzenlemeler, haritaların oluşturulması ve envanter yöntemleri ile planlama ilkeleri ve faydalanmanın düzenlenmesi bakımlarından değerlendirilmiştir. Planlar, ilk amenajman planı, istikşafı planlar, kat'i planlar, yaş sınıfları metoduna göre klasik ve ekosistem tabanlı planlar olmak üzere beş kategoriye ayrılmıştır. Planlamaların farklı dört kanun ve altı alt mevzuata göre yapıldığı belirlenmiştir. Plan ünitesinde sınırlar ve alan yedi kez önemli değişikliğe uğramıştır. İç taksimatı oluşturmada üç temel haritalama tekniği kullanılmıştır. Örneklem yöntemi olarak bölmecik alan değerlendirmesi, tecrübe şeritleri, sistematik ve rastgele örneklem kullanılmıştır. Amenajman metodu olarak yaş ve çap sınıfları uygulanmış, zamanla işletme sınıfı sayısı ve amaçlarında artış görülmüştür. Bilgi sistemleri ve teknolojik gelişmeler orman haritacılığının gelişmesine önemli katkılar sağlarken, orman envanteri ve planlanması konularında ise yeterli etkiyi gösterememiştir.

Anahtar Kelimeler: İlk orman amenajman planı, zamansal değişim, hukuk ve mevzuat değişiklikleri

Abstract

The aim of this study is to compare the technical and structural changes of the eight forest management plans made between 1917-2015 for Hendek Mustafa Şeref Bey Forest, which is the first forest management plan of Turkey. These changes were evaluated in terms of the legal regulations on which the plans are based, the creation of maps and inventory methods, planning principles and regulation of utilization. Plans are divided into five categories as the first forest management plan, exploratory plans, Final plans, classical and ecosystem-based plans by age classes method. It was determined that planning was made according to four different laws and six different regulations. The boundaries and areas of the planning unit have drastically changed seven times. Three basic mapping techniques were used in the structure of the compartment/sub-compartment. As the sampling method, compartmental area assessment, experience strips method, systematic and random sampling were used. Age and diameter classes were used as the management method. Over time, there has been an increase in the number of working circles and management objectives. While information systems and technological developments have made great contributions to development of forest mapping, they have not had a sufficient effect on forest inventory and planning.

Keywords: First forest management plan, temporal changes, law and legislation changes

1. Giriş

Toplumlar, orman kaynaklarının rasyonel yönetimini bulmak için her dönemde yeni stratejiler ve yöntemler geliştirmektedir. Ortaçağ'dan 17. yüzyıl (yy) ortalarına kadar sanayi devrimi öncesi dönemde ormanlar bir yönetim planı veya stratejik planlama olmadan kullanılmaktadır. Sanayi Devrimi'nin (17. yy ortalarından 20. yy ortalarına kadar) başlamasıyla yeni sosyal ihtiyaçlar ve talepler ortaya çıkmış ve sonuç olarak doğal kaynakların yönetimi kökten değişmiştir (Paletto ve ark., 2008). Bu bağlamda, "modern" silvikültür kavramı geliştirilmiş ve ormanlar, gübreleme, egzotik tür kullanımı, yapay gençleştirme ve tıraşlama kesim vb. yeni teknikler ile yönetilmeye başlanmış, sonuç olarak saf ormanlar, yaşlı karışık ormanların yerini almıştır (Vos, 1996).

18. yy'ın başlarına kadar tarımın bir alt disiplini olarak görülen ormancılık, madencilik faaliyetlerinin genişlemesi ve sektörün çok fazla odun hammaddesine ihtiyaç duyması sonucunda bağımsız bir meslek disiplini olarak görülmüş ve yükselmiştir. Odun arz açığını karşılamak için araştırmacılar tarafından yeni yöntemlerin ve yaklaşımların ortaya konulması ormancılıkta yönetim, planlama, silvikültür, koruma ve faydalanma gibi ormancılık alt disiplinlerinin gelişimine katkı sağlamıştır (Agnoletti ve Anderson, 2000). Akdeniz ülkelerinde ise 3 ila 10 yıllık kısa rotasyonların kullanıldığı balta-liklar koru ormanlarının yerini almıştır (Barbero ve ark., 1990). Sanayi Devriminden sonra (20. yy sonundan günümüze), kırsal toplumdaki kent toplumuna geçişin bir sonucu olarak orman kaynağına ilişkin toplumsal algı değişmiştir (Mather, 2001). Kent toplumu pratik, faydacı değerlerin (maddi ve araçsal değerler) hâkim olduğu kırsal toplumun aksine, romantik, faydacı olmayan ormanı ve yaban hayatı değerlerini takdir etmeye başlamıştır (Kennedy, 1985). Bu süreçler sonucunda *Sürdürülebilir Orman Yönetimi ve Ekosistem Hizmetleri Yönetimi* gibi modern kavramlar ortaya çıkmış ve orman yönetimi ve planlamanın gelişimi analiz edilmiştir.

Ormanların planlanmasına ait her bir süreçteki değişiklikler, planlı ormancılığı tarihsel süreçte kavrayabilmek için anahtar faktörlerdir. Çünkü ormanlar tarihsel süreçteki sosyal, ekonomik, kültürel ve politik değişimlerin sonuçlarından etkilenmektedir (Chazdon ve ark., 2016). Bu nedenle, bu süreçlerin vaka çalışmaları ile ortaya konulması önemlidir. Vaka çalışmaları ile geçmiş ve şimdiki planlama yaklaşımları arasındaki farklılıklar gösterilebilir, farklılıkların temel nedenleri ortaya konulabilir, değerlendirilebilir ve planlı ormancılığı şekillendiren süreçlerin

olası tetikleyici güçleri ortaya çıkarılabilir. Planlı ormancılığı tetikleyen güçler, örneğin hukuki (yasa, yönetmelik, vb.), ekonomik ve sosyal eşitlik ilkeleri ve baskılar olabilir. Esas olarak insan tarafından yönlendirilen bu süreçleri incelemek için tarihsel süreçleri izlemek ve değerlendirmek büyük önem taşımaktadır (Southgate, 2019).

Ormanları planlama amaçları, değişen toplumsal ihtiyaçlara ve değerlere yanıt verdiğinden planlı ormancılığın ortaya çıkış zamanları ülkeden ülkeye farklılaşmaktadır (Lane ve McDonald, 2002). Örneğin planlı ormancılık Almanya'da 17. yy (Schmithüsen, 2013), Amerika'da 18. yy (Hall ve ark., 2002), Kanada'da 19. yy (Lane ve McDonald, 2002) ve Türkiye'de ise Osmanlı Devleti'nin son döneminde, yani 20. yy başlarında başlamıştır.

Osmanlı Devleti'nin son dönemlerinde orman kaynaklarının tahribinin ve aşırı kullanımının önüne geçilememiş ve bazı tedbirlerin alınması gereği ortaya çıkmıştır. Bunun dışında orman kaynaklarından ülke ekonomisine daha fazla katkı sağlamak için arayış içine girilmiştir. Bu amaçla, ormanların korunması ve süreklilik prensibine göre işletilmesi için en hızlı ve en köklü tedbirlerin alınması kararlaştırılmıştır. Bu nedenlerle, Osmanlı Devleti'nin 2. Meşrutiyet Hükümeti, I. Dünya savaşında müttefiki olan Avusturya-Macaristan İmparatorluğu'ndan orman müşaviri Hermann Veith'i fikirlerinden ve yapacağı tekliflerden faydalanmak amacıyla 1914 yılında Türkiye'ye getirmiştir. Veith, Türkiye'nin değişik bölgelerindeki ormanlarda incelemeler yapmış ve hazırladığı raporlarda ormandan faydalanmanın Orman Amenajman Planları ile yapılması gerektiğini vurgulamıştır (Eraslan, 1955).

Orman amenajman planları veya orman araştırmaları ve raporları, orman kullanımındaki değişiklikleri ve ekolojik etkileri yeniden yapılandırmak için sıklıkla kullanılmıştır (Axelsson ve Östlund, 2001). Orman amenajman planları, ormancılıktaki ana planlama aracıdır. Planlar, Orman Mühendisleri tarafından yapılmakta ve belirli bir çalışma dönemine atıfta bulunarak düzenli olarak yeniden yazılmaktadır (Bürgi, 1999). Türkiye'de de orman amenajman planları, ülke ormanlarının sağlıklı ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini sağlamak için kullanılan en önemli araçlardan biridir.

Sakarya ilinde yer alan Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı, Türkiye'de orman amenajman planı yapılan ilk orman planlama ünitesidir. Planlama çalışmaları Osmanlı Devleti döneminde (1916-1917) gerçekleştirilmiş ve tamamlanan plan (*Adapazarı Devlet Ormanlarının Hendek Nâhiyesi İdâre Mıntıkasına Ait Amenajman Lâyiha-i Fenniyesidir*) 25 Ocak 1918 tarihinde yürürlüğe konulmuştur. Pla-

nın dayanağını oluşturan mevzuat düzenlemeleri Türkiye Cumhuriyeti Devleti kurulduktan sonra benzer içeriklerle yeniden düzenlenmiş; ilk planın yapımındaki teknik altlık ve yöntemler ise aynı şekilde ülkenin diğer orman alanlarının planlanmasında kullanılmaya devam edilmiştir. Eraslan (1982) ilk orman planlama çalışmalarının yapıldığı dönemi, Türkiye’de planlı ormancılığın ve orman amenajmanının doğması için gerekli hazırlıkların yapıldığı dönem olarak kabul etmektedir. Asan (2013a) ise bu dönemi ormancılık faaliyetlerinde sektörel planlamanın başlangıcı olarak görmektedir. Başkent ve ark., (2008) bu planlama yöntem ve sürecini Alman liderliğindeki neoklasik alan kontrol yönetimi olarak nitelendirmektedir.

Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı değişik adlar altında farklı büyüklükleri kapsayacak şekilde Türkiye Cumhuriyeti döneminde de ilk plandan sonra 7 kez planlanmıştır: Çamdağ Serisi I. Devre Amenajman Planı (1946), Kurtköy Serisi Kat’i Amenajman Planı (1955), Kurtköy Serisi Kat’i Amenajman Planı I. Revizyon (1969), Kurtköy Orman İşletme Şefliği Kurtköy Serisi Orman Amenajman Planı (1972), Kurtköy Orman İşletme Şefliği I. Yenileme (1994), Kurtköy Orman İşletme Şefliği II. Yenileme (2004) ve Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği (2015) amenajman planlarıdır.

Yaklaşık 100 yıl içinde gerçekleştirilen planlama çalışmalarının Türkiye ormancılığına nasıl yön verdiğini ve ormanlardaki faydalanmaların plana bağlı olarak yapılmasının ormanları nitelik ve nicelik olarak nasıl etkilediğini ortaya koymak için geçmiş dönemlerdeki orman planlama çalışmalarını karşılaştırmalı bir şekilde ortaya konulması oldukça önemlidir. Ayrıca bu çalışmaların geçmiş dönemdeki uygulama sonuçları, toplumsal yapı ve dinamikler ile ilişkilendirildiğinde ormancılığın sosyal ve ekonomik etkileri de ortaya konulmuş olacaktır. Tüm bunlar dikkate alındığında, gelecekte orman planlamanın tarihi, günümüz orman ekosistemlerini planlama süreçlerinin anlaşılması için çok önemlidir.

Çalışmada belgesel veri / kaynaklardan (orman amenajman planları ve haritaları) elde edilen kanıtlar ile şu üç temel soruya yanıt aranmıştır:

- Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı’nı 1917 yılından 2015 yılına kadar planlamada ve ülke ormancılığı için yürürlüğe konulan kanun ve alt mevzuatı hangileridir; nasıl ve ne zaman uygulanmışlardır?
- Orman haritalarının oluşturulması ve iç taksimat düzeninin kurulmasındaki değişimler nasıl gerçekleşmiştir? 1917 yılından günümüze kadar

envanter ve veri toplama çalışmaları ile örnekleme yöntemlerinde hangi değişiklikler olmuştur?

- Ormanların işletme şekli ve işletme amaçları ile faydalanmanın düzenlenmesi esaslarına göre 1917 yılından günümüze hangi değişiklikler olmuştur?

Olası veri kaynağı türleri değerlendirildikten sonra, orman amenajman planları ve planların meşcere (orman) haritaları birincil bilgi kaynakları olarak seçilmiştir. Bu nedenle çalışma, yazılı belgelerin (orman amenajman planları) değerlendirilmesine dayanmaktadır. Çalışma konusu ile ilgili Osmanlı Türkçesi ile yazılmış yayınlar ve ilgili mevzuat taranarak kullanılacak olanların bugünkü Türkçeye tercümesi yapılmıştır. Çalışma alanı ile ilgili tüm orman amenajman planları ve meşcere haritaları temin edilerek zamansal analize konu olabilecek veriler elde edilmiştir. İlk amenajman planının yapılmasından günümüze kadarki sekiz plan farklılıklarını ve ortak yönlerini vurgulamak için karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Adı geçen planlar; kanun ve alt mevzuatı, plan süreleri, plan ünitesi alanı, harita tekniği ve ölçeği, harita altlığı, iç taksimat düzeni ve büyüklüğü, örnekleme yöntemi, örnekleme şekli ve büyüklüğü, amenajman metodu, işletme amacı, işletme sınıfı, idare süresi, ağaç türü ve karışımı, meşcere gelişim çağı, bonitet, kapalılık ve silvikültürel durum açısından karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.

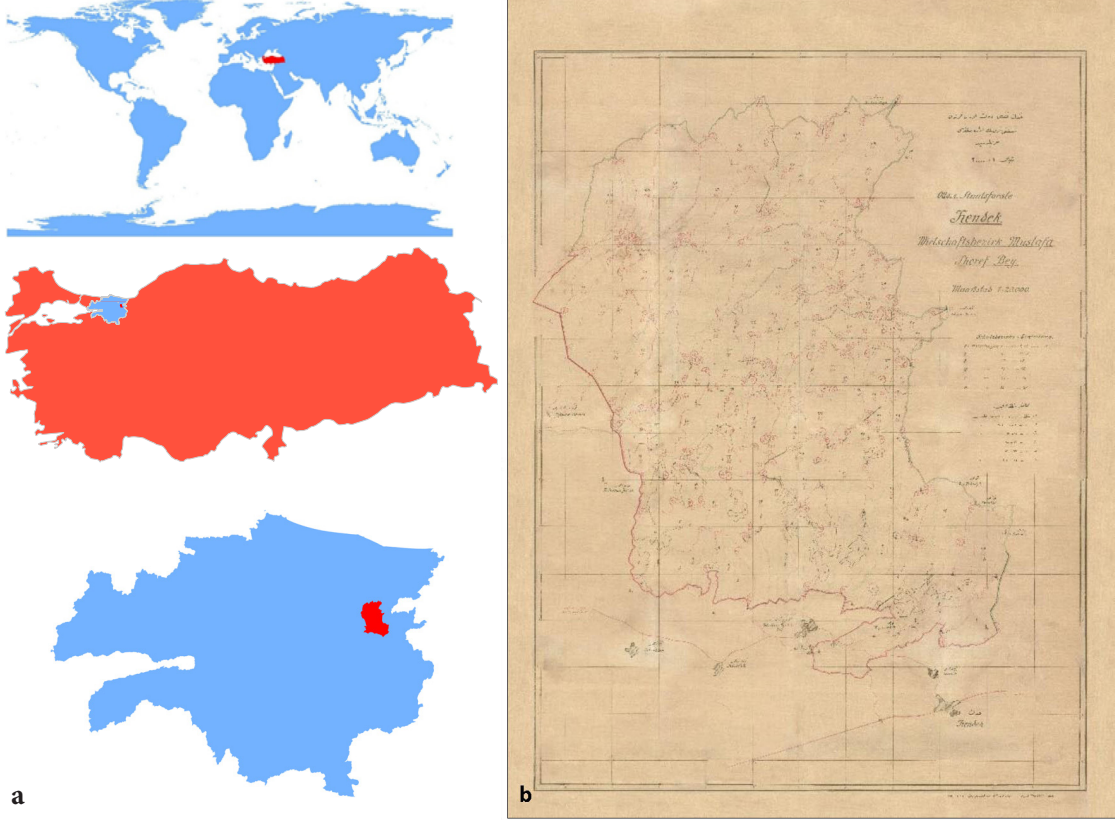
2. Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı, plan ünitesinin ilk adıyla *Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı*, yeni adıyla *Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği* sınırlarını kapsamaktadır ve Sakarya ilinde yüz yılı aşkın bir süredir işletilmektedir. İlk Orman Amenajman Planı verilerine göre, Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı’nın alanı 7.197,04 hektar (ha) olup 7.049,24 ha ormanlık ve 147,80 ha orman dışı alandır (Şekil 1b). Günümüzdeki adıyla Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği ise 2015 orman amenajman planına göre 6.640,4 ha ormanlık ve 1.361,7 ha ormancılık dışı olmak üzere toplam 8.002,1 ha (Şekil 1a) olup tamamı devlete aittir.

Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı (1917) planında ormanların ana ağaç türlerini kayın (*Fagus orientalis*), meşe (*Quercus* spp.) ve gürgen (*Carpinus* spp.) oluşturmakta; bu türlerin dışında titrekavak (*Populus tremula*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve sadece Çam Dağı’nda sınırlı alanlarda göknar (*Abies* spp.) meşcereleri de yayılış yapmaktadır. Plan ünitesinde serpili ve gruplar halinde gümüşü ihlamur (*Tilia argentea*), karaağaç (*Ulmus* spp.), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*), çınar (*Platanus* spp.),

kızılağaç (*Alnus* spp.) ve nadiren üvez (*Sorbus* spp.) türleri meşcere karışımlarında yer almaktadır. Bu orman ağaçları dışında kocayemiş (*Arbutus* spp.), funda (*Erica arborea*), çobanpüskülü (*Ilex* spp.) ve orman gülü (*Rhododendron ponticum*) gibi çalı formundaki türlerden oluşan bitki toplulukları da yaygındır.

Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği (2015) planında ise kayın (*Fagus* spp.) sapsız meşe (*Quercus petraea*), Macar meşesi (*Quercus frainetto*), gürgen (*Carpinus* spp.), karaçam (*Pinus nigra*), gümüşü ıhlamur (*Tilia argentea*), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*) ve yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*) türlerinin ve tür gruplarının oluşturduğu 21 meşcere kompozisyonu bulunmaktadır.



Şekil 1. (a) Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği. (b) Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı haritası
Figure 1. (a) Çamdağı 1917 Forest Sub-district Directorate. (b) Hendek Mustafa Şeref Bey Forest map

2.1. Planların dayandığı yasal düzenlemeler

Türkiye’de orman planlama çalışmalarının ilk plan yapımıyla birlikte hukuksal alt yapısı oluşturulmuş ve yaklaşık yüzyıl içerisinde kanun, yönetmelik, tebliğ ve izahname şeklinde çeşitli hukuki düzenlemeler yapılmıştır. Araştırmada, bu dönem yapılan sekiz plandan ve planların dayanaklarını oluşturan mevzuattan yararlanılmış, amenajman planları kanun ve alt mevzuat açısından karşılaştırılmış ve Şekil 2’de gösterilmiştir.

Kanun temelli ve planlı ormancılık 1917 yılında başlamış; plan yapımında Kanun, Yönetmelik, Tebliğ ve İzahname’lerden de yararlanılmıştır. Orman amenajman planları Osmanlı Devleti döneminde

Ormanların Usûl-i İdâre-i Fenniyeleri Hakkında Kânun hükümlerine göre, Türkiye Cumhuriyeti Devleti döneminde ise Şekil 2’deki 504, 3116 ve 6831 sayılı kanunlara ve alt mevzuatına göre gerçekleştirilmiştir.

2.2. Haritaların oluşturulması ve envanter

Orman envanteri orman planlama amaçları için önemli bir bilgi kaynağıdır (Brosofske ve ark., 2014). Ormanların planlanmasındaki en önemli iş aşamalarından birkaçını; planlanacak orman alanının konumsal olarak sınırlarının belirlenmesi, alanın işletme amaçları ve koruma hedefleri doğrultusunda iç taksimat düzeninin kurulması ve belirlenen amaçlara uygun örnekleme yöntemleri



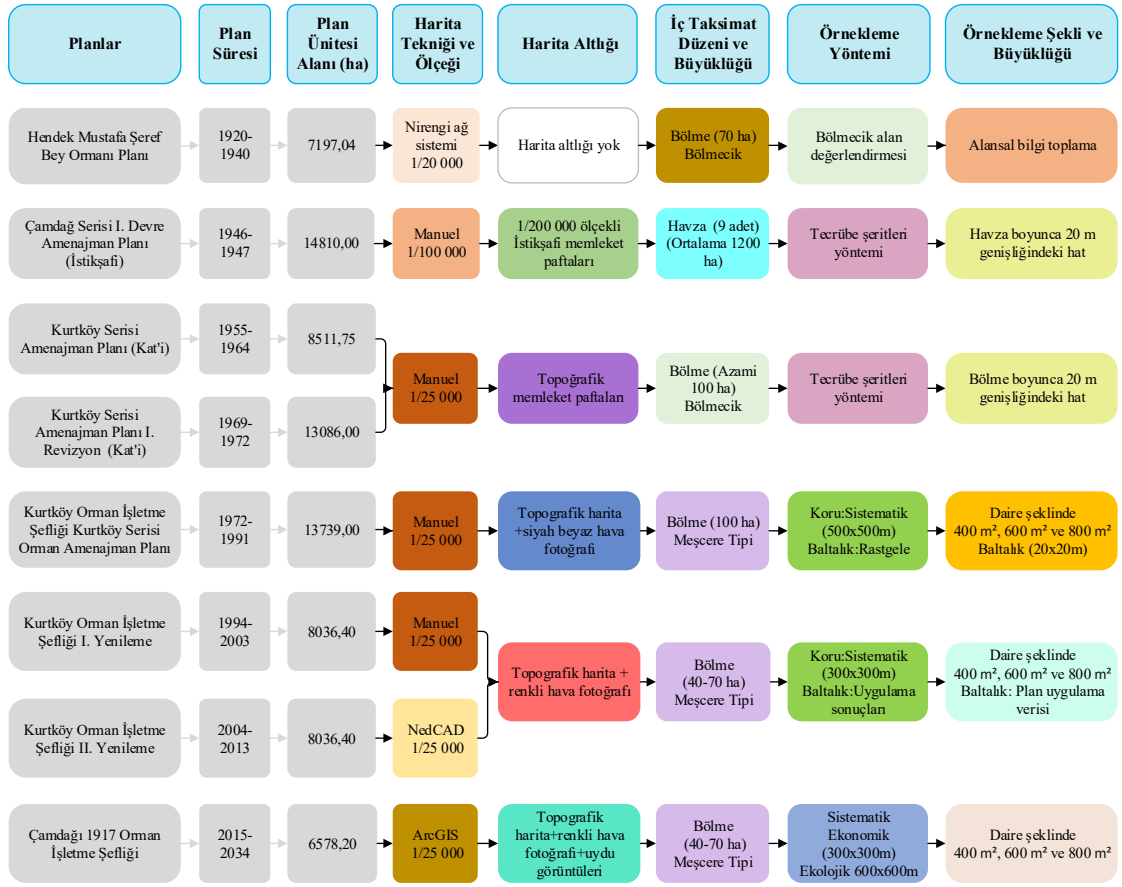
Şekil 2. Hendek orman amenajman planlarının mevzuata göre tarihsel süreci
Figure 2. The historical process of Hendek forest management plans according to laws

kullanılarak, orman envanterinin yapılması konuları oluşturmaktadır.

Çalışmada, sekiz plan döneminde yapılan orman amenajman planları, orman envanteri ana başlığı altında toplanan yedi alt başlığa ayrılarak incelenmiştir. Plan süresi, plan ünitesi alanı, harita tekniği ve ölçeği, harita altlığı, iç taksimat düzeni ve büyüklüğü ile örnekleme yöntemi, örnekleme şekli ve büyüklüğü bakımından farklılıkları karşılaştırılmalı olarak Şekil 3'te verilmiştir.

2.3. Planlama ilkeleri ve faydalanmanın düzenlenmesi

Planlar, bu bölümde dokuz alt başlığa ayrılarak incelenmiştir (Tablo 1 ve Tablo 2). Orman amenajman planlarına ait amenajman metotları, işletme amaçları, işletme sınıfları ve idare süreleri açısından karşılaştırılması Tablo 1'de; ağaç türü, meşcere gelişim çağı, bonitet, kapalılık ve silvikültürel durum karşılaştırması ise Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 3. Plan Ünitesinin iç taksimatlandırma ve örnekleme sistematığı
Figure 3. Compartment/Sub-compartment outline and sampling method of the Planning Unit

3. Bulgular

3.1. Planların dayandığı yasal düzenlemeler

Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı amenajman planlama çalışmalarının yasal dayanağını oluşturan “Ormanların Usûl-i İdâre-i Fenniyeleri Hakkında Kânun”, Takvim-i Vekâyi'nin (bugünkü Resmi Gazete) 24 Nisan 1917 tarih ve 2863 sayısında Sultan Mehmed Reşat, Sadrazam Mehmed Talat, Maliye Nazırı Cavid ile Ticaret ve Ziraat Nazırı Mustafa Şeref'in imzaları ile yürürlüğe girmiştir (Şekil 4a ve 4b). Ülkemizde ilk orman planlama çalışmaları Osmanlı Devleti döneminde ve bu Kanun'a dayanılarak gerçekleştirilmiştir. Kanun'un öngördüğü Orman Amenajman Yönetmeliği Tasarısı (Devlet Ormanlarına Ait Amenajman Talimatnamesi) Avusturyalı ormancılık müşaviri Hermann Veith tarafından hazırlanmıştır (Kutluk, 1948; Asan, 2013b).

1917 yılında yürürlüğe giren bu Kanun, Osmanlı Devleti'ne ait ormanların planlı yönetilmesine ve işletilmesine olanak sağlayan planlama ile ilgili ilk

hukuki düzenlemedir (Eraslan 1955; Asan, 2013b). 1924 yılında 504 sayılı kanuna ek olarak 526 sayılı kanun (526 SK) çıkarılmış (Eler, 2008) aynı yıl yürürlüğe girmişlerdir. 504 SK ve 526 SK, 1937 tarih ve 3116 sayılı Orman Kanunu (3116 SK) yürürlüğe girinceye kadar (13 yıl) yürürlükte kalmıştır. Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı Orman Amenajman Planı 1940 yılına kadar yürürlükte olduğu için 1924 yılında düzenlenen mevzuat hükümlerine göre yeni plan yapılmamıştır.

1941 yılında tüm ülke ormanlarının kısa bir sürede amenajman planlarına sahip olması amacıyla *Türkiye Ormanları Amenajman Planlarının Sür'atle İkmaline Dair Talimatname* adlı yeni bir mevzuat çıkarılmıştır. Beklenen sonuç elde edilemediğinden üç yıl sonra planlama çalışmalarını daha fazla hızlandırmak için 1944 tarihli *Birinci Devre Amenajman İşleri Talimatnamesi* çıkarılmıştır (Şahin, 2020). Çamdağ Serisi I. Devre Amenajman Planı (1946), 1944 tarihli *I. Devre Ormanları Amenajman Planları Talimatnamesi* 'ne göre düzenlenmiştir.

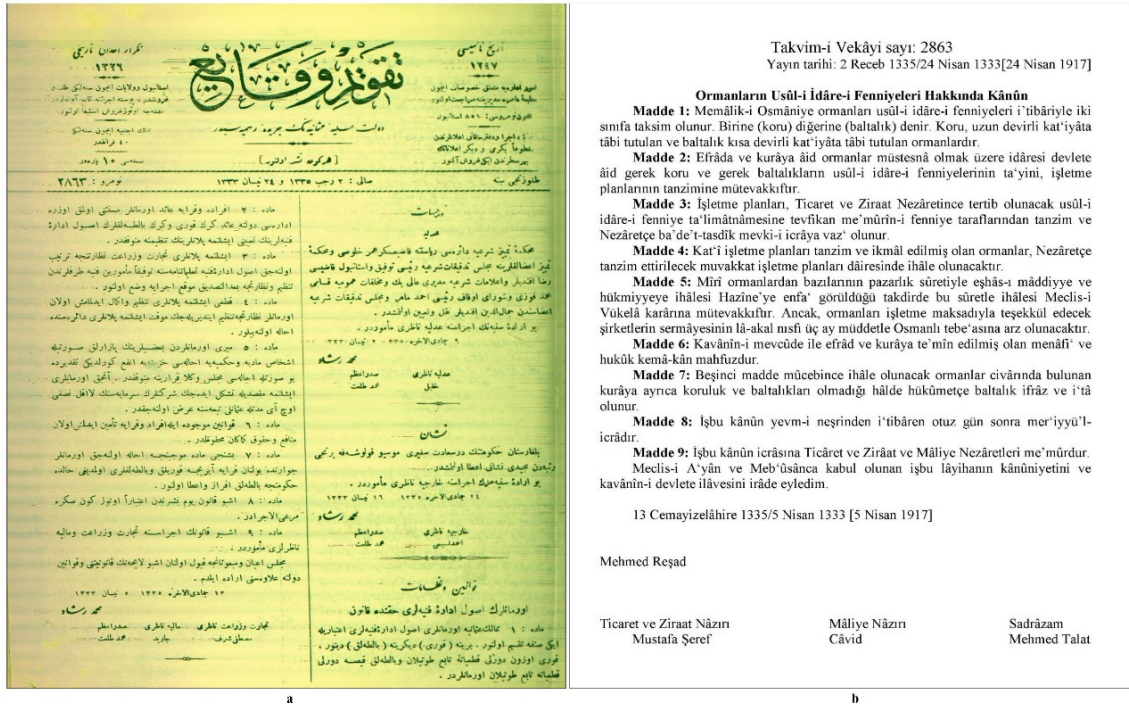
Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı (1955) ile

Tablo 1. Planların ormanlardan faydalanmayı düzenlemede esas alınan kavramlara göre karşılaştırılması
Table 1. Comparison of management plans according to the concepts based on management regulations

| Plan Türleri | Amenajman Planları | Amenajman Metodu | İşletme Amacı | İşletme Sınıfı | İdare Süresi |
|--|--|---|--|---|---|
| İlk Plan | Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı | Koru: Yaş sınıfları metodu Baltalık: Tıraşlama | Odun üretimi olup ancak meşcere yapısı bozulmuş bölme ve bölmecikler üretime konu edilmemiştir. | Koru (Kayın-Meşe) Baltalık | Koru: 120 yıl Periyod genişliği: 20 yıl Baltalık: 20 yıl |
| İstikşafı Planlar (I. Devre Amenajman Planları) | Çamdağ Serisi I. Devre Amenajman Planı | Koru ve Baltalık: Çap sınıfları metodu (Seçme kesimleri) | İşletme amaçları açıkça tanımlanmamıştır. Ancak baltalıklardan maden direği ve yakacak odun, korulardan da yapacak odun elde edilmesi amaçlanmıştır. | İşletme sınıfları açıkça tanımlanmamış ancak düzenlenen plan koru ve baltalık olarak ayrıldığından bu iki işletme sınıfına göre planlanmıştır. | Koru: İdare süresi tanımlanmamıştır. Baltalık: Yakacak odun için 30 yıl, maden direği için 36 yıl belirlenmiştir. |
| Kat'i Planlar | Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı | Koru ve Baltalık: Çap sınıfları metodu (Seçme kesimleri) | Koru ormanları temizleme kesimi yapılacak ve korumaya ayrılacak alanlar olarak belirlenmiştir. Koru ormanları içerisinde yer alan ve tahrip edilmiş bazı bölmeler baltalık olarak planlanmıştır. | Koru işletme sınıfı (Koru ormanları içerisinde koruma işlevi görece alanlar ayrı bir işletme sınıfı olmaksızın ayrılmış ve üretime konu edilmemiştir). | Koru: Kayın: 150 yıl ve 57 cm çap Meşe: 200 yıl ve 78 cm çap Baltalık: 30 Yıl 12-14 cm çap |
| | Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı I. Revizyon | | Koru: En yüksek odun hasılatı. Baltalık: Yakacak odun | Koru İşletme sınıfı Baltalık İşletme sınıfı Ağaçlama İşletme sınıfı | Koru: Kayın: 120 yıl Meşe: 200 yıl Baltalık: 20 yıl |
| Yaş Sınıfları Metodu (Klasik Planlar) | Kurtköy Orman İşletme Şefliği Kurtköy Serisi Planı | Koru: Yaş sınıfları Metodu Baltalık: Yıllık alan-tıraşlama | Koru: En yüksek odun hasılatı (Orta çap 45 cm olmalı) Baltalık: Yakacak odun (Orta çap 6 cm olmalı) | A- Kayın işletme sınıfı B- Baltalık işletme sınıfı | Bonitete göre; 1-İyi: 90 yıl 2-Orta: 110 yıl 3-Fena: 125 yıl Baltalık: 20 yıl |
| | Kurtköy Orman İşletme Şefliği I. Yenileme | | Üretim ormanlarının işletme amaçları açıkça tanımlanmamıştır. Meşcere yapısı bozulmuş ve sosyal baskılı ormanlar muhafaza karakterinde planlanmıştır. | A- Kayın işletme sınıfı B- Baltalık işletme sınıfı C- Muhafaza Karakterinde işletme sınıfı | Korular için ortalama bonitete göre: Kayın: 120 yıl Baltalık: 20 yıl |
| | Kurtköy Orman İşletme Şefliği II. Yenileme | | A ve B: Kaliteli odun üretimi; C, D, E: En yüksek miktarda odun üretimi; F: Yakacak odun üretimi; G: Sosyal baskılı alan (Koruma); F: Toprak koruma. | İşletme sınıfları: A- Kayın, B- Meşe (Üretim); C- Karaçam, D- Sahilçamı+Akasya (Plantasyon); E- Meşe (Koruya Tahvil); F- Baltalık (Meşe) G- Sosyal baskılı alan; H- Toprak koruma | Kayın: 160 Meşe: 200 Karaçam: 100 Sahilçamı: 40 Koruya tahvil: 80 Baltalık: 20 Toprak koruma işletme sınıfında idare süresi 320 yıl |
| Yaş Sınıfları Metodu (Ekosistem Tabanlı Planlar) | Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği | Koru: Yaş sınıfları metodu | İşletme amaçları; A, B ve C: Ekonomik D: ODOÜ Ekonomik E, F, G: Ekolojik H: Sosyokültürel fonksiyonlu ormanlar olarak ayrılmıştır. | A-Karaçam plantasyon B- Kayın, C-Meşe D- Yalancı Akasya + Kestane (Üretim); E ve F Sosyal baskılı alanlar; G-Toprak koruma; H-Rekreasyon | İşletme sınıflarına göre; A: 100, B: 140, C: 100, D: 100, E: 100, F: 100, G: 160 ve H: 160 yıl olarak belirlenmiştir. |

Tablo 2. Planların ormanlardan faydalanmayı düzenlemede esas alınan kavramlara göre karşılaştırılması
Table 2. Comparison of management plans according to the concepts based on management regulations

| Plan Türleri | Amenajman Planları | Ağaç Türü, Meşcere Gelişim Çağı ve Kapalılık Durumu | Silvikültürel Durum | Bonitet |
|--|---|---|--|--|
| İlk Plan | Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı | Her bölme ya da bölmecik ayrı bir işlem ünitesi olarak belirlenmiştir. Meşcere tipi ve gelişim çağı kavramı yoktur. Her bölmecik için ağaç türü ya da tür karışımı tanımlanmıştır. Ana ağaç türlerini kayın, meşe ve gürgen oluşturmaktadır. Kavak, sarıçam meşcereleri ile sadece Çam dağında sınırlı bir alanda göknar mevcuttur. Kapalılık "kesafet" adı ile yer almaktadır. Meşcereler, 1 - 0,9: Tam kapalı, 0,8 - 0,6: Seyrek, 0,5 - 0,3: Pek seyrek olarak sınıflandırılmıştır. | Her bölmecik ayrı bir silvikültürel işlem ünitesi kabul edilerek silvikültürel uygulamalar önerilmiştir. | Meşcere orta boyu esas alınmış ve bonitetin saptanmasında Feissmantel ve Pressler'in bonitet tabloları kullanılmıştır. |
| İstikşafı Planlar (I. Devre Amenajman Planları) | Çamdağ Serisi I. Devre Amenajman Planı | Meşcere tipi ve gelişim çağı kavramı bulunmamaktadır. Koru ormanlarının ana ağaç türünü kayın oluşturmaktadır. Kayına yer yer meşe ve kavak karışmaktadır. Baltalık ormanlarının asli ağaç türünü ise meşe oluşturmaktadır. Havza bazında "ondalık" düzeyinde tanımlanmıştır. | Silvikültürel müdahaleler ayrıntılı verilmemiştir. Üretimle ilgili ifadeler yoktur. | Bonitet ile ilgili çalışmalar yapılmamıştır. |
| Kat'i Planlar | Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı I. Revizyon | Meşcere tipi ve gelişim çağı kavramı bulunmamaktadır. Koru ormanlarının ağaç türlerinin; % 69'u kayın, % 28'i meşe, %3'ü göknar, ıhlamur kavak ve kestane türlerinden oluşmaktadır. Baltalık ormanlarının asli türleri meşe, kayın ve gürgen. Kapalılık 0,1 -1,0 arasında ondalık düzeyinde saptanmıştır. Meşcerelerin kapalılığı korularda 0,4-0,8 arasındadır. Meşcere tipi ve gelişim çağı kavramı bulunmamaktadır. Koru ormanlarının % 77,7'si kayın, %15,1'i meşe, % 6,2'si gürgen ve % 1'i ise ıhlamur, kavak, kestane göknar, kara ağaç ve kızılbaş türlerinden oluşmaktadır. Baltalık ormanlarının % 49'u kayın, % 42'si meşe, % 6'sı gürgen, ve % 3'ü ise kavaktır. Kapalılık 0,1 -1,0 arasında ondalık düzeyinde saptanmıştır. Meşcerelerin kapalılıkları 0,2 ile 0,9 arasında saptanmıştır. | Silvikültürel durum ifadeleri her bölmecik/meşcere için ayrı ayrı tanımlanmıştır. | Bonitet ile ilgili çalışmalar yer almamıştır. |
| Yaş Sınıfları Metodu (Klasik Planlar) | Kurtköy Orm. İşl. Şefliği Kurtköy Serisi Planı Kurtköy Orm. İşl. Şefliği I. Yenileme Kurtköy Orm. İşl. Şefliği II. Yenileme | Koru ormanlarının meşcere tiplerinin belirlenmesinde ağaç türü, gelişim çağı ve kapalılık ölçütleri dikkate alınmıştır. Örnek alanlardaki tüm ağaç türlerinin tespiti yapılmış olup elde edilen veriler plan ünitesinde meşcere tipi bazında değerlendirilmiştir. Ağaç türleri sembollerle gösterilmiştir. Meşcere gelişim çağıları bakımından; a: <8 cm, b: 8-19,9 cm, c: 20 -35,9 cm, d: 36-51,9 cm ve e: 52 cm'den büyük göğüs çapı değerlerini ifade etmektedir. Kapalılık sınıfları 1972 yılındaki Kurtköy Serisi Planında; 0 < %10 Çok bozuk, 1: % 11-40 Bozuk 2: % 41-70 Seyrek ve 3: % 71-100 Tam kapalı şeklinde sınıflandırılırken daha sonraki planlarda; 0: <% 10 Bozuk, 1: % 11-40 Seyrek, 2: % 41-70 Orta ve 3: % 71-100 Tam kapalı olarak sınıflandırılmıştır. Baltalık ormanları; ağaç türü, yaş ve kapalılığa göre tanımlanmıştır. | Plan ünitesinin geneli için İşletme silvikültür planı düzenlenmiştir. | Koru ormanlarında bonitet kayın için üst boya göre üç bonitet sınıfı olarak belirlenmiştir. Bunlar; 1- İyi bonitet, 2- Orta bonitet 3- Fena bonitet şeklinde tanımlanmıştır. |
| Yaş Sınıfları Metodu (Ekosistem Tabanlı Planlar) | Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği | Koru ormanlarının meşcere tiplerinin belirlenmesinde ağaç türü, gelişim çağı ve kapalılık ölçütleri dikkate alınmıştır. Klasik (Yaş Sınıfları) metoddan farklı olarak 0: <% 10 kapalılık sınıfı, bozuk yerine boşluklu kapalı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca maki elemanları fonksiyonel verimlilik durumuna göre değerlendirilmiştir. | Plan ünitesinin geneli için İşletme silvikültür planı düzenlenmiştir. | Bonitet ile ilgili çalışmalar yer almıştır. Kayın ve meşe beş bonitet sınıfı olarak planlanmıştır. |



Şekil 4. a) Osmanlı Türkçesi ile yazılmış Ormanların Usûl-i İdâre-i Fenniyeleri Hakkında Kânun, b) Kanununun bugünkü Türkçe'ye çevirisi

Figure 4. a) Turkey's first Forest Management Law/ Ormanların Usûl-i İdâre-i Fenniyeleri (Law no. 2863, Takvim-i Vekâyi (Official Gazette) 24 April 1917) written in Ottoman Turkish, b) Translation of the Law into actual Turkish

Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı I. Revizyon (1969) planları 3116 SK kapsamında ve 1952 tarihli *Orman Amenajman Planlarının Tanzimine ve Tatbikine Ait Talimatname* esaslarına göre hazırlanmıştır. 1952 tarihli *Orman Amenajman Yönetmeliği* ülke ormancılığının teknik gelişimine yetmediği gerekçe gösterilerek bazı maddeleri 1955 yılında değiştirilmiştir.

1937 tarih ve 3116 sayılı *Orman Kanunu* (3116 SK), 1956 yılında 6831 sayılı *Orman Kanunu* (6831 SK) yürürlüğe girinceye kadar (19 yıl) yürürlükte kalmıştır.

Kurtköy Orman İşletme Şefliği Kurtköy Serisi Orman Amenajman Planı (1972), 6831 SK (26. maddede) hükümlerine dayanılarak hazırlanmış ve 1955 tarihli *Orman Amenajman Planlarının Tanzimine ve Tatbikine Ait Talimatname* ile *Arazi Envanter ve Harita İzahnameleri*' ne göre gerçekleştirilmiştir. 1973 yılında *Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine, Uygulanmasına ve Yenilenmesine Dair Yönetmelik* ile *Arazi Çalışmalarına Ait İzahname* yürürlüğe girmiştir. Bu Amenajman Planı 1972-1991 yıllarını kapsayacak şekilde yürürlükte olduğundan, plan ünitesi için 1973 Yönetmeliğine göre yeni bir plan yapılmamıştır.

Kurtköy Orman İşletme Şefliği I. Yenileme (1994) ve Kurtköy Orman İşletme Şefliği II. Yenileme

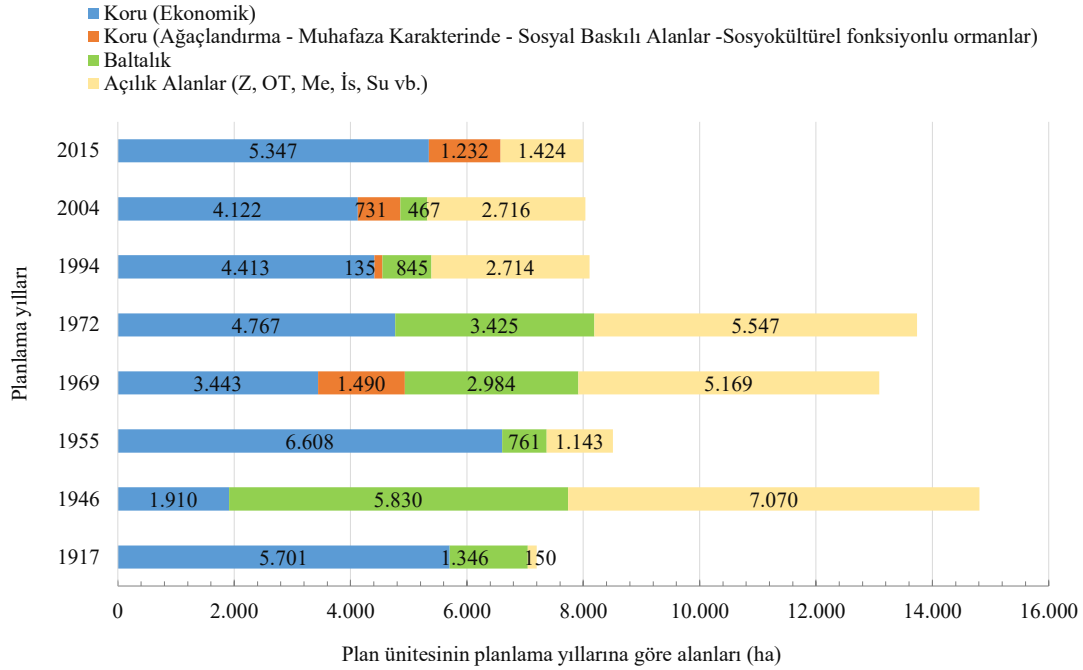
(2004) planları 1991 tarihli *Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesi, Uygulanması, Denetlenmesi ve Yenilenmesi Hakkında Yönetmelik* ile *Arazi Çalışmalarına Ait İzahname* esaslarına göre hazırlanmıştır.

Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği'nin 2015 planı ise 2008 tarihli *Orman Amenajman Yönetmeliği* ile 2014 tarih ve 299 sayılı *Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar Tebliği*' ne göre gerçekleştirilmiştir. Tebliğ, geçmiş dönemlerde *Arazi Teknik İzahnamesi* ve *Harita Çizim İzahnamesi* şeklinde hazırlanan mevzuatı da kapsamaktadır.

3.2. Haritaların oluşturulması ve envanter

Türkiye'de ilk olan bu planlama ünitesinde, 1917'den 2015'e kadarki sekiz plan döneminde meydana gelen alan değişiklikleri Şekil 5'te verilmiştir. İlk adıyla Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı 1917 yılında 7.197,04 ha iken, Çamdağ Serisi I. Devre Amenajman Planı (1946), sınırlarının değişmesiyle alanı %105,8 artarak 14.810,0 ha'a çıkmıştır.

Üçüncü dönemde Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı (1955) adıyla planlanmış, sınırları değiştirilmiş ve alanı 8.511,75 ha olmuştur. Dördüncü dönemde Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı I.



Şekil 5. 1917-2015 dönemindeki planlarda orman işletme şekillerinin ve açıklık alanların dağılımı
Figure 5. Proportional distribution of working circles types and open areas in management plans between 1917-2015

Revizyon (1969) adıyla planlanmış, sınırlarında önemli değişiklikler yapılmış ve alanı 13.086,0 ha olmuştur. Beşinci dönemdeki adıyla Kurtköy Orman İşletme Şefliği Kurtköy Serisi Orman Amenajman Planı'nın (1972) sınırlarında ve alanında dördüncü ve daha önceki dönemlere kıyasla çok büyük değişiklikler olmamış ve tüm alanı 13.739,0 ha olmuştur. Plan ünitesinin alanı, Kurtköy Orman İşletme Şefliği I. Yenileme (1994) planında 8.105,5 ha, yedinci plan dönemindeki adıyla Kurtköy Orman İşletme Şefliği II. Yenileme (2004) planında ise 8.036,4 ha olarak görülmektedir. Bu iki dönemde de hem plan ünitesinin sınırlarında hem de alanında değişiklikler gerçekleşmiştir.

Son dönemde plan ünitesinin adı ilk planın yapıldığı yeri ve tarihi kapsayacak şekilde değiştirilmiş, sınırları ve alanı 1917 yılındaki sınırlarla olabildiğince örtüşecek şekilde planlanmış ve böylece Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği'nin (2015) toplam alanı 8.002,1 ha olarak belirlenmiştir.

Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı'nın ilk orman planlama çalışmalarında, alana ait harita altlığı olmadığı için 1916 yılında öncelikli olarak plan ünitesinin 1/10.000 ölçekli nirengi ağ sistemi kurulmuş ve bundan yararlanılarak 1/20.000 ölçekli iç taksimat ve orman haritası oluşturulmuştur.

İşletmeye açılacak veya çalışmakta bulunan ormanların odun varlıklarını ve alanlarını yaklaşık olarak belirleme işi *İstikşaf Planlar* ile yapılmıştır

(OGM, 1954; Şahin, 2020). Çamdağ Serisi I. Devre Amenajman Planı (1946) istikşafı plan olarak hazırlanmış ve harita altlığı olarak Harita Genel Müdürlüğü (HGM, harita.gov.tr) tarafından üretilen 1/200.000 ölçekli istikşafı haritalar kullanılmıştır.

İstikşaf sonucunda işletmeye açılması öngörülen veya işletilen ormanların harita ve planlarını düzenleme, uygulanacak işletme şekillerini, ağaç türü ve serveti ile yıllık verimlerini ayrıntılı inceleme ve hesaplama işleri ise *Kat'i Amenajman Planları* ile gerçekleştirilmiştir (OGM, 1954; Şahin, 2020). HGM tarafından üretilen 1/25.000 ölçekli topografik memleket paftaları, bu plan ünitesinde ilk kez Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı'nın (1955) yapımında kullanılmıştır. Ülkemizdeki her türlü ormancılık çalışmalarında kullanılan meşcere haritalarının yapılmasında 1/25.000 ölçekli topografik memleket paftaları altlık olarak kullanıldığı için 1969, 1972, 1994, 2004 ve 2015 yıllarında da plan ünitesi ormanlarına ait haritanın yapılmasında bu paftalardan yararlanılmıştır.

Meşcere (orman) haritaları 2004 yılına kadar aydınlar üzerine elle çizilerek; Kurtköy Orman İşletme Şefliği II. Yenileme (2004) planı meşcere haritası ise ilk defa sayısal olarak Netcad programıyla üretilmiştir. Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği planının harita düzenleme işleri bilgisayar ortamında ArcGIS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Plan tablolarının elde edilmesi ile planın yapımında App yazılımı kullanılmıştır. Her iki

plan dönemi iç taksimatlandırma çalışmalarında, rektifikasyon işlemi yapılmış olan 1/25.000 ölçekli topografik paftalardan da yararlanılmıştır.

Kurtköy Orman İşletme Şefliği Kurtköy Serisi Orman Amenajman Planı (1972) çalışmalarında ilk kez siyah-beyaz hava fotoğrafları, Kurtköy Orman İşletme Şefliği I. Yenileme (1994) çalışmalarıyla da ilk defa renkli kızılötesi hava fotoğrafları kullanılmaya başlanmıştır. 2004 planlama çalışmalarında renkli kızılötesi hava fotoğrafları, 2015 yılında ise Quickbird uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Planlama ünitesi birimi olarak ilk planlama çalışmasında bölme ve bölmecik kullanılmış; Çamdağ Serisi I. Devre Amenajman Planı (1946) ise istikşafı yöntemle havza bazında planlanmıştır. Kurtköy Serisi Kat'î Amenajman Planı (1955) ile Kurtköy Serisi Kat'î Amenajman Planı I. Revizyon (1969) planlarında, planlama ünitesi birimi olarak ilk planlama çalışmasında olduğu gibi yeniden bölme ve bölmecik dikkate alınmıştır. Kurtköy Orman İşletme Şefliği Kurtköy Serisi Orman Amenajman Planı (1972) ile birlikte meşcere tipi kavramı, meşcere haritalarının ve planlama çalışmalarının önemli bir ögesi haline gelmiştir. Planlama ünitesi birimi olarak bölmelerin yanı sıra meşcere tipleri de taksimatlandırmada etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. 1994, 2004 ve 2015 yıllarında da planlama ünitesi birimi olarak bölme ve meşcere tipi kullanılmaya devam etmiştir.

Örnekleme yöntemi, 1917 planında bölmecik alan değerlendirmesi şeklinde yapılırken, 1946 planlama çalışmalarında havza içerisinde istikşafı ve tecrübe şeritleri yöntemi, 1955 ve 1969 Kat'î amenajman planlarının yapımında ise bölme içerisinde tecrübe şeritleri yöntemi biçiminde gerçekleştirilmiştir. Kurtköy Orman İşletme Şefliği Kurtköy Serisi Orman Amenajman Planı (1972) ile plan ünitesinde, koru ormanları için sistematik örnekleme yöntemleri (500x500 m) kullanılmaya başlanmıştır. Kurtköy Orman İşletme Şefliği I. yenileme ve II. yenileme planlarında örnek alanların belirlenmesi için verimli koru ormanlarında 300x300 m aralık ve mesafelerle sistematik örnekleme yöntemi kullanılmıştır. 2015 planlamalarında ise %10-40 kapalı meşcereler ile ekolojik ve sosyokültürel fonksiyonlu orman alanları olarak ayrılan alanlara 600x600 m; kapalılığı %40'dan yüksek olan ve ekonomik fonksiyonlu olarak ayrılan orman alanlarında örnek alanlar 300x300 m aralık ve mesafelerle sistematik olarak dağıtılmıştır.

Örneklem şekli ve büyüklüğü, ilk planlama çalışmasında her bölme ve bölmecik ile ilgili alansal bilgi toplama şeklinde gerçekleştirilirken, 1946 planlamasında havzayı baştan sona kat eden hat

üzerinde, 1955 ve 1969 planlama çalışmalarında ise bölme içerisinde alınan 20 m genişliğindeki tecrübe şeritlerinde veriler elde edilmiştir. 1972 yılında hazırlanan plan ile örneklem sayısı, şekli ve büyüklüğü belirli standartlara kavuşturulmuştur. Örneklemin şeklinin daire, büyüklüğünün ise ormanın verimlilik ve kapalılık durumuna göre 400 m², 600 m² ve 800 m² olması kararı verilmiştir. 1972 plan dönemiyle birlikte orman planlamaya kazandırılan bu yöntemler, bazı küçük değişikliklerle birlikte 1994, 2004 ve 2015 planlama çalışmaları için de geçerliliğini korumuştur.

3.3. Planlama ilkeleri ve faydalanmanın düzenlenmesi

Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı (1917), Türkiye'nin ilk orman amenajman planı olmasının yanında, yaş sınıfları yönteminin eşit yaşlı ormanları düzenlemeye yönelik de ilk uygulamasıdır. Plan ünitesi ormanları 1946, 1955 ve 1969 yıllarında çap sınıfları metoduna göre planlanmış; 1972 planında ise Kurtköy Serisi ormanlarında, ikinci kez amenajman metodu olarak yaş sınıfları metoduna geçilmiştir. Plan ünitesi ormanları 1972 yılından itibaren yaş sınıfları yöntemiyle planlanmaktadır.

3.3.1. Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı (1917)

Koru ve baltalık ormanları için odun üretimi amaçlarını gerçekleştirmek ve yapısı çeşitli nedenlerle bozulmuş olan meşcereleri koruma, ağaçlandırma ve rehabilitasyon yöntemleriyle iyileştirmek amacıyla planlanmıştır. Koru işletme sınıfının amaç kuruluşu; plansız müdahalelerle bünyesi bozulan koru ormanlarını ıslah ve imar etmek, yetişme ortamının elverdiği en yüksek miktar ve kalitedeki hasılatı (odun ürününü) devamlı olarak almak şeklinde belirtilmiştir. Baltalık işletme sınıfının plandaki amaç kuruluşu ise meşcere içerisindeki boşlukları doldurmak, düzensiz baltalık ve korulu baltalık görünümündeki meşcereleri düzenli hale sokmak ve yetişme ortamının elverdiği en yüksek miktardaki hasılatı devamlı olarak elde etmek şeklinde açıklanmıştır. Koru ormanları için idare süresi 120 yıl ve yakacak odunu elde edilecek baltalık ormanları için 20 yıl olarak belirlenmiştir.

Amenajman planında meşcere gelişim çağlarını ifade edebilecek sembol ve ölçütler bulunmamaktadır ve bölmecikler harf sembolleriyle gösterilmiştir. Plandaki tüm meşcerelerde yapılacak kesimlerle ilgili bilgiler Kat'ıyyât (kesim), ağaçlandırmalar ve ekim çalışmaları ile ilgili açıklamalar ve öneriler ise Kültür (teşcir) planı kapsamında genel esaslarıyla verilmiş; her bölmecik için hangi silvikültürel uygulamaların yapılması gerektiği de önerilmiştir. Silvikültürel işlem ünitesi olan bölmeciklerde,

farklı fonksiyonları da dikkate alan silvikültürel uygulamaların önerildiği görülmektedir. Özellikle orman üzerindeki sosyal baskıyı azaltacak ve ormanın sürekliliğini sağlayacak öneriler neredeyse her bölmecik için ayrı ayrı belirtilmiştir.

Planda her bölme ya da bölmecik ayrı bir işlem ünitesi olarak tanımlandığı için, her işlem ünitesi için ağaç türleri ile ağaç türlerinin karışım oranları, plandaki tabloların tahlil ve tavsif bölümlerinde verilmiştir. Ağaç serveti kapsamında değerlendirilmeyen ve meşcerede serpili bulunan ağaç türleri de her bölmecik için ayrı ayrı plan tablolarında tarif edilmiştir. Mevkii, toprak ve bazı iklim elemanları ile yetişme ortamı faktörlerine ait bilgiler ormanın bütünü ve her bölmecik için ayrı ayrı toplanmıştır. Yetişme ortamı hakkındaki veriler, planda meşcerelerin tahlil ve tavsifinin verildiği tablolarda her bölmecik için ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Meşcerenin yaşı ile orta boyu ölçülerek bölmenin azami ve asgari bonitet değerleri belirlenmiş, bunlardan da yararlanarak *meşcere orta boyuna* göre meşcerenin bonitet sınıfı tayin edilmiştir. Bonitet tayini için *Feissmantel* ve *Pressler*'in bonitet tabloları kullanılmıştır. Meşcere kapalılığı (kesafet), planda 0 ile 1 değerleri arasında ve 0,1 hassasiyetiyle 10 kategori oluşturacak şekilde belirtilmiştir. Verimli kuru ve baltalık ormanları için belirlenen meşcere kesafeti sadece kapalılık ölçütüne göre, aynı zamanda meşcere sıklığını da dikkate alacak şekilde belirlenmiştir. Plan ünitesinde verimli orman alanının %65,85'i 0,5-0,3 ve %33,66'sı 0,8-0,6 kesafet derecesine sahiptir. Plan alanının %63,84'ü kayın ve kayınla karışık, %29,12'ü ise meşe ve meşe ile karışık meşcerelerdir (OGM, 1917b).

3.3.2 Çamdağ Serisi I. Devre Amenajman Planı (1946)

İstikşafı yöntemle yapılan orman amenajman planında işletme sınıfı kavramı yer almamış, ancak, ormanlar kuru ve baltalık olarak iki işletme sınıfında planlanmış; işletme amaçları ise açıkça tanımlanmamıştır. Ancak sözel bilgilerden, baltalık ormanlarından maden direği ve yakacak odunun, kuru ormanlarından ise yapacak emvalin elde edilmesinin amaçlandığı anlaşılmaktadır. Çap sınıfları metoduna göre planlanmış ormanlarda seçme kesimleri uygulanmış, kuru ormanları için idare süresi ve amaç çapı belirlenmemiştir. Baltalık işletme sınıfında idare süresi, yakacak odun için 30 yıl ve maden direği için 36 yıl belirlenmiştir. Planda meşcere tipi ve meşcere gelişim çağı ile ilgili kavramlar bulunmamakta; kapalılık havza bazında ve "ondalık" düzeyinde tanımlanmıştır. Ağaç türü ile ilgili kısa bilgiler verilmiştir. Toprak özellikleri,

diri örtü ve ölü örtü gibi bilgiler havzaya ait olarak verilmiş; bonitet ile ilgili çalışmalara ise planda yer verilmemiştir (OGM, 1946b).

3.3.3. Kurtköy Serisi Kat'ı Amenajman Planı (1955)

Koru ve baltalık olmak üzere iki işletme sınıfına ayrılmıştır. Koru ormanları, korumaya ayrılanlar ve temizleme kesimi yapılacak bölmeler şeklindedir. İki işletme sınıfı da üretim ormanı olarak planlanmış olsa da plandaki kuru ormanlarında, koruma amaçlı alanlar belirlenmiş ve bu alanlarda silvikültürel müdahale öngörülmemiştir. Baltalık orman alanlarında ilk defa kesim düzenleri oluşturulmuştur. Koru ormanları en yüksek odun hasılatı, baltalık ormanları ise yakacak odun üretme amaçlarını yerine getirmek için planlanmıştır. Koru ormanları çap sınıfları metoduna göre planlanmış, kuru ve baltalık ormanları için amaç çapı ile birlikte idare süreleri de saptanmıştır. Koru ormanlarında idare süresi kayın için 150 yıl ve meşe için 200 yıl, amaç çapı ise kayın için 57 cm ve meşe için 78 cm olarak saptanmıştır. Baltalık ormanları için idare süresi 30 yıl ve amaç çapı 12-14 cm olarak belirlenmiş ve seçme kesimleri uygulanmıştır.

Planda bölmecikler harf sembolleriyle gösterilmiş; her bölmecik için meşcere orta yaşı ve kapalılık tespit edilmiştir. Meşcere gelişim çağı ile ilgili kavramlar ise bulunmamaktadır. Silvikültürel durum ifadeleri her bölmecik/meşcere için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Ağaç türleri ya da cinslerinin bölmecik içerisindeki oransal dağılımı ve meşcere sıklığı hakkında bilgiler "meşcerenin tavsifi ve işletme planı" cetvelinin ilgili sütunlarında yer almıştır. Koru ormanlarında ağaç türlerinin %69'u kayın, %28'i meşe, %3'ü ise göknar, ihlamur, kavak ve kestanedir. Baltalık ormanlarında asli türler meşe, kayın ve gürgendir. Kapalılık 0,1-1,0 arası ondalık düzeyde saptanmıştır ve meşcerelerin kapalılığı korularda 0,4-0,8 arasında belirlenmiştir. Toprak özellikleri, diri örtü ve ölü örtü gibi bilgiler bölme ya da bölmecikler bazında verilmiş, ancak bonitet ile ilgili çalışmalara planda yer verilmemiştir (OGM, 1955b).

3.3.4. Kurtköy Serisi Kat'ı Amenajman Planı I. Revizyon (1969)

Koru, baltalık ve ağaçlama olarak üç işletme sınıfına ayrılmıştır. Koru ormanlarının işletme amacı en yüksek hasılat, baltalık ormanlarının işletme amacı yakacak odun elde etmek, ağaçlama işletme sınıfının işletme amacı ise belirlenen sürede ve planlar dahilinde bozuk ormanları verimli ormanlara dönüştürmektir. Ormanlar çap sınıfları metoduna göre planlanmış olmasına rağmen, ağaç

türlerinin belirlenmiş hedef amaç çapına ulaşması için gerekli olan süre dikkate alınarak, ağaç türleri için idare süreleri de saptanmıştır. Faydalanmalar seçme kesimleri ile gerçekleştirilmiştir. Korumanlarında idare süresi kayın için 120 yıl ve meşe için 200 yıl, Baltalık ormanları için idare süresi 20 yıl belirlenmiştir.

Planda bölmecikler harf sembolleriyle gösterilmiş, her bölmecik için meşcere orta yaşı ve kapalılık tespiti yapılmıştır. Meşcere tipi ve gelişim çağı ile ilgili kavramlar ise yoktur. Silvikültürel durum ifadeleri her bölmecik/meşcere için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Ağaç türleri ya da cinslerinin bölmecikteki oransal dağılımı ve meşcere sıklığı hakkındaki bilgiler "meşcerenin tavsifi ve işletme planı" cetvelindedir. Korumanlarının %77,7'si kayın, %15,1'i meşe, %6,2'si gürgen ve %1'i ise ıhlamur, kavak, kestane, göknar, karaağaç ve kızılğaçtır. Baltalık ormanlarının %49'u kayın, %42'si meşe, %6'sı gürgen ve %3'ü ise kavaktır. Meşcere kapalılığı 0,1-1,0 arasında ondalık düzeyinde saptanmış, koru meşcerelerinin kapalılıkları 0,2 ile 0,9 arasında belirlenmiştir. Bir önceki Kat'i plan döneminde olduğu gibi, toprak özellikleri, diri örtü, ölü örtü gibi bilgiler bölme ya da bölmecikler bazında verilmiş, ancak bonitet ile ilgili çalışmalar planda verilmemiştir (OGM, 1969).

3.3.5. Kurtköy Orman İşletme Şefliği Kurtköy Serisi Orman Amenajman Planı (1972)

Kayın İşletme Sınıfı (Koru) ve Baltalık İşletme Sınıfı olmak üzere iki işletme sınıfına ayrılmıştır. Korumanının işletme amacı en yüksek odun hasılatı, baltalık ormanının işletme amacı ise en yüksek miktarda yakacak odun hasılatı elde etmektir. Plan ünitesi koru ormanları yaş sınıfları metoduna, baltalık ormanları eşit yıllık alan tıraşlama metoduna göre planlanmıştır. Ormanlar yaş sınıfları metoduna göre planlanmış olmasına rağmen, ağaç türleri için hedef çapları da belirlenmiştir. Korumanlarında orta çap 45 cm, baltalık ormanlarında ise 6 cm olarak kararlaştırılmıştır. Ağaç türleri için idare süreleri saptanırken bonitet sınıfları da dikkate alınmıştır. Korumanlarında kayın için idare süreleri iyi bonitette 90 yıl, orta bonitette 110 yıl ve fena bonitette 125 yıl, Baltalık ormanları için idare süresi plan ünitesinin geneli için 20 yıldır.

Yaş sınıfları metodunun kullanılmasıyla ağaç türü, meşcere gelişim çağı, kapalılık ve meşcere tipi ile ilgili bilgiler planda ayrıntılı verilmiştir. Arazi envanter çalışmalarında ağaç türü, meşcere gelişim çağı ve kapalılık ile ilgili bilgiler sistematik örnek alanlarından ayrıntılı toplanmıştır. Meşcere tipi kavramı ilk defa ağaç türü, çağ sınıfı (gelişim çağı) ve kapalılık parametreleri birlikte bütünleşik halde

bölmecikleri tanımlamak amacıyla kullanılmıştır. Örnek alanlardaki tüm ağaç türleri tespit edilmiş ve bu veriler plan ünitesinde meşcere tipi bazında değerlendirilmiştir. Ağaç türleri sembollerle gösterilmiştir.

Meşcere gelişim çağıları; göğüs çapı a: <8 cm; b: 8-19,9 cm; c: 20-35,9 cm; d: 36-51,9 cm ve e: 52 cm'den büyük olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Meşcere kapalılığı ise 0<10 Çok bozuk, 1: %11-40 Bozuk, 2: %41-70 Seyrek ve 3: %71-100 tam kapalı şeklinde sınıflandırılmıştır. Verimli baltalık ormanlarının meşcere tiplerini belirlemede kapalılık ve birim alandaki hacimleri de dikkate alınarak iyi, orta ve zayıf baltalık şeklinde gruplandırılmışlardır.

Plan dönemiyle birlikte meşcere yaşının tespiti, planlama yönteminin değişmesiyle oldukça önem kazanmış ve her örnek alanda meşcerenin asli ağaç türünün ortalama yaşı esas alınarak yaş tespiti yapılmıştır. Bu dönem plan ünitesi ormanlarının %60,49'u kayın ve kayınla karışık, %39,51'i ise meşe ve meşe ile karışık meşcerelerdir. Silvikültürel durum ifadeleri plan ünitesinin geneli kapsayacak şekilde her meşcere tipi için ayrı ayrı tanımlanmış ve plan ünitesinin geneli için İşletme Silvikültür Planı düzenlenmiştir.

Yetiştirme ortamı envanteri yapılmamış, ancak plan ünitesinin geneli için arazinin jeolojik ve mineralojik yapısı ile ilgili ayrıntılı bilgiler toplu halde verilmiştir. Yetiştirme ortamının verim gücünü belirlemek için koru ormanlarında bonitet tespitleri yapılmış ve plan ekinde meşcere haritası ile birlikte bonitet haritası da verilmiştir. Korumanlarında kayın için üst boya göre üç bonitet sınıfı belirlenmiş ve 1- İyi bonitet, 2- Orta bonitet ve 3- Fena bonitet şeklinde tanımlanmıştır.

1972 plan dönemiyle birlikte orman planlama çalışmalarında yaş sınıfları orman amenajman metodunun unsurları olarak öne çıkan değişkenler, bazı küçük değişikliklerle 1994, 2004 ve 2015 planlamaları için de geçerlidir. Kurtköy Orman İşletme Şefliği Kurtköy Serisi Amenajman Planı (1972) ile ortaya konulan kavramlar ve faydalanmayı düzenleme esasları 1994, 2004 ve 2015 planları için de geçerliliğini koruduğu için o dönemlerde sadece meydana gelen farklılıklar ve değişiklikler aşağıda verilmiştir (OGM, 1972).

3.3.6. Kurtköy Orman İşletme Şefliği I. Yenileme (1994)

Plan ünitesi ormanları, Kayın (Koru), Baltalık ve Muhafaza Karakterinde İşletme Sınıfları olarak planlanmıştır. Korumanlarının işletme amaçları açıkça tanımlanmamış; meşcere yapısı bozulmuş ve sosyal baskılı ormanlar ise muhafaza

karakterinde planlanmıştır. Planda koru ormanları yaş sınıfları metoduna, baltalık ormanları ise eşit yıllık alan tıraşlama metoduna göre planlanmıştır. Yaş sınıfları orman amenajman metodunun unsurları olarak öne çıkan değişkenlerden ağaç türü, meşcere gelişim çağı ve kapalılık ile ilgili bilgiler planın meşcere tipleri tanıtım tablosunda verilmiştir. Ağaç türleri için idare süreleri ortalama bonitet dikkate alınarak kararlaştırılmış ve kayın için idare süresi 120 yıldır. Baltalık ormanları için idare süresi plan ünitesinin geneli için 20 yıldır. Baltalık ormanları ağaç türü, yaş ve kapalılığa göre sembollendirilmiştir.

Meşcere gelişim çağları önceki plan dönemindeki standartlar ile sınıflandırılırken, meşcere kapalılığı ise 0: <%10 Bozuk, 1: %11-40 Seyrek, 2: %41-70 Orta ve 3: %71-100 Tam kapalı olarak sınıflandırılmıştır. Silvikültürel işlerin düzenlenmesi, plan ünitesinin geneli için İşletme Silvikültür Planı başlığıyla verilmiştir. Gençleştirilecek alanlar için Orman Genel Müdürlüğü (OGM), Silvikültür Dairesi Başkanlığı'nın sorumluluğunda olacak şekilde Silvikültür Planı düzenlenmiştir. Yetiştirme ortamı envanteri yapılmamış, plan ünitesinin geneli için arazinin jeolojik ve mineralojik yapısı ile ilgili bilgiler önceki plandan alınmış, ya da alana ilişkin literatür bilgileri plana ek olarak verilmiştir. Yetiştirme ortamının verim gücünü belirlemek için koru ormanlarında bonitet tespitleri yapılmamış ve bu veriler önceki plandan alınmıştır. Orman amenajman planına ek olarak meşcere haritası, bonitet haritası ve bunlara ek olarak yaş sınıfları haritası konulmuştur (OGM, 1994).

3.3.7. Kurtköy Orman İşletme Şefliği II. Yenileme (2004)

Plan ünitesi ormanları sekiz işletme sınıfı altında planlanmış; altısı ekonomik, ikisi ise ekolojik fonksiyonlu ormanlar olarak ayrılmıştır. Ekonomik fonksiyonlu koru ormanlarının işletme amacı en yüksek odun hasılatı, baltalık ormanının işletme amacı ise en yüksek miktarda yakacak odun elde etmektir. Ekolojik fonksiyonlu işletme sınıfları ayrılırken, hem doğrudan ormanların usulsüz faydalanmalardan korunmasını hem de ormanların koruyucu etkisini dikkate alan işletme amaçları ve koruma hedefleri dikkate alınmıştır.

Önceki plan dönemlerinden farklı olarak, ağaçlandırma yoluyla elde edilmiş karaçam meşcereleri ile hızlı gelişen tür ağaçlandırmalarıyla oluşturulan sahilçamı + yalancı akasya meşcereleri için en yüksek miktarda odun üretimi amaçlı işletme sınıfı oluşturulmuştur. Koru ormanları yaş sınıfları metoduna, baltalık ormanlar ise eşit yıllık alan tıraşlama metoduna göre planlanmıştır.

Yaş sınıfları metodunun unsurları olarak öne çıkan değişkenlerden ağaç türü, meşcere gelişim çağı ve kapalılık ile ilgili bilgilere meşcere tipleri tanıtım tablosunda verilmiştir.

Ağaç türleri için idare süreleri ortalama bonitet dikkate alınarak kararlaştırılmış; ekonomik fonksiyonlu ormanların ağaç türleri için kayında 160 yıl, meşede 200 yıl, karaçamda 100 yıl ve sahilçamında 40 yıl olarak belirlenmiştir. Meşe koruya tahvil (dönüştürme) süresi 80 yıl, baltalık ormanları için idare süresi 20 yıl, ekolojik fonksiyonlu Toprak Koruma İşletme Sınıfı'ndaki ormanlar için idare süresi ise 320 yıl olarak kararlaştırılmıştır. Koru ormanlarında meşcere gelişim çağları ve meşcere kapalılık sınıfları önceki planda olduğu gibi uygulanmıştır. Baltalık ormanları önceki planda olduğu gibi ağaç türü, yaş ve kapalılığa göre sembollendirilmiştir. Silvikültürel işleri düzelleme ve silvikültür planı yapma esasları da önceki plandaki olduğu gibi gerçekleşmiştir. Yetiştirme ortamının verim gücünü belirlemek için koru ormanlarında bonitet tespitleri yapılmamış ve veriler önceki plandan alınmıştır. Ağaçlandırmayla elde edilen ibrelili türleri ait meşcerelerin orta yaş saptanmış, geniş yapraklı türlere ait meşcerelerin orta yaşları ise önceki plandan alınmıştır (OGM, 2004).

3.3.8. Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği (2015)

Önceki plan döneminde olduğu gibi, ormanlar sekiz işletme sınıfı altında planlanmış olup dördü ekonomik, üçü ekolojik ve biri sosyokültürel fonksiyonlu ormanlardır. Ekonomik fonksiyonlu üç işletme sınıfında işletme amacı en yüksek miktar odun üretimi iken, diğer işletme sınıfının amacı odun dışı ürün elde etmektir. Ekolojik fonksiyonlu ormanlar toprak ve su erozyonunu önlemek, usulsüz faydalanmaların olduğu meşcereleri iyileştirip korumak, ormandan işgal edilmiş ve fındık alanlarına dönüştürülmüş, ama hukuken orman vasfına sahip alanların konumlarını belirlemek için üç ayrı işletme sınıfı olarak planlanmıştır. Sosyokültürel fonksiyonlu ormanlar rekreasyon işletme amacını yerine getirmek üzere planlanmıştır. Plan baltalık ormanları 2006 yılından sonra koru işletme sınıflarına aktarıldığı için ormanların tümü koru olarak planlanmıştır. Yaş sınıfları orman amenajman metodunun unsurları olarak öne çıkan meşcere tipini sembollendirmede kullanılan ağaç türü, meşcere gelişim çağı ve kapalılık ile ilgili bilgiler plandaki meşcere tipleri tanıtım tablolarında verilmiştir.

Ekonomik fonksiyonlu ormanlarda ağaç türleri için idare süreleri ortalama bonitet dikkate alınarak kararlaştırılmış; ekolojik ve sosyokültürel fonksiyonlu ormanlarda ise ağaç türü ile birlikte işletme

sınıfının koruma hedefleri de dikkate alınmıştır. İdare süreleri, ekonomik fonksiyonlu ormanların ağaç türleri için karaçamda 100 yıl, kayında 140 yıl, meşede 100 yıl ve yalancı akasya + kestane- de (ODOÜ- odun dışı orman ürünü) 100 yıl olarak belirlenmiştir. Ekolojik fonksiyonlu ormanlardan meşe + kayın (Sosyal baskılı alanlar) 100 yıl, fındık (Sosyal baskılı alanlar) 100 yıl ve kayın (Toprak koruma ve erozyonu önleme) için idare süresi 160 yıldır. Sosyokültürel fonksiyonlu ormanlar rekreasyon işletme amacı ile planlanmış Kayın + Meşe İşletme Sınıfı olup idare süresi 160 yıldır.

Koru ormanlarında meşçere gelişim çağları önceki plandaki gibi uygulanmış, meşçere kapalılık sınırında ise önceki planda “bozuk kapalı” tanımlanan ormanlar 299 sayılı Tebliğ hükümlerine göre “boşluklu kapalı” olarak değiştirilmiştir. Arazi envanter çalışmalarında ağaç türü, meşçere gelişim çağı ve kapalılık ile ilgili bilgiler örnek alanlardan ayrıntılı toplanmıştır. Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği (2015) planında alanın %69,32’si kayın ve kayınla karışık meşçereler, %20,65’i meşe ve meşe ile karışık meşçereler, %7,02’si ise karaçam ve karaçam ile karışık meşçerelerdir.

Planda yetişme ortamının özellikleri ile ilgili bilgiler verilmiş, bölgenin jeoloji haritası ile meteorolojik verileri plana konulmuş ve iklim değişkenleri ayrıntılı açıklanmıştır. Yetişme ortamının verim gücünü belirlemek için bonitet tespiti yapılmamıştır. Kayın için önceki planlarda kullanılan üç bonitet sınıfı, bu planda beş bonitet sınıfı olarak kullanılmıştır. Meşçerelerin ortalama yaşları önceki plandan alınmış, örnek alanlarda yaş tespiti yapılmamıştır. Bakım alanlarındaki eta belirlenirken, her meşçere tipi için meşçerenin hektardaki serveti, artımı ve taksasyon sonucu belirlenen silvikültürel eta miktarından yararlanılmıştır. Bakım bloklarının oluşturulması ve uygulama zamanı (zaman-mekân düzeni) uygulamacıya bırakılmıştır (OGM, 2015).

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmada, 1917 yılındaki adıyla *Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı*, günümüzdeki adıyla *Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği* planlama ünitesi özelinde, ülkemizde ilk orman amenajman planının yapıldığı 1917 yılından, son amenajman planının yapıldığı 2015 yılına kadarki zamanda, orman amenajmanının geçirdiği teknik ve yapısal süreçler zamana bağlı olarak incelenmiştir. Bu yıllar arasında sekiz kez planlama yapılmış, bu planlar ve haritalar ile planların dayanaklarını oluşturan mevzuattan yararlanarak, orman amenajmanının yaklaşık yüzyıllık sürede geçirdiği teknik ve yapısal değişiklikler aşağıda tartışılmıştır.

4.1. Planların dayandığı yasal düzenlemeler

1920-1940 yıllarını kapsayan “*Adapazarı Devlet Ormanlarının Hendek Nâhiyesi İdâre Mıntıkasına Ait Amenajman Lâyiha-i Fenniyesidir*” adlı ilk orman amenajman planı, 25.01.1918 tarihinde yürürlüğe girmiş olup, bu planın yasal dayanağını, 1917 tarihli *Ormanların Usûl-i İdâre-i Fenniyeleri Hakkında Kânun* oluşturmaktadır.

Kanun’un uygulanması ile ilgili *yönetmelik, talimatname* ve *teknik izahnamelerin* de ilk defa bu dönemde Avusturya ormancılık mevzuatından da yararlanarak hazırlandığı düşünülmektedir (Kutluk, 1948; Asan, 2013b). Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı için düzenlenen *Adapazarı Devlet Ormanlarının Hendek Nâhiyesi İdâre Mıntıkasına Ait Amenajman Lâyiha-i Fenniyesidir* adlı ilk orman amenajman planının, bu çalışma kapsamında tercümesinin yapılması ile birlikte, planın birçok yerinde teknik ve yasal altlığının Avusturya ormancılığından alındığını ifade eden cümleler yer almaktadır. Örneğin “Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı plan ünitesinin nirengi ağ şebekesi düzenlenirken Avusturya Kadastro Nizamnamesinden yararlanılmıştır.” şeklinde ifadeler tespit edilmiştir.

Türkiye Cumhuriyeti Devleti kurulduktan sonra ormanların planlanması ile işletilmesini düzenleyen ve 1924 yılında yürürlüğe giren “*Türkiye’de Mevcut Bi’l-umûm Ormanların Fenni Usulü İdâre ve İşletilmeleri Hakkında Kânun* (504 SK)” esas ve kapsam bakımından 1917 tarihli kanun ile oldukça benzerlik göstermektedir. Ancak, Gümüş (2017) tarafından yapılan çalışmada belirtildiği gibi, 1917 yılındaki Kanun sadece devlet ormanlarının işletme planı ile işletilmesine yönelik iken, 1924 yılında çıkarılan 504 sayılı Kanun tüm ormanları kapsamaktadır. Bu iki Kanun temelde bu noktadan ayrılmaktadır. Mustafa Şeref Bey Ormanı plan ünitesinde, I. Devre Orman Amenajman Planı (1946) yapılmaya kadar yeni bir amenajman planı yapılmadığından, 1924 tarihli Kanun ve alt mevzuatın planlama çalışmalarındaki uygulamasıyla ilgili bir sonuç çıkarılamamıştır.

1924 *Anayasası*’nda ormanlarla ilgili bir hüküm yer almamaktadır (Şimşek, 2016); ancak ormanların devletleştirilmesine olanak sağlayan kamulaştırma ile ilgili 74. maddesi 1937 yılında değiştirilerek, ormanları devletleştirmenin yolu açılmıştır. Bu düzenleme ile birlikte ormanlarla ilgili bir hüküm ilk defa *Anayasa*’da yer almıştır.

3116 SK öncesindeki 1917 ve 1924 tarihli kanunların amacı, ülke ekonomisine katkı sağlayacak, verimli ve teknik olarak işletilmeye uygun (yol ve ulaşım alt yapısı, vb.) ormanların amenajman

planlarını düzenleyip, müteahhitler aracılığıyla işletilmesini sağlamaktır. Bu dönemdeki kanuni düzenlemeler, ormanların bir plan dahilinde işletilmesinin temelini oluşturmaktadır. Diğer bir deyişle, bugünkü planlı ormancılığın esasları ve ormanların amenajman planları ile yönetilmesinin alt yapısı ilk defa 1917 ve 1924 yılında çıkarılan kanunlar ile oluşturulmuştur.

1937 yılında yürürlüğe giren 3116 SK ilk çağdaş *Orman Kanunu* olarak tanımlanmakta (Şahin 2020) ve 38. maddesi ormanların, orman amenajman planlarına göre “*koru*” ve “*baltalık*” olarak işletilebileceği hükmünü içermektedir. Kanunun yürürlüğe girmesiyle, temeli 1917 yılında oluşturulan ve sadece ormanların işletme planları ile işletilmesi esaslarını düzenleyen 504 SK yürürlükten kaldırılmıştır.

1937 ile 1956 arası orman amenajman planlama çalışmalarının yasal dayanağını 3116 SK (38. madde) oluşturur. *Orman İşletme Talimatnamesi* ile Devlet Orman İşletme Müdürlükleri'nin kurulma süreçleri başlamasına rağmen, II. Dünya Savaşının devam etmesi ve ormanların Devlet tarafından işletilmesiyle ilgili teknik ve alt yapı düzenlemeleri tam anlamıyla tamamlanamadığı için 3116 SK etkin şekilde uygulanamamış; ancak II. Dünya Savaşının sona ermesiyle güçlü bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır.

Bu amaçla ve öncelikle ülkenin orman varlığının çok kısa sürede belirlenmesi için Avusturya ormancıları tarafından alt yapısı oluşturulan entsifik planlama yaklaşımından vazgeçilmiş ve çok daha geniş orman alanlarını planlamayı sağlayan istikşafî planlamaya geçilmiştir. 1941 tarihli *Türkiye Ormanları Amenajman Planlarının Sür'atle İkmaline Dair Talimatname* tüm ülke ormanlarının kısa sürede amenajman planlarına sahip olmasını amaçlamıştır. Ancak, beklenen sonuç elde edilemediğinden üç yıl sonra planlama çalışmalarını daha fazla hızlandırmak için 1944 tarihli *Birinci Devre Amenajman İşleri Talimatnamesi* çıkarılmıştır (Şahin, 2020).

1941 yılından 1955 yılına kadar *talimatname* ve *izahnameler* ile yapılan planlama çalışmalarının birincil amacı, tüm ülke ormanlarının en kısa sürede plana kavuşturulması, ülkenin orman varlığını belirlenmesi ve uygun ormanların Devlet Orman İşletmeciliği kapsamında işletilmesidir. Plan ünitesinde yapılan Çamdağ Serisi I. Devre Amenajman Planı (1946), Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı (1955) ve Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı I. Revizyon (1969) planlarının hukuki dayanağını 1937 tarih ve 3116 SK (38. madde) oluşturur; kanunun teknik uygulamaları ise talimatnameler ve izahnameler ile düzenlenmiştir.

27.6.1955 tarihli *Orman Amenajman Planlarının Tanzimine ve Tatbikine Ait Talimatname* orman envanterine getirdiği yenilikler (hava fotoğrafları ve yersel ölçmelerin birlikte kullanılması ve matematik istatistiğe dayanan orman envanteri) ile Türkiye orman amenajmanında yeni bir çığır açmıştır. Yönetmelik yılı 1955 olmakla birlikte, teknik yönergelerin (Arazi, envanter ve harita izahnameleri) hazırlanamaması ve hava fotoğraflarının çekilememesi nedenleriyle uygulamaya ancak 1963 yılında geçmiştir. Asan (2013a) orman planlama konusunda asıl sıçramanın 1973 yılına kadar yürürlükte kalan bu Yönetmelik'le yapıldığını ifade etmektedir.

3116 SK, 31.08.1956 tarihinde yürürlükten kaldırılmış ve yerine 6831 sayılı *Orman Kanunu* (6831 SK) yürürlüğe girmiştir.

Türkiye ormanlarının planlanması 1955 yılında yürürlük kazanan *Orman Amenajman Planlarının Tanzimine ve Tatbikine Ait Talimatname* ile standarda kavuşabildiği için 1963 yılı ormancılıkta *Standart Kitlesel Sektör Planlaması*'nın başlangıcı olarak kabul edilmektedir. 1963-1972 arasındaki planlama çalışmaları ile üretilen verilerden yararlanarak ülke orman varlığı orman alanı, serveti, artımı ve ormanların niteliği ile ilgili ilk defa ve kapsamlı olarak ortaya konulmuştur. Ülke ormancılığı ile ilgili geçmiş dönem ve bugünkü orman varlığı karşılaştırmalarında 1963-1972 verileri temel alınmaktadır.

1955, 1973 ve 1991 tarihli Talimatname ve Orman Amenajman Yönetmelik'leri içerik ve kapsam olarak önemli oranda benzerlik göstermektedir. 1955 yılında Talimatname olarak yürürlüğe giren alt mevzuat ilk defa benzer içeriklere sahip olmasına rağmen 1973 yılında *Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesi, Uygulanması, Denetlenmesi ve Yenilenmesi Hakkında Yönetmelik* adıyla yürürlüğe girmiş; 1991 yılında yine değiştirilmiş ve aynı isimle yürürlüğe girmiştir. 1973 ve 1991 tarihli Yönetmelikler, yönetmelik ismiyle tanımlanmış olsalar da Tebliğ ve Teknik İzahname işlevlerini görecektir şekilde ve kapsamlı hazırlanmışlardır. Plan ünitesinde yapılan Kurtköy Orman İşletme Şefliği Kurtköy Serisi Orman Amenajman Planı (1972), Kurtköy Orman İşletme Şefliği I. Yenileme (1994 ve Kurtköy Orman İşletme Şefliği II. Yenileme (2004) planlarının hukuki dayanağını 6831 SK (26. madde) oluşturmaktadır; teknik uygulamaları ise Talimatname ve İzahnameler ile düzenlenmiştir.

05.02.2008 tarih ve 26778 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren *Orman Amenajman Yönetmeliği* ilk defa teknik talimatname ve izahnamelerden ayrı olarak hukuki özelliklere sahiptir.

OGM tarafından yürütülen bu Yönetmeliğin hukuki dayanağını 1956 tarih ve 6831 SK (26. madde) oluşturur. 1973 ve 1991 tarihli Yönetmelikler, hazırlanışları ve Resmi Gazete’de yayımlanmama nedeniyle 1955 tarihli Talimatname ile aynı niteliklere sahiptir. Dolayısıyla 2008 tarihli *Orman Amenajman Yönetmeliği* hukuki metin anlamında ilk yönetmelik kabul edilebilir.

Orman Amenajman Yönetmeliği (2008) ile kapsamı belirlenmiş olan çalışmaların teknik alt yapısı ise 2014 tarih ve 299 sayılı *Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar Tebliği*’ne göre gerçekleştirilmiştir. Tebliğ, geçmiş plan dönemlerinde “*Talimatname*”, “*Arazi Teknik İzahnamesi*” ve “*Harita Çizim İzahnamesi*” şeklinde hazırlanan tüm alt mevzuatı kapsamaktadır. Plan ünitesinde yapılan Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği (2015) Planı’nın hukuki dayanağını 1956 tarih ve 6831 SK (26. madde) ile hazırlanan 2008 tarihli *Orman Amenajman Yönetmeliği* oluşturmaktadır. Kanunun teknik uygulamaları ise 299 sayılı Tebliğ esaslarına göre gerçekleştirilmiştir.

Araştırmanın planlama ünitesi özelinde, yaklaşık yüzyıllık süredeki orman amenajman çalışmalarının mevzuat açısından değerlendirilmesi, Gümüş (2018)’e göre, Osmanlı Devleti’nin son zamanlarından günümüze kadar ormanların *kanun* ve *yönetmelikler* çerçevesinde yönetilmesi anlayışının devam ettiği şeklindedir. Orman planlama çalışmalarına başlangıçtan itibaren kanuni dayanak oluşturulmuştur. Kanunun uygulamasına ait düzenlemeler ilk planlama çalışmalarından 1973 yılına kadar *talimatname* ve *izahname* adıyla gerçekleştirilmiştir. 1973 ve 1991 yıllarında ise *teknik talimatname* ve *yönetmelik* hükümlerini kapsayan metinler *yönetmelik* adıyla hazırlanmış; ancak Resmi Gazete’de yayımlanmadıkları ve yönetmelik hazırlama ilkelerine uymadıkları için 1955 tarihli Talimatname ile aynı özelliklere sahip birer belgedirler. Kanuna ve yönetmelik esaslarına uygun hazırlanan ilk ve tek Orman Amenajman Yönetmeliği 2008 tarihlidir ve halen yürürlüktedir. Orman amenajman çalışmalarının teknik alt yapısı önceki dönemlerde *talimatname* ve *izahname* olarak hazırlanan teknik belgelerle sağlanmış, 2014 sonrası ise Orman Amenajman Yönetmeliği’nin hükümlerine karşılık gelen teknik düzenlemeler *tebliğ* ile düzenlenmiştir.

4.2. Haritaların oluşturulması ve envanter

Ülkenin ilk orman planlama ünitesinde 1917’den 2015’e kadar sekiz plan döneminin hepsinde sınırlar ve alan büyüklüğü, dört defa ise plan ünitesinin ismi değiştirilmiştir. Sınır ve alan

değişikliklerinden ötürü, ormanların yapısında meydana gelen konumsal değişimleri, planlama yıllarındaki plan ünitesi sınırlarına bağlı olarak değerlendirmek mümkün olmamaktadır. Şekil 5 incelendiğinde, iki plan dönemi arasında plan ünitesinin hem sınırının hem de alanının değişimine bağlı olarak arazi kullanım tipleri, orman işletme şekli ve verimlilik durumlarında kısa sürede önemli değişimlerin olduğu görülmektedir.

Türkiye’de ormanların kontrolsüz, plansız ve özgürce kullanılmasının sebeplerinden biri de Osmanlı döneminde kullanılan *Cibal-i mübaha* kavramıdır (Gencay ve Mercimek, 2019) ki, mülkiyet hukuku açısından herkesin ortak mülkiyetinde bulunan mallardır. Osmanlı dönemi ormanlarının büyük bir kısmı bu statüdeydi (Birben, 2009). Plan ünitesi ormanlarındaki serbest faydalanma şekli ormanların sınırlarında, alan büyüklüklerinde, işletme şekillerinde ve verimlilik durumlarında önemli değişikliklerin olmasına neden olmuştur. Bu çalışmada, 1946’ya kadar koru olarak işletilen ormanların (Şekil 5) daha sonraki yıllarda yerini baltalığa bırakması, bu kavramın etkisini yitirdiğini ve halkın ormanları özgürce kullanmaya devam ettiğini göstermektedir.

Ülkenin ilk orman planı 1917 yılında yapılırken orman haritasını yapmaya olanak sağlayacak hiçbir harita altlığı yoktu. Bundan dolayı, amenajman heyetlerinin toplam iş kapasitesinin çok büyük bir kısmı, planı yapılacak ünitenin nirengi ağ sistemi ile harita altlığı ve iç taksimatını oluşturmak için kullanılmıştır. Bu nedenle ancak 1924-1941 arasında yılda ortalama 100.000 hektara kadar alan planlanabilmiş ve haritası oluşturulabilmiştir. Bu tempo ile Türkiye’de tüm ormanların amenajman planlarını tamamlamanın uzun yıllar sürebileceği dikkate alınarak, daha hızlı sonuç veren esasları ve metotları kullanma yoluna gidilmiştir.

Ülke haritacılığının gelişmesi ve ormancılıkta altlık olarak kullanılan 1/25.000 ölçekli haritaların önce grafik olarak, sonra sayısal harita üretimine olanak sağlayacak halde kullanıma sunulması orman planlamaya önemli katkı sağlamıştır. Harita altlığı, yanı sıra, meşcere haritasının yapımında hava fotoğrafı ve uydu görüntüsü gibi uzaktan algılama araçlarından elde edilen materyallerin kullanılması hem planların doğruluk ve güven düzeyini artırmış, hem de daha kısa sürede geniş alanlarda planlama yapılmasının önünü açmıştır.

Planlama sürecinde orman haritasını ve iç taksimatı oluşturmada üç temel haritalama tekniği kullanılmıştır. İlki planlama ekibi tarafından inşa edilen nirengi ağ sistemi olup 1917 yılındaki ilk orman planlamada haritalama ve iç taksimat bu yöntem-

le gerçekleştirilmiştir. İkincisi, 1/25.0000 ölçekli memleket paftaları altlık olarak kullanılarak, el yardımı ile orman haritasını ve iç taksimatı oluşturmaktır. 1946, 1955, 1969, 1972 ve 1994 planlama çalışmalarında orman haritaları el yardımı ile üretilmiştir. Üçüncüsü ise bilgisayar ortamındaki harita ve görüntülerin bilgisayar yazılımlarıyla sayısal olarak üretilmesidir. Plan ünitesinin ilk sayısal haritası 2004 yılında Netcad, 2015 yılındaki planlamada ise sayısal haritalar ArcGIS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2008 tarihli Orman Amenajman Yönetmeliği yürürlüğe girmesiyle birlikte *Harita Çizim İzahnamesi* hazırlanmış ve bu tarihten itibaren sayısal olarak üretilen orman haritaları standart kazanmıştır. 2015 tarihli haritalar 299 sayılı Tebliğde yer alan *Orman Amenajman Plan Haritalarının Bilgisayar Ortamında Çizim Tekniği Yönergesi*'ne göre üretilmiştir. Bu plan döneminde bilgisayar ortamında üretilen orman haritaları ülke genelinde yaygınlaştırılmış ve standart kazanmıştır. Bilgi sistemlerinin ve teknolojilerinin gelişmesi ve CBS (coğrafi bilgi sistemi) yazılımlarının kullanılmasıyla birlikte ormancılık haritalarının üretilmesiyle ilgili önemli gelişmeler sağlanmıştır.

1917 planında örnekleme yöntemi kullanılmamış, tüm bölmeciklerin alanları taranmış ve bölmecik içindeki uygun alanlarda bazı parametreler (bonitet tespiti, deneme ağaç kesim ve ölçümleri vb.) ölçme, bazı parametreler ise (kapalılık ve sıklık, toprak ve yetiştirme ortamı ile ilgili bilgiler, vb.) gözlemlere dayalı olarak belirlenmiştir. Örnekleme yöntemi, 1946 tarihli istikşafı planda havza, 1955 ve 1969 planlarında ise bölme ölçeğinde tecrübe şeritleri yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Plan ünitesindeki orman envanterinde hava fotoğraflarının kullanılması, tecrübe şeritleri yerine matematik istatistiğe bağlı örnekleme yöntemlerinin benimsenmesi ve bonitet tayininde bugün kullanılan yaş ve hâkim ağaçların üst boyunu endeks alan yöntem ilk defa Kurtköy Orman İşletme Şefliği Kurtköy Serisi Orman Amenajman Planı (1972) ile uygulanmıştır. 1955 tarihli *Orman Amenajman Planlarının Tanzimine ve Tatbikine Ait Talimatname* ile ormancılık planlama çalışmalarına kazandırılan sistematik örnek alan yöntemi ve örnek alanlardan ölçme ve gözlem yoluyla envanter verilerinin toplanması bazı küçük değişikliklerle 1994, 2004 ve 2015 planlama çalışmalarında da kullanılmaya devam etmiştir.

Ülke ormancılık planlamasında, bilgi sistemleri ile teknolojilerinin gelişmesi ve orman haritalarının CBS yazılımları kullanılarak üretilmesiyle oldukça önemli gelişmeler sağlanırken, envanter tekniklerinin geliştirilmesi, veri toplama ve de-

ğerlendirme, geçmiş dönem planlarından yararlanarak meşcere hacmi, artım ve servet miktarlarını tahmin etme, modellerden yararlanarak büyüme ilişkilerini saptama, simülasyon ve optimizasyon teknikleri konularında ne yazık ki yeterli gelişme sağlanamamıştır. 1972 yılındaki veri toplama tekniğinin 1994, 2004 ve 2015 planlarında kendini tekrar eder şekilde ve çok daha gevşek uygulandığı açıkça görülmektedir.

4.3. Planlama ilkeleri ve faydalanmanın düzenlenmesi

Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı (1917) ülkenin ilk orman amenajman planı olmasının yanında, yaş sınıfları yönteminin eşit yaşlı ormanları düzenlemedeki ilk uygulamasıdır. 1946, 1955 ve 1969 planlarında plan ünitesi ormanları çap sınıfları metoduna göre planlanmış; bu ormanlarda yaş sınıfları metodunun ikinci kez uygulanması 1972 planlama çalışmalarıyla gerçekleştirilmiştir. Yaş sınıfları amenajman metodu 1994, 2004 ve 2015 planlarıyla 43 yıldır plan ünitesi ormanlarında kesintisiz olarak uygulanmaktadır.

Plan ünitesi ormanları, ilk planlamada koru ve baltalık işletmesi şeklinde planlanmış ve bu işletme şekilleri baltalık işletmeciliğinin bu plan ünitesinde sona erdiği 2006 sonuna kadar devam etmiştir. 2004 planında var olan baltalık işletme sınıfı 2015 planında yer almamaktadır ve geçmişte baltalık olarak işletilen sürgün kökenli ormanlar koru formunda planlanmış; böylece, plan ünitesi ormanlarında 20. yy başlarından itibaren, ısınma ve ısıtma amaçlı yakacak odunu işletme amacını gerçekleştiren baltalık işletmeciliği son bulmuştur.

İlk dönemlerdeki planlama çalışmalarında ormanların işletme amaçları en yüksek miktarda odunu üretmek ve çeşitli nedenlerle yapısı bozulmuş meşcereleri korumak, ağaçlandırmak ve rehabilite etmektir ve bu durum 1994 planlarına kadar devam etmiştir. 1994 planlarında üretim ormanları, yanı sıra sosyal baskı altındaki ormanlar ve muhafaza karakterli ormanlar farklı işletme sınıflarında planlanmaya başlamıştır. Ormanlar 2004 sonrası ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel fonksiyonları yerine getirecek işletme amaçları ve koruma hedefleriyle planlanmıştır. Zamana bağlı olarak, işletme amaçları ve işletme sınıfı sayısı artmış ve çeşitlenmiştir. Plan ünitesindeki ormanların odun üretimi dışındaki fonksiyonları 2004 planıyla daha çok dikkate alınmaya başlanmıştır. Ancak planlardaki işletme sınıflarının amaç kuruluşlarının incelendiğinde, özellikle ekolojik ve sosyokültürel fonksiyonlu ormanların amaç kuruluşlarının ne olduğu ve amaç kuruluşuna ulaşmak için hangi silvikültürel uygulamaların yapılması gerektiğiyle ilgili çok

önemli eksiklikler bulunmaktadır. Son dönemde *Ekolojik Tabanlı Fonksiyonel Planlama* esaslarına göre yapılan planlamalarda, ekolojik ve sosyokültürel fonksiyonlara göre belirlenmiş işletme sınıfları ne yazık ki alan tahsisinin ötesine çok fazla geçmemiştir. Aktüel kuruluş yapısının, belirlenmiş amaç kuruluşuna nasıl ulaştırılması gerektiği ile ilgili çalışmalara ağaç türü ve fonksiyon bazında çok ihtiyaç bulunmaktadır.

1917 ve 2015 arası sekiz planlama döneminde, koru olarak işletilen ormanlardaki ağaç türlerinin idare süreleri oldukça değişiklik göstermiştir (Tablo 1). Özellikle 2004 ve 2015 dönemlerindeki planlar karşılaştırılınca hem ekonomik fonksiyonlu hem de ekolojik ve sosyokültürel fonksiyonlu ormanların idare süreleri, 10 yıl gibi kısa bir zamanda çok büyük değişiklik göstermiştir. İlk plan dönemlerinde ağaç türlerine ait idare süreleri (bazı dönemler amaç çapları da) belirlenirken işletme amaçlarıyla çok daha uyumlu kararların verildiği, son dönem planlama çalışmalarında ise idare süresi ile işletme amaçları ve koruma hedeflerinin uyumlu olmadığı saptanmıştır. Son dönemdeki planlamada ağaç türlerine ait idare süreleri ile ilgili kararlar verilirken yeterince titiz davranılmadığı sonucuna varılmıştır.

Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı (1917) planının önemli bir özelliği her bölmeçığın ayrı silvikültürel işlem ünitesi kabul edilmesidir. Her bölmeçik yetişme ortamı özellikleri, aktüel kuruluş yapısı, meşcerelerin ağaç tür kompozisyonu ve karışım oranları bakımından ayrı ayrı ele alınmıştır. Tüm planlarla karşılaştırıldığında, bu planın her bölmeçik için önerdiği silvikültürel yaklaşımlar, özellikle meşcere yapısı çeşitli nedenlerle bozulmuş ormanlarda yapılacak silvikültürel uygulamalar ile ormanları iyileştirmeye yönelik uygulamaların çok ayrıntılı verildiği görülmektedir. 1946 planları benzer değişkenleri havza; 1955 ve 1969 planları ise ilk planda olduğu gibi bölme ve bölmeçik bazında yüzeysel olarak ele almıştır. 1972 sonrasında ise bu bilgiler plan ünitesinin geneli için toplanmıştır. Her bölmeçığın ayrı bir silvikültür işlem ünitesi kabul edildiği ve meşcerelerin aktüel kuruluş yapısının, yetişme ortamı özelliklerinin ve silvikültürel uygulamaların ayrı ayrı tanımlandığı planların, 1972-2015 yılları arasında silvikültürel uygulamaların esaslarını ve yöntemlerini İşletme Silvikültür Planına göre yapan planlardan çok daha üstün özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Son dönemlerdeki planlama çalışmalarının bu açıdan gerilediği ve bu durumun silvikültürel planlamanın yetersiz kalmasına neden olduğu düşünülmektedir. İlk orman amenajman planındaki silvikültürel işler, her bölme ve bölmeçik için meşcere silvikültür

planı niteliğinde ayrı ayrı düzenlenmiştir. Eraslan (1955), silvikültür planı adı ile anılmayan amenajman planının bu kısmının, entansif bir ormancılığı bile tatmin edecek mükemmeliyette hazırlandığını ifade etmektedir.

1917 tarihli ilk orman amenajman planı ile Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı (1955), ağaçların ölçülen parametrelerinden (göğüs çapı, boy ve yaş) yararlanarak plan ünitesindeki asli ağaç türler için kabuklu gövde hacmi ve cari artım tablosu oluşturmuş ve ayrıca her türün şekil emsali belirlenmiştir. Deneme ağaçlarını hacimlendirme yardımıyla ürün çeşitleri tablosu oluşturulmuş, 1 m³ yuvarlak odun ağırlığının yaş ve hava kuru ağırlığı belirlenmiştir. Bunun dışında ibrelili ve yapraklı tür grupları için m³'ü stere ve stere m³'e dönüştürme faktörleri hesaplanmıştır. Yaş sınıfları metodu uygulanan 1972-2015 arası planlarda, bu çalışmaların plan ünitesi ölçeğinde yapmak çok daha kolay olabileceken, ne yazık ki planlamalarda bu konular hep ihmal edilmiştir. Belirtilenler, son dönem planlamada en fazla eksikliği hissedilen konuların başında gelmektedir.

Yaş sınıfları metoduna göre düzenlenen, 1917 tarihli ilk orman amenajman planında *meşcere orta boyuna* göre meşcerenin bonitet sınıfı tayin edilmiştir. Bonitet tayini için *Feissmantel ve Pressler*'in (OGM, 1917b) bonitet tabloları kullanılmıştır. 1946 tarihli I. Devre Amenajman Planı ile 1955 ve 1969 tarihli Kat'i Amenajman Planları çap sınıfları yöntemi ile planlanmış ve bu üç planda bonitet tespiti yapılmamıştır. İkinci kez yaş sınıfları metodunun uygulandığı 1972 plan dönemi ile 2004 arasında kayın için bonitet sınıfları iyi, orta ve fena olmak üzere üç sınıfa; 2015 plan döneminde ise beş bonitet sınıfına göre düzenlenmiştir. İlk dönem hariç plan dönemlerinde baltalık işletme sınıfındaki ormanlar için bonitet tespit edilmemiştir. Baltalıklardan koruya ya da koruya tahvile aktarılan orman alanları için de yeni bonitet tespitleri yapılmamış, bu alanların yakınındaki koru meşcerelerinin bonitet endeksleri ile arazi çalışmalarındaki gözlemlerden hareketle bonitet sınıfları saptanmıştır.

Toplumun ormanlardan beklentilerinin farklılaşmasıyla birlikte, orman ekosisteminin ürettiği odun ve odun dışı orman ürünlerinin yanı sıra, orman ekosisteminin ürettiği hizmetlerin de orman amenajman planlarında yer aldığı belirlenmiştir. Orman amenajman planlarında ekolojik ve sosyokültürel işlevleri gören orman alanlarında zamanla önemli artışların olduğu görülmektedir. Bu durum orman amenajman planlarındaki işletme amaçları ile işletme sınıfı sayısında da artışı ve çeşitliliği getirmiştir. Planlama anlayışındaki bu değişimi, Lane ve McDonald (2002), ormanların planlanma

amaçlarının, değişen toplumsal ihtiyaçlara ve değerlere göre değişebileceği ve ortaya çıkış zamanlarının ise ülkeden ülkeye farklılık gösterebileceği şeklinde açıklamışlardır.

100 yıllık planlama ufku sonunda ormanın opti-male ulaşmadığı görülmektedir. Başlıca nedenleri olarak; uygulanan amenajman metotlarındaki değişiklikler (bir dönem yaş sınıfları, diğer dönem çap sınıfları gibi), plan ünitesi sınırlarındaki değişiklikler (kadastronun tamamlanmaması ve bu nedenle optimal periyodik alanın net olmaması, açmacılık nedeniyle sınırlarda değişiklikler, vs.) ve ormanın orman köylülerinin ana geçim kaynağını oluşturması nedeniyle, ormandan usulsüz faydalanmanın fazla olması sıralanabilir.

Yaşamları ve geçim kaynakları için toprağa güvenen insanlar, ormanların özellikleri hakkında derin bilgiye sahip olma eğilimindedirler (Chazdon ve ark., 2016). Bu durum yöre halkının ormanların planlanmasına, değerlendirilmesine ve izlenmesine önemli ölçüde katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Ülkemizde katılımcı planlama yapılabilmesi için adımlar 2008 Yönetmeliği ile atılmış, ancak 100 yıllık orman planlama sürecini tamamlamış ve 8 farklı plan yapılmış plan ünitesi ormanları için katılımcı bir planlama yapılamamıştır. Türkiye’de ormancılık politikaları, planları ve uygulamaları kamuoyu tarafından bilinmediğinden planlama çalışmalarındaki karar verme süreci şeffaf değildir (Atmis ve ark., 2007). Ormancılıkta katılımcı planlama, ormanların planlanması sürecinde şeffaflığın sağlanması için olmazsa olmaz bir yaklaşım haline gelmelidir.

100 yıllık planlama sürecinin başlangıcını oluşturan *Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı Planı* (1917) ve *Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği Planı* (2015) arasında düzenlenmiş tüm planlamalara bakıldığında, çok kriterli karar verme ve matematik disiplinli tekniklerin kullanılmadığı görülmektedir. Sonuç olarak ülkemizde topoğrafik, sosyoekonomik ve çevresel faktörleri dikkate alan daha kapsamlı amenajman planlarını yapabilmek için farklı disiplinlerden modellerin farklı şekillerde birleştirildiği örneklere ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm planlama çalışmaları incelendiğinde, özellikle 1972 yılından itibaren kendini tekrar eden ve gelişmenin neredeyse hiç olmadığı planlama sürecinde bu kısmın acilen desteklenmesi gerekir.

Avrupa’da 17. yy ve Amerika’da 18. yy ‘da başlayan ormancılıkta planlama çalışmalarının ülkemizde 20. yy ‘da başlaması gelişmelerin geriden takip edildiğinin bir göstergesidir. Bu tarihsel vaka incelemesi sonucunda birkaç önemli mesaj ortaya çıkmaktadır ve yeni nesil orman amenajman plan-

larının yapılabilmesi için OGM tarafından dikkate alınmalıdır. Araştırma bulgularından yararlanarak varılan sonuç ve öneriler aşağıda verilmiştir;

Orman planlama çalışmalarının sağlam bir hukuki dayanağı bulunmaktadır. Ülkemizdeki orman planlama çalışmalarının en başından itibaren sağlam bir hukuki düzenleme gerçekleştirilmiş ve bu süreç günümüze kadar devam ettirilmiştir. Planlama çalışmalarının yasal dayanağını oluşturan hukuki düzenlemeler (kanun ve yönetmelik) ile teknik altlığını oluşturan (talimatname, tamim, tebliğ ve izahname) teknik mevzuat tüm plan dönemlerinde planlama çalışmalarına yön vermiştir. Geçmişten günümüze kadar süregelen bu olumlu uygulamaların kesintiye uğramaksızın gelecekte de devam ettirilmesi sağlanmalıdır.

Orman planlama ünitelerinin isim, sınır ve alanlarının sürekli değişmemesi gerekir. Plan ünitesindeki orman varlığının nicelik ve nitelik olarak değişimi, geçmiş dönemlerdeki çalışmalara ve uygulamalara ait kayıtlı bilgilerin sağlıklı elde edilmesi, raporlanması ve çok çeşitli sözel, sayısal ve konumsal karşılaştırmalarını yapabilmek için plan ünitesinin sınırları, alanları ve isimleri değiştirilmemelidir.

Mevcut planlama yaklaşımının, zamana bağlı olarak biriken sorunları ötelenmemeli ve köklü çözümler üretilmelidir. Ülkemizdeki planlama yaklaşımına plan ünitesi (Şeflik) ölçeğinin üzerinde ekorejyonlar boyutunda daha makro bir bakış ve planlama anlayışıyla yaklaşılmalıdır. Plan ünitesi ölçeğinde hazırlanan orman amenajman planları, üst ölçekte, geniş katılımlı ve farklı uzmanlıkların birlikte hazırladıkları planlarla uyumlu olarak hazırlanmalıdır. Mevcut amenajman planlarında; envanter teknikleri ve yöntemleri ile tüm plan ünitesi için düzenlenen işletme silvikültür planı ve uygulamalarıyla ilgili önemli sorunlar bulunmaktadır. 1972 plan döneminden sonra ormanın ölçülmesi ile ağaç serveti ve artımın tayinine son derece önem verilmiş, zaman, emek ve bütçe ağırlıklı olarak ormanın ölçülerek haritasının yapılmasına, ağaç serveti ve artımın bulunmasına harcanmıştır. Ormanın bünye ve kuruluşuna, yetişme ortamı verim gücünün belirlenmesine, idare sürelerinin ve işletme amaçlarının amaç kuruluşuna uygun olarak saptanmasına, açıklıkların, boşluklu ve gevşek kapalı ormanların imarı ve iyileştirilmesine yönelik silvikültürel yaklaşımların ve uygulamaların neler olması gerektiği ile ilgili işler amenajman planlarında oldukça yüzeysel verilmektedir. Planların yapılma biçimi, yürürlükteki Orman Amenajman Yönetmeliği’nin *ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama* yaklaşımıyla çelişmektedir. Teknik mevzuat olarak gayet iyi hazırlanmış planlama

yaklaşımının ne yazık ki bir türlü içi doldurulamamış ve amenajman planları fonksiyonel alan tahsisi yapan kesim planları niteliğine bürünmüştür.

Yeni yaklaşımlar, bilgi sistemleri ve teknolojik gelişmelere ayak uydurulmalı, yeni nesil orman amenajman planları ile farklı disiplinlerin güçleri birleştirilmelidir. Ülke ormancılık planlamasında, bilgi sistemleri ile teknolojilerinin gelişmesi ve orman haritalarının CBS yazılımları kullanılarak üretilmesiyle oldukça önemli gelişmeler sağlanmıştır. Farklı disiplinler (bilimler) güçlerini birleştirdiğinde, örneğin hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri gibi uzaktan algılama verilerinin orman envanteri çalışmalarında kullanılması, ağaç türlerinin meşcere sınırlarını, vb. tahmin etmek ve modeller oluşturmak için kullanılmasıyla orman envanterinde önemli ilerlemeler meydana gelmiş ancak bunların çok az kısmı planlama çalışmalarına yansımıştır. Envanter tekniklerinin geliştirilmesi, veri toplama ve değerlendirme, geçmiş dönem planlarından yararlanarak meşcere hacmi, artım ve servet miktarlarını tahmin etme, modellerden yararlanarak büyüme ilişkilerini saptama, simülasyon ve optimizasyon teknikleri konularında ise yeterli gelişme sağlanamamıştır. Her ne kadar ülkemizde model planlar hariç örneğine rastlanmasa da simülasyon, optimizasyon, ekonomik modeller, vb. konularında çalışan farklı disiplinlerden de yararlanmalı ve bu alanlarda işbirliği yapılmalıdır. Yeni teknolojiler, yeni nesil orman amenajman planı modelleri, verileri ve bilgi sistemleri geliştirilmeli ve planlamacılar tarafından benimsenmelidir.

Planlamada kullanılan veriler açık ve önceki-sonraki plan dönemi ile uyumlu olmalıdır. Amenajman planı verilerini kullanarak farklı modellerin geliştirilebilmesi veri setlerinin düzenli ve uyumlu olmasına bağlıdır. Her plan döneminde yeni veri setlerinin oluşturulması ve verilerin önceki plan dönemi ile uyumlu olması araştırmacılara yardımcı olacak ve planlamada ülkemiz için yenilikçi çalışmalar ortaya çıkabilecektir.

Planlar katılımcı yaklaşım ile yapılmalıdır. Ormanlardan beklenen ürün talebinin yerini zamanla hizmet talebine bırakmasıyla toplumun ormanlar üzerinde söz sahipliği artmıştır. Belediyeler, sivil toplum kuruluşları, araştırma enstitüleri, yörehalkı, vb. söz sahipleri ormanlar planlanırken ne derece duyarlı oldukları ve bilimsel yaklaşımların uygulandığını görmeleri hem Orman Teşkilatına karşı güvenlerini arttıracak hem de toplumun görüşlerinin hesaba katılması ormanlara karşı toplumsal bilinç ve duyarlılığı arttıracaktır.

Teşekkür

Bu makale, Orman Genel Müdürlüğü, Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne yürütülen 10.3302/2016-2018 numaralı “Türkiye’nin İlk Orman Planlama Ünitesindeki Zamansal ve Konumsal Değişimin Yüz Yıllık Analizi” isimli Proje Sonuç Raporunun (Şahin ve ark., 2019) bir bölümünün özetidir.

Projenin yürütücü kuruluşu olan Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ile destekleyen birimler olarak projede yer alan Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı ve Sakarya Orman Bölge Müdürlüğü’ne projeye vermiş olduğu her türlü desteklerinden dolayı teşekkür ederiz. Ayrıca, 1917 ve 1972 yıllarına ait meşcere haritalarının vektör veriye dönüştürülmesi ve verilerin veri tabanına işlenmesi, planlarının taranması konularında bu projeye katkılarından dolayı orman mühendisleri Uğur MEMİŞ, Mine AKCAN ve Ümit KORKMAZ’a teşekkürü borç biliriz.

Kaynaklar

- Agnoletti, M., Anderson, S. 2000. Methods and approaches in forest history (C. 3). CABI
- Asan, Ü., 2013a. Ormancılığımızın Sektörel Planlaması 50. Yılına Girerken Orman Amenajmanı Temel Kavramlarında Ortaya Çıkan Yeni Yaklaşımlar. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu, 30-42, 26-28 Kasım 2013, Antalya
- Asan, Ü., 2013b. Orman amenajmanı esasları (temel kavramlar, amaçlar ve ilkeler). İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No: 5146/502. ISBN: 978-975-404-933-6 Bahçeköy, İstanbul.
- Atmis, E., Ozden, S., Lise, W. 2007. Public participation in forestry in Turkey. *Ecological Economics*, 62(2): 352-359.
- Axelsson, A.-L., Östlund, L. 2001. Retrospective gap analysis in a Swedish boreal forest landscape using historical data. *Forest Ecology and Management*, 147(2-3): 109-122
- Barbero, M., Bonin, G., Loisel, R., Quézel, P. 1990. Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean Basin. *Vegetation*, 87(2): 151-173
- Baskent, E. Z., Terzioglu, S., Baskaya, Ş. (2008). Developing and implementing multiple-use forest management planning in Turkey. *Environmental management*, 42(1): 37-48
- Birben, Ü. 2009. Cibali Mübaha. II. Ormancılıkta Sosyoekonomik Sorunlar Kongresi, 19-21 Şubat 2009,

- Bildiriler Kitabı. ISBN 978-9944-452-28-1, s:395-404 SDÜ, Isparta,
- Brosofske, K. D., Froese, R. E., Falkowski, M. J., Banskota, A. 2014. A review of methods for mapping and prediction of inventory attributes for operational forest management. *Forest Science*, 60(4): 733-756
- Bürgi, M. 1999. A case study of forest change in the Swiss lowlands. *Landscape Ecology*, 14(6): 567-576
- Chazdon, R. L., Brancalion, P. H. S., Laestadius, L., Bennett-Curry, A., Buckingham, K., Kumar, C., ... 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
- Eler, Ü. 2008. Türkiye’de Orman Amenajman Yönetmeliği’nin tarihsel gelişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2008, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 89-98
- Eraslan, İ. 1955. Türkiye’de yapılan ilk amenajman planının analitik ve kritik olarak incelenmesiyle varılan neticeler İstanbul Üniversitesi. *Orman Fakültesi Dergisi*, 5: 199-221
- Eraslan, İ. 1982. Orman Amenajmanı. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No: 3010/318 Bahçeköy, İstanbul.
- Gencay, G., Mercimek, A. 2019. Public consciousness and influence of law on forest crimes: Insights from Kastamonu, Turkey. *Forest Policy and Economics*, 106: 101978
- Gümüş, C. 2017. Devlet Ormancılığına Geçiş Sürecinde Karadere Serüveni. Türkiye Ormancılar Derneği (TOD, ISBN 978-605-64482-6-3, Ankara
- Gümüş, C. 2018. Türk Orman Devrimi. Türkiye Ormancılar Derneği (TOD Yayın No: 43, ISBN 978-605-68977-0-2, Ankara
- Hall, B., Motzkin, G., Foster, D. R., Syfert, M., Burk, J. 2002. Three hundred years of forest and land-use change in Massachusetts, USA. *Journal of Biogeography*, 29(10-11): 1319-1335
- Kennedy, J. J. 1985. Conceiving forest management as providing for current and future social value. *Forest Ecology and Management*, 13(1): 121-132
- Kutluk, H. 1948. Türkiye Ormancılığı ile ilgili Tarihi Vesikalar. Cilt: I. İstanbul. Orman Umum (Genel) Müdürlüğü
- Lane, M. B., McDonald, G. 2002. Towards a general model of forest management through time: Evidence from Australia, USA and Canada. *Land Use Policy*, 19(3): 193-206
- Mather, A. S. 2001. Forests of consumption: Postproductivism, postmaterialism and the postindustrial forest. *Environment and Planning: Government and Policy*, 19(2): 249-268
- Paletto, A., Sereno, C., Furuido, H. 2008. Historical evolution of forest management in Europe and in Japan. *Bulletin of Tokyo Univ For*, 119: 25-44
- Schmithüsen, F. J. 2013. Three hundred years of applied sustainability in forestry”. Working papers/Forest Policy and Forest Economics/International series, *Unasylva* 2013/1, Volume 64 No 240: 3-11. Zurich / Switzerland
- Southgate, E. W. B. 2019. *People and the land through time: Linking ecology and history, 2nd Edition*”. Yale University Press. <https://books.google.com.tr/books?id=Jy-oDwAAQBAJ> (Erişim Tarihi: 03.11.2020)
- Şahin, A. 2020. Türkiye’de İlk Orman Haritasının Üretilmesinden Günümüze, Ormancılıkta Haritanın Kullanımı ve Ülke Haritacılığının Gelişimine Katkısı. TMMOB Harita Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Yayını, Sayı:2, ISSN: 2717-7947, s: 49-64, İstanbul.
- Şimşek, O. 2016. Türkiye’nin planlama ile tanışması: Devletçilik dönemi üzerine bir inceleme. Artvin Çoruh Üniversitesi *Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 3: 1-21, Artvin
- Vos, W. 1996. Changing forest functions in NW Europe: from alienation to involvement. İçinde: *Forestry in the context of rural development: future research needs. EFI Proceedings 15: 127-139*
- Arşiv Kaynakları (Kanun, alt mevzuat ve planlar)**
- Ormanların Usûl-i İdâre-i Fenniyeleleri Hakkında Kanun*, Takvim-i Vekâyi’nin 2 Receb 1335/24 Nisan 1333 [24 Nisan 1917] tarih ve 2863 sayı
- 504 SK. *Türkiye’de Mevcut Bilimum Ormanların Fenni Usulü İdare ve İşletmeleri Hakkında Kanun* (Kanun No. 504). Resmi Gazete (18 Ramazan 1342/22 Nisan 1342[24.05.1924])
- 3116 SK. *3116 sayılı Orman Kanunu* (08.02.1937 tarih ve 3537 sayılı Resmi Gazete)
- 6831 SK. *6831 sayılı Orman Kanunu* (08.09.1956 tarih ve 9402 sayılı Resmi Gazete)
- OGM, 1917a. Orman Genel Md. *Orman Amenajman Yönetmeliği Tasarısı (Devlet Ormanlarına Ait Amenajman Talimatnamesi)* (Kaynak: Kutluk, H. 1948. Türkiye Ormancılığı ile İlgili Tarihi Vesikalar. C: I. İstanbul).
- OGM, 1924. Orman Genel Md. *Orman Amenajman Yönetmeliği Tasarısı (Devlet Ormanlarına Ait Amenajman Talimatnamesi)*
- OGM, 1941. Orman Genel Md. *Türkiye Ormanları Amenajman Planlarının Sür’atle İkmaline Dair Talimatname*
- OGM, 1944. Orman Genel Md. *Birinci Devre Amenajman İşleri Talimatnamesi*

-
- OGM, 1946a. Orman Genel Md. *Orman Etüdüleri ve Amenajman İş Kılavuzu*
- OGM, 1952. Orman Genel Md. *Orman Amenajman Planlarının Tanzimine ve Tatbikine Ait Talimatname*. Ankara
- OGM, 1955a. Orman Genel Md. *Orman Amenajman Planlarının Tanzimine ve Tatbikine Ait Talimatname*
- OGM, 1973. Orman Genel Md. *Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine, Uygulanmasına ve Yenilenmesine Dair Yönetmelik*
- OGM, 1991. Orman Genel Md. *Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesi, Uygulanması, Denetlenmesi ve Yenilenmesi Hakkında Yönetmelik*
- OGM, 2008. Orman Genel Md. *Orman Amenajman Yönetmeliği (Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama)* (05.02.2008 tarih ve 26778 sayılı Resmî Gazete)
- OGM, 2014. Orman Genel Md. *Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar Tebliği* (Tebliğ No: 299)
- OGM, 1917b. Orman Genel Md. *Adapazarı Devlet Ormanlarının Hendek Nâhiyesi İdâre Mıntıkasına Ait Amenajman Lâyiha-i Fenniyesidir (Hendek Mustafa Şeref Bey Ormanı (1920-1940))*
- OGM, 1946b. Orman Genel Md. *Çamdağ Serisi I. Devre Amenajman Planı (1946-1947)*
- OGM, 1955b. Orman Genel Md. *Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı (1955-1964)*
- OGM, 1969. Orman Genel Md. *Kurtköy Serisi Kat'i Amenajman Planı I. Revizyon (1969-1972)*
- OGM, 1972. Orman Genel Md. *Kurtköy Orman İşletme Şefliği Kurtköy Serisi Orman Amenajman Planı (1972-1991)*
- OGM, 1994. Orman Genel Md. *Kurtköy Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı I. Yenileme (1994-2003)*
- OGM, 2004. Orman Genel Md. *Kurtköy Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı II. Yenileme (2004-2013)*
- OGM, 2015. Orman Genel Md. *Çamdağı 1917 Orman İşletme Şefliği Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planı (2015-2034)*

Marchalina hellenica Genn.'in konuk olduğu kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) fenolik bileşenlerinin belirlenmesi

Determination of phenolic compounds of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) infested by *Marchalina hellenica* Genn.

Mustafa Burak ARSLAN¹
Selçuk KÜÇÜKAYDIN²
Bihter ŞAHİN²
Mehmet Emin DURU²
Halil Turgut ŞAHİN³

¹ Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü
Müdürlüğü, İzmir

² Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

³ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Isparta

Sorumlu yazar (*Corresponding author*)

Mustafa Burak ARSLAN
mustafaburakarслан@ogm.gov.tr

Geliş tarihi (*Received*)

08.06.2021

Kabul Tarihi (*Accepted*)

20.09.2021

Sorumlu editör (*Corresponding editor*)

Deniz AYDEMİR
denizaydemir@bartin.edu.tr

Atıf (*To cite this article*): Arslan, M. B., Küçükaydın, S., Şahin, B., Duru, M. E., Şahin, H. T. (2022). *Marchalina hellenica* Genn.'in konuk olduğu kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) kısımlarının fenolik bileşenlerinin belirlenmesi. Ormanlık Araştırma Dergisi, 9 (1), 35-43. DOI: 10.17568/ogmoad.925760

Öz

Basra böceğinin (*Marchalina hellenica* Genn.) konuk olduğu ve olmadığı kızılçamların (*Pinus brutia* Ten.) gövde kabuğu, dal kabuğu, dal odunu ve ibrelerinin fenolik bileşenleri HPLC-DAD sistemi ile belirlenmiştir. Gövde ve dal kabukları ile dal odununda ana bileşenin catechin hidrat, ibrede ise 3,4-dihydroxybenzoic acid olduğu tespit edilmiştir. Mann Whitney U Testi sonuçlarına göre basra böceğinin konuk olduğu ve olmadığı kızılçalarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Basra böceğinin yayılış alanı, ekolojik ve sosyoekonomik etkileri göz önünde bulundurularak, böceğin konukçunun ekstraktif içeriği ile ilişkisine yönelik daha detaylı çalışmalar yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Basra böceği, *Marchalina hellenica*, kızılçam, fenolik bileşen

Abstract

The phenolic compounds of barks, branch barks, branch woods, and needles of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) infested and non-infested by the scale insect *Marchalina hellenica* Genn were determined by HPLC-DAD analyses. It was seen that the main compounds of bark, branch bark, and branch wood were catechin hydrate, while the major compound of the needle was 3,4-dihydroxybenzoic acid. However, according to the results of Mann Whitney U, there was no statistically significant difference in Turkish red pine with infested and non-infested by *Marchalina hellenica*. Considering the distribution area of *Marchalina hellenica*, its ecological and socioeconomic effects, more detailed studies should be carried out on the relationship of this scale insect with the extractive content of the host.

Keywords: *Marchalina hellenica*, Turkish red pine, phenolic compounds



Creative Commons Atıf -
Türetilemez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

1. Giriş

Ülkemizdeki en önemli salgı balı türü çam balıdır. Çam balı üretiminde Türkiye lider konumdadır. Dünya çam balı üretiminin yaklaşık %92'sinin Türkiye'de, ülkemiz çam balı üretiminin yaklaşık %75-80'inin ise Muğla kızılçam ormanlarında gerçekleştirildiği kabul edilmektedir. Çam balının geri kalan kısmı ise Yunanistan'da üretilmektedir. Çam balının esasını Türkiye'de başlıca kızılçama (*Pinus brutia* Ten.), Yunanistan'da ise özellikle Halep çamı (*Pinus halepensis* Mill.) ile kızılçama konuk olan *Marchalina hellenica* Genn. (basra böceği) oluşturmaktadır. Basra böceği konuk olduğu ağacın bitki özsuyu ile beslenmekte, ihtiyacı olan besini aldıktan sonra geri kalan kısmını rektal yolla dışarı bırakmaktadır. 'Bal özü' adı verilen bu salgı, daha sonra arılar tarafından toplanmakta ve bala dönüştürülmektedir. Elde edilen bu salgı balı 'çam balı' olarak adlandırılmaktadır. (Beşçeli ve Ekici, 1968; Santas, 1983; Gürkan ve Boşgelmez, 1989; Thrasyvoulou ve Manikis, 1996; Gösterit ve Gürel, 2011).

Basra böceği Türkiye ve Yunanistan anakarası dışında Samos, İcaria, Rodos, Taşöz, Bozcaada ve Gökçeada gibi Ege adalarında ve İtalya'nın Ischia adasında yayılış göstermektedir (Bacandritsos ve ark., 2004). Ülkemizde başta Muğla olmak üzere, Antalya'nın Kaş ilçesinden başlayarak, Batı Akdeniz kıyı şeridinden başlayarak Ege Bölgesinin tüm kıyılarında, Çanakkale, Bursa, İstanbul, Gökçeada ve Bozcaada'da yoğun şekilde yayılış göstermektedir. Burdur, Adana ve Edirne'de de yapay bulaşık halde bulunmaktadır. Türkiye'deki basra böceğinin yayılış yaptığı sahaların büyük bir kısmı Muğla ilinde bulunmaktadır. Basra böceği özellikle kızılçam ve Halep çamı olmak üzere fıstık çamı (*Pinus pinea* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arn.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve sahil çamına (*Pinus pinaster* Aiton) da konuk olabilmektedir. İlaveten, Yunanistan'da Grek göknaşına (*Abies cephalonica* Loudon) yapay olarak bulaştırılmıştır. Ülkemizde de Toros sedirinde (*Cedrus libani* Don) görüldüğü kaydedilmiştir (Beşçeli ve Ekici, 1968; Selmi, 1983; Margaritopoulos ve ark., 2003; Bacandritsos, 2004; Gounari, 2006; Ülgentürk ve ark., 2012). *Marchalina hellenica* Avustralya'da da radiata çamı (*Pinus radiata* Don) ve Halep çamında görülmeye başlanmıştır (FAO, 2017).

Yunanistan'da *Marchalina hellenica*'nın nimf evreleri farklı araştırmacıların bulduğu sonuçlara göre değişiklik göstermektedir. Bazı araştırmacılar böceğin iki nimf evresi geçirdiğini tespit etmiştir (Er-

linghagen, 2001; Bacandritsos ve ark., 2004). Bazı araştırmacılar ise böceğin ergin hale dönüşmeden 3 nimf evresinden geçtiğini rapor etmiştir (Gounari, 2006; Gounari, 2008). *Marchalina hellenica*'nın Türkiye'deki biyolojisi üzerine yapılan çalışmalarda 3 nimf evresinden geçtiği belirtilmiştir (Gürkan ve Boşgelmez, 1989; Ülgentürk ve ark., 2012).

Kızılçam ekstraktiflerce (reçine, uçucu yağ, fenolik bileşen vb.) zengindir. Bu sebeptendir ki; kızılçamın odun, kabuk, ibre, dal, kozalak gibi kısımlarının ekstraktif bileşenlerinin belirlenmesine yönelik yoğun çalışmalar yapılmıştır (Yıldırım ve Holmbom, 1978; Bağcı ve Karaagaçlı, 2004; Ghosn ve ark., 2006; Salman, 2006; Sezik ve ark., 2008; Tumen ve ark., 2010; Bağcı ve ark., 2011; Kilic ve ark., 2011; Ustun ve ark., 2012; Cretu, 2013; Kıvrak ve ark., 2013; Deniz ve ark., 2017a; Deniz ve ark., 2017b; Deniz ve ark., 2019).

İbrelili ağaçlar içerdikleri bazı kimyasal maddeler ile zararlılara karşı kendi savunma sistemlerini kurmuşlardır. İbrelili türlerin özellikle kabuklarında bulunan bazı fenolik bileşikler, terpenoidler ve alkoloidler böcek ve diğer zararlıların etkilerine karşı ağacı koruyucu veya zararlıları uzaklaştırıcı özelliktedir (Franceschi ve ark., 2005; Erbilgin ve ark., 2006; Keeling ve Bohlmann, 2006; Routa ve ark., 2017). Bunun tam tersi durumlarda söz konusu olabilmektedir. Reçine kelebeğinde olduğu gibi ağaçlar ihtiva ettikleri bazı ekstraktifler ile kendilerini zararlılara karşı cezbedici kılabilirler (Metcalf ve Kogan, 1987; Jactel ve ark., 1996; Chen ve ark., 2002; Oz ve ark., 2015).

Basra böceğinin konukçu olduğu ağacın ekstraktif içeriği ile etkileşimine ilişkin çalışmalar oldukça azdır (Mita ve ark., 2002; Gallis ve ark., 2011; Topcan, 2017; Arslan, 2019). Literatürdeki dört çalışmanın üçü son 10 yıl içerisinde yapılmış olup, bu çalışmalardan iki tanesi Türkiye'de yürütülmüştür. Dolayısıyla bu konu üzerine çalışmalar yapılması önemlidir. Zira 774.778 hektarlık Muğla ormanlarının 66.305 hektarlık bölümü (yaklaşık %8,5) basra ile bulaşıktır (Anonim, 2016).

Bu çalışmadaki amaç; basra böceğinin konuk olduğu kızılçam ağaçlarının gövde kabuğu, dal kabuğu, dal odunu ve ibrelerinin fenolik bileşenlerinin incelenmesidir.

Basra böceğinin Türkçe bilimsel adı 'çam pamuklu koşnili'dir. Ancak Orman Genel Müdürlüğü uygulama birimleri, yöre insanı ve araçlar tarafından 'basra böceği' olarak adlandırıldığı için bu çalışmada da basra böceği ismi kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Materyal olarak basra böceğinin konuk olduğu (basralı) ve olmadığı (basrasız) kızılçam gövde kabuğu, dal kabuğu, dal odunu ve ibre örnekleri kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Örnek alanlar

Muğla Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Ula, Yerkesik ve Gökova Orman İşletme Şefliklerinden birer tane olmak üzere toplamda üç adet örnek alan belirlenmiştir. Her sahadan 10 adet basra böceğinin konuk olduğu (basralı), 10 adet basra böceğinin konuk olmadığı (basrasız) olacak şekilde toplamda 30 adet basralı, 30 adet basrasız olmak üzere 60 adet kızılçam ağacı belirlenmiştir. Basralı ve basrasız ağaçların yan yana ya da birbirine yakın mesafede olmasına dikkat edilmiştir.

2.2.2. Örneklerin toplanması

Belirlenen ağaçlardan böceğin yaşam döngüsü (Ülğentürk ve ark., 2012) göz önünde bulundurularak üç farklı dönemde gövde kabuğu, dal kabuğu, dal odunu ve ibre örnekleri alınmıştır. Tablo 1'de örneklerin alındıkları mevkiler ve tarihler belirtilmiştir. Her bir sahada seçilmiş olan 10 adet basralı ve 10 adet basrasız kızılçam ağaçlarından alınan örnekler, kendi içlerinde basralı ve basrasız olmak üzere homojen bir şekilde karıştırılmıştır.

2.2.3. Numune hazırlama

Gövde kabuğu, dal kabuğu, dal odunu ve ibre örneklerinden yaklaşık olarak 5'er g alınmış ve 50 ml aseton:su (80:20) çözücü sistemine eklenerek soğuk ortamda (-18°C) 24 saat (sa) ekstraksiyona bırakılmıştır. 24 sa sürenin ardından örnekler ultrasonik banyoda oda şartlarında yaklaşık 15 dakika (dk) tutulmuş ve sonrasında süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Süzülen örnekler, santrifüj tüplerine aktararak 4000 rpm'de 10 dk santrifüj işlemine tabii tutulmuştur. Devamında ikinci bir süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemi müteakiben, çözücüler döner buharlaştırıcı yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Elde edilen ekstre su: metanol (80:20) çözücü sisteminde tekrar çözülmüş ve 0.20 mikronluk (μ) filtrelerden geçirilmiştir. Ardından örneklerin HPLC-DAD (Shimadzu 20 AT series HPLC, Japan) sistemine enjeksiyonu işlemi uygulanarak analize başlanmıştır (Barros ve ark., 2009). Her bir şart için tek enjeksiyon yapılmıştır.

2.2.4. HPLC-DAD analizleri

Alıkonma zamanları, standart olarak kullanılan maddelerle pik karşılaştırma yöntemi ve pik alanı hesaplama gibi yöntemler aracılığıyla nitel ve nicel sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan fenolik ve organik asit standartları şu şekilde sıralanmaktadır: Fumarik asit, gallik asit, trans-akonitik asit, p-hidroksi benzoik asit, pirokateşol, trans-sinamik asit, 3,4-dihidroksi benzoik asit, 2,4-dihidroksi benzoik asit, metil-1,4-benzokinon, kafeik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, rosmarinik asit, trans-2-hidroksi sinamik asit, klorojenik asit, ferulik asit, rutin hidrat, trans-sinamik asit, naringenin, kuersetin, ellagik asit, kateşin hidrat, kirisin, vanillik asit, 6,7-dihidroksi kumarin, vanilin ve kumarin. Söz konusu standartlar Sigma-Aldrich Co. (Germany) firmasından temin edilmiştir. HPLC-DAD analiz şartları Tablo 2'de sunulmuştur.

2.2.5. Değerlendirme yöntemi

Verilerinin değerlendirilmesinde SPSS 17.0 istatistik paket programı kullanılmıştır. Veri setinin normal dağılım durumunun incelenmesi Shapiro-Wilk Testi ile yapılarak, verilerin normal dağılmadığı tespit edilmiştir. Daha sonra basralı ve basrasız iki grubun birbirinden farklılık gösterip göstermediği non-parametrik testlerden Mann Whitney U Testi kullanılarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Örneklerin toplandıkları sahalar ve dönemler
Table 1. The areas and seasons where the samples were collected

| Dönem/ Şeflik | Dönem I | Dönem II | Dönem III |
|------------------|----------------|---------------|---------------|
| Ula | Temmuz 2016 | Ekim 2016 | Şubat 2017 |
| Yerkesik | Temmuz 2016 | Ekim 2016 | Şubat 2017 |
| Gökova | Temmuz 2016 | Kasım 2016 | Ocak 2017 |

3. Bulgular

3.1. Gövde kabuğunun fenolik bileşenleri

Basralı ve basrasız gövde kabuklarında catechin hidrat öne çıkan fenolik bileşen olarak saptanmıştır. Catechin hidrat basralı ağaçların gövde kabuklarında 0,55-13,28 μ g/g, basrasız ağaçların gövde kabuklarında ise 1,76-13,79 μ g/g miktarlarında tespit edilmiştir. Genel olarak Yerkesik mevkiinde ve dönem III'te daha yüksek miktarlarda belirlenmiştir. Bununla birlikte Mann Whitney U Testi sonuçlarına göre; basralı ve basrasız ağaçların gövde kabuklarının catechin hidrat ve diğer bileşenlerin

Tablo 2. HPLC-DAD analiz şartları
Table 2. HPLC-DAD analysis conditions

| HPLC-DAD Cihaz Parametreleri | | | | |
|------------------------------|---|---------------|-------------|-------------|
| Kolon | C18 kolon (5 µm, 250 mm x 4,6 mm i.d) | | | |
| Mobil Faz A | %5'lik CH ₃ COOH içeren H ₂ O | | | |
| Mobil Faz B | %5'lik CH ₃ COOH içeren MeOH | | | |
| Kolon Fırın Sıcaklığı | 40°C | | | |
| Dedektör | SPD-M20A DAD dedektör | | | |
| Dedektör Dalga Boyu | 280nm | | | |
| Enjeksiyon Hacmi | 20µL | | | |
| Analiz süresi | 85 dakika | | | |
| Gradient Program | Zaman (dak) | Akış (mL/dak) | % Solvent A | % Solvent B |
| | 0.01 | 1,500 | 90,00 | 10,00 |
| | 2.00 | 1,500 | 80,00 | 20,00 |
| | 15.00 | 1,500 | 70,00 | 30,00 |
| | 30.00 | 1,500 | 00,00 | 100,00 |
| | 33.00 | 1,500 | 99,00 | 01,00 |
| | 35.00 | 1,500 | 99,00 | 01,00 |

miktarlarında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Trans-cinnamic asit ve caffeic asit basralı ve basrasız gövde kabuklarında miktar olarak diğer bileşenlerden biraz daha fazla olmakla birlikte, basralı

ya da basrasız ağaçlar için herhangi bir belirteç olamayacağı anlaşılmıştır. Tablo 3'te basralı ve basrasız kızılçamların gövde kabuklarının fenolik bileşenleri yer almıştır.

Tablo 3. Basralı ve basrasız kızılçamların gövde kabuklarının fenolik bileşenleri
Table 3. Phenolic compounds of barks of Turkish red pine infested by *M. hellenica* and non-infested

| Dönem/ Mevki ve bileşen adı | Dönem I | | Dönem II | | Dönem III | |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | Basrasız (µg/g) | Basralı (µg/g) | Basrasız (µg/g) | Basralı (µg/g) | Basrasız (µg/g) | Basralı (µg/g) |
| ULA | | | | | | |
| 2-(4-hydroxyphenyl)ethanol | 0,21 | 1,39 | - | 0,49 | - | - |
| Catechin hidrat | 1,76 | 0,81 | 1,79 | 1,13 | 6,25 | 3,46 |
| Vanilin | 0,33 | 0,72 | - | - | - | - |
| 3,4-dihydroxybenzoic asit | - | - | - | - | - | 1,93 |
| Caffeic asit | - | - | - | - | - | 20,62 |
| YERKESİK | | | | | | |
| 2-(4-hydroxyphenyl)ethanol | 1,54 | 0,85 | 0,44 | 1,71 | 0,76 | 0,30 |
| Catechin hidrat | 2,00 | 4,53 | 2,14 | 1,50 | 13,79 | 13,28 |
| <i>trans</i> -cinnamic asit | - | - | 1,96 | - | 1,58 | - |
| Naringenin | - | - | 2,39 | - | - | - |
| Caffeic asit | - | - | - | - | 5,58 | - |
| GÖKOVA | | | | | | |
| 2-(4-hydroxyphenyl)ethanol | - | - | - | 1,13 | 0,76 | - |
| Catechin hidrat | 2,98 | 2,27 | 3,10 | 0,55 | 5,78 | 2,75 |
| <i>trans</i> -cinnamic asit | - | 11,25 | 9,89 | - | 2,82 | - |
| Naringenin | - | 6,17 | - | 1,04 | - | - |
| 3,4-dihydroxybenzoic asit | - | - | - | - | 0,62 | 8,75 |

3.2. Dal kabuğunun fenolik bileşenleri

Gövde kabuğunda olduğu gibi dal kabuğunda da basralı ve basrasız ağaçlarda öne çıkan fenolik bileşen catechin hidrat olarak belirlenmiştir. Ancak istatistik olarak basralı ve basrasız ağaçların dal kabuklarında catechin hidrat ve diğer bileşenlerin miktarlarında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir.

Basralı dal kabuklarında 1,58-16,28 µg/g, basrasız dal kabuklarında 0,25-17,44 µg/g miktarlarında catechin hidrat saptanmıştır. 2-(4-hydroxyphenyl) ethanol Ula ve Yerkesik mevkilerinde Dönem III'te miktarca daha fazla görülmekle birlikte, basralı veya basrasız ağaçlar ile bir ilişkisi görülmemiştir. Basralı ve basrasız kızılçamların dal kabuklarının fenolik bileşenleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Basralı ve basrasız kızılçamların dal kabuklarının fenolik bileşenleri
Table 4. Phenolic compounds of branch barks of Turkish red pine infested by *M. hellenica* and non-infested

| Dönem/ Mevki ve bileşen adı | Dönem I | | Dönem II | | Dönem III | |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | Basrasız (µg/g) | Basralı (µg/g) | Basrasız (µg/g) | Basralı (µg/g) | Basrasız (µg/g) | Basralı (µg/g) |
| ULA | | | | | | |
| Ellagic asit | 2,44 | - | - | - | - | - |
| Catechin hidrat | - | - | 3,46 | 4,46 | 0,25 | 9,50 |
| Rutin hidrat | - | - | 3,88 | - | - | - |
| 2-(4-hydroxyphenyl)ethanol | - | - | - | 5,49 | 7,12 | 7,42 |
| YERKESİK | | | | | | |
| Catechin hidrat | 1,63 | 3,72 | 5,37 | 1,69 | 17,44 | 8,46 |
| Rutin hidrat | 3,06 | - | - | - | - | - |
| 3,4-dihydroxybenzoic asit | - | - | 1,45 | - | - | - |
| 2-(4-hydroxyphenyl)ethanol | - | - | - | - | 6,38 | 2,70 |
| GÖKOVA | | | | | | |
| Catechin hidrat | 2,63 | 1,99 | 9,98 | 1,58 | 15,98 | 16,28 |
| Rutin hidrat | - | 4,56 | - | - | - | - |
| <i>trans</i> -cinnamic asit | - | - | - | - | 2,58 | - |
| 2-(4-hydroxyphenyl)ethanol | - | - | 1,44 | - | - | - |

3.3. Dal odununun fenolik bileşenleri

Catechin hidrat basralı ve basrasız ağaçların dal odunlarında öne çıkmıştır. Basralı dal odunlarında 0,42-13,94 µg/g, basrasız dal odunlarında 4,25-16-72 µg/g, olarak belirlenmiştir. Miktarca dönem III'te artış göstermiştir. İstatistik olarak basralı ve basrasız ağaçların dal odunlarının catechin hidrat ve diğer bileşenlerin miktarlarında farklılık ortaya çıkmıştır. Ula ve Yerkesikte yüksek sayılabilecek miktarda 2-(4-hydroxyphenyl)ethanol bileşeni tespit edilmiş olmakla birlikte basralı ya da basrasız kızılçamlar için belirteç olmayacağı görülmüştür. Basralı ve basrasız kızılçamların dal odunlarının fenolik bileşenleri Tablo 5'te sunulmuştur.

3.4. İbrenin fenolik bileşenleri

Basralı ve basrasız kızılçam ibrelerinin öne çıkan fenolik bileşenleri, gövde kabuğu, dal kabuğu ve dal odununun aksine 3,4-dihydroxybenzoic asit bileşenidir. Bununla birlikte basralı ve basrasız kızılçam ibrelerinin 3,4-dihydroxybenzoic asit ve diğer

bileşenlerin miktarlarında istatistiksel bakımdan anlamlı bir fark bulunmamıştır. Catechin hidrat ana bileşen olmamakla birlikte Yerkesik ve Gökova mevkilerindeki basralı ve basrasız kızılçam ibrelerinde saptanmıştır. Tablo 6'da Basralı ve basrasız ibrelerin fenolik bileşenleri gösterilmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Basra böceğinin konuk olduğu kızılçam ve Halep çamının ekstraktif içeriği ile ilişkisinin belirlenmesine yönelik çalışmalar çok sınırlıdır. Yapılan çalışmalar ise çoğunlukla uçucu bileşenler üzerinedir (Mita ve ark. 2002; Gallis ve ark., 2011; Topcan, 2017). Dolayısıyla çalışmamız konusu itibarıyla ilk olma özelliğini taşımaktadır. Fenolik bileşenlerin böcek ve diğer zararlılara karşı ağaçlarda savunma rolü oynayabileceği bilinmektedir (Franceschi ve ark., 2005; Bohlmann, 2012). Tahvanainen ve ark. (1985) kuzey söğüt (*Salix* spp.) ağacının fenolik bileşenlerinin doğal savunma sistemi içerisinde önemli bir role sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Ancak araştırmamızda; basra böceğinin konuk

Tablo 5. Basralı ve basrasız kızılçamların dal odunlarının fenolik bileşenleri
Table 5. Phenolic compounds of branch wood of Turkish red pine infested by *M. hellenica* and non-infested

| Dönem/ Mevki ve bileşen adı | Dönem I | | Dönem II | | Dönem III | |
|--------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | Basrasız (µg/g) | Basralı (µg/g) | Basrasız (µg/g) | Basralı (µg/g) | Basrasız (µg/g) | Basralı (µg/g) |
| ULA | | | | | | |
| Catechin hidrat | - | 3,95 | - | - | 9,23 | 9,02 |
| Vanilin | - | 0,55 | - | - | - | - |
| 2,4-dihydroxy benzoic asit | - | 13,25 | 1,60 | - | - | - |
| <i>trans</i> -2-hydroxycinnamic asit | - | 2,68 | - | - | - | - |
| 2-(4-hydroxyphenyl) ethanol | - | - | - | 4,72 | - | - |
| Ellagic asit | - | - | - | 3,60 | - | - |
| YERKESİK | | | | | | |
| 2-(4-hydroxyphenyl)ethanol | 0,89 | - | - | - | 3,86 | 3,79 |
| Catechin hidrat | 4,25 | 5,49 | 5,01 | 0,42 | 16,72 | 9,46 |
| GÖKOVA | | | | | | |
| 2-(4-hydroxyphenyl)ethanol | - | 0,39 | - | - | - | - |
| Catechin hidrat | 10,95 | 11,12 | 11,31 | 10,22 | 8,14 | 13,84 |

Tablo 6. Basralı ve basrasız kızılçamların ibrelerinin fenolik bileşenleri
Table 6. Phenolic compounds of needle of Turkish red pine infested by *M. hellenica* and non-infested

| Dönem/ Mevki ve bileşen adı | Dönem I | | Dönem II | | Dönem III | |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | Basrasız (µg/g) | Basralı (µg/g) | Basrasız (µg/g) | Basralı (µg/g) | Basrasız (µg/g) | Basralı (µg/g) |
| ULA | | | | | | |
| Methyl-1,4-benzoquinone | - | - | 1,84 | - | - | - |
| 3,4-dihydroxybenzoic asit | - | - | - | - | 1,06 | 0,51 |
| YERKESİK | | | | | | |
| 3,4-dihydroxybenzoic asit | 10,54 | 5,38 | 3,18 | 2,37 | 6,19 | 5,68 |
| Catechin hidrat | 1,19 | 0,86 | 0,71 | - | 1,06 | - |
| Rutin hidrat | 3,40 | - | - | - | - | - |
| <i>trans</i> -cinnamic asit | - | - | - | 0,73 | - | 1,61 |
| GÖKOVA | | | | | | |
| 3,4-dihydroxybenzoic asit | 1,69 | 4,24 | 1,38 | 3,93 | 5,37 | 3,49 |
| Vanilic asit | - | 0,30 | - | - | - | - |
| Catechin hidrat | - | - | - | - | 0,90 | 0,67 |

olduğu ve olmadığı kızılçamların fenolik bileşenlerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Bununla birlikte gövde kabuğu, dal kabuğu ve dal odununda üçüncü dönemlerde (ocak-şubat) etken madde miktarları artış göstermektedir. Bu durum mevsimsel farklılıklara karşı ağacın gösterdiği reaksiyondan kaynaklanabilir. Üçüncü dönemde Ula ve Gökova bölgelerinden alınan gövde kabuk örneklerinin basralı olanlarında caffeic asit miktarlarında önemli artış görülmüştür. Basra böceğinin üçüncü nimf evresine karşılık gelen bu dönemde (Ülgentürk ve ark., 2012) ağacın savunma olarak

caffeic asit miktarını arttırması söz konusu olabilir. Ancak Yerkesik bölgesinden alınan gövde kabuklarında tersi bir durum söz konusudur. Bu durumu açıklığa kavuşturabilmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Kıvrak ve ark. (2013), kızılçam kabuğunun öne çıkan fenolik bileşenleri arasında catechin hidrat ve 3,4-dihydroxybenzoic asit bileşenlerinin de yer aldığını belirtmişlerdir. Ayrıca catechin bileşeninin kızılçam kabuğunun (Yeşil Celiktaş ve ark., 2009; Ince ve ark., 2009, Cretu, 2013) ve kozalağının (Kılıç ve ark., 2011) fenolik profillerinde öne

çıktığı rapor edilmiştir. Çalışmamızda; basarsız ve basralı kızılçam ağaçlarının gövde kabuğu, dal kabuğu ve dal odunu için öne çıkan fenolik bileşenin catechin hidrat, ibre için öne çıkan fenolik bileşenin 3,4-dihydroxybenzoic asit olduğu görülmüştür. Elde ettiğimiz sonuçların literatür ile uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. Ancak bu bileşenlerin basra böceğine karşı kızılçamın savunma sisteminde bir belirteç olduklarına ilişkin bir kanaate varılamamıştır.

Ülkemizdeki yayılış alanı, ekolojik ve sosyoekonomik etkileri göz önünde bulundurulduğunda basra böceğinin konukçuları ile etkileşimine yönelik çalışmalar arttırılmalı ve detaylandırılmalıdır. Çalışmamızda basra böceğinin konuk olduğu kızılçamın fenolik bileşenler incelenmiştir. Gelecekte; ekstraktiflerin farklı yöntemler ya da solventler kullanılarak elde edileceği araştırmalar yapılabilir. Basra böceğinin konuk olduğu kızılçam ve fıstık çamının uçucu yağ, alkaloid, yağ asiti, reçine asiti vb. diğer ekstraktifleri üzerine çalışmalar yapılabilir. Basra böceğinin konukçusunun ekstraktif yapısı ile etkileşiminin belirlenmesi ile Orman Genel Müdürlüğünün basralı sahaları yönetme ve işletme politikalarına alt bilgiler sağlanmış olabilecektir.

Teşekkür

Bu çalışma Orman Genel Müdürlüğü Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünün “15.7801/2015-2019” numaralı ve “Basra Böceği (*Marchalina hellenica* Genn.)’nin Konuk Olduğu ve Olmadığı Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ağaçlarının Kabuk ve İbrelerinin Bazı Ekstraktif Bileşenlerinin İncelenmesi” isimli projesi kapsamındadır. Örnek alanların belirlenmesi ve numunelerin toplanması konularındaki özverili desteklerinden dolayı Eski Ula Orman İşletme Şefi ve Eski Gökova Orman İşletme Şefi V. Mehmet AKBİYİKOĞLU ve Eski Yerkesik Orman İşletme Şefi Saner DEMİRTAŞ’a teşekkür eder.

Kaynaklar

Anonim, 2016. Muğla Orman Bölge Müdürlüğünün 06.09.2016 tarih ve 1980896 sayılı yazısı

Arslan, 2019. Basra Böceği (*Marchalina hellenica* Genn.)’nin Konuk Olduğu ve Olmadığı Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ağaçlarının Kabuk ve İbrelerinin Bazı Ekstraktif Bileşenlerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

Bacandritsos, N., 2004. Establishment and honeydew honey production of *Marchalina hellenica* (Coccoidea Margarodidae) on fir tree (*Abies cephalonica*). *Bulletin of Insectology* 57(2): 127-130 <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol57-2004-127-130bacandritsos.pdf>

Bacandritsos, N., Saitanis, C., Papanastasiou, I., 2004.

Morphology and life cycle of *Marchalina hellenica* (Gennadius) (Hemiptera: Margarodidae) on pine (Parnis Mt.) and fir (Helmos Mt.) forests of Greece. *Annals Societe Entomologique France* 40: 169-176. <https://doi.org/10.1080/00379271.2004.10697413>

Bagci, E., Hayta, S., Dogan, G., 2011. Chemical composition of essential oils from bark and leaves of *Pinus brutia* Ten. from Turkey. *Asian Journal of Chemistry* 23(6): 2782-2784. http://www.asianjournalofchemistry.co.in/user/journal/viewarticle.aspx?ArticleID=23_6_96

Bagci, E., Karaagacli, Y., 2004. Fatty acid and tocopherol patterns of Turkish pines. *Acta Biologica Cracoviensis Series Botanic* 46: 95-100.

Barros, L., Dueñas M., Ferreira I. C., Baptista, P., Santos-Buelga, C., 2009. Phenolic acids determination by HPLC-DAD-ESI/MS in sixteen different Portuguese wild mushrooms species. *Food and Chemical Toxicology* 47(6): 1076-1079. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.01.039>

Besçeli, Ö., Ekici, M., 1968. Çam pamuklu biti (*Monophlebus hellenicus* Genn) ve arıcılık. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi* 14(1): 73-78.

Bohlmann, J., 2012. Pine terpenoid defences in the mountain pine beetle epidemic and in other conifer pest interactions: specialized enemies are eating holes into a diverse, dynamic and durable defence system. *Tree Physiology* 32(8): 943-945 doi: 10.1093/treephys/tps065.

Chen Z., Kolb, T. E., Clancy, K. M., 2002. The role of monoterpenes in resistance of Douglas fir to western spruce budworm defoliation. *Journal of Chemical Ecology* 28: 897-920. <https://doi.org/10.1023/A:1015297315104>

Cretu, E., 2013. *Pinus brutia* Ten. and *Cedrus brevifolia* (Hook. F.) A. Henry – Chemical Characterization And Possibilities Of Valorization In Therapeutics. Doctor of Philosophy Thesis, University of Medicine and Pharmacy.

Deniz İ., Aydın İ., Altıntaş K., 2017a. Resin Production by The Acid-Paste and Bore Hole Method from Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) and Maritima Pine (*Pinus pinaster* Aiton.) and Chemical Analysis of Turpentine”, I. International Congress On Medicinal And Aromatic Plants: “Natural And Healthy Life. 10-12 May 1996, no.978-605-4988-14-3, Konya, Turkey. pp.195-195.

Deniz İ., Altıntaş K., Serdar B., Yildirim İ., Öztürk M., Aydın İ. 2017b. The Effect of Resin Production by The Acid Paste Method from Red Pine and Maritime Pine on The Amount of Resin in The Trunk. International Symposium on Medicinal, Aromatic and Dye Plants, 5-7 October 2017, Malatya, Turkey. pp. 224-238.

Deniz, İ., Pekgözlü, A., Dönmez, İ.E., Karaoğul, E., Yılmaz, B., Ceylan, E., Aydın, İ. 2019. Ülkemizde üretilen kolofanların kimyasal özellikleri, I. Kolofan ve Türevleri Çalıştayı, 2 Mayıs 2019, İCÜ Orman Fakültesi, İstanbul.

- Erbilgin N., Christiansen, E., Krokene, P., Zeneli, G., Gershenzon, J., 2006. Exogenous application of methyl jasmonate elicits defenses in norway spruce (*Picea abies*) and reduces host colonization by the bark beetle *Ips typographus*. *Oecologia* 148: 426-436. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0394-3>
- Erlinghagen F., 2001. Portrait of an insect: *Marchalina hellenica* Genn. (Sternorrhyncha: Coccina: Margarodidae), important producer of honeydew in Greece. *Apiacta* 36(3): 131-137
- FAO, 2017. Detection of *Marchalina hellenica* in Victoria and South Australia. Report Number: AUS-69/1. <https://www.ippc.int/en/countries/australia/pest-reports/2015/07/detection-of-marchalina-hellenica-in-victoria-and-south-australia-1/>
- Franceschi, V. R., Krokene, P., Christiansen, E., Krekling, T., 2005. Anatomical and chemical defenses of conifer bark against bark beetles and other pests. *New Phytologist* 167: 353-376. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01436.x>
- Gallis, A., Carlos, A., Papageorgiou, A.C., Garcia-Vallejo, M. C., 2011. Needle Terpenoid Composition of *Pinus halepensis* (Mill.) Trees Infested by the Scale Insect *Marchalina hellenica* (Genn.) in Greece. Proceedings of the Fourth International Workshop on the Genetics of Host-Parasite Interactions in Forestry: Disease and Insect Resistance in Forest Trees. Oregon, July 31 to August 5, 2011, pp 304-308.
- Ghosn, M. W., Saliba, N.A., Talhouk S.Y., 2006. Chemical composition of the needle-twig oils of *Pinus brutia* Ten. *Journal of Essential Oil Research* 18: 445-447. <https://doi.org/10.1080/10412905.2006.9699137>
- Gounari, S., 2006. Studies on the phenology of *Marchalina hellenica* (Gen.) (Hemiptera: Coccoidea, Margarodidae) in relation to honeydew flow. *Journal of Apicultural Research* 45(1): 8-12. <https://doi.org/10.1080/00218839.2006.11101305>
- Gounari, S., 2008. Aspects on Biology of *Marchalina hellenica* (Coccoidea, Marchalinidae). 1. Uluslararası Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, Muğla, 25-27 Kasım, 2008, ss 133-140.
- Gösterit, A., Gürel, F., 2011. Orman-arıcılık ilişkisi ve arıcılığın orman köylüleri ve kırsal kesimin kalkınmasındaki önemi. *Orman ve Av Dergisi* 2: 26-29.
- Gürkan, B., Boşgelmez, A., 1989. Çam Pamuklu Koşnili *Marchalina hellenica* (Gennadius)'ın Biyo-Ekolojisi ve Populasyon Dinamiği. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara
- Ince, I., Yesil-Celiktas, O., Karabay-Yavasoglu, N. U., Elgin, G., 2009. Effects of *Pinus brutia* bark extract and pycnogenol® in a rat model of carrageenan induced inflammation. *Phytomedicine* 16(12), 1101-1104. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2009.05.004>
- Jactel, H., Kleinhentz, M., Marpeau-Bezard, A., Marion-Poll, F., Menassieu, P., Burban, C., 1996. Terpene variations in maritime pine constitutive oleoresin related to host tree selection by *Dioryctria sylvestrella* Ratz. (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Chemical Ecology* 22(5): 1037-1050. <https://doi.org/10.1007/BF02029953>
- Keeling, C. I., Bohlmann, J., 2006. Genes, enzymes and chemicals of terpenoid diversity in the constitutive and induced defence of conifers against insects and pathogens. *New Phytologist* 170: 657-675. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01716.x>
- Kilic, A., Hafizoglu, H., Tümen, İ., Dönmez, İ.E., Sivrikaya, H., Hemming, J., 2011. Phenolic extractives of cones and berries from Turkish coniferous species. *European Journal of Wood and Wood Products* 69 (1): 63-66 <https://doi.org/10.1007/s00107-010-0433-y>
- Kıvrak, İ., Lovral, Ş., Harmandar, M., Çetintaş, Y., 2013. Phenolic compounds of *Pinus brutia* Ten.: chemical investigation and quantitative analysis using an ultra-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry with electrospray ionization source. *Records of Natural Products* 7(4): 313-319.
- Margaritopoulos J. T., Bacandritsos N., Pekas A. N., Stamatis C., Mamuris Z., Tsitsipis J. A., 2003. Genetic variation of *Marchalina hellenica* (Hemiptera: Margarodidae) sampled from different host and localities in Greece. *Bulletin of Entomological Research* 93: 447-453. <https://doi.org/10.1079/BER2003260>
- Metcalf, R. L., Kogan, M., 1987. Plant volatiles as insect attractants. *Critical Reviews in Plant Sciences* 5(3): 251-301. <https://doi.org/10.1080/07352688709382242>
- Mita, E., Tsitsimpikou, C., Tsiveleka, L., Petrakis, P. V., Ortiz, A., Vagias, C., Roussis, V., 2002. Seasonal variation of oleoresin terpenoids from *Pinus halepensis* and *Pinus pinea* and host selection of the scale insect *Marchalina hellenica* (Homoptera, Coccoidea, Margarodidae, Coelostoniidae). *Holzforschung* 56: 572-578. <https://doi.org/10.1515/HF.2002.087>
- Oz, M., Deniz İ., Okan O. T., Fidan M.S., 2015. Chemical Composition of Oleoresin and Larvae Gallery Resin of *Pinus brutia* Attacked by *Dioryctria sylvestrella* Ratz. *Drvna Industrija* 66(3): 179-188. <https://doi.org/10.5552/drind.2015.1408>
- Routa, J., Brännström, H., Anttila, P., Mäkinen, M., Jänis, J., Asikainen, A., 2017. Wood extractives of Finnish pine, spruce and birch – availability and optimal sources of compounds. A literature review. Natural resources and bioeconomy studies 73/2017. Natural Resources Institute Finland, Helsinki. 55 p. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-495-3>.
- Salman, M.T., 2006. Chromatographic identification of some volatile oils from the of *Pinus brutia* Ten. growing in Iraq. *Foundaiton of Technical Education* 22: 1-7.

- Santas L.A., 1983. Insects producing honeydew exploited by bees in Greece. *Apidologie* 14(2): 93-103. <https://doi.org/10.1051/apido:19830204>
- Selmi, E., 1983. *Marchalina hellenica* (Gennadius) (Homoptera, Margarodidae)'nın Marmara Bölgesindeki biyolojisi. İstanbul Üniversitesi *Orman Fakültesi Dergisi* 33: 93-103.
- Sezik, E., Üstün, O., Kürkçüoğlu, M., Başer, K. H. C., 2008. Chemical compositions of the needle essential oils obtained from *Pinus brutia* Ten. growing in Turkey, *Acta Pharmaceutica Scientia* 50: 85-96.
- Tahvanainen, J., Helle, E., Julkunen-Tiitto, R., Lavola, A., 1985. Phenolic compounds of willow bark as deterrents against feeding by mountain hare. *Oecologia* 65: 319-323 <https://doi.org/10.1007/BF00378905>
- Thrasivoulou, A., Manikis, J., 1996. Some physicochemical and microscopic characteristics of Greek unifloral honeys. *Apidologie* 26: 441-452. <https://doi.org/10.1051/apido:19950601>
- Topcan, Z. P., 2017. *Marchalina hellenica* Genn. Varlığının *Pinus brutia* Ten. İbrelindeki Terpen Profili Üzerine Olan Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi.
- Tumen, I., Hafizoglu, H., Kilic, A., Dönmez, I.E., Sivrikaya, H., Reunanen, M., 2010. Yields and constituents of essential oil from cones of *Pinaceae spp.* natively grown in Turkey. *Molecules* 15(8): 5797-5806. <https://doi.org/10.3390/molecules15085797>
- Ustun, O., Senol, F.S., Kurkcuoglu, M., Orhan, I. E., Murat Kartal, M., Baser, K.H.C., 2012. Investigation on chemical composition, anticholinesterase and antioxidant activities of extracts and essential oils of Turkish *Pinus* species and pycnogenol. *Industrial Crops and Products* 38: 115 – 123. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.01.016>
- Ülğentürk, S., Civelek, H. S., Şahin, Ö., Evren, H., Sarıbaşak, H., 2012. Çam Pamuklu Koşnili Biti *Marchalina hellenica* Genn. (Hemiptera: Margarodidae) 'nın Biyo-Ekolojisi, Ege ve Akdeniz Bölgesindeki Yayılış Alanları. TÜBİTAK - TOVAG-108O359 Proje Sonuç Raporu
- Yesil-Celiktas, O., Otto, F., Gruener S., Parlar, H. 2009. Determination of extractability of pine bark using supercritical CO2 extraction and different solvents: optimization and prediction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(2): 341-347. <https://doi.org/10.1021/jf8026414>
- Yildirim, H., Holmbom, B., 1978. Investigations on the wood extractives of pine species from Turkey. III. Non-volatile, nonpolar components in *Pinus brutia* (Henry). *Acta Acad Abo Ser B* 37(5): 9

İzmir Orman Bölge Müdürlüğü fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcerelerinde kütük çapı–göğüs çapı ilişkisinin modellenmesi

Modeling the relationship between stump diameter and diameter at breast height for stone pine (*Pinus pinea* L.) stands at İzmir Regional Directorate of Forestry

Niyazi ÖZÇANKAYA¹ 
Mustafa BATUR¹ 

¹ Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü
Müdürlüğü, İzmir

Sorumlu yazar (*Corresponding author*)
Niyazi ÖZÇANKAYA
niyaziozçankaya@ogm.gov.tr

Geliş tarihi (*Received*)
14.06.2021

Kabul Tarihi (*Accepted*)
20.09.2021

Sorumlu editör (*Corresponding editor*)
Neşat ERKAN
nesaterkan@yahoo.com

Atıf (*To cite this article*): Özçankaya, N. & Batur, M. (2022). İzmir Orman Bölge Müdürlüğü fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcerelerinde kütük çapı–göğüs çapı ilişkisinin modellenmesi. Ormanlık Araştırma Dergisi, 9 (1), 44-60. DOI: 10.17568/ogmoad.952271

Öz

Bu çalışmada İzmir Orman Bölge Müdürlüğü (İzmir OBM) idari sınırları içinde kullanılmak üzere, önemli bir orman ağacı türü olan fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)'nin kütük çapı ($d_{0,3}$) değeri kullanılarak göğüs çapını ($d_{1,3}$) tahmin eden modeller geliştirilmiştir. İlişkiyi tanımlayan denklemler regresyon analizi yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Veri setini 266 adet örnek ağaçtan elde edilen ölçüm değerleri oluşturmaktadır. Regresyon çözümlemesi sürecinde, sıradan en küçük kareler, ağırlıklı en küçük kareler ve genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemlerinden yararlanılmıştır. Verilerin eğitim ve test gruplarına bölünmesi işlemleri “tekrarlanan k-kat çapraz doğrulama” yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. En uygun modelin seçilmesinde *AIC*, *bias*, *percent bias*, *MAE*, *MAPE*, *RMSE* ve *düzeltilmiş R²* ile kurgulanan başarı ölçüt setinden yararlanılmıştır. Yeterliği ve geçerliği test edilen “ $d_{1,30} = -2,205816 + 0,935139 \times d_{0,30}$ ” biçiminde düzenlenmiş modelin, $\alpha=0,05$ anlam düzeyinde fıstıkçamı ağaçları için kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fıstıkçamı, kütük çapı, göğüs çapı, k-kat çapraz doğrulama, ağırlıklı en küçük kareler

Abstrac

In this study, the models estimating diameter at breast height ($d_{1,3}$), using by stump diameter ($d_{0,3}$) were built for stone pine (*Pinus pinea* L.), which is an important forest tree species, to be used within administrative boundaries of İzmir Forestry Regional Directorate (İzmir RDF). The equations describing the relationship were obtained by regression analysis method. The dataset was generated with measurement values obtained from 266 sample trees. Simply least squares, weighted least squares and generalized least squares methods were used during the regression analysis. The division of the data into training and test groups was carried out with the “repeated k-fold cross validation” method. The optimal model was chosen by using the succes criteria set including *AIC*, *bias*, *percent bias*, *MAE*, *MAPE*, *RMSE* and *adjusted R²*. It was determined that the model formulated as “ $d_{1,30} = -2,205816 + 0,935139 \times d_{0,30}$ ” in wich adequacy and validity were tested, was suitable for use at a significance level of $\alpha=0,05$ for stone pine trees.

Keywords: Stone pine tree, stump diameter, diameter at breast height, k-fold cross-validation, weighted least squares



Creative Commons Atıf -
Türetilmez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

1. Giriş

Ağaç göğüs çapı, başta hacim olmak üzere ağacın çap artımı, yaşı, boyu, tepe izdüşümü gibi birçok özellikleri ile sıkı biçimde ilişkili bir değişkendir (Vanclay, 1994; Şenyurt, 2012). Pratik biçimde ölçülebilmesi özelliğinden dolayı ormancılıkta sıklıkla kullanılmaktadır (Özçelik, 2010; Özdemir ve ark., 2020).

Uygulamada, zaman zaman ağaç göğüs çapının ölçülemediği durumlar yaşanabilmektedir. Planlı ya da plansız kesilmiş ağaçlar için ölçülecek bir göğüs çapının bulunmadığı koşullarda ağaç hacim denklemleri ve tabloları kullanılamamaktadır (Yavuz, 1996). Bu problem kütük çapı ile göğüs çapı arasındaki ilişkinin modellenmesi ile aşılabilmekte, göğüs çapı ölçülemeyen ağaçlar için göğüs çapları ve devamında hacim değerleri tahmin edilebilir olmaktadır (Sağlam ve ark., 2016; Özdemir ve ark., 2020).

Kütük çapı ile göğüs çapı arasındaki yüksek korelasyon, göğüs çapı değerinin oldukça küçük hata miktarları ile kestirilebilir olmasına olanak tanımaktadır (Johnson ve Weigel, 1990; Özçelik ve ark., 2010; Özdemir ve ark., 2020). Böylece kütük boyutlarına ilişkin verilerin değerlendirilmesiyle; usulsüz kesimler sonucu ağaç hacim kaybı miktarlarının belirlenmesi, doğa olayları sonucu oluşan hasarların değerlendirilmesi, silvikültürel uygulamaların etkilerinin gözlenmesi, meşcerenin çap dağılımı ve yapısı hakkında gerçekçi bilgiler üretilmesi mümkün olabilmektedir (Yavuz, 1996; Parresol, 1998; Özçelik, 2005; Corral-Rivas ve ark., 2007; Özdemir ve ark., 2020).

Uluslararası literatürde kütük çapı değişkeni kullanılarak göğüs çapı ve ağaç hacim değerlerinin tahmin edilebilmesine yönelik çok sayıda çalışma mevcuttur (Myers, 1963; McClure, 1968; Demaerschalk ve Omule, 1982; Bylin, 1982; Wharton, 1984; Wiant ve Williams, 1987; Omule ve Kozak, 1989; Johnson ve Weigel, 1990; Parresol, 1993; Parresol, 1998; Corral-Rivas ve ark., 2007; Milios ve ark., 2016). Ülkemizde de farklı bölgeler ve ağaç türleri için, bazı bağımsız değişkenler ile birlikte ya da yalnızca kütük çapının kullanıldığı fonksiyonlar sonucu göğüs çapını tahmin eden çalışmalar yapılmıştır (Uğurlu ve Özer, 1977; Özer, 1981; Giray, 1982; Yavuz, 1996; Yavuz, 2000; Durkaya ve Durkaya, 2011; Özçelik, 2005; Özçelik, 2010; Şenyurt, 2012; Ercanlı ve ark., 2015; Sağlam ve ark., 2016; Sakıcı ve Yavuz, 2016; Sakıcı ve Özdemir, 2017; Özdemir ve ark., 2020). Ancak çalışmalar tüm asli ağaç türlerimiz için tamamlanmış değildir.

Asli ağaç türlerimizin birçoğu için kütük çapı-göğüs çapı ilişkisi denklemleri düzenlenmiş olma-

sına karşın fıstıkçamı ağaç türü için yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Dip çap ile göğüs çapı ilişkisinin ağaç türü, meşcere yapısı ve yetiştirme ortamı özelliklerine bağlı olarak farklılıklar göstermesi nedeniyle, ağaç türü bazında ve yöresel çalışmalarda elde edilecek sonuçların daha güvenilir olacağı belirtilmektedir (Yavuz, 1996; Özçelik, 2005).

Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.), doğal yayılış alanı Akdeniz Havzası ılıman iklim kuşağı olan, ülkemizde Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz bölgelerinde yayılış gösteren asli ağaç türlerimizdendir (Batur, 2016). Doğal olarak İzmir-Bergama-Kozak Havzasında, Aydın-Koçarlı-Mazon Bölgesinde ve Muğla-Yatağan-Katranlı Havzasında büyük meşcereler halinde bulunur (Fırat, 1943; Kılıcı ve ark., 2000). Fıstıkçamı, bir orman ağacı olması ve tohumunun önemli bir gelir kaynağı olarak değerlendirilmesi nedeniyle İzmir Orman Bölge Müdürlüğü (OBM) için büyük öneme sahiptir (Batur, 2016). Bununla birlikte, özellikle Bergama-Kozak Yöresinin tarihi ve kültürel dokusunun da önemli bir ögesidir.

Bu çalışmada, İzmir OBM idari sınırları içerisinde, fıstıkçamı ağaç türü için kullanılacak kütük çapı-göğüs çapı ilişkisinin modellenmesi amaçlanmıştır. Test edilmek üzere doğrusal formulu 6 adet model seçilmiş, 7 farklı başarı ölçütü ile değerlendirilerek en uygun model belirlenmiştir.

Devlet ormanı sınırları içerisinde gerçekleşen açma, işgal ve faydalanma gibi eylemler sebebiyle oluşan hukuki süreç içerisinde, yargı organlarınca suç konusu kesilmiş ağaçların hacim değerleri yanında, orta çap bilgileri de istenmektedir. Bu nedenle ayrıca kütük çapından orta çapı tahmin eden iki adet doğrusal denklem düzenlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Türkiye Orman Varlığı istatistiklerine göre, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) fıstıkçamı orman alanı 152.066 ha normal kapalı kuru, 23.312 ha ise boşluklu kapalı kuru olmak üzere toplam 175.378 ha'dır (OGM, 2021). Doğal fıstıkçamı sahalarının %31,4'ü İzmir OBM idari sınırları içerisinde yer alır (Kılıcı ve ark., 2014).

Çalışmanın ana materyalini İzmir OBM'ne bağlı Orman İşletme Müdürlükleri (OİM) sınırları içerisinde yayılış gösteren saf fıstıkçamı meşcerelerinden seçilmiş toplam 266 adet örnek ağaç oluşturmaktadır. Ölçülen kütük çapı ($d_{0,3}$), göğüs çapı ($d_{1,3}$) ve orta çap ($d_{h/2}$) değerlerine ilişkin bazı istatistikler Tablo 1'de verilmiştir. Değişkenlere ait

Gamma (3P) ve Weibull (3P) olasılık dağılım fonksiyonlarının parametre değerleri sonraki çalışmalarda değerlendirilebilme olasılığı üzerine tabloya eklenmiştir.

Tablo 1. Veri değişkenlerine ait bazı istatistikler
Table 1. Some statistics for variables of data

| | Veri Seti | | |
|----------------|---|---|---|
| | Kütük çapı " $d_{0,3}$ " (cm) | Ağaç orta çapı " $d_{h/2}$ " (cm) | Göğüs çapı " $d_{1,3}$ " (cm) |
| Minimum | 7,95 | 4,30 | 5,15 |
| Maksimum | 108,45 | 82,15 | 99,20 |
| Ortalama | 35,34 | 20,91 | 30,84 |
| Standart sapma | 21,42 | 14,84 | 20,02 |
| Veri adedi | 266 | 266 | 266 |
| Gamma (3P) | $\alpha=1,73$ $\beta=16,02$ $\gamma=7,72$ | $\alpha=1,70$ $\beta=15,35$ $\gamma=4,85$ | $\alpha=1,37$ $\beta=12,14$ $\gamma=4,27$ |
| Weibull (3P) | $\alpha=1,34$ $\beta=30,02$ $\gamma=7,87$ | $\alpha=1,33$ $\beta=28,09$ $\gamma=5,06$ | $\alpha=1,17$ $\beta=17,60$ $\gamma=4,30$ |

Örnek ağaç sayı ve konumları, Akhisar, Bayındır, Bergama, Demirci, Gördes, İzmir, Manisa ve Mendere Orman İşletme Müdürlüklerinde yer alan fıstıkçamı sahalarının yüzölçümleri (Bektaş, 2012) ile orantılı olacak biçimde düzenlenmiştir. İzmir OBM ve bağlı OİM konumlarının yanında, örnek ağaç adetleri ile OİM fıstıkçamı alanlarının İzmir OBM toplam fıstıkçamı alanına yaklaşık oranları Şekil-1'de görülmektedir.

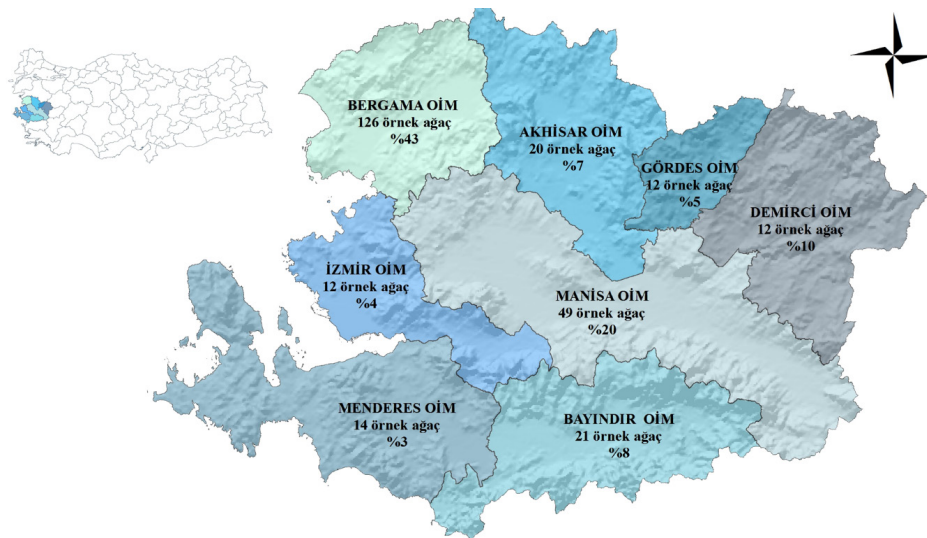
İzmir OBM kapsamındaki ilgili planlama ünitelerine ait orman amenajman plan ve meşcere haritaları örnek ağaçların konumlarının belirlenmesine yönelik ön çalışmada yardımcı materyal olarak değerlendirilmiştir. Tüm istatistik analizler R programlama dili kodları ve genel olarak "caret" paketi ile yapılmış, bazı grafikler için MS Office Excel programı kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Kütük çapı - göğüs çapı ve kütük çapı - orta çap denklemlerinin üretilmesi amacıyla regresyon analizi kullanılmıştır. Test edilmek üzere seçilen basit ve çoklu doğrusal regresyon modelleri değerlendirilirken sıradan en küçük kareler, ağırlıklı en küçük kareler ve genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemlerinden yararlanılmıştır. Çözümleme süreci kapsamında, model eğitim ve test verilerinin bölünmesi aşamalarında "tekrarlanan k-kat çapraz doğrulama" (*repeated k-fold cross-validation*) yöntemi tercih edilmiştir. Alternatif modeller başarı ölçütleri ile değerlendirilmiş, en başarılı seçilen modelin yeterliği ve geçerliği test edilmiştir. Belirlenen denklemlerin ürettiği değerler ile kütük çapına ($d_{0,3}$) bağlı olarak göğüs çapı ($d_{1,3}$) ve orta çap ($d_{h/2}$) tablosu düzenlenmiştir.

2.2.1. Örnek ağaçların seçimi ve ölçümü

Örnek ağaçlar seçilirken düzgün gövdeli, sağlıklı, canlı, sağlam tepeli olmalarına dikkat edilmiştir. Ağaçların çap ve boy kademelerine dağılımlarının mümkün olduğunca eşit ve yeterli sayıda olması gözletilmiştir. Regresyon modellerinde bir değişken olarak değerlendirilmemiş olmalarına rağmen, topoğrafik yapı ve kapalılık gibi meşcere paramet-



Şekil 1. Örnek ağaçların alan üzerindeki dağılımı
Figure 1. Distribution of sample trees on area

releri gözlenmiş; örnek ağaçların mümkün olduğunca farklı meşcere yapıları içerisinde seçilmesine özen gösterilmiştir.

Ağaçlar üzerinde birbirlerine dik biçimde iki kez yapılan ölçüler kütük çapı için 0,3 metreden (m), göğüs çapı için 1,3 metreden ve boy ortası için $h/2$ metreden 0,1 cm hassasiyetle gerçekleştirilmiştir.

2.2.2. İstatistik modellerin belirlenmesi

Literatürdeki benzer çalışmalardan derlenmiş modeller içerisinde, yapılan ön çalışma sonucu 6 adet doğrusal formülü model test edilmek üzere seçilmiştir (Denklemler 2.1-2.6).

$$d_{1.3} = \beta_0 + \beta_1 d_{0.3} + \varepsilon \quad 2.1$$

$$d_{1.3} = \beta_0 + \beta_1 d_{0.3} + \beta_2 \left(\frac{1}{d_{0.3}} \right) + \varepsilon \quad 2.2$$

$$d_{1.3} = \beta_0 + \beta_1 d_{0.3} + \beta_2 \ln d_{0.3} + \varepsilon \quad 2.3$$

$$d_{1.3} = \beta_0 + \beta_1 d_{0.3} + \beta_2 \ln d_{0.3}^2 + \varepsilon \quad 2.4$$

$$d_{1.3} = \beta_0 + \beta_1 d_{0.3} + \beta_2 \left(\frac{1}{d_{0.3}^2} \right) + \varepsilon \quad 2.5$$

$$d_{1.3} = \beta_0 + \beta_1 \ln d_{0.3} + \beta_2 \left(\frac{1}{\ln d_{0.3}^2} \right) + \varepsilon \quad 2.6$$

Burada, $d_{1.3}$ kabuklu göğüs çapı (cm), $d_{0.3}$ kabuklu kütük çapı (cm), $\beta_{0,1,2,\dots,n}$ regresyon katsayıları, $\ln = e$ tabanlı doğal logaritma ve $\varepsilon =$ hata miktarını ifade etmektedir.

2.2.3. Çapraz doğrulama (Cross-validation)

Çapraz doğrulama (CV), veri setini, modeli eğitmek amacıyla bir eğitim setine ve bunu değerlendirmek için bir test setine bölerek model alternatiflerini değerlendirmeye olanak sağlayan bir tekniktir (James ve ark., 2013).

Çapraz doğrulama yöntemi fikir olarak 1930'lu yıllarda (Larson, 1931) ortaya çıkmış ve zaman içerisinde geliştirilmiştir (Mosteller ve Turkey, 1968; Stone, 1974; Gelfand ve ark., 1992; Shao, 1993). Uluslararası literatürde, CV yönteminin orman hasılat çalışmaları kapsamında da tartışıldığı (Zhang, 1997; Kozak ve Kozak, 2003; Robinson ve Wykoff, 2004) ve gelişen yazılım teknolojilerine paralel olarak kullanımının arttığı gözlenmektedir (Mauya ve ark., 2014; Yang ve Huang, 2014; Allen ve ark., 2020).

Günümüzde yapay zekâ uygulamalarında en çok kullanılan prosedür olan k-kat çapraz doğrulama tekniğinde (Goodfellow ve ark., 2018), veri seti rastgele k adet eşit büyüklükteki alt örneklere ayrılır. Bu k alt örneklerinden, modeli test etmek için doğrulama (test grubu) verileri olarak tek bir alt örnek tutulur ve geri kalan ($k-1$) alt örnekler ise eğitim grubu olarak kullanılır (Gürsakar, 2018).



Şekil 2. k=10 kat çapraz doğrulama yöntemi işlem akışı
Figure 2. Stream of process for k=10 fold cross-validation method

Bu işlem daha sonra k kez tekrarlanır, her bir alt doğrulama örneği mutlaka bir kez doğrulama verisi olarak kullanılır. Yöntemin avantajı, tüm gözlemlerin hem eğitim hem de doğrulama için değerlendirilmesidir (Şekil 2).

Hasılat araştırmalarında da sıklıkla kullanılan genel yaklaşım, veriyi eğitim ve test için iki gruba (%80-%20 gibi) ayırmaktır. Ancak burada, veri parçalanırken verinin dağılımına bağlı olarak modelin eğitimi ve testinde bazı sapmalar (*bias*) ve hatalar oluşabilir. Çapraz doğrulama ile bu sapma ve hatalar en aza indirgenir ve test edilen model için performans tutarlılığı da değerlendirilmiş olur (Yang ve Huang, 2014).

Çapraz doğrulamanın farklı algoritmalar ile çalışan birçok alt yöntemi bulunmaktadır. Bu çalışmada “tekrarlanan k -kat çapraz doğrulama” yöntemi kullanılmıştır. “Tekrarlanan çapraz doğrulama” işlemi ise, çapraz doğrulama prosedürünün orijinal veri setini yine rastgele gruplandırarak biçimde t kez tekrarlanmasıyla gerçekleştirilir. Bu çalışmada veriler 10’a bölünerek (%90 eğitim-%10 test) 10 ($k=10$) kez değerlendirilmiş, sonrasında bu işlemler 9 kez daha ($t=10$) bir öncekinden farklı alt gruplar oluşturularak tekrarlanmıştır.

2.2.4. En uygun modelin seçimi

Model seçimi aşamasında Akaike bilgi ölçütü (*AIC*), ortalama toplam hata (*bias*), ortalama toplam hata yüzdesi (*percent bias*), ortalama mutlak hata (*MAE*), ortalama mutlak hata yüzdesi (*MAPE*), hata kareleri ortalamalarının karekökü (*RMSE*) ve düzeltilmiş belirtme katsayısı (\bar{R}^2) olmak üzere yedi adet başarı ölçütünden oluşan bir set kullanılmıştır (Denklemler 2.7-2.13).

$$AIC = n \ln(2\pi) + 1 + \ln \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - y'_t)^2 \right) + 2(p + 1) \quad 2.7$$

$$bias = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - y'_t) \quad 2.8$$

$$percent\ bias = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(y_t - y'_t)}{|y_t|} \quad 2.9$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |y_t - y'_t| \quad 2.10$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - y'_t|}{y_t} \quad 2.11$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - y'_t)^2} \quad 2.12$$

$$\bar{R}^2 = 1 - \left\{ 1 - \left\{ 1 - \left(\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - y'_t)^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y}_t)^2} \right) \right\} \right\} * \left\{ \frac{n-1}{n-p-1} \right\} \quad 2.13$$

Burada, y_t = ölçülen değer, y'_t = tahmin değeri, n = örnek sayısı, t = ölçüm sırası, p = parametre sayısı (sabit hariç) ve \bar{y}_t = ölçülen değer aritmetik ortalamasını ifade etmektedir.

Başarı ölçütleri içerisinde *AIC* değerinin en küçük olması, düzeltilmiş belirtme katsayısı (\bar{R}^2) değerinin bire (1), diğer beş ölçüt değerlerinin ise sıfıra (0) en yakın olması arzu edilmektedir.

“ t ” kez tekrarlanan “ k ” adet katlı çapraz doğrulamada, her bir başarı ölçütü için “ $k*t$ ” adet değer elde edilmektedir. Başarı ölçütleri için ortalama değer Denklem 2.14 ile hesaplanmıştır.

$$CV_{B\bar{O}} = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t \left(\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k B\bar{O}_i \right)_j \quad 2.14$$

Burada, $CV_{B\bar{O}}$ = başarı ölçütünün *CV* puanını, $B\bar{O}_i$ = i . kez ölçülen başarı ölçütü puanını, $i= 1., 2., 3., \dots k$ adet katlanma sırasını, $j= 1., 2., 3., \dots t$ adet *CV* tekrarlama sırasını ifade etmektedir.

Tek ölçüt başarı puanı, her bir modelin tek bir başarı ölçütü için kendi aralarında değerlendirilme ve sıralama puanları olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada modellerin her bir başarı ölçütü için aldığı değer 1 ile 100 puan aralığında dağıtılmıştır. En küçük puan en iyi değeri ifade edecek şekilde düzenlenmiş ve yapılan bağlı puanlama işlemi için Denklem 2.15 kullanılmıştır.

$$BPI_{T\bar{O}j} = \frac{99(D_{ij} - D_{j\min})}{(D_{j\max} - D_{j\min})} + 1 \quad 2.15$$

Burada, $BPI_{T\bar{O}j}$ = i . modelin j . tek ölçüt başarı puanını, $i= 1, 2, 3, \dots n$ adet model numarasını (n = test edilen model sayısı), D_{ij} = i . model için j . başarı ölçütü değerini ve $D_{j\max}$, $D_{j\min}$ = j . başarı ölçütünün modeller için maksimum ve minimum değerini ifade etmektedir.

Bir ya da birkaç tek ölçütten iyi puan alan bir model diğer ölçütler tarafından düşük puanla değerlendirilebilir. Bu durumda; modeller için tek ölçüt değerlerinin tümünün değerlendirileceği bir başarı sıralaması yapılması gerekmektedir.

Tümleşik değerlendirme başarı puanı, her bir model için, tüm başarı ölçütü değerlerinin tümleşik biçimde değerlendirilmesi ile elde edilen modelin genel değeri olarak tanımlanabilir. Hasılat araştırmalarında genel olarak, bu değer her bir model

için tüm başarı ölçüt değerlerinin aritmetik toplamı şeklinde hesaplanmaktadır. Bu çalışmada ise tümleşik değerlendirme puanının hesaplanmasında “pareto optimal” yaklaşım tercih edilmiştir. Başarı ölçütü sayısı kadar (m) boyutlu uzayda, sahip oldukları tek ölçüt değerleri ile saçılmış modeller içerisinde, orijine en yakın konumlu (en küçük Öklid mesafesindeki) model en başarılı kabul edilmiştir. Tümleşik değerlendirme puanları Denklem 2.16 ile hesaplanmıştır.

$$BP_{TDi} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (BP_{iTOj})^2} \quad 2.16$$

Burada, $BP_{TDi} = i$. modelin tümleşik başarı ölçütleri puanını, $BP_{iTOj} = j$. model için j . tek ölçüt başarı puanını, $i = 1, 2, 3, \dots, n$ adet model numarasını, $j = 1, 2, 3, \dots, m$ adet başarı ölçütü numarasını ifade etmektedir.

2.2.5. Seçilen modelin yeterliği

Regresyon analizi sonucunda elde edilen modelin doğru olduğu biliniyorsa ileri bir çözümlenmeye gerek kalmadan çalışma sonlandırılabilir. Ancak model tahminleri üzerinde dikkatli bir denetim yapmadan modeli kullanmamak gerekir. Bu denetim süreci “model yeterliğinin saptanması süreci” olarak bilinir. Bu süreçte yararlanılan çeşitli ölçü ve yaklaşımlardan bazıları şunlardır (Alpar, 2017):

- Açıklayıcılık katsayısının (R^2) bulunması,
- Artıkların incelenmesi (etkili, uzak ve aykırı gözlemlerin belirlenmesi),
- Artık grafiklerinin çizimi,
- Değişen varyanslılık sorununun saptanması,
- Hataların normal dağıldığı varsayımının testi,
- Çoklu bağlantı sorununun saptanması,
- Hataların ilişkili olması sorununun belirlenmesi.

Bu çalışmada seçilen model yukarıda belirtilen tüm yeterlik ölçüleri değerlendirilmiştir. Artık grafikleri incelenmiş, sabit varyanslılık varsayımı “Breusch-Pagan testi”, hataların dağılımının normalliği “Shapiro-Wilk testi”, çoklu bağlantılık sorunu varyans şişme faktörü (VIF) değerleri ve hataların ilişkililiği ise “Durbin-Watson testi” ile değerlendirilmiştir.

2.2.6. Seçilen modelin geçerliği

Modelin yeterliği, regresyon modelinin eldeki verilere uyumunu araştırılan içsel analizleri kapsar. Mo-

delin geçerliği ise amaçlanan kullanım ortamında başarılı olup olmayacağını belirlenmesine yönelik bir kavramdır. Modelin yeterli olması geçerli olacağı anlamını taşımaz. Model geçerliğinin saptanmasında genel olarak üç farklı yöntem kullanılır (Alpar, 2017). Bunlar;

1. Model katsayılarının ve kestirimlerinin önceki çalışma sonuçlarıyla, teoriyle, vb. karşılaştırılması, incelenmesi,
2. Elde edilecek yeni veriler üzerinde model tahmin performansının değerlendirilmesi,
3. Eldeki verinin bölünmesiyle model kestirim performansının ölçülmesi

şeklinde sıralanabilir. Bunların yanında 4. yöntem olarak sayabileceğimiz, genel olarak hasılat araştırmalarında (Kumaş ve Kahrıman, 2016; Sağlam ve ark., 2016) ve özellikle hacim modelleri geliştirilen çalışmalarda (Kalıpsız, 1981; Yavuz, 1999; Çatal ve ark., 2005; Bayburtlu, 2007; Ercanlı ve ark., 2008; Özçelik, 2010; Pehlivan, 2010; Sakıcı ve ark., 2018), modelin uygunluk/kullanılabilirlik ölçütü olarak “iki bağımlı grup ortalamaları arasındaki farkın anlamlılığı” testleri sıklıkla kullanılmaktadır.

Başlangıçta kontrol amacıyla veriden ayrılan grupta, ölçülen değerler ve model kestirim değerleri test edilmektedir. Bu aşamada, farkların dağılımlarının normalliği (Shapiro-Wilk testi) ve varyansların homojenliği (Levene testi) varsayımları sağlandığında “Eşleştirilmiş t testi” (ETT) uygulanmaktadır. Varsayımların sağlanmadığı durumlarda ETT ’nin parametrik olmayan karşılığı “Wilcoxon testi” (WT) uygulanarak, sonuçta “yokluk hipotezinin (H_0) reddedilememesi” durumu beklenir. Böylece ölçülen ve kestirilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ve modelin güvenle kullanılabileceği ifade edilebilmektedir.

Bu çalışmada Alpar (2017)’ın sıraladığı ikinci yöntem hariç, diğer 3 yöntem ile modelin geçerliği değerlendirilmiştir. Model karşılaştırma ve incelemelerle yorumlanmış (i), 5 tekrarlı 2 katlama (%50 eğitim-%50 test) çapraz doğrulama yöntemi ile veri bölünmüş, model kestirim performansları ölçülmüş (ii), son olarak da “iki bağımlı grup ortalamaları arasındaki farkın anlamlılığı” testleri kullanılmıştır (iii).

Ancak son test (iii) tüm verinin başlangıçta bir kez ayrılması ile değil, veri setinin çapraz doğrulama yöntemi ile 2 tekrarlı 5 kez (%80 eğitim-%20 test) katlanması ile gerçekleştirilmiştir. Her bir test grubu ölçülen değerleri ile her bir eğitim grubundan elde edilen modelin tahmin değerleri, varsayım

kontrolleri sonrası “Eşleştirilmiş t testi” veya “Wilcoxon testi” ile karşılaştırılmıştır.

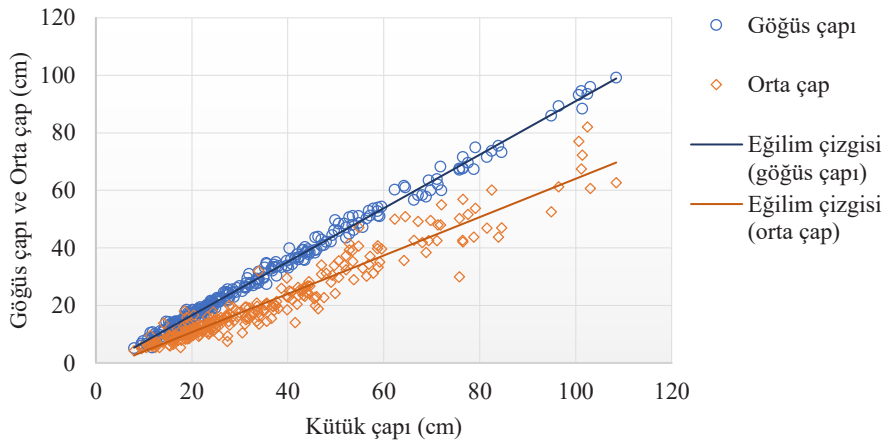
2.2.7. Ağırlıklı en küçük kareler yöntemi

Genelleştirilmiş en küçük karelerin özel bir durumu olan ağırlıklı en küçük kareler, değişen varyansın (*heteroscedasticity*) gözlenmesi durumunda, sabit varyans varsayımının sağlanabilmesi amacıyla en küçük kareler yerine uygulanan bir yöntemdir (Aydın, 2014). Bu çalışmada regresyon varsayımları denetlenirken karşılaşılan sorunların giderilmesi amacıyla, göğüs çapı tahmin modelleri düzenlenmesi aşamasında “ağırlıklı en küçük kareler” yöntemi kullanılmıştır. Ağaç orta çapı tahmin modeli

düzenlenirken ise artık değerlerin normal dağılması problemi sebebiyle “genelleştirilmiş en küçük kareler” yöntemi tercih edilmiştir.

3. Bulgular

Kestirim denklemlerinin belirlenmesi aşamalarında kullanılan istatistik analizler, regresyon katsayıları, bu katsayıların önemlilik düzeyleri, başarı ölçütlerine ait dökümler, artık analizleri ile ilgili grafik/test çıktıları ve uygunluk testleri tabloları biçiminde hazırlanmıştır. Kütük çaplarının göğüs çapı ve orta çap değerleri ile dağılım grafiği Şekil 3’te düzenlenmiştir.



Şekil 3. Kütük çapı verilerinin göğüs çapı ve orta çap değerlerine dağılımı grafiği
Figure 3. Distribution graph of stump diameter data to breast height and mid height diameter values

3.1. Modelin seçimi

En küçük kareler (EKK) yöntemi ile gerçekleştirilen ilk regresyon analizlerinde, değerlendirmeye

katılan modellere ilişkin sabitler, regresyon katsayıları, katsayıların önemlilik düzeyleri ve regresyon varsayımlarını denetlemek için yapılan testlere ilişkin p değerleri Tablo 2’de düzenlenmiştir.

Tablo 2. EKK yöntemi ile göğüs çapı tahmin modelleri için katsayı ve test sonucu değerleri
Table 2. Coefficient and test result values for estimation models of diameter at breast height by OLS method

| Model No | β_0 | β_1 | β_2 | $ND_{p\text{ value}}$ | $SV_{p\text{ value}}$ | $OK_{p\text{ value}}$ |
|----------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2.1 | -2,07368 *** | 0,93109 *** | - - | 0,165298 | 3,3244E-09 | 0,05827 |
| 2.2 | -1,35271 * | 0,92238 *** | -10,61518 NS | 0,194709 | 2,1693E-09 | 0,08369 |
| 2.3 | -4,00840 ** | 0,91150 *** | 0,77310 NS | 0,217424 | 1,5539E-09 | 0,08715 |
| 2.4 | -2,91476 *** | 0,90350 *** | 0,15279 NS | 0,226537 | 1,3738E-09 | 0,08689 |
| 2.5 | -1,77849 *** | 0,92653 *** | -67,91491 NS | 0,179823 | 2,7226E-09 | 0,07619 |
| 2.6 | -1,10568 NS | 0,92219 *** | -6,93153 NS | 0,194920 | 2,2112E-09 | 0,08269 |

Tablonun ilk satırındaki $\beta_{0,1,2}$: regresyon sabit ve katsayılarını, $ND_{p\text{ value}}$: Artıkların normal dağılım varsayımı için yapılan “Shapiro-Wilk testi” p değerini, $SV_{p\text{ value}}$: Sabit varyans varsayımı için yapılan “Breusch-Pagan testi” p değerini, $OK_{p\text{ value}}$: Otokorelasyon varsayımı için yapılan “Durbin-Watson testi” p değerini ifade eder (p değeri kodları: ***: $p < 0,001$, **: $p < 0,01$, *: $p < 0,05$, NS: $p > 0,05$).

Her bir model için “artık değerlerin” normal dağıldığı ve otokorelasyon problemi olmadığı beşinci ve yedinci sütunlardaki değerlerden anlaşılmaktadır ($p>0,05$). Ancak görüldüğü üzere (SV_p sütunu) sabit varyans (*homoscedasticity*) varsayımı testi p değeri sonuçları, tüm modeller için varyansın değişken olduğu problemini işaret etmektedir ($p<0,05$).

Değişen varyans giderilmediğinde, elde edilen regresyon katsayıları yansız olmasına karşın büyük standart hataya sahip olacaktır. Bu da parametrelere ilişkin geniş güven aralıkları oluşmasına ve katsayılara ilişkin testlerin düşük duyarlılıkta olmasına neden olur (Alpar, 2017). Bu durumda tahmin edi-

len regresyon katsayılarının kovaryans matrisinin tutarsızlığı nedeniyle t ve F testleri artık güvenli değildir (Aydın, 2014).

Öncelikli çözüm, değişkenler üzerinde “varyans dengeleme/sabitlenme dönüşümleri” yönteminin uygulanmasıdır. Bu yöntem denenmiş, ancak başarılı bir sonuç elde edilememiştir. Problem regresyon analizinde “ağırlıklı en küçük kareler” (*weighted least squares- WLS*) yönteminin kullanımıyla giderilmiştir.

Ağırlıklı en küçük kareler (*AEKK*) yöntemi kullanılarak yapılan regresyon analizleri sonucunda, modeller için elde edilen regresyon katsayıları ve test değerleri Tablo 3’te görülmektedir.

Tablo 3. *AEKK* yöntemi ile göğüs çapı tahmin modelleri için katsayı ve test sonucu değerleri
Table 3. Coefficient and test result values for estimation models of diameter at breast height by WLS method

| Model No | β_0 | β_1 | β_2 | ND_p value | SV_p value | OK_p value |
|----------|------------------|-----------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| 2.1 | -2,205816 *** | 0,935139 *** | | 0,25632 | 0,67312 | 0,144 |
| 2.2 | -1,518200 * | 0,925000 *** | -8,682400 NS | 0,22648 | 0,57916 | 0,170 |
| 2.3 | -3,972420 ** | 0,912010 *** | 0,756840 NS | 0,22314 | 0,38724 | 0,184 |
| 2.4 | -2,978920 *** | 0,901160 *** | 0,165150 NS | 0,22535 | 0,31497 | 0,188 |
| 2.5 | -1,913189 *** | 0,929580 *** | -51,577602 NS | 0,23346 | 0,68380 | 0,148 |
| 2.6 | -1,335970 NS | 0,925140 *** | -5,557510 NS | 0,22990 | 0,58186 | 0,168 |

Tablo 3, sütun SV_p ’de görüldüğü üzere sabit varyans (*homoscedasticity*) varsayımı testi p değerlerinin tümü $\alpha=0,05$ ’ten büyüktür ($p>0,05$). Bu durum varyans değişkenliği probleminin tüm modeller için giderildiği anlamına gelmektedir.

Başarı ölçüt puanlarının toplu olarak gözlenebildiği yarışma tablosu Tablo 4’te görüldüğü gibi 2.1 numaralı model “148,6” puan ile en iyi tümleşik başarıya sahip model olarak seçilmiştir. Modele ait ANOVA sonuçları $\alpha=0,05$ için F istatistikleri

Tablo 4. Model seçimi için yarışma tablosu
Table 4. Competition table for model choosing

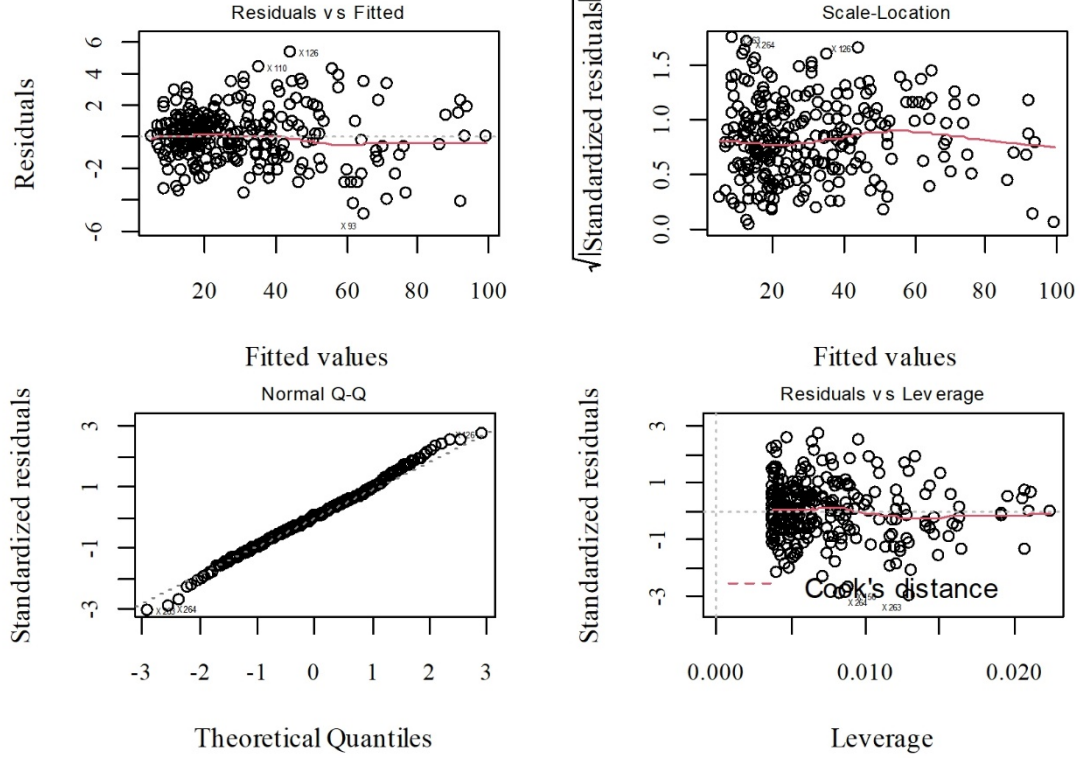
| Mdl No | CV_{RMSE} | P_{TO} | CV | P_{TO} | CV_{MAE} | P_{TO} | CV_{MAPE} | P_{TO} | CV_{BIAS} | P_{TO} | CV_{PBIAS} | P_{TO} | CV_{AIC} | P_{TO} | P_{TD} |
|--------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|----------|
| 2.1 | 1,66990 0,24025 | 45,5 | 0,99200 0,00320 | 1,0 | 1,29012 0,20146 | 1,0 | 0,05400 0,01188 | 1,0 | -0,0127 0,33165 | 100 | -0,0068 0,01762 | 100 | 106,246 9,12641 | 1,0 | 148,6 |
| 2.2 | 1,66918 0,23860 | 1,0 | 0,99168 0,00328 | 97,5 | 1,29237 0,20266 | 40,2 | 0,05434 0,01187 | 79,1 | -0,0051 0,32760 | 30,9 | -0,0060 0,01733 | 6,9 | 108,223 9,08652 | 96,5 | 166,4 |
| 2.3 | 1,66993 0,23692 | 47,2 | 0,99168 0,00326 | 97,4 | 1,29435 0,20172 | 74,9 | 0,05426 0,01175 | 61,6 | -0,0027 0,32601 | 9,3 | -0,0059 0,01733 | 1,0 | 108,262 9,01532 | 98,3 | 175,7 |
| 2.4 | 1,67077 0,23605 | 100 | 0,99167 0,00324 | 98,7 | 1,29580 0,20122 | 100 | 0,05424 0,01170 | 55,2 | -0,0018 0,32540 | 1,0 | -0,0059 0,01733 | 1,7 | 108,296 8,97648 | 100 | 206,9 |
| 2.5 | 1,66962 0,23961 | 28,1 | 0,99167 0,00331 | 100 | 1,29192 0,20327 | 32,4 | 0,05443 0,01197 | 100 | -0,0071 0,32884 | 49,8 | -0,0061 0,01734 | 19,0 | 108,230 9,12111 | 96,8 | 184,5 |
| 2.6 | 1,66920 0,23873 | 2,1 | 0,99168 0,00329 | 97,7 | 1,29235 0,20274 | 39,9 | 0,05437 0,01190 | 85,0 | -0,0053 0,32770 | 33,2 | -0,0060 0,01732 | 7,9 | 108,224 9,09037 | 96,5 | 169,8 |

Her bir model için CV_{BO} değerlerinin altında verilen değerler CV_{BO} ’nün standart sapmalarıdır. P_{TO} tek ölçüt puanı, P_{TD} tümleşik değerlendirme puanıdır.

açısından anlamlıdır [$F(1, 264)= 2,567e+04, p < 0,001^{***}$ ($p < 2,2e-16$)]. Düzeltilmiş belirtme katsayısı (\bar{R}^2) 0,9898; artıkların standart hatası (S) 1,283 cm'dir. Yüz kez (10x10) yinelenen regresyon analizleri ile hesaplanan ölçüt değerleri, standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

3.2. Modelin yeterliği

Seçilen "Model 2.1" için regresyon sabit ve katsayısı $p < 0,001$ önem düzeyinde sıfırdan farklı bulunmuştur ($p < 2,2E-16$). Modele ait tanılama grafikleri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Model 2.1 için bazı tanılama grafikleri
Figure 4. Diagnostic plots for Model 2.1

Şekilde görülen uyum değerlerine (*fitted values*) karşın artıkların (*residuals*) grafikleri, doğrusal bir eğilim sergilemekte ve artıklar sıfır (0) etrafında rastgele bir dağılım göstermektedir. Bu durum modelde ciddi bir kusur olmadığı anlamı taşır. Normal Q-Q grafiğine göre artıklar normal dağılım göstermekte ve leverage değerleri de ciddi bir etkili, uzak ya da aykırı bir gözlem uzaklığı değerini işaret etmemektedir.

Grafik yorumlarının, sayısal değerlerle doğrulanması amacıyla uygulanan testler ve sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

- "Shapiro-Wilk testi" sonuçları ($W=0,99309; p=0,2563$) ile artık değerlerin normal dağıldığı ($p > 0,05$),
- "Breusch-Pagan testi" sonuçları ile ($Chisquare=0,1779695; Df=1; p=0,67312$) varyansın değişken olmadığı ($p > 0,05$),
- "Durbin-Watson testi" sonuçları ile de ($Autocorrelation=0,086146; D-W Statistic=1,8238$;

$p=0,144$) hataların ilişkili olmadığı ($p > 0,05$) belirlenmiştir.

Çoklu bağlantılık sorunu için varyans şişme faktörü (*VIF*) değerleri ise seçilen modelin tek değişkenli formu nedeniyle incelenmemiştir.

3.3. Modelin geçerliği

Modelin geçerliği, hasılat araştırmalarında genel olarak "uygunluğun denetimi" (Kalıpsız, 1984) ve modelin ya da tablonun "kullanılabilirliği" şeklinde ifade edilmektedir. Örneğin ağaç hacmini tahmin eden yüksek hassasiyetli hacim denklemleri için mutlak hata yüzdesinin %8'den (Chapman ve Mayer, 1949) ya da %10'dan (Spurr, 1952), toplam hata yüzdesinin de %1'den küçük olması şartı çalışmalarda denklemin uygunluk/kullanılabilirlik ölçütü olarak belirtilmektedir (Alemdağ, 1962; Kalıpsız, 1984).

Bu çalışma için, seçilen ve yeterliği doğrulanan modelin geçerliği 3 farklı yöntem ile değerlendirilmiştir.

3.3.1. Model katsayılarının ve kestirimlerinin önceki çalışma sonuçlarıyla, teoriyle karşılaştırılması, incelenmesi

Bu çalışmada geliştirilen ve çam türleri için yapılmış diğer bazı çalışmalarda geliştirilmiş doğrusal regresyon modellerine ait sabitler (β_0), katsayılar (β_1), korelasyon katsayıları (r), standart hatalar (S) ve örnek ağaç sayıları (n) karşılaştırılmak üzere Tablo 5'te düzenlenmiştir.

Tablo 5. Çam türleri için yapılan benzer çalışmalara ilişkin sonuçların karşılaştırılması
Table 5. Comparison with other studies results for pine species

| Çalışma | Ağaç türü | β_0 | β_1 | r | S | n |
|------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|---------|------|------|
| (Uğurlu ve Özer, 1977) | Kızılçam (<i>Pinus brutia</i>) | -3,3697 | 0,9009 | 0,974 | 0,69 | 257 |
| (Özer, 1981) | Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i>) | -2,68675 | 0,85301 | 0,994 | 4,81 | 230 |
| (Giray, 1982) | Karaçam (<i>Pinus nigra</i>) | -1,739817 | 0,763134 | 0,971 | 5,60 | - |
| (Özçelik, 2005) | Kızılçam (<i>Pinus brutia</i>) | -3,553 | 0,913 | 0,950 * | 2,91 | 307 |
| (Özçelik, 2005) | Karaçam (<i>Pinus nigra</i>) | -2,936 | 0,872 | 0,988 * | 2,45 | 176 |
| (Şenyurt, 2012) | Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i>) | -0,56 | 0,87 | 0,988 * | 2,00 | 1111 |
| | Fıstıkçamı (<i>Pinus pinea</i>) | -2,205816 | 0,935139 | 0,995 | 1,28 | 266 |

*** işaretli korelasyon (r) değerleri, ilgili çalışmalarda bulunmadığından belirtme katsayılarının (R^2) karekökü olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5'te takip edilebileceği üzere, çalışmalardaki denklemler için, beklenenin tersi işarete sahip ("+" iken "-" ya da "-" iken "+") işaretli olmuş katsayı değerleri yoktur. Genel olarak sabit ve katsayı değerleri birbirlerini dengeler biçimde hareket etmektedir. Bunun yanında, r ve S_{yx} değerlerinin birbirleri ile uyumlu ve yakın oldukları görülmekte olup, fıstıkçamı denklemine ilişkin genel eğilimden farklı ve aykırı bir değer gözlenmez. Regresyon katsayıları dikkate alındığında, enterpolasyon ve ekstrapolasyon performansları açısından da denklemlerin birbirlerine yakın oldukları söylenebilir.

Fıstıkçamı için düzenlenen modelin aykırı bir eğilim göstermemesi, gözetilen ölçütler dikkate alınarak diğer modellerle oldukça uyumlu ve yakın de-

ğerlere sahip olması, geçerliliğini doğrulamaktadır.

3.3.2. Eldeki verinin bölünmesiyle model kestirim performansının ölçülmesi

Tekrarlı k kat çapraz doğrulama yöntemi ile veri seti rastgele 5 tekrarlı iki eşit ($k=2$) gruba bölünmüştür. Her iki eşit gruptan biri önce eğitim sonra test grubu, diğeri de önce test sonra eğitim grubu olarak değerlendirilmiş, bu işlem 5 kez tekrarlanmıştır.

Grup-1 ($g1$) ve Grup-2 ($g2$) şeklinde bölünmenin her tekrarı için; elde edilen denklemlerin belirtme katsayıları (R^2_{model}) ile model uyum değerleri-test grubu ölçülen değerleri arasındaki belirtme katsayıları ($R^2_{kestirim}$) Tablo 6'da düzenlenmiştir.

Tablo 6. Eğitim ve test grupları için model R^2 ve kestirim R^2 değerleri
Table 6. R^2 values for training and test groups

| Yineleme | R^2_{model} $g1_{eğitim}$ | $R^2_{kestirim}$ $g2_{test}$ | R^2_{model} $g2_{eğitim}$ | $R^2_{kestirim}$ $g1_{test}$ |
|----------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 0,98748 | 0,99490 | 0,99204 | 0,99047 |
| 2 | 0,99054 | 0,99251 | 0,98921 | 0,99346 |
| 3 | 0,98908 | 0,99388 | 0,99087 | 0,99222 |
| 4 | 0,98874 | 0,99398 | 0,99121 | 0,99217 |
| 5 | 0,98866 | 0,99395 | 0,99094 | 0,99190 |

Karşılaştırılan R^2 değerleri arasında ciddi sayılabilecek bir farkın olmaması arzu edilir (Alpar, 2017). Tabloda değerlerin birbirlerine oldukça yakın seyrettikleri net olarak gözlenebilmektedir. Genel olarak kestirim değerlerinde model değerlerine göre bir düşüş beklenmektedir. Ancak tabloda büyük bir fark olmamasının yanı sıra küçük miktarda bir artış gözlenmektedir. Bu durum modelin yeni veriyi orijinal veri kadar, hatta ondan daha iyi tahmin ettiğini gösterir. Normalde bu görüntü, veri sayı-

sının eksik olduğu ve daha büyük bir örneklem ile çalışılması gerektiğinin göstergesi olarak yorumlanabilir. Ancak burada test amaçlı verinin yarısı ile modelleme yapılmasından kaynaklanan bir durumdur. Model ve kestirim belirtme katsayıları arasında ciddi farkların olmaması ayrıca aşırı uyum (*overfitting*) ve yetersiz uyum (*underfitting*) problemlerinin olmadığına da bir göstergesidir.

Tekrar tekrar elde edilen oldukça yakın ve yüksek

R^2 değerleri ile yorumlanmaları doğrultusunda modelin geçerliğinin kabulü rahatlıkla ifade edilebilir.

3.3.3. Seçilen model formunun “Eşleştirilmiş t testi” ile değerlendirilmesi

Veri seti çapraz doğrulama yöntemi ile eğitim (%80) ve test (%20) grubu olarak toplam 10 kez rastgele bölünmüştür. Her bir veri tam olarak iki kez test grubu içerisinde yer almıştır.

Eğitim verileri ile elde edilen modelin (test grubu kütük çapları ile çalıştırılmış) göğüs çapı tahmin değerleri (i) ile test grubundaki ölçülen göğüs çapı

değerleri (ii) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı 10 tekrarla test edilmiştir.

Testlerin sonuçları Tablo 7’de düzenlenmiştir. Tablodaki ilk sütun yineleme (iteration) numarasıdır. İkinci sütun modellerin artık değerlerinin normallik testi (SWT_{model}) p değerleridir. Varsayım testlerinden Shapiro-Wilk (SWT_{var1}) p değerleri üçüncü, Levene testi (LT_{var2}) p değerleri ise dördüncü sütunda yer almaktadır. Beşinci sütunda “Eşleştirilmiş t Testi” (ETT), altıncı sütunda “Wilcoxon Testi” (WT) p değerleri yer almaktadır. Modellerin kestirim değerleri ile test grubu ölçülen göğüs çapı değerleri arasındaki belirtme katsayısı ($R^2_{kestirim}$) değerleri yedinci sütunda bilgi olarak verilmiştir.

Tablo 7. Model 2.1 için varsayım ve karşılaştırma testlerinin p değerleri
Table 7. P values of assumption and comparison tests for Model 2.1

| Yineleme | SWT_{model} | SWT_{var1} | LT_{var2} | ETT | WT | $R^2_{kestirim}$ |
|----------|---------------|--------------|-------------|---------|---------|------------------|
| 1 | 0,6974 | 0,91397 | 0,94151 | 0,23007 | 0,30559 | 0,99444 |
| 2 | 0,4985 | 0,00899 | 0,99539 | 0,24819 | 0,06003 | 0,99001 |
| 3 | 0,9053 | 0,42798 | 0,94833 | 0,76035 | 0,91659 | 0,99185 |
| 4 | 0,8221 | 0,28731 | 0,89264 | 0,27011 | 0,48600 | 0,99409 |
| 5 | 0,4208 | 0,18006 | 0,93654 | 0,41315 | 0,30131 | 0,99239 |
| 6 | 0,7645 | 0,73831 | 0,96475 | 0,80644 | 0,91659 | 0,99287 |
| 7 | 0,8219 | 0,74272 | 0,83401 | 0,89992 | 0,85190 | 0,99249 |
| 8 | 0,9324 | 0,37635 | 0,88510 | 0,11376 | 0,12944 | 0,99439 |
| 9 | 0,8297 | 0,31609 | 0,94480 | 0,88590 | 0,88056 | 0,99420 |
| 10 | 0,7991 | 0,99108 | 0,93381 | 0,18715 | 0,17336 | 0,99393 |

Toplam on kez elde edilen tüm model denklemleri için, artıklarının normal dağıldığı ikinci sütundaki her p değeri ile söylenebilir ($p>0,05$).

SWT_{var1} ve LT_{var2} sütunlarında, bir tanesi hariç (ikinci yineleme) ETT için gereken normallik ve varyansların homojenliği varsayımlarının karşılandığı görülmektedir ($p>0,05$). ETT sütununda görülen tüm p değerleri ile “sıfır hipotezi” (H_0) reddedilemez olup, gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı ve denklemlerin %95 güvenirlilik düzeyinde ($1-\alpha$) kullanılabilir oldukları söylenebilir ($p>0,05$).

İkinci yinelemede normallik varsayımı test sonucu $p=0,00899$ bulunmuştur ($p<0,05$). ETT için varsayım karşılanmadığından Wilcoxon testi sonucu dikkate alınmıştır. Testin p değeri ($p=0,06003$) ile gruplar arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmadığı, denklemin güvenle ($\alpha=0,05$) kullanılabilir olduğu sonucuna varılmaktadır ($p>0,05$).

Kestirim ve ölçülen göğüs çapı değerleri arasındaki belirtme katsayılarının oldukça büyük olduğu $R^2_{kestirim}$ sütununda gözlenmektedir. Her tekrarda istikrarlı biçimde neredeyse sapsız hesaplanan bu değerler de modelin kullanılabilirliğini desteklemektedir.

3.3.4. Kütük çapı-ağaç orta çapı denklemi

Yargı organları tarafından talep edildiği durumlarda kullanılmak üzere kütük çapından orta çapı tahmin eden model doğrusal bir denklem olarak belirlenmiştir. Ağaç orta çapı ($d_{h/2}$) bağımlı değişkeninin normal dağılım varsayımı sağlanamadığından, regresyon analizi “genelleştirilmiş en küçük kareler” yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Belirlenen modele ilişkin değerler Tablo 8’de düzenlenmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

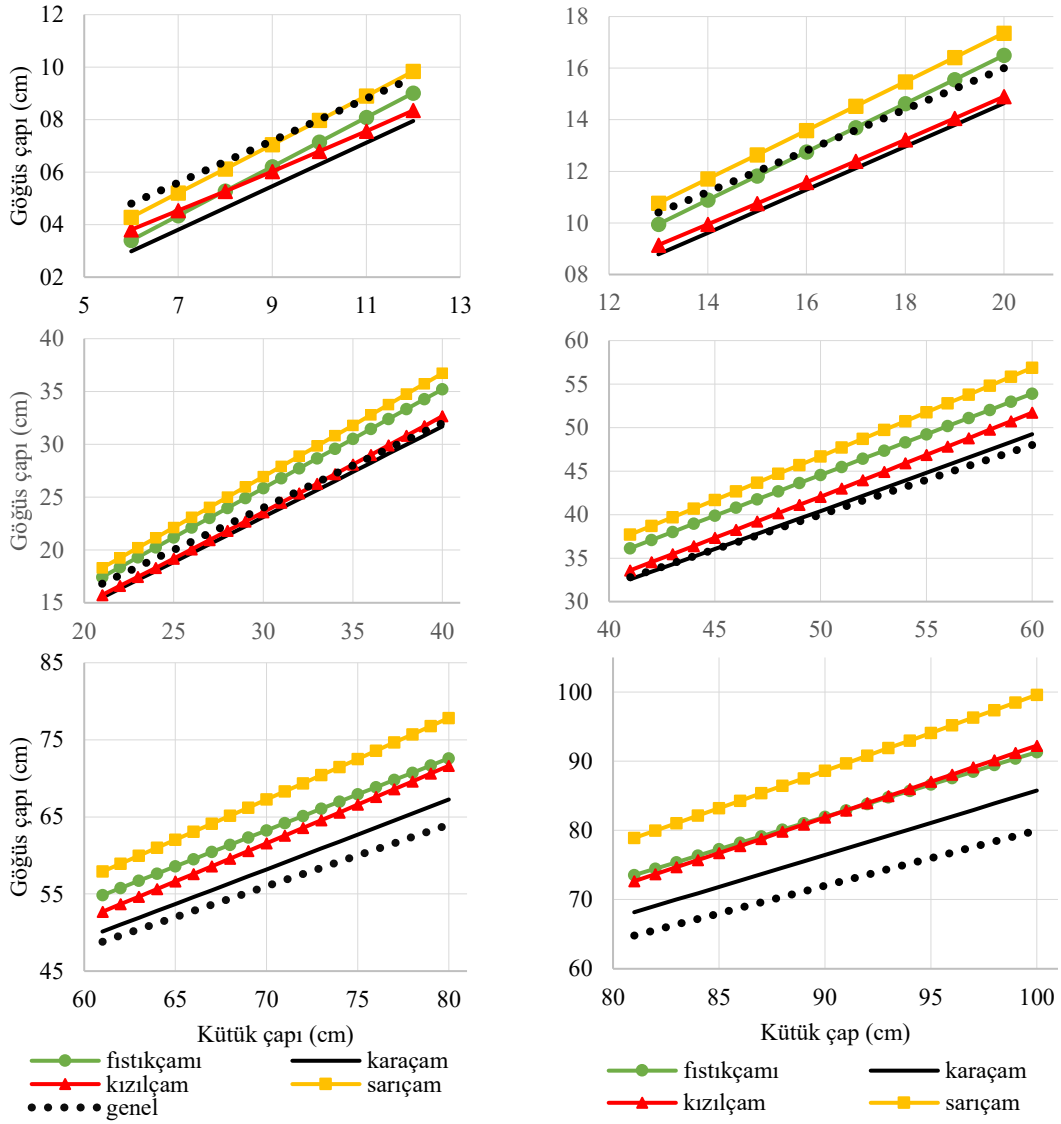
4.1. Karşılaştırmalar

Bu çalışmada belirlenen en uygun seçilen fıstıkçamı ağaç türü göğüs çapı model kestirimleri, farklı çalışmalar ile düzenlenmiş olan karaçam (Özçelik, 2005), kızılçam (Özçelik, 2005), sarıçam (Şenyurt, 2012) ağaç türleri ve tüm türler (Giray, 1982) için hazırlanmış göğüs çapı denklemlerinin kestirim değerleri ile karşılaştırılmıştır. Oluşturulan grafikler (Şekil 5) net gözlenebilmeleri amacıyla altı farklı kütük çapı grubuna sınıflandırılarak düzenlenmiştir.

Tablo 8. Ağaç orta çapı tahmin modeline ilişkin özet değerler
Table 8. Summarized values for prediction model of mid diameter

| Artıkların sapma değerleri: | | | | |
|-----------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------|
| <i>Min</i> | <i>IQ</i> | <i>Median</i> | <i>3Q</i> | <i>Max</i> |
| -0,65665 | -0,10951 | -0,01104 | 0,07929 | 0,65455 |
| Katsayılar: | | | | |
| | <i>Tahmin</i> | <i>Std. Hata</i> | <i>t değeri</i> | <i>Pr(> t)</i> |
| Sabit (β_0) | -0,88087 | 0,28801 | -3,058 | 0,00245 ** |
| Kütük çapı (β_1) | 0,60682 | 0,01326 | 45,765 | <2E-16 *** |

Anlamlılık değeri kodları (significance codes): ***: $p < 0,001$; **: $p < 0,01$; Gamma ailesi için alınan dağılım parametresi: 0,03297025; Sıfır sapma değeri (Null deviance): 113,9644 (serbestlik derecesi: 265); Artıklık sapma değeri (Residual deviance): 8,5075 (serbestlik derecesi: 264); Akaike bilgi ölçütü değeri (AIC): 1350,1; Fisher Skoru yineleme sayısı: 4



Şekil 5. Ağaç kütük çapı-göğüs çapı ilişkilerinin farklı ağaç türleri arasında karşılaştırılması
Figure 5. Comparison of stump diameter-breast height diameter relationships among different tree species

Giray (1982), çalışmasında göğüs çapı değerinin kütük çapı değerinin %80'ine karşılık geldiğini, tür ayrımı yapılmaksızın bu oranın kullanılmasında bir sakınca olmadığını belirtmiştir. Şekil 5'te tüm türler için genel oranın (Giray, 1982), kütük çapının 18 cm ile 25 cm aralığı için yaklaşık ortalamayı temsil ettiği görülmektedir. Ayrıca yaklaşık 10 cm'ye kadar kütük çapı için göğüs çapını "en büyük" değerle; kütük çapı 45 cm'den itibaren artarak devam ederken de göğüs çapını sürekli biçimde "en küçük" değerle (diğer türlere görece) tahmin etmektedir.

Grafikteki diğer ağaç türleri içinde, sürekli biçimde en yüksek göğüs çapı değeri tahmini sarıçam için yapılmaktadır. Sarıçamı 8 cm ile 90 cm kütük çapı aralığında fıstıkçamı, sonrasında da kızılçam takip etmektedir. Karaçam için yapılan kestirimler ise sürekli en küçük değerli olarak gözlenmektedir. Ancak bu karşılaştırmaların yalnızca seçilen "bölgesel" çalışmalar arasında yapıldığı, bu nedenle ağaç türleri için genelleme yapılamayacağı unutulmamalıdır.

4.2. Sonuç

Değerlendirmeler sonucunda göğüs çapı tahmin modeli alternatifleri içerisinde en uygunu "Model 2.1" olarak belirlenmiştir. Denklem yeterli ve İzmir OBM idari sınırları içerisinde, fıstıkçamı ağaç türü için %95 güvenilirlik düzeyinde ($\alpha=0,05$) kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Eşitlik aşağıdaki gibi yazılabilir (Denklem 4.1).

$$d_{1,30} = -2,205816 + 0,935139 \times d_{0,30} \quad 4.1$$

Modelin sabit terimi çıkarılıp değişken katsayısı tekrar hesaplandığında aşağıdaki eşitlik (Denklem 4.2) elde edilmektedir.

$$d_{1,30} = 0,888141 \times d_{0,30} \quad 4.2$$

Fıstıkçamı kütük çapı-ağaç orta çapı denklemi (Denklem 4.3) aşağıdaki gibidir.

$$d_{h/2} = -0,88087 + 0,60682 \times d_{0,30} \quad 4.3$$

Modelin sabit terimsiz tekrar analizi sonucu aşağıdaki eşitlik (Denklem 4.4) elde edilmektedir.

$$d_{h/2} = 0,61191 \times d_{0,30} \quad 4.4$$

İzmir OBM idari sınırları içinde, gövdesi kesilerek taşınmış ve zeminde yalnızca kütükleri var olan fıstıkçamı ağaçları için göğüs çapı ve orta çap değerleri, düzenlenen denklemlerden (Denklem 4.1

ve Denklem 4.3) ya da daha pratik biçimde Tablo 9'dan yararlanılarak kestirilebilir.

4.3. Öneriler

Çalışma sonucunun ormancılık ve adli uygulamalarda kullanımı yanında benzer içerikli çalışmalar için araştırmacılara yardımcı olabileceği düşünülen önerileri şunlardır:

- İzmir OBM sınırları içerisinde, farklı nedenlerle dip kütüklerinden başka ölçülecek bir parçası bulunamayan fıstıkçamı ağaçları için göğüs çapını tahmin etmek amacıyla, çalışma sonucunda yeterliği ve geçerliği doğrulanan "Denklem 4.1" kullanımı önerilmektedir. Hacim değerleri ise tahmin edilen göğüs çapına bağlı olarak fıstıkçamı gövde hacim tabloları (Özçankaya ve ark., 2021) kullanılarak kestirilebilir.
 - Hukuki bir süreç içerisinde ihtiyaç duyulduğu durumlarda, yargı organlarıca talep edilen ağaç orta çapı değeri de çalışma sonucunda elde edilen "Denklem 4.3" ile hesaplanabilir.
 - Giray (1982) tarafından tüm asli ağaç türlerimiz için tavsiye edilen kütük çapı-göğüs çapı oranının (%80) düşük bir oran olduğu söylenebilir. Giray'ın bu çalışmasından sonraki çalışmalarda %80'den daha küçük oranlı denkleme rastlanmamıştır. Bu kapsamda bir çalışma yapılmamış ağaç türleri için, Giray'ın denkleminin kullanılmasında ciddi bir sakınca olmadığı söylenebilir. Ancak tür için geliştirilen bir denklem var ise öncelikle o denklemin kullanılması daha uygun olacaktır.
 - Ormancılık hasılat araştırmaları genel olarak ciddi emek ve zaman isteyen çalışmalardır. Örnekleme yöntemlerinin ya da deneme desenlerinin uygulamaları zahmetli ve maliyetli işlemler olduğundan genellikle minimum yeterlikle kurgulanıp gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Elde edilebilen verilerin bir kısmının başlangıçta test grubu olarak ayrılması ile modelleme aşamasında eğitim için ayrılan veri grupları sınır sayılarda değerlendirilebilmektedir. Yetersiz sayıda veri ile eğitilen modellerde düşük uyum (*underfitting*) problemleri olabilmektedir. Ayrıca veri parçalanırken hangi verinin eğitim grubuna ve hangisinin test grubuna ayrıldığına bağlı olarak sonuç değişebilir. Eğitim için ayrılan veri iyi bir örneklem olmayabilir ve bölümlenmenin nasıl yapıldığına bağlı olarak değerlendirme sonucu önemli ölçüde farklılık gösterebilir.
- Bu problemler çapraz doğrulama yöntemleri ile büyük oranda çözülebilmektedir. Yöntemin avantajı, tüm gözlemlerin hem eğitim hem de test için farklı

Tablo 9. Ölçülen kütük çapı değerleri için göğüs çapı ve ağaç orta çapı kestirim değerleri
Table 9. Estimation values of breast height diameter and mid diameter for measured stump diameter

| Kütük çapı | Göğüs çapı | Orta çapı | Kütük çapı | Göğüs çapı | Orta çapı | Kütük çapı | Göğüs çapı | Orta çapı | Kütük çapı | Göğüs çapı | Orta çapı |
|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| $d_{0,30}$ | $d_{1,30}$ | $d_{h/2}$ | $d_{0,30}$ | $d_{1,30}$ | $d_{h/2}$ | $d_{0,30}$ | $d_{1,30}$ | $d_{h/2}$ | $d_{0,30}$ | $d_{1,30}$ | $d_{h/2}$ |
| (cm) | (cm) | (cm) | (cm) | (cm) | (cm) | (cm) | (cm) | (cm) | (cm) | (cm) | (cm) |
| 8,00 | 5,28 | 3,97 | 38,00 | 33,33 | 22,18 | 68,00 | 61,38 | 40,38 | 98,00 | 89,44 | 58,59 |
| 9,00 | 6,21 | 4,58 | 39,00 | 34,26 | 22,79 | 69,00 | 62,32 | 40,99 | 99,00 | 90,37 | 59,19 |
| 10,00 | 7,15 | 5,19 | 40,00 | 35,20 | 23,39 | 70,00 | 63,25 | 41,60 | 100,00 | 91,31 | 59,80 |
| 11,00 | 8,08 | 5,79 | 41,00 | 36,13 | 24,00 | 71,00 | 64,19 | 42,20 | 101,00 | 92,24 | 60,41 |
| 12,00 | 9,02 | 6,40 | 42,00 | 37,07 | 24,61 | 72,00 | 65,12 | 42,81 | 102,00 | 93,18 | 61,01 |
| 13,00 | 9,95 | 7,01 | 43,00 | 38,01 | 25,21 | 73,00 | 66,06 | 43,42 | 103,00 | 94,11 | 61,62 |
| 14,00 | 10,89 | 7,61 | 44,00 | 38,94 | 25,82 | 74,00 | 66,99 | 44,02 | 104,00 | 95,05 | 62,23 |
| 15,00 | 11,82 | 8,22 | 45,00 | 39,88 | 26,43 | 75,00 | 67,93 | 44,63 | 105,00 | 95,98 | 62,84 |
| 16,00 | 12,76 | 8,83 | 46,00 | 40,81 | 27,03 | 76,00 | 68,86 | 45,24 | 106,00 | 96,92 | 63,44 |
| 17,00 | 13,69 | 9,44 | 47,00 | 41,75 | 27,64 | 77,00 | 69,80 | 45,84 | 107,00 | 97,85 | 64,05 |
| 18,00 | 14,63 | 10,04 | 48,00 | 42,68 | 28,25 | 78,00 | 70,74 | 46,45 | 108,00 | 98,79 | 64,66 |
| 19,00 | 15,56 | 10,65 | 49,00 | 43,62 | 28,85 | 79,00 | 71,67 | 47,06 | 109,00 | 99,72 | 65,26 |
| 20,00 | 16,50 | 11,26 | 50,00 | 44,55 | 29,46 | 80,00 | 72,61 | 47,66 | 110,00 | 100,66 | 65,87 |
| 21,00 | 17,43 | 11,86 | 51,00 | 45,49 | 30,07 | 81,00 | 73,54 | 48,27 | 111,00 | 101,59 | 66,48 |
| 22,00 | 18,37 | 12,47 | 52,00 | 46,42 | 30,67 | 82,00 | 74,48 | 48,88 | 112,00 | 102,53 | 67,08 |
| 23,00 | 19,30 | 13,08 | 53,00 | 47,36 | 31,28 | 83,00 | 75,41 | 49,49 | 113,00 | 103,46 | 67,69 |
| 24,00 | 20,24 | 13,68 | 54,00 | 48,29 | 31,89 | 84,00 | 76,35 | 50,09 | 114,00 | 104,40 | 68,30 |
| 25,00 | 21,17 | 14,29 | 55,00 | 49,23 | 32,49 | 85,00 | 77,28 | 50,70 | 115,00 | 105,34 | 68,90 |
| 26,00 | 22,11 | 14,90 | 56,00 | 50,16 | 33,10 | 86,00 | 78,22 | 51,31 | 116,00 | 106,27 | 69,51 |
| 27,00 | 23,04 | 15,50 | 57,00 | 51,10 | 33,71 | 87,00 | 79,15 | 51,91 | 117,00 | 107,21 | 70,12 |
| 28,00 | 23,98 | 16,11 | 58,00 | 52,03 | 34,31 | 88,00 | 80,09 | 52,52 | 118,00 | 108,14 | 70,72 |
| 29,00 | 24,91 | 16,72 | 59,00 | 52,97 | 34,92 | 89,00 | 81,02 | 53,13 | 119,00 | 109,08 | 71,33 |
| 30,00 | 25,85 | 17,32 | 60,00 | 53,90 | 35,53 | 90,00 | 81,96 | 53,73 | 120,00 | 110,01 | 71,94 |
| 31,00 | 26,78 | 17,93 | 61,00 | 54,84 | 36,14 | 91,00 | 82,89 | 54,34 | 121,00 | 110,95 | 72,54 |
| 32,00 | 27,72 | 18,54 | 62,00 | 55,77 | 36,74 | 92,00 | 83,83 | 54,95 | 122,00 | 111,88 | 73,15 |
| 33,00 | 28,65 | 19,14 | 63,00 | 56,71 | 37,35 | 93,00 | 84,76 | 55,55 | 123,00 | 112,82 | 73,76 |
| 34,00 | 29,59 | 19,75 | 64,00 | 57,64 | 37,96 | 94,00 | 85,70 | 56,16 | 124,00 | 113,75 | 74,36 |
| 35,00 | 30,52 | 20,36 | 65,00 | 58,58 | 38,56 | 95,00 | 86,63 | 56,77 | 125,00 | 114,69 | 74,97 |
| 36,00 | 31,46 | 20,96 | 66,00 | 59,51 | 39,17 | 96,00 | 87,57 | 57,37 | 126,00 | 115,62 | 75,58 |
| 37,00 | 32,39 | 21,57 | 67,00 | 60,45 | 39,78 | 97,00 | 88,50 | 57,98 | 127,00 | 116,56 | 76,19 |

formlarda defalarca değerlendirilmesi, böylece bölünme ile oluşan sapma ve hataları en aza indirmesidir.

“Çapraz doğrulama” yönteminin hasılat çalışmalarında kullanımı ile zor koşullarda elde edilen verinin daha verimli kullanılabileceği, modelin genelleşme performansının daha iyi ölçülebileceği, aşırı uyum ya da seçim yanlılığı problemlerinin tespiti ile (Cawley ve Talbot, 2010) model seçimi ve geçerliliği sürecinde daha doğru değerlendirmeler yapılacağı düşünülmektedir.

- Regresyon analizi, hasılat çalışmalarında oldukça sık kullanılan istatistik yöntemlerden biridir. Diğer birçok istatistik yöntem gibi regresyon analiz yöntemlerinin de belli varsayımları vardır. Dağılım teorisi, hipotez testleri ve güven aralıkları da ancak bu varsayımların sağlanması durumunda geçerlidir. Varsayımların sağlana-

maması standart sonuçlar için ciddi hatalara neden olabilir (Aydın, 2014). Uygulama aşamasında çözümlenmenin kuramsal boyutu ve bazı temel bilgiler göz ardı edilebildiğinden, literatürde eksik ve hatalı sonuçlara sıklıkla rastlanmaktadır (Alpar, 2017).

Hasılat çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen regresyon analizlerinde de varsayımlar test edilmeli, sağlanmadığı durumlar için uygun çözüm yöntemleri denenmeli, giderilemeyen varsayım problemleri ise raporda belirtilmelidir. Bu analiz sonucunu daha anlaşılır kılacak, okuyucu tarafından yorumlanmasını kolaylaştıracaktır. Ayrıca, yapılacak benzer çalışmalar için sonuç karşılaştırma aşamalarında araştırma ve araştırmacı açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

- Model seçiminde kullanılan başarı ölçütleri, optimal kombinasyonlarının belirlenmesi, ölçütleri

değerlendirme yöntemleri, doğal kanuniyetlerin matematik formlarda ifade edilmeleri ve süreç algoritmalarının oluşturulması, model geçerliliğine ilişkin yoruma dayalı ifadeler yerine tutarlı biçimde tekrarlanabilir bilgi üretecek sayısal yöntemlerin geliştirilmesi gibi teorik çalışmalara ihtiyaç olduğu gözlenmektedir.

Teşekkür

Bu makale, Orman Genel Müdürlüğü, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait 15.3306/2014-2016-2017-2018 numaralı projesi sürecinde elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile hazırlanmıştır.

Kaynaklar

Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 11, Ankara.

Allen II, G.M., Anton-Fernandez, C., Astrup, R. 2020. A stand-level growth and yield model for thinned and unthinned managed Norway spruce forests in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* 35(5-6): 238-251.

Alpar, R. 2017. Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Yöntemler. Detay Yayıncılık, Ankara.

Aydın, D., 2014. Uygulamalı Regresyon Analizi/Kavramlar ve R hesaplamaları. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.

Bektaş, E., 2012. Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) odun dışı ürün envanterinin yapılması ve hasılat bileşenleri yönünden irdelenmesi. Rapor, İzmir OBM, 17. Orman Amenajman Başmühendisliği. İzmir.

Batur, M., 2016. Kozak Yöresi Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) ormanlarında fıstık verimi ile artım ve bazı meteorolojik olaylar arasındaki ilişkiler. *Ormancılık Araştırma Dergisi* 1(2A): 29-34.

Bayburtlu, Ş., 2007. Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Hacim ve Bonitet Endeks Tablolarının Düzenlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Bylin, C.V., 1982. Estimating dbh from Stump Diameter for 15 Southern Species. USDA Forest Service Research Note SO286, Southern Forest Experiment Station, New Orleans.

Cawley, G.C., Talbot, N.L.C., 2010. On over-fitting in model selection and subsequent selection bias in performance evaluation. *Journal of Machine Learning Research* 11(70): 2079-2107.

Chapman, H.H., Meyer, W.H., 1949. Forest Mensuration. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.

Corral-Rivas, J.J., Barrio-Anta, M., Aguirre-Calderón, O.A., Diéguez-Aranda, U., 2007. Use of stump diameter to estimate diameter at breast height and tree volume for major pine species in El Salto, Durango (Mexico). *Forestry* 80(1): 29-40.

Çatal, Y., Gürlevik, N., Karatepe, Y., Carus, S., 2005. Isparta-Gölcük Yöresi yalancı akasya (*Robinia pseudo-acacia* L.) meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim tablosu. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* A(2):78-90.

Demaerschalk, J.P., Omule, S.A.Y, 1982. Estimating breast height diameter from stump measurements in British Columbia. *Forest Chronicle* 58(3):143-145.

Durkaya, B., Durkaya, A., 2011. Zonguldak-Ulus Orman İşletme Müdürlüğü göknar, kayın ve karaçam ağaç türleri için kütük çapı ve boyu ile göğüs çapı ilişkisi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 11(1): 9-17.

Ercanlı, İ., Güvendi, E., Güney, D., Günlü, A., Altun, L., 2008. Sinop yöresi sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) ağaçlandırmalarına ilişkin tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 8(1): 14-25.

Ercanlı, I., Gunlu, A., Baskent, E.Z., 2015. Mixed effect models for predicting breast height diameter from stump diameter of Oriental beech in Göldağ. *Scientia Agricola* 72(3): 245-251.

Fırat, F., 1943. Fıstıkçamı ormanlarımızda meyve ve odun verimi bakımından araştırmalar ve bu ormanların amenajman esasları. Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü, Sayı 141, Ankara.

Gelfand A.E., Dey D.K, Chang H., 1992. Model Determination Using Predictive Distributions with Implementation via Sampling Based Methods. Department of Statistics, Stanford University, Stanford, California 38 Technical Report No. 462.

Giray, N., 1982. Ağaçlarda kütük çapı, orta çap, göğüs çapı ilişkileri. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi* 28(56): 69-79.

Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville A., 2018. Derin Öğrenme. (Çev. Fatoş Yarman Vural, Ramazan Gökberk Cinbiş, Sinan Kalkan). Buzdağı Yayınevi, Ankara. (Orjinal yayın tarihi, 2016).

Gürsakal, N.; 2018. Makine Öğrenmesi. Dora Basım-Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Bursa.

James, G., Witten D., Hastie, T., Tibshirani, R., 2013. An Introduction to Statistical Learning. Springer-Verlag, New York.

Johnson, D.S., Weigel, D.R., 1990. Models for estimating DBH from stump diameter for Southern Indiana oaks. *Northern Journal of Applied Forestry* 7(2): 79-81.

Kalıpsız, A., 1981. İstatistik Yöntemler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No: 2837/294, İstanbul.

- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No: 3149/354, İstanbul.
- Kılıcı, M., Sayman, M., Akbin, G., 2000. Batı Anadolu'da Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)'nın Gelişmesini Etkileyen Faktörler. Orman Bak. Yayın No: 115, İzmir Orman Toprak Laboratuvar Müdürlüğü Yayın No: 09, İzmir.
- Kılıcı, M., Akbin, G., Sayman, M., 2014. Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)'nın Yayılış Alanları. Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.), Editörler: Kılıcı, M., Akbin, G., Sayman, M., Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi, İzmir.
- Kozak, A., Kozak, R., 2003. Does cross validation provide additional information in the evaluation of regression models? *Canadian Journal of Forest Research* 33(6): 976-987.
- Kumaş, G., Kahriman, A., 2016. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü'nde yayılış gösteren kızılçam meşcereleri için uyumlu gövde profili denklem sistemlerinin geliştirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 17(1): 21-31.
- Larson, S.C., 1931. The shrinkage of the coefficient of multiple correlation. *Journal of Educational Psychology* 22(1): 44-55.
- Mauya, E., Mugasha, W.A., Zahabu, E., Bollandas, O.M., Eid, T., 2014. Models for estimation of tree volume in the miombo woodlands of Tanzania. *Southern Forests: a Journal of Forest Science* 76(4): 1-11.
- McClure, J.P., 1968. Predicting Tree dbh from Stump Measurements in the Southeast. USDA Forest Service Research Note SE-99, Southeastern Forest Experimental Station.
- Milios, E., Kitikidou, K.G., Dalakouras, V., Pipinis, E., 2016. Diameter at breast height estimated from stumps in *Quercus frainetto* in the region of Evros in Northeastern Greece. *Cerne* 22(3): 337-344.
- Mosteller, F., Turkey, J.W., 1968. Data Analysis, Including Statistics Handbook of Social Psychology. Addison-Wesley Reading, MA.
- Myers, C.A., 1963. Estimating Volumes and Diameters at Breast Height from Stump Diameters, Southwestern Ponderosa Pine. USDA Forest Service Research Note RM-9, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins.
- OGM, 2021. 2020 Türkiye Orman Varlığı. Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Omule, S.A.Y., Kozak, A., 1989. Stump and breast height diameter tables for British Columbia tree species. FRDA Report 062.
- Özçankaya, N., Batur, M., Kiracıoğlu, Ö., 2021. İzmir Orman Bölge Müdürlüğü fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcereleri için gövde hacim tablolarının düzenlenmesi. *Ormanlık Araştırma Dergisi* 8(2): 125-145.
- Özçelik, R., 2005. Mut Orman İşletmesinde karaçam, sedir ve kızılçam ağaç türleri için dip çap-göğüs çapı ilişkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 9(3): 83-91.
- Özçelik, R., 2010. Bucak Yöresi kızılçam, sedir ve Toros göknarı türleri için hacim denklemleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Seri A, 2: 1-15.
- Özçelik, R., Brooks, J.R., Diamantopoulou, M.J., Wiant Jr, H.V., 2010. Estimating breast height diameter and volume from stump diameter for three economically important species in Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25(1): 32-45.
- Özdemir, E., Şahin, A., Özdemir, G.A. 2020. Kuzey Marmara Yöresi sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) meşcereleri için kütük çapı-göğüs çapı ilişkisinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Forestry* 21(1): 25-34.
- Özer, E., 1981. Sarıçamlarda kütük çapından yararlanarak göğüs çapının bulunması. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi* 27(53): 20-23.
- Pehlivan, S., 2010. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Parresol, B.R., 1993. Modeling multiplicative error variance: An example predicting tree diameter from stump dimensions in bald cypress. *Forest Science* 39(4): 670-679.
- Parresol, B.R., 1998. Prediction and error of baldcypress stem volume from stump diameter. *Southern Journal of Applied Forestry* 22(2): 69-73.
- Robinson, A.P., Wykoff, W.R. 2004. Imputing missing height measures using a mixed-effects modeling strategy. *Canadian Journal of Forest Research* 34(12): 2492-2500.
- Sağlam, F., Sakıcı, O.E., Seki, M., 2016. Stump diameter and diameter at breast height relationship for Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) stands in Kastamonu coastal region. International Forestry Symposium (IFS 2016), 7-10 December, Kastamonu, Turkey, pp. 514-520.
- Sakıcı, O.E., Yavuz, H., 2016. The relationship between diameter at stump height and diameter at breast height in red pine-black pine mixed stands. Scientific Research Symposium in Turkish Word, 21-31 May, Celalabat, Kırğızistan, pp.679-686.
- Sakıcı, O.E., Özdemir, G., 2017. Stump diameter and diameter breast height relationships for oriental beech and Kazdağı fir at mixed stands in Karabük. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 17(2): 298-306.
- Sakıcı, O.E., Sağlam, F., Seki, M., 2018. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri. *Turkish Journal of Forestry* 19(1): 20-29.
- Shao, J. 1993. Linear model selection by cross-validation

-
- on. *Journal of the American Statistical Association* 88: 486-494.
- Spurr, S.H., 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Company, New York, USA.
- Stone M., 1974. Cross-validatory choice and the assessment of statistical predictions. *Journal of the Royal Statistical Society* 36(2): 111-133.
- Şenyurt, M., 2012. Batı Karadeniz yöresi sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde kütük çapı-göğüs çapı ilişkileri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 13(1): 79-87.
- Uğurlu, S., Özer, E., 1977. Kızılcamlarda kütük çapından yararlanarak göğüs çapının hesaplanması. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi* 23(1): 71-77.
- Vanclay, J.K., 1994. Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests. CAB International, Wallingford, UK.
- Wiant, H.U.Jr., Williams T.B., 1987. Lower bole diameter and volume of four Appalachian hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry* 4(212): 85-98.
- Wharton, E.H., 1984. Predicting diameter at breast height from stump diameters for Northeastern tree species. USDA Forest Service Research Note NE-322, Northeastern Forest Experiment Station.
- Yang, Y., Huang, S., 2014. Suitability of five cross validation methods for performance evaluation of nonlinear mixed-effects forest models – a case study. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 87(5): 654-662.
- Yavuz, H., 1996. Taşköprü Orman İşletmesinde sarıçam ve karaçam ağaç türlerimize ilişkin dip çap-göğüs çapı-orta çap ilişkileri ile kabuk hacminin hesaplanması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Bahar Yarı Yılı Seminerleri, Seminer No:2: 67-75.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü Yöresinde karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23(5): 1181-1188.
- Yavuz, H., 2000. Dişbudak ağaç türü için dip kütük çapı ile göğüs çapı arasındaki ilişkinin belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Güz Yarı Yılı Seminerleri, Seminer No:7: 10.
- Zhang, L. 1997. Cross-validation of non-linear growth functions for modelling tree height-diameter relationships. *Annals of Botany* 79(3): 251-257.

Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki sedir ve karaçam ağaçlandırmalarının büyüme ve karbon birikimi açısından uzun dönem sonuçlarının değerlendirilmesi

Evaluation of long term results of cedar and black pine afforestation in Eastern Anatolia Region in terms of growth and carbon sequestration

Neşat ERKAN

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bursa

Sorumlu yazar (Corresponding author)
Neşat ERKAN
nesaterkan@yahoo.com

Geliş tarihi (Received)

30.08.2021

Kabul Tarihi (Accepted)

15.10.2021

Sorumlu editör (Corresponding editor)

Şükrü Teoman GÜNER
stguner@gmail.com

Atıf (To cite this article): Erkan, N. (2022). Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki sedir ve karaçam ağaçlandırmalarının büyüme ve karbon birikimi açısından uzun dönem sonuçlarının değerlendirilmesi. Ormanlık Araştırma Dergisi, 9 (1), 61-69. DOI: 10.17568/ogmoad.988778



Creative Commons Atıf -
Türetilemez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

Öz

Türkiye'de yapılan ağaçlandırma çalışmalarının önemli bir kısmı yazın su açığının yaşandığı yörelerde yapılmaktadır. Bu alanlarda yapılan ağaçlandırmalarda, sahip oldukları ekolojik özellikleri nedeniyle, sedir ve karaçam türleri yoğun olarak kullanılmaktadır. Tesis amacına bakılmaksızın bu alanlardaki ağaçlandırmalardan beklenen faydanın elde edilmesi büyük ölçüde bu alanlardaki ağaçlandırma başarısına ve büyüme performansına bağlıdır. Bu çalışmada, doğal yayılış alanı dışında sedir ve karaçam türleri ile yapılan ağaçlandırmaların uzun dönemde büyüme performansları ve karbon bağlama durumları incelenmiştir. Çalışma, Elazığ ve Malatya illerindeki ağaçlandırma alanlarında yürütülmüştür. Değerlendirmeler, 1996 yılında tesis edilmiş 4 karaçam ve 3 sedir olmak üzere toplam 7 sabit deneme alanında 1996, 2006 ve 2018 yıllarında yapılan ölçümlere dayandırılmıştır. Yapılan ölçümlerden deneme alanlarında hasılat parametreleri ve karbon birikimleri hesaplanmıştır. Son ölçmenin yapıldığı 2018 vejetasyon sonunda sedir ve karaçam için sırasıyla 46-48 ve 45-51 yaş aralıklarında olan meşcerelerin yine türler için sırası ile 2,24 - 3,88 ve 4,07 - 11,67 m³ ha⁻¹ yıl⁻¹ aralıklarında ortalama hacim artımı, 1,05 - 1,83 ve 1,57 - 4,49 t ha⁻¹ yıl⁻¹ aralıklarında da karbon tutumu gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Her iki tür için yapılan büyüme analizlerinden doğal yetişme ortamına benzer performans sergiledikleri, dolayısıyla gerek karbon birikimi ve gerekse diğer işlevleri bakımından bu ağaçlandırmaların kendilerinden beklenen amaçları sağladıkları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: büyüme analizleri, yarı nemli alanlar, ağaçlandırmaların işlevleri, sedir ve karaçam ağaçlandırmaları.

Abstract

Some of the afforestation done by the forestry organization in Turkey are carried out in areas where there is water shortage in summer. Cedar and black pine are used for afforestation in these areas due to their ecological features. Regardless of the purpose of the afforestation, obtaining the expected benefit from these areas largely depends on the afforestation success and growth performance. In this study, long-term growth performance and carbon sequestration of the afforestations done with cedar and black pine in other areas than the natural habitat were investigated. The study was carried out in the afforestation areas around Elazığ and Malatya. Evaluations were based on measurements made in 1996, 2006 and 2018 in 7 permanent sample plots established in 1996 with cedar and black pine. Yield parameters and carbon sequestration were calculated in the sample plots. In the last measurement time, at the end of vejetationperiod of 2018, the average volume increases were determined as 2.24 - 3.88 and 4.07 - 11.67 m³ ha⁻¹ yr⁻¹ and carbon sequestration were determined as 1.05 - 1.83 and 1.57 - 4.49 t ha⁻¹ yr⁻¹ for cedar and black pine stands for the ages of 46-48 and 45-51, respectively. It was found out from the growth analysis for both species that they perform similar to the natural habitat, so that these afforestations provide the objectives based on both carbon sequestration and other functions.

Keywords: growth analyses, semi-humid areas, afforestation functions, cedar and black pine plantation.

1. Giriş

Anadolu'nun geçmişte büyük oranda orman ve bitki örtüsü ile kaplı olduğu ile ilgili çeşitli değerlendirmeler bulunmaktadır. İç Anadolu Bölgesi'ndeki halen mevcut step alanlarının yarısının insan etkisiyle ortaya çıktığı söylenebilir (Çalışkan ve Boydak, 2017). Bu alanların ağaçlandırılmasında teknik ve sosyoekonomik sorunlarla da karşılaşılma ile birlikte, asıl sınırlayıcı faktör olumsuz ekolojik koşullardır. Nitekim insan kaynaklı etkilerle zarar gören bitki örtüsünün ardından oluşan erozyon ve olumsuz iklim koşullarının birlikte etkisi ağaçlandırma başarısı açısından olumsuz ekolojik koşulları ortaya çıkartmaktadır.

Ağaçlandırmalar kendisinden olan beklentiye göre temelde i) odun üretim amaçlı, ii) toprak ve su koruma amaçlı ve iii) estetik ve çevre koruma amaçlı veya bunların kombinasyonu şeklinde olabilmektedir. Ancak her koşulda, ağaçlandırmada yüksek tutma başarısının ve yeterli kadar büyüme hızının elde edilmesi söz konusu amaçlara ulaşmada büyük önem arz etmektedir. Diğer yandan ormanların gördüğü çevresel işlevlerden birisi olan karbon tutma bakımından da yine birim alandaki büyüme miktarı önem kazanmaktadır. Nitekim tutulan karbon miktarının hesabı birim alandaki biyokütle artışı ile doğrudan ilişkilidir.

Türkiye'de ağaçlandırma çalışmaları büyük oranda kamu kaynakları ile bugünkü kamu yapılanması içinde Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından yapılmaktadır. Bu ağaçlandırmaların yine önemli bir bölümü de yaz aylarında su açığının yaşandığı yörelerde gerçekleştirilmektedir. Bu alanlarda yapılan ağaçlandırmalarda, sahip oldukları ekolojik istekleri itibarıyla sedir (*Cedrus libani* A. Richard) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) türleri yoğun olarak kullanılmaktadır. Nitekim karaçam, sıcaklık ve kuraklığa oldukça dayanıklı olması yanında soğuğa da dayanıklılık gösteren bir türdür. İç Anadolu'da Ankara çevresi ve step kenarlarında çok kurak sahalarda bile yetişebilmektedir (Saatçioğlu, 1976; Kayacık, 1980). Karaçam bu özelliği nedeniyle doğal yayılış alanı dışında ve özellikle de kurak bölge ağaçlandırmalarında çok tercih edilen türlerimizden birisidir. Diğer yandan yağış bakımından zengin ve toprak derinliğinin yeterli olduğu yerlerde iyi büyüme yapabildiği gibi kurak alanlarda da yetişebilmektedir (Kalıpsız, 1963; Saatçioğlu, 1969). Bu özellikleri nedeniyle, güncel net rakamlara ulaşamamış olmakla birlikte, literatür bilgilerine göre karaçam kullanılarak 2003 yılı itibarıyla ülke genelinde toplam 459 000 ha başarılı ağaçlandırma yapılmıştır (Mısır, 2003).

Yine sedir de kuraklığa dayanıklı bir tür olup bu

özelliği nedeniyle kurak ve yarı kurak alanlardaki ağaçlandırmalarda kullanılmıştır (Bariteau ve Ferandes, 1990; Boydak, 2003). Ayrıca sedirdeki uyum yeteneği onun doğal yetişme ortamı dışında Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu ve hatta ithal tür olarak Fransa, İspanya, İtalya Almanya ve Avusturya gibi ülkelerde ağaçlandırmalar yapılmasını da sağlamıştır (Mayer ve Sevim, 1959; Ayan ve ark., 2017). Literatür bilgileri sedir ile ülkemizde 2006 yılı sonu itibarıyla, doğal yayılış alanı içinde ve dışında, 130.000 ha başarılı ağaçlandırma yapıldığını göstermektedir (Boydak, 2014).

Sedir ve karaçam ile yukarıda sıralanan nedenlerle, Doğu Anadolu Bölgesinde de uzun yıllardan bu yana geniş alanlarda ağaçlandırmalar yapılmaktadır. Diğer yandan, bölgede sedir ve karaçam dışında yöre için doğal tür olan meşe ile de ekim ve dikim yoluyla ağaçlandırmalar yapılmaktadır. Ancak meşe ağaçlandırmalarında tutma başarısı ve büyüme yavaşlığı gibi sorunlar ile bazı diğer sosyal nedenler ibrelili türlerin (karaçam ve sedir) ağaçlandırmalarda kullanımını gündeme getirmiş ve 50 yılı aşkın bir süredir bu türler daha ağırlıklı olarak kullanılmaktadır.

Bölgede yapılan sedir ve karaçam ağaçlandırmalarının, yukarıda ifade edilmeye çalışılan ve kendisinden beklenen işlevleri görüp görmediğinin belirlenmesine esas olmak üzere büyüme gelişme durumlarının ortaya konmasına ihtiyaç olmuştur. Bu amaçla 1994-1997 yılları arasında bir proje yürütülmüş, 20 karaçam ve 12 sedir olmak üzere alınan toplam 33 deneme alanında yapılan ölçmelere dayalı değerlendirmeler yapılmıştır (Erkan, 1998). Söz konusu 33 deneme alanından 4 karaçam ve 3 sedir olmak üzere 7 adedi sabit deneme alanı niteliğinde tesis edilmiştir. 2006 yılında ise bu 7 sürekli deneme alanında yeniden ölçmeler yapılmış ve güncel verilere dayalı olarak yeniden değerlendirilmiştir (Erkan, 2006). İlk ölçmelerin yapıldığı 1996 yılında 23-28 yaş aralığında olan 7 sabit deneme alanındaki büyüme durumlarının 2006 yılından sonraki durumu bilinmemektedir. Deneme alanlarında ilk kurulduğu yıldan 23 yıl sonra (46-51 yaşlarında) uzun dönemde, 2018 yılı itibarıyla, büyüme durumlarının tekrar ortaya konması bu bölgede, özellikle tür seçimi ve daha sağlıklı ağaçlandırma politikasının belirlenmesi konularında yardımcı olacaktır. Nitekim sedirin doğal yayılış alanı dışındaki ağaçlandırmaların gelişimlerini araştıran Akgül ve Yılmaz (1987), araştırmanın yapıldığı dönemde 16-29 yaş aralığında olan sedir ağaçlandırmaları ile ilgili olarak ellerindeki sonuçlarla geleceğe yönelik sağlıklı bir değerlendirme yapılamayacağını ve bekleyicileri yaşlarda uzun dönem için yeniden bir değer-

lendirme yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Bu bölgedeki ağaçlandırmaların ileri yaşları için büyüme-gelişme durumları ile ilgili başka hiçbir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışma ile yukarıda bahsedilen karaçam ve sedir ile 1996 yılında tesis edilen toplam 7 sabit deneme alanlarında 2018 yılı vejetasyon sonu itibarıyla büyüme durumları ve karbon tutma miktarları ortaya konarak bölgedeki ağaçlandırmalar hakkında değerlendirmeler yapılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metod

Bu çalışma Elazığ-Baskil, Elazığ-Sivrice ve Malatya-Pütürge ağaçlandırma sahalarında yürütülmüştür (Şekil 1). 1996 yılında tesis edilmiş 4 karaçamda ve 3 sedir de olmak üzere toplam 7 sabit deneme alanında 2018 yılı vejetasyon sonu ölçmeleri yapılmış ve değerlendirilmiştir. Deneme alanlarında 1996 ve 2006 yıllarındaki ölçmelere dayalı olarak yapılan değerlendirme sonuçlarına da değinilmiştir. Deneme alanlarına ilişkin bilgiler Tablo 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Deneme alanlarının alındığı ağaçlandırma alanları
Figure 1. Location of samplings on afforestation areas

Baskil ve Sivrice ağaçlandırma sahalarına en yakın meteoroloji istasyonunun bulunduğu Elazığ 408 mm ve Pütürge ise 589 mm yıllık yağış değerlerine sahiptir (MGM, 2019). Buralardaki iklim tipi Eriç tarafından verilen yağış etkenliği sınıflamasına göre (Çepel, 1978) değerlendirildiğinde; Yağış Etkenliği İndeksi (Im) Baskil, Sivrice ve Pütürge için sırası ile 24,1; 35,5 ve 29,3 olarak hesaplanmıştır. Bu indeks değerleri ile iklim tipinin tüm deneme alanları için yarı nemli olduğu anlaşılmıştır.

Çalışmanın yapıldığı alanlardaki meşcere yaşı ve dikim aralıkları dikkate alınarak deneme alanına yeteri kadar ağaç girmesi için deneme alanları 10 m yarıçaplı daire alanı olarak tesbit edilmiştir. Ayrıca deneme alanlarının belirlenmesinde kapalılığın 0,7 ve üzerinde olmasına ve yetişme ortamı verimliliği (bonitet) bakımından mümkün olduğunca farklılık göstermelerine dikkat edilmiştir.

Deneme alanlarının bonitetinin belirlenmesinde üst boy (dominant üç ağacın ortalama boyu) ve

meşcere yaşına dayalı olarak, karaçam için Mısıır (2003) tarafından, sedir için ise Aydın (2008) tarafından hazırlanan bonitet tabloları kullanılmıştır. Meşcere hasılat değerlerinin hesaplanmasında deneme alanlarından hesaplanan değerler $10.000 / 314,1593 = 31,831$ katsayısı kullanılmıştır. Deneme alanı hasılat değerlerinin hesaplanmasında ise tek ağaç ölçü değerlerinden faydalanılmıştır. Karaçam ve sedir tek ağaçlarının hacimlendirilmesinde, bölge için hazırlanan, her ikisi için de aynı modele sahip olan ve sırasıyla Formül 1 ve 2 de verilen çift girişli hacim tablosu regresyon denklemleri kullanılmıştır (Erkan, 1997 ve Erkan, 1998).

$$v = -7,468855 + 0,1563548d^2 + 0,020085d^2h + 0,0492628h^2 + 0,009863dh^2 \quad (1)$$

$$v = 4,377958 + 0,0947992d^2 + 0,01602d^2h + 0,3057608h^2 + 0,04062413dh^2 \quad (2)$$

Büyüme hesaplamaları için deneme alanlarında bütün ağaçların çapları ölçülmüştür. Boylar ise

Tablo 1. Deneme alanlarına ilişkin bazı özellikler
Table 1. Some properties of sample plots

| Deneme alanı no | Yaş | Ağaç türü | Üst boy (m) | BOE (m) | BOD | Koordinat | Yükselti (m) | Bakı |
|-----------------|-----|-----------|-------------|-------------------|-----|-----------------------------|--------------|------|
| 16 | 47 | S | 11,5 | 22 ¹ | II | 37 s 0485342 utm 4266869 | 1317 | K |
| 17 | 47 | S | 9,8 | 20 ¹ | II | 37 s 0485194 utm 4266805 | 1361 | K |
| 22 | 46 | S | 13,0 | 23 ¹ | II | 37 s 0544952 utm 4261814 | 1317 | K |
| 18 | 51 | Çk | 12,0 | 10,5 ² | III | 37 s 0545032 utm 4262942 | 1283 | K |
| 19 | 41 | Çk | 14,0 | 12,0 ² | II | 37 s 0544992 utm 4263018 | 1270 | K |
| 21 | 51 | Çk | 11,8 | 10,0 ² | III | 37 s 0544497 utm 4262496 | 1291 | GD |
| 30 | 45 | Çk | 20,0 | 17,6 ² | I | 37 s 0478278 utm 4219467 | 1526 | KB |

¹: Endeks yaşı:100; ²: Endeks yaşı:40; S: Sedir; Çk: Karaçam; BOE: Bonitet endeksi; BOD: Bonitet derecesi (beşli sınıflamaya göre)

tüm ağaçlarda ölçülmemiş, her bir deneme alanı için hesaplanan meşcere boy eğrisi (çap-boy eğrisi) denkleminde yararlanılmıştır. Deneme alanlarındaki yıllık ortalama artımın hesaplanması için hektardaki değeri cinsinden toplam gövde hacmi yaşa bölünmüştür. Ayrıca cari artımı hesaplamak üzere deneme alanında ince, orta ve kalın çap sınıfını temsil edebilecek 3 ağaç seçilerek artım kalemi alınmış ve son 5 yıllık halka kalınlıkları, son 1 cm deki yıllık halka sayısı, kabuk kalınlığı ve meşcere yaşı ölçülmüştür.

Karbon hesaplamalarında genellikle izlenen iki yoldan birisi, karbon kazanç-kayıp farkına dayanan karbon stok değişimi yöntemidir. Bu yöntemde birim alandaki karbon tutulma miktarı, karbon stokları olan 1) yaşayan canlı biyokütlerde, 2) ölü organik maddede ve 3) toprakta olan yıllık değişimlerin toplamı şeklinde hesaplanır (IPCC, 2006). Her bir stoktaki karbon değişimi, kazanç-kayıp farkı ile hesaplanmaktadır. Çalışmamızda, karbon stok değişiminin en önemli bileşeni olan “yaşayan canlı biyokütlerdeki (topraküstü ve toprakaltı)” stok değişimi (ΔC_G) dönüştürme ve genişletme katsayılarından faydalanılarak aşağıda verilen Formül 3 ve 4 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta C_G = [(I_v \times BCEF) \times (1+R)] \times CF \quad (3)$$

$$BCEF = BEF \times D \quad (4)$$

ΔC_G : biyokütle artışı sonucu yaşayan canlı biyokütlerde yıllık tutulan karbon miktarı ($t \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$), I_v : yıllık ortalama gövde hacim artımı ($m^3 \text{ ha} \text{ yıl}^{-1}$), $BCEF$: yıllık ortalama kabuklu gövde hacim artımından topraküstü biyokütle artışını hesaplamak için dönüşüm ve genişleme katsayısı, R : kök-sak oranı, CF : kuru biyokütle karbon oranı katsayısı, BEF : kabuklu gövde hacim artışından topraküstü

biyokütle artışını hesaplamak için genişleme katsayısı, D : hacim ağırlığı ($t \text{ m}^{-3}$)

Karaçam için karbon birikimi hesaplamalarında Güner ve Çömez (2017) tarafından karaçam ağaçlandırmaları için hesaplanan $D=0,408 \text{ t m}^{-3}$; $BEF=1,516$; $BCEF=0,613 \text{ t m}^{-3}$; $R=0,179$ $CF= \%53,86$ katsayıları kullanılmıştır.

Sedir için yapılan hesaplamalarda ise Karataş ve ark. (2017) tarafından Afyonkarahisar ve Eskişehir Bölgesi’ndeki sedir ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmadan faydalanılmış ve söz konusu çalışma ile tespit edilen $D=0,467 \text{ t m}^{-3}$; $BEF=1,635$; $BCEF=0,762 \text{ t m}^{-3}$; $R=0,207$ ve $CF= \%51,27$ katsayıları kullanılmıştır.

Araştırmanın yapıldığı alanlardan Baskil ağaçlandırma alanı granit anakaya üzerinde derin (80-90 cm) kumlu-killi-balçık ve killi-balçık topraklara sahiptir. Alan flora bakımından zengin olmakla birlikte derin ve gevşek topraklar erozyona oldukça müsaittir. Sivrice ağaçlandırma sahasında ise kireçli kil şistinden oluşan toprak sığdır (60 cm). Kireç miktarı taşlılık derine doğru giderek artmaktadır (Akgül ve Yılmaz, 1987). Pütürge ağaçlandırması ise killi-kumlu balçık tekstüründeki, drenajı iyi, pH sı 7,6 derin (mutlak derinlik 100 cm, fizyolojik derinlik 120 cm’den fazla) ve gevşek yapıdaki topraklar üzerindedir (Uygun ve Solakoğlu, 2002). Dik yamaçlarda şiddetli oyuntu ve yüzey erozyonu hakimdir. Denizden yükseklik Şiro Çayı tabanında 840 m den başlayıp 2.250 m ye kadar çıkmaktadır.

2. Bulgular

Sabit deneme alanlarının ilk alındığı 1996 yılından bu yana yapılmış üç ölçüm ayrı ayrı değerlendiril-

miştir. 1996 ve 2006 yıllarına ilişkin değerlendirmeler ilgili yayınlardan alınmıştır (Erkan, 1998; 2006). 2018 yılı vejetasyon sonunda yapılan yeni bir ölçüm ile hesaplamalar yapılmış ve kıyaslamalı olarak Tablo 2’de verilmiştir. Şekil 2 (a) ve (b) de çalışma alanlarında sedir ve karaçam başarılı ağaçlandırma örnekleri verilmiştir. Ayrıca her üç dönemdeki ölçü değerlerine dayalı olarak orta çap, orta boy, yıllık ortalama artım ve hektardaki hacim değerleri de Şekil 3’te grafik üzerinde gösterilmiştir. Deneme alanlarının bazılarında aralama yapılmış olması nedeniyle hektardaki ağaç sayılarında azalma olmuş ve ara hasılat oluşmuştur. Cari artımın ve ortalama artımın daha çok yaş ve bonitetin etkisi ile deneme alanları arasında değişken-

lik gösterdiği gözlenmiştir. Bu anlamda ortalama 47 yaşta olan 3 adet sedir deneme alanında yıllık ortalama artımların ortalaması $3,163 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Ortalama yaşı 49 olan karaçam deneme alanlarında ise bu değer sedirin iki mislinden daha yüksek, $6,540 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Tutulan yıllık karbon miktarları da yine yıllık ortalama artıma bağlı olarak aynı yaşlar için sedir de $1,491 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, karaçam da $2,517 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Hektardaki genel hacim verimine (kalan hacim + ara hasılat) bakıldığında, en düşük değer $105,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ile 17 nolu sedir deneme alanından, en yüksek değer ise $525,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ile 30 nolu deneme alanından hesaplandığı görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Sedir ve karaçam sürekli deneme alanlarından 1996, 2006 ve 2018 yılı ölçmelerinden hesaplanan hasılat değerleri

Table 2. Yield table produced from measurements in permanent sample plots taken in cedar and black pine stands in the years of 1996, 2006 and 2018

| Den. alanı no | Ağaç türü | Ölçme yılı | Yaş | Hek. Ağaç sayısı | Orta çap (cm) | Orta boy (m) | Hacim ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) | Ara has. (m^3) | Gen. hacim ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) | Cari art. ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) | Ort. artım ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) | Tutulan C ($\text{t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) |
|---------------|-----------|------------|-----|------------------|---------------|--------------|--|---------------------------|---|--|---|---|
| 16 | S | 1996 | 26 | 1592 | 11,5 | 7,5 | 73,2 | | 73,2 | 4,4 | 2,82 | 1,330 |
| | | 2006 | 36 | 1592 | 13,4 | 8,9 | 117,2 | | 117,2 | 4,43 | 3,26 | 1,537 |
| | | 2018 | 48 | 1336 | 16,1 | 9,7 | 144,9 | 13,8 | 158,7 | 3,45 | 3,37 | 1,589 |
| 17 | S | 1996 | 25 | 2196 | 9,5 | 6,8 | 69,19 | | 69,19 | 4,06 | 2,77 | 1,306 |
| | | 2006 | 35 | 2196 | 10,7 | 7,9 | 96,08 | | 96,08 | 2,69 | 3,84 | 1,811 |
| | | 2018 | 47 | 1559 | 12,2 | 8,1 | 81,9 | 23,4 | 105,3 | 0,77 | 2,24 | 1,056 |
| 22 | S | 1996 | 24 | 1082 | 14,2 | 8,9 | 85,2 | | 85,2 | 3,79 | 3,55 | 1,674 |
| | | 2006 | 34 | 1082 | 16,9 | 9,7 | 128,4 | | 128,4 | 4,32 | 3,78 | 1,782 |
| | | 2018 | 46 | 1082 | 18,3 | 11,3 | 178,6 | | 178,6 | 4,18 | 3,88 | 1,830 |
| 18 | Çk | 1996 | 29 | 1942 | 13,7 | 8,8 | 155,1 | | 155,1 | 5,54 | 5,35 | 2,059 |
| | | 2006 | 39 | 1591 | 15,1 | 10,1 | 174,2 | 30,2 | 204,4 | 4,9 | 5,38 | 2,071 |
| | | 2018 | 51 | 1305 | 17,5 | 10,4 | 187,6 | 20,6 | 208,2 | 4,31 | 4,07 | 1,567 |
| 19 | Çk | 1996 | 27 | 1305 | 15 | 9,1 | 127,8 | | 127,8 | 5,59 | 4,74 | 1,825 |
| | | 2006 | 37 | 1209 | 17,9 | 11,5 | 174,6 | 12,1 | 186,7 | 7,12 | 5,39 | 2,075 |
| | | 2018 | 49 | 825 | 20,27 | 12,2 | 179,7 | 59,9 | 239,6 | 4,38 | 5,14 | 1,979 |
| 21 | Çk | 1996 | 29 | 1910 | 13,5 | 7,8 | 137,6 | | 137,6 | 6,04 | 4,74 | 1,825 |
| | | 2006 | 39 | 1846 | 15,3 | 10 | 202,9 | 6,7 | 209,6 | 6,3 | 5,37 | 2,067 |
| | | 2018 | 51 | 1125 | 19,8 | 10,5 | 202,2 | 67,4 | 269,6 | 5,55 | 5,28 | 2,032 |
| 30 | Çk | 1996 | 23 | 1687 | 16,4 | 10,4 | 203,6 | | 203,6 | 11,1 | 8,85 | 3,407 |
| | | 2006 | 33 | 1687 | 19,7 | 13,6 | 377,6 | | 377,6 | 17,4 | 11,4 | 4,388 |
| | | 2018 | 45 | 850 | 27,6 | 16,8 | 410,2 | 115,4 | 525,6 | 12,32 | 11,67 | 4,492 |

S: Sedir; Çk: Karaçam

İlk alındığında 20’li yaşlarda olan deneme alanlarında 23 yıl boyunca yapılan aralıklı ölçme sonuçlarına göre büyümenin devam ettiği ancak 17 ve 18 nolu deneme alanlarında genel hacim artmaya devam etse bile ortalama artımın azalma eğilimi-

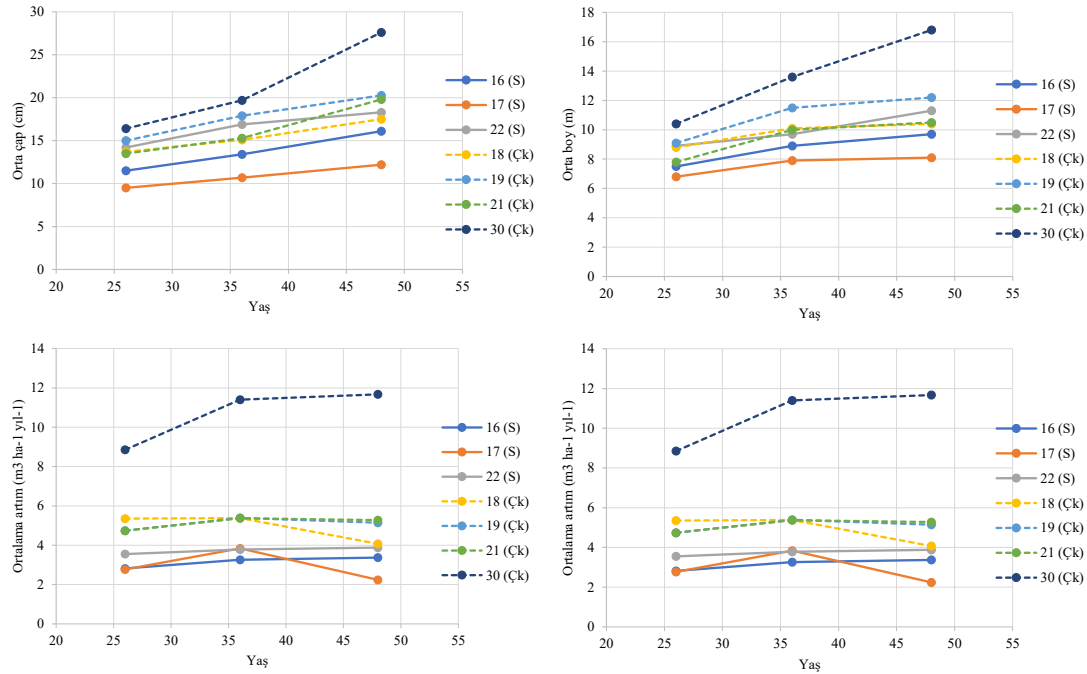
ne girdiği gözlenmiştir (Şekil 3). Sedire ilişkin 16, 17 ve 22 nolu deneme alanlarındaki hasılat değerlerinin karaçama kıyasla daha aşağıdan seyrettiği görülmektedir. Özellikle 17 nolu sedir deneme alanında çap ve boy bümesindeki azalmaya bağlı ola-

rak hektardaki hacimde artış durma noktasına gelmiş, yani yıllık ortalama artım azalarak $2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ seviyesine kadar düşmüştür. Ayrıca karaçam deneme alanları arasında da Pütürge ağaçlandırma

sahasından alınan 30 nolu deneme alanına ilişkin ortalama çap ve boy ile yıllık ortalama hacim artımı ve toplam hacim değerleri diğer deneme alanlarından belirgin bir şekilde yukardan seyretmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanından başarılı ağaçlandırma örnekleri (a: Karaçam, Malatya-Pütürge; b: Sedir, Elazığ-Baskil)
Figure 2. Successful afforestation samples from study areas (a: Back pine, Malatya-Pütürge; b: Cedar, Elazığ-Baskil)



Şekil 3. Sedir ve karaçam sürekli deneme alanlarında bazı hasılat bileşenlerinin yaşa göre gelişim durumları
Figure 3. Changes of some yield parameters by age in cedar and black pine permanent sample plots

3. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Sedir asıl doğal yayılışını, başta jeolojik temeli kalker formasyonlarından oluşan anakayalar ol-

mak üzere çok değişik anakayalar üstünde yapabilmektedir. Doğal yetişme ortamında kanaatkâr olup Toroslar'da kalker anakayanın ortaya çıktığı yerlerde bile çatlaklara köklerini salarak yetişebil-

diği gözlenmektedir (Atalay, 1987; Kantarcı, 1990; Boydak, 2014). Sedirin bu özelliği kendi yetiştirme ortamı dışındaki alanlarda, özellikle yarı nemli ve yarı kurak alanların ağaçlandırmalarında kullanımını mümkün kılmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar bu tespiti teyit etmektedir.

Karaçam'da sıcaklık ve kuraklığa oldukça dayanıklı olması yanında soğuğa da dayanıklılık gösteren bir türdür ve step kenarlarında çok kurak sahalarda bile yetişebilmektedir (Saatçioğlu 1976; Kayacık 1980). Bu özelliği dolayısıyla doğal yayılış alanı dışında ve özellikle de kurak bölge ağaçlandırmalarında en çok tercih edilen türlerimizden birisidir. Bununla birlikte yapılan araştırmalar toprak derinliğinin karaçamın büyümesi üzerinde çok etkili olduğunu göstermiştir (Kalıpsız 1963; Güner ve ark., 2016). Bu çalışmanın da yapıldığı Elazığ yöresindeki karaçam ağaçlandırmalarında, Erkan (1996) tarafından da tespit edildiği üzere, marjinal sayılabilecek, eğimli ve erozyona maruz kalmış sahalarda fidan tutma başarısı düşük olmakta ve ağaçlandırmadan beklenen fayda sağlanamamaktadır. Bu nedenle karaçam ağaçlandırmaları için yer seçiminde, türün diğer ekolojik isteklerine de bağlı olarak, derin topraklı yerlerin tercih edilmesi gerek tutma başarısı ve gerekse büyüme performansı bakımından önem arz etmektedir. Benzer sonuçlar Tunçtaner ve ark. (2007) tarafından elde edilmiş ve Bartın yöresinde karaçam ile yapılan ağaçlandırmalarda fidan tutma başarısının düşük olduğu ancak fidan tutmasının başarılı olduğu yerlerde ise büyüme performansının tatmin edici düzeyde olduğu ifade edilerek ağaçlandırma için türe uygun yetiştirme ortamı seçimine önem verilmesi önerilmiştir. Yine Özkan (2004) karaçamın yayılışı ile pek derin topraklar, şist ve ofiyolit anakayaları arasında önemli pozitif ilişkiler tespit etmiş, Güner ve ark. (2016)'da karaçamın gnays, mikaşist, serisit şist, talk şist ve siyah mermer anakayalar üzerinde oluşmuş derin topraklarda daha iyi gelişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ağaçlandırma başarısı her ne kadar kendisinden beklenen işleve göre farklılık gösterecek olsa da ağaçlandırma ile oluşan meşcereye ait hasılat değerlerinin (orta çap, orta boy, birim alandaki göğüs yüzeyi ve hacim) büyüklük ölçüsü, söz konusu işlevlerin etkin bir şekilde yerine getirilmesi bakımından önem arz etmektedir. Çalışmamızdan elde edilen bulgular, sedir ve karaçam ile Elazığ ve Malatya çevresinde yaklaşık 50 yıl önce yapılmış ağaçlandırmaların uzun dönemli büyüme performansları ve yaşayan canlı biyoküttele biriken karbon miktarlarının ağaç türüne ve bonitete göre değiştiğini göstermiştir. Büyüme performansının en önemli göstergelerinden olan bonitet derecesi ve

endeksi bakımından değerlendirildiğinde; sedirin doğal ormanları için hazırlanmış bonitet dereceleri ile karşılaştırıldığında çalışma alanındaki bonitetlerin orta bonitete, yani II. bonitete karşılık geldiği görülmektedir. Karaçam için durum değerlendirildiğinde ise ülke düzeyinde bulunan ağaçlandırma alanları için Mısır (2003) tarafından hazırlanmış bonitet dereceleri dikkate alındığında her üç bonitetten de alan bulunduğu görülmektedir (Tablo 1). Özellikle 30 nolu karaçam deneme alanı bulguları dikkat çekici niteliktedir. Söz konusu deneme alanının alındığı Pütürge ağaçlandırma sahaları derin ve geçirgen topraklar üzerinde kurulmuş olması bu tür ile verilen literatür bilgisi ile örtüşmektedir (Kalıpsız, 1963). Bu deneme alanı bulguları yıllık ortalama hacim artımı ve genel hacim verimi bakımından diğer deneme alanlarından belirgin bir şekilde farklılık göstermektedir. Bu durum, ibrelili türlerle yarı-nemli ve yarı-kurak bölge ağaçlandırmalarının yapılmasında dikkate alınması gereken önemli bir bilgidir. Benzer şekilde Karataş ve Özkan (2017) sedir ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmada üst boy değerleri ile fizyografik yetiştirme ortamı faktörlerinden yamaç konumu arasında önemli ilişki bulmuşlar ve sedir ağaçlandırmalarında önceliğin orta yamaç, alt yamaç ve taban arazilere verilmesini önermişlerdir. Yarı-kurak ve yarı-nemli alanlarda yapılan ağaçlandırmaların kendilerinden beklenen işlevi yerine getirebilmeleri için yüksek büyüme performansı sergilemeleri, bunun için de derin ve geçirgen topraklara sahip alanların tercih edilmesi gerekmektedir. Diğer yandan, türlerin doğal yetiştirme ortamı dışında yapılan ağaçlandırmaları ile ilgili politika belirlerken başta iklim ekstremeleri ve diğer doğal olaylar nedeni ile uzun dönemdeki başarının gözlenmesi daha isabetli olacaktır (Akgül ve Yılmaz, 1987). Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar bu bakımdan da önem taşımaktadır.

Çalışmamızda hektardaki toplam gövde hacmi, ortalama 47 yaşında olan sedir deneme alanlarında 105,3 - 178,6 m³ ha⁻¹ aralığında ve ortalama 49 yaşında olan karaçam deneme alanlarında ise 208,2 - 525,6 m³ ha⁻¹ aralığında hesaplanmıştır. Polat ve ark. (2014) da sedir ve karaçamın doğal yetiştirme ortamı içinde kalan Mersin-Kadıncık Havzası'nda bu türlerle yapılan ağaçlandırmalarındaki araştırmalarında 38 yaşındaki sedir+karaçam karışık ağaçlandırma alanlarında hektardaki gövde hacmini 91,25 - 264,82 m³ ha⁻¹ aralığında, saf karaçam ağaçlandırmalarında ise 113,82 - 250,53 m³ ha⁻¹ aralığında bulmuşlardır. Bu kıyaslamadan, gerek sedir ve gerekse karaçam ağaçlandırmalarındaki büyüme performansının doğal yetiştirme ortamlarından daha düşük olmadığı görülmektedir. Ayrıca Pütürge deneme alanı için bu değer 525,6 m³

ha⁻¹ gibi oldukça yüksek olarak hesaplanmıştır. Bu durum Pütürge ağaçlandırma alanındaki yetişme ortamı faktörlerinden özellikle toprak koşullarının uygun olması ile açıklanabilir. Nitekim karaçam derin topraklarda hızlı büyümektedir (Kalıpsız, 1963). Ağaçlandırma alanları için tür seçiminde, özellikle sedir ve karaçam arasında bir tercihin yapılması söz konusu olduğunda toprak derinliği dikkate alınması gereken önemli etkenlerden birisidir.

Sedir deneme alanlarındaki hasılat değerleri doğal sedir ormanları için hazırlanmış hasılat tablosu (Evcimen, 1963) değerleri ile karşılaştırıldığında; 3 deneme alanının 47 yaş için 3,16 m³ ha⁻¹ yıl⁻¹ olan yıllık ortalama artımların ortalaması hasılat tablosunun 50 yaş için IV. bonitet (beşli sınıflamaya göre) değerine (3,90 m³ ha⁻¹ yıl⁻¹) yakın olduğu gözlenmektedir. Genel hacim verimi de benzer şekilde deneme alanları ortalamasının (147,53 m³ ha⁻¹) hasılat tablosunda IV. bonitet değerine (196,00 m³ ha⁻¹) daha yakındır. Bu sonuçlara göre sedir deneme alanlarındaki büyüme performansı doğal ormanlardakinin IV. bonitetine karşılık gelmektedir. Sedir için daha sonradan Aydın (2008) tarafından hazırlanmış bonitet tablosu dikkate alındığında ise deneme alanlarının üçlü sınıflamaya göre II. sınıfa girdiği (Tablo 1) görülmektedir. Bu değerlendirmeler ışığında çalışmamıza konu sedir ağaçlandırma sahalarının yetişme ortamı koşullarına da bağlı olarak doğal ormanların verim gücünün ortalamasına yakın veya biraz altında bir performansla sahip olduğu söylenebilir.

Benzer karşılaştırma karaçam için yapıldığında 4 deneme alanında 49 yaş için 6,54 m³ ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak hesaplanan yıllık ortalama artımlar ortalamasının doğal ormanlar için düzenlenmiş hasılat tablosunda (Kalıpsız, 1963) 50 yaş için III. bonitet değerine (6,60 m³ ha⁻¹ yıl⁻¹) yakın olduğu, yine deneme alanları için hesaplanan genel hacim verimi ortalamasının da (310,75 m³ ha⁻¹) hasılat tablosunda 50 yaş için 329,00 m³ ha⁻¹ olan III. bonitet değerine yakın olduğu görülmektedir. Bu değerler ile çalışmamızın yapıldığı alanların karaçam doğal ormanları verim gücü dikkate alındığında ortalama bir verime (bonitet tablosunda III. bonitet) sahip olduğu görülmektedir. Benzer karşılaştırma Mısır (2003) tarafından karaçam ağaçlandırma ormanları için hazırlanan hasılat tablosu ve bonitet tablosu (üç sınıflı) ile yapıldığında, deneme alanlarının her üç sınıfa da girdiği görülmektedir (Tablo 1).

Deneme alanlarının alındığı ağaçlandırma alanları yıllık karbon birikimi anlamında önemli işlev gördüğü anlaşılmaktadır. Yaşları 45-51 yıl aralığında değişen sedir ve karaçam ağaçlandırma alanlarında, ortalama artıma da bağlı olarak, buldukları yaşları itibarıyla, 1,056 - 4,492 t ha⁻¹

yıl⁻¹ karbon tuttukları ortaya konmuştur (Tablo 2). Bu anlamda karaçam ağaçlandırmalarının sedir ağaçlandırmalarına göre üstünlük sağladığı görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Orman Genel Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir.

Kaynakça

Akgül, E., Yılmaz, A., 1987. Doğal yayılış alanları dışında yapılan ağaçlandırmalarda yörenin ekolojik özellikleri ile Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Richard) gelişimi arasındaki ilişkiler, OAE Teknik Bülten Serisi No: 188, Ankara

Atalay, İ., 1987. Sedir ormanlarının yayılış gösterdiği alanlar ve yakın çevresinin genel ekolojik özellikleri ile Sedir tohum transfer rejyonlaması, Orman Genel Müdürlüğü yayını No: 663, Ankara

Ayan, S., Yer, E. N., Gülseven, O., 2017. Türkiye'deki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırma sahalarının iklim tipi açısından değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2): 152-161.

Aydın, A.C., 2008. Antalya İli Sedir ormanlarında polimorfik yöntemle meşcere verim gücünün saptanması, KTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, Trabzon

Bariteau, M., Ferandes, P., 1990. L'Amelioration des Cedrus en France. In: Proceedings of the International Cedar Symposium, (October 22-27, 1990), Antalya, Ormançılık Araş. Ens. Muhtelif Yayınlar, 59: 366-378, Ankara

Boydak, M., 2003. Regeneration of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) on karstic lands in Turkey. *Forest ecology and management*, 178(3):231-243.

Boydak, M., 2014. Toros Sedirinin ekolojisi, doğal geliştirilmesi ve bu türle karstik alan ağaçlandırmaları, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, "Akdeniz Ormanlarının Geleceği: Sürdürülebilir Toplum ve Çevre" kitapçığı, S: 22-24, Isparta

Çalışkan, S., Boydak, M., 2017. Afforestation of arid and semiarid ecosystems in Turkey, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(5): 317-330.

Çepel, N., 1978. Orman Ekolojisi, Ders kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 257, İstanbul

Güner, Ş.T., Çömez, A., Özkan, K., Karataş, R., Çelik, N., 2016. Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 66(1): 159-172, doi:10.17099/jf-fiu.18731

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.
- Erkan, N., 1997. Elazığ ve çevresindeki karaçam ağaçlandırmaları için hacim tablosu, *Güneydoğu Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 1: 61-72.
- Erkan, N., 1998. Elazığ yöresindeki Sedir ve Karaçam ağaçlandırmalarında büyüme analizleri, *Güneydoğu Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten No:3*, 44 p., Elazığ
- Erkan, N., 2006. Sedir ve Karaçamın doğal yetiştirme ortamı dışında yapılan bazı ağaçlandırma alanlarındaki gelişme durumları, Kurak ve Yarı Kurak Bölge Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı, *Bildiriler Kitabı*, S.144-156, Nevşehir
- Evcimen, B.S., 1963. Türkiye’de Sedir ormanlarının ekonomik önemi, hasılat ve amenajman esasları, *Orman Genel Müdürlüğü Yayını*, No: 355 (16), Ankara
- IPCC, 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories guidelines for national greenhouse gas inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, In: IGES, Japan (Eds.: Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T and Tanabe K). <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2019)
- Kalıpsız, A., 1963. Türkiye’de Karaçam meşcerelerinin tabii bünyesi ve verim kudreti üzerine araştırmalar, *Orman Genel Müdürlüğü Yayın No:349(8)*. 141 p., İstanbul
- Kantarçı, M.D., 1990. Türkiye’de Sedir ormanlarının yayılış alanlarında ekolojik ilişkiler. Uluslararası Sedir Sempozyumu (22-27 Ekim 1990, Antalya) kitapçığı, *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Muhtelif Yayın No: 59:12-25*, Ankara
- Karataş, R., Çömez, A., Güner, Ş.T., 2017. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırma alanlarında karbon stoklarının belirlenmesi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 4(2): 107-120.
- Karataş, R., Özkan, K., 2017. Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırmalarının gelişimi ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. *Ormancılık Araştırma Dergisi* A, 4(1): 12-21.
- Kayacık, H., 1980. Orman ve park ağaçlarının özel sistematiği: GYMNOSPERMAE İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 281, İstanbul
- Mayer, H., Sevim, M., 1959. Lübnan Sediri, Lübnan’daki 5000 yıllık tahribatı, Anadolu’da bugünkü yayılış sahası ve bu ağaç türünün Alplere tekrar getirilmesi hakkında düşünceler (Çeviren: Necmettin Çepel). *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt XI, Sayı II: 111-142, İstanbul
- MGM, 2019. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ELAZIG> (Erişim tarihi: 8 Aralık 2019)
- Mısır, N., 2003. Karaçam ağaçlandırmalarına ilişkin büyüme modelleri, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon
- Özkan, K., 2004. Beyşehir Gölü Havzası’nda Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* Arnold) yayılışı ile fizyografik yetiştirme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler. *S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Sayı: 2: 30-47
- Polat, S., Polat, O., Kantarçı, M.D., Tüfekçi, S., Aksoy, Y., 2014. Mersin-Kadıncık Havzası’ndaki Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ağaçlandırmalarının boy gelişimi ile bazı yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler, *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1:1, 22-37
- Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültür I. (Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri), İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:2187/222, İstanbul
- Saatçioğlu, F., 1969. Silvikültür I, Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 323s, İstanbul
- Tunçtaner, K., Özel, H.B., Ertekin, M., 2007. Bartın yöresindeki ağaçlandırma alanlarında kullanılan yerli ve yabancı türlerin adaptasyon yetenekleri üzerine araştırmalar, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9 :11, 11-25
- Uygun, A. ve Solakoğlu, E., 2002. Pütürge (Malatya) masifindekl pirofillit yataklarının jeolojisi ve kökeni, *MTA Dergisi* 123-124: 13-19, Ankara

Plant, tuber and seed properties of *Himantoglossum robertianum* (Loisel.) P. Delforge and *Orchis italica* Poiret

Himantoglossum robertianum (Loisel.) P. Delforge (Patpatanak) ve *Orchis italica* Poiret'in (Tavşan topuğu) bitki, yumru ve tohum özellikleri

Salih PARLAK¹

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bursa

Sorumlu yazar (Corresponding author)

Salih PARLAK

salih.parlak@btu.edu.tr

Geliş tarihi (Received)

28.02.2021

Kabul Tarihi (Accepted)

02.11.2021

Sorumlu editör (Corresponding editor)

Gaye KANDEMİR

gayeeren@gmail.com

Atıf (To cite this article): Parlak, S. (2022). Plant, tuber and seed properties of *Himantoglossum robertianum* (Loisel.) P. Delforge and *Orchis italica* poiret . Ormanlık Araştırma Dergisi , 9 (1) , 70-80 . DOI: 10.17568/ogmoad.888114



Creative Commons Atıf -
Türetilmez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

Abstract

Although orchids are the most rich family of the plant kingdom, they make up the most destroyed group. Due to human impact, environmental factors, tourism and settlement, ornamental plants or food collection, the spread areas are getting narrower and endangered every day. Two of these endangered species due to their use in the food industry are *Himantoglossum robertianum* (Loisel.) P. Delforge and *Orchis italica* Poiret. Both of these sahle orchids taxa are preferred by collectors in terms of their tuber size and the glucomannan contains and are heavily destroyed. Excessive destruction brings some pollination and fertilization problems. Orchid seeds do not have an endosperm and need a symbiotic relationship to germinate. To germinate in an asymbiotic environment, it is necessary to apply the seeds that break dormancy and keep them in a special medium and environment. The structure of the seed coat is important in eliminating the germination barrier in asymbiotic production. In this study tuber and seed morphological and physiological properties of both species were determined. Morphological features such as plant height, tuber weight and dimensions, seed sizes, seed weight, the number of seeds in 1 g, and physiological features such as seed moisture, shell structure and fullness of seeds were determined. The causes of empty seed formation are interpreted in light of the literature.

Keywords: *Himantoglossum robertianum*, *Orchis italica*, tuber, seed characteristics

Öz

Orkideler, bitkiler aleminin en zengin ailesi olmasına rağmen en çok tahrip edilen grubu oluşturur. İnsan etkisi, çevresel faktörler, turizm ve yerleşim, süs bitkisi veya yiyecek olarak kullanım nedeniyle yayılış alanları her geçen gün daralmakta ve tehlike altına girmektedir. Gıda endüstrisinde kullanımı ve aşırı toplama nedeniyle nesli tükenmekte olan bu türlerden ikisi *Himantoglossum robertianum* (Loisel.) P. Delforge ve *Orchis italica* Poiret'tir. Her iki sahlep orkidesi de yumru iriliği ve glukomannan içeriği bakımından toplayıcılar tarafından tercih edilmekte ve ağır şekilde tahribata uğramaktadır. Aşırı tahribat bazı tozlaşma ve döllenme sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Orkide tohumlarında endosperm olmadığından çimlendikten sonra su ve besin alabilmek için mikorizalar ile simbiyotik ilişkiye ihtiyaç duyarlar. Asimbiyotik ortamda çimlendirebilmek için tohumlarda dormansinin (çimlenme engelini) kırılması, özel beslenme ortamı ve çevre şartlarının sağlanması gerekir. Asimbiyotik ortamda tohumun çimlendirilmesinde embriyoyu saran kabuk yapısının da etkisi bulunmaktadır. Bu çalışmada her iki türün yumru ve tohumlarının morfolojik ve fizyolojik özellikleri belirlenmiştir. Bitki boyu, yumru ağırlığı ve boyutları, tohum boyutları, tohum ağırlığı, 1 g'daki tohum sayısı gibi morfolojik özellikler ile tohum nemi, kabuk yapısı ve tohum doluluğu gibi fizyolojik özellikler belirlenmiştir. Boş tohum oluşumları literatür bilgileri ile değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Himantoglossum robertianum*, *Orchis italica*, yumru, tohum özellikleri

1. Introduction

The orchids with 25000 to 30000 species in some 700 to 800 genera constitute the largest family among flowering plants (De et al., 2014). Orchids produce large amounts of seeds, and each capsule can contain up to four million seeds. The seeds are very minute and range in length from 0.05 to 6 mm, 0.01 to 0.93 mm in width, and weigh 0.31 to 24 µg (Arditti, 1967; Arditti and Ghani, 2000). Another feature of orchid seeds is that they adapt to wind dispersal (Baskin and Baskin, 2014). In addition to their low mass, seeds also have a high seed/embryo volume ratio. The embryo occupies only a minor proportion of the volume inside the testa (Weston et al., 2005). Thus, orchid seeds are very buoyant and can float on the surface of water or be carried by wind (Arditti and Ghani, 2000; Baskin and Baskin, 2014).

Although there are millions of seeds in a capsule, only 0.2%–0.3% of them can germinate seeds in nature, hence the quantity is limited (Doijode, 2001). They have some characteristics, such as reduced embryo and the absence of endosperm (Johri, 1985). Orchids seeds contain few nutrient reserves and may have morphological and morphophysiological dormancy, often imposing a low germination percentage. Therefore, in natural conditions, few seeds successfully germinate because of the lack of both an endosperm. They must be in a symbiotic relationship with fungi for germination (Veyret, 1974; Maheshwari, 2005; Baskin and Baskin, 2014). The epiphytic species germinate better than the terrestrial ones due probably to their simpler nutritional requirements (Arditti et al., 1982; Rasmussen, 1995; Miyoshi and Mii, 1998).

Another factor affecting germination of orchids is the morphological dormancy of the seed crust. One of the most important exogenous seed dormancy barriers is the hydrophobic nature of the seed coat that surrounds the embryo. (Weston et al., 2005) Seed coat is sclerotic (phenolic compounds, cutin, suberin, lignin) (Slaviero, 2016). Treatments, such as hypochlorite soaks, can be used to weaken the testa, improve permeability, and promote germination. These treatments are often used to bypass physiological or physical dormancy (Dutra et al, 2008).

H. robertianum and *O. italica* are the most destroyed species for the production of sahlelep. The characteristics of the species are also effective in this destruction. Plants are easy to see and valuable species for the production of sahlelep attracts collectors. The height of the plant varies between 20-80 cm. (Davis, 1984). Findings had the advantage of the plant height and attractiveness, with stems up to 100 cm, together to an early flowering (February

to April), which made the plant easily recognizable (Aedo and Herrero, 1986). Furthermore, the tubers of these species are larger than other species and have better glucomannan ratios (Tekinşen and Güner, 2009) and more easily detected at this time and tubers are in a better condition (Sezik, 2002; Molnár et al., 2017). Molnár et al., (2017) found a significant relationship between tuber size and harvesting frequency, which suggests that species with large tubers might be at a higher risk of being harvested. *H. robertianum* ranks first with a frequency of 39.5% in wild collection. Because of this unequal harvesting, early flowering taxa are probably at a higher risk from sahlelep collection than late flowering ones.

H. robertianum and *O. italica* have been over-harvested because of increasing demand in the market. The threat is further exaggerated due to destruction of its natural habitats. Therefore, it is important to establish an efficient regeneration and multiplication system for the production of plantlets (Molnár et al., 2017). In vitro germination of orchid seeds vary according to the morphological and physiological characteristics of the orchid species. Orchid seed coats are only one cell thick and lack the water-impermeable palisade layers characteristic of seeds with physical dormancy (Baskin and Baskin, 2014). The removal of dormancy barrier depends on the testa structure of the species. Scientific studies on seed weight and especially empty seed formation are insufficient. Therefore in this study, it is aimed to reveal *O. italica* and *H. robertianum* seeds and tuber characteristics.

2. Material and methods

2.1. Material

Seeds of *H. robertianum* and *O. italica* were donated by Agricultural Research Institute in Menemen, İzmir, Turkey. Seeds were collected in the spring 2019 from open-pollinated plants.

In the counting of seeds, Stereo Microscope (Irmeco, IM SZ550-B-ST5-H, Geesthacht/Germany), four-digit digital precision scales (Radwag, AS 220. R2- Radom/Poland) for weighing (Radwag MA 50.R- Radom/Poland) device, Scanning Electron Microscope (SEM) (Carl Zeiss/Gemini 300-Jena/Germany) and hydrogen peroxide (sigma-Aldrich, 34.5-36.5%) were used.

2.2. Methods

2.2.1. Extraction and storage of seeds

Seeds were taken at full ripening time and without opening the capsules. The capsules were dried and

taken in a controlled way. Seeds were placed in Eppendorf tubes and stored at +4°C until working.

2.2.2. Seed characteristics and seed count

To determine the number of seeds in 1 g, the seeds of both species were weighed on a four-digit scale. Terrestrial orchid seeds are very minute (200 to 1700 µm) and distinguish viability of seeds were very difficult to determine using triphenyl tetrazo-

lium klorür (TTC) (Warghat et al., 2014). In this respect, it was treated with 10% hydrogen peroxide (H₂O₂) for 60 minutes for counting the embryo-containing seeds. After the seed coat became partially transparent, the seeds containing the embryo were counted under the Stereo Microscope (Fig.1). The structure of the seed coat is important for germination. For this reason, the Scanning Electron Microscope (SEM) was used to determine the testa structure of the seeds.

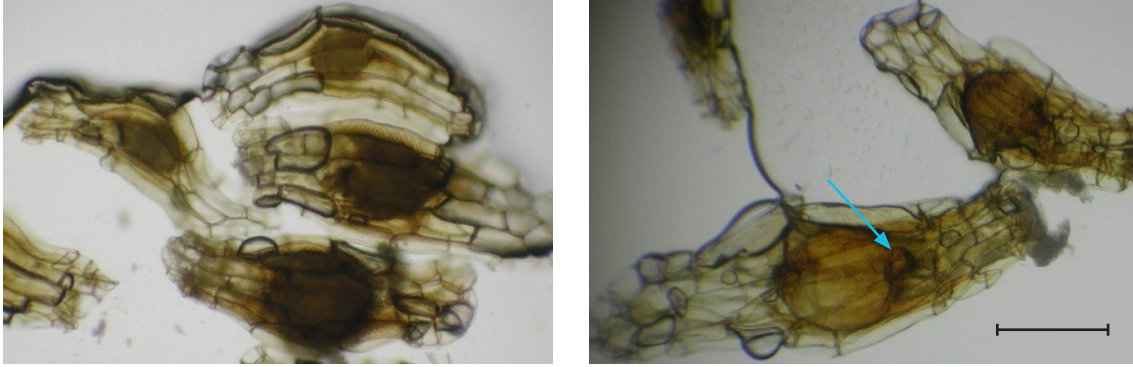


Figure 1. *H. robertianum* (left) and *O. italica* (right) treated with hydrogen peroxide (H₂O₂). Their embryos and suspensor (Scale bar 100 µm)

Şekil 1. Hidrojen peroksit (H₂O₂) ile muamele edilmiş *H. robertianum* (sol) ve *O. italica* (sağ) tohumlarında embriyo ve suspensör (ölçek 100 µm)

2.2.3. Seed moisture content

Seed moisture content is technically difficult to determine accurately since orchid seeds are so light, but a few data exist (Rasmussen, 1995). In the study, *H. robertianum* and *O. italica* seeds were stored in Eppendorf tubes after being air-dried. To determine the moisture content of orchid seeds, the temperature of moisture detection device (Radwag MA 50.R) was adjusted to 50 °C and moisture contents were determined in %. Our studies for determining seed moisture were carried out in six replications.

2.2.4. Plant and tuber properties

Plants grown in their natural environment have been used to determine plant length, tuber size and weights. Plants with tubers removed are planted again in nursery to produce new tubers.

2.2.5. Statistical analysis

Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and means were compared by Duncan's multiple range test at P<0.05 using the SPSS (IBM SPSS ver 21).

3. Results and Discussion

3.1. Plant and tuber properties

3.1.1. *H. robertianum*

In our study, *H. robertianum* was found mostly in oliveyards that have not been tillage for a long time. It is mainly developed in clearings of forest formations (60%), followed by grasslands and nitrophilous pastures (29%), shrublands (11%) up to 1700m (Delforge, 2006; Gutiérrez et al., 2018) and generally seen alkaline meadows, calcareous hillsides, chalk or limestone, open grassy rocky slopes, *Pinus* and *Quercus* woodland, macchie, phrygana. (Davis, 1984; Rasmussen, 1995; Rossi, 2002; Parlak and Tutar, 2012). *H. robertianum* is distributed throughout the Mediterranean basin, from the Balkans to Iberia and the Maghreb. It is reported that generally found in open areas, pine and oak forests and maquis spaces, between olive groves and abandoned fields (Aedo and Herrero, 1986; Altundağ et al., 2012). Although it is spread over a wide area in countries around the Mediterranean, it is a very rare species (Delforge, 2006). It is not endemic but has vulnerable (VU) category (Bongers, 1993; Sezic et al., 2007). Both species (*H. robertianum* and *O. italica*) are strictly protected by "The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora" (CITES) convention (Dulić et al., 2018).

In our study, the average plant height was measured as 27.6 cm. It was observed that *H. robertianum* in the shade was taller (Fig. 2). Altundağ et al. (2012) reported that the average height of *H. robertianum* was measured as 49.6 cm but habitat conditions may cause plant height to differ. Aedo and Herrero, (1986) determined the high of plants between 30-80 (100) cm in *H. robertianum*. In our study, the

average tuber length was 59 mm, and the tuber width was measured as 40 mm and the average tuber weight was found to be 18.6 g (Fig. 2). In the study by Altundağ et al. (2012), the average tuber length was determined as 37.6 mm and the tuber width as 28.6 mm. Aedo and Herrero (1986) give the tuber size 23-50 mm × 14-44 mm.



Figure 2. *H. robertianum* (synonymous *Barlia robertiana*) flower stalks and tubers
Şekil 2. *H. robertianum* (sinonim *Barlia robertiana*) çiçek kurulu ve yumruları

H. robertianum is one of the first blooming species and it has been seen to bloom in February- April. Renz and Taubenheim (1984) and Delforge (2006) reports that it blooms in April- January.

Sezik (1984) reported the plant blooms in late March and April. It is one of the rare species.

3.1.2. *O. italica*

O. italica is one of the least common species during field studies. It has been observed that it generally spreads within the macchie and lime soils where grazing is not done. The tuber size of species attracts collectors (Parlak and Tutar, 2012). *O. italica* is generally found growing in pine forests, poor grassland, open garrigue, scrub, woodland edges, open woodland and shrubby, mostly evergreen coastal vegetation, macchie, grassy places, usually in full sun on calcareous soil. It can form a large colony and grow 20-50 cm. (Davis, 1984; Rossi, 2002; Delforge, 2006; Johnson, 2010). Aedo and Herrero (1986), on the other hand, reports plant height on average 18-43 (50) cm. In our study the average plant length was measured as 24.5 cm, tuber length was 31 mm, and tuber width was measured as 26 mm. Aedo and Herrero (1986) determined their tuber size as 15-37 mm × 7-30 mm. The average tuber weight was determined as 12.3 g in our study (Fig. 3).

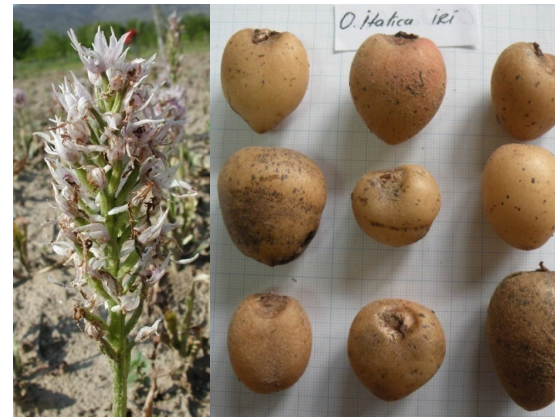


Figure 3. *O. italica* flower stalks and tubers
Şekil 3. *O. italica* çiçek salkımı ve yumruları

3.2. Seed properties and empty seed formation

3.2.1. *H. robertianum*

In this study, the length and thickness of the seeds was determined in SEM microscope. Average seed

length in *H. robertianum* was found 528 μm and thickness was 145 μm (Fig. 4). Szendrák (1997), also determined that the length varies between 460 μm - 520 μm and $135 \pm 25 \mu\text{m}$ and the median cell length is 150 μm . Aybeke (2014) reported that 531

$\pm 54 \mu\text{m}$ in length and $135 \pm 25 \mu\text{m}$ in width *H. robertianum* seeds are fusiform in shape, transparent and on the periclinal walls transversal reticulations are present.



Figure 4. Seed and seed coat under Scanning Electron Microscopy (SEM). Scanning electron micrographs of *H. robertianum* seed (left). Seed surface with longitudinal cells (200 x magnification; scale bar = 20 μm), (right).

Anticlinal and smooth periclinal walls of testa cell (500 x magnification; scale bar= 10 μm)

Şekil 4. *H. robertianum* tohum ve tohum kabuğunun Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) görünümü. (sol). Kabuk yapısının longitudinal görünümü (büyütme 200 x; ölçek = 20 μm), (sağ). Tohum kabuğunun anticlinal ve periclinal duvarlarının görünümü (büyütme 500 x; ölçek= 10 μm)

3.2.2. *O. italica*

Length and thickness measurements were made. The seed length of this species is 468 μm and thick-

ness is 143 μm (Fig. 5). The seed length was 276.66 $\mu\text{m} \pm 40.20 \mu\text{m}$ while the seed thickness was determined as 120.33 μm by Gamarra et al. (2012).

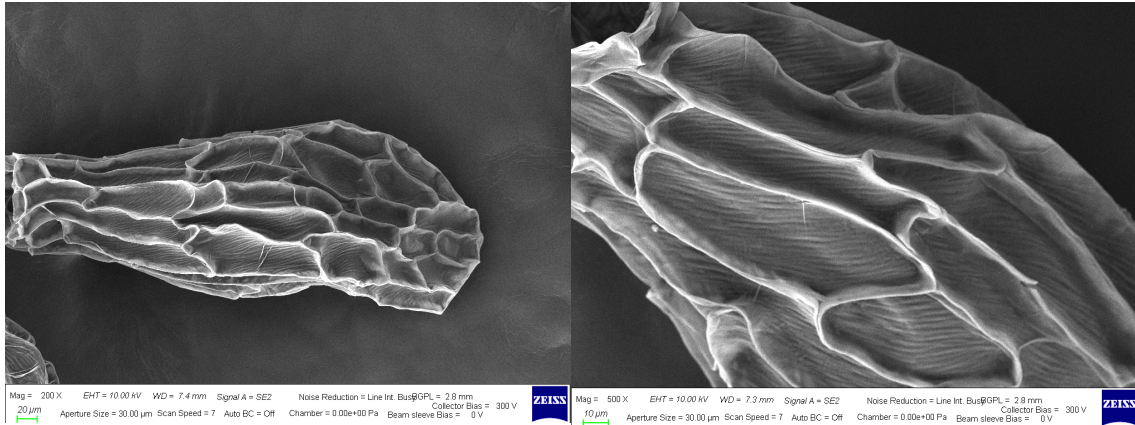


Figure 5. Seed and seed coat under Scanning Electron Microscopy (SEM). Scanning electron micrographs of *O. italica* seed (left). Seed surface with longitudinal cells (200 x magnification; scale bar = 20 μm), (right). Anticlinal and smooth periclinal walls of testa cell (500 x magnification; scale bar= 10 μm)

Şekil 5. *O. italica* tohum ve tohum kabuğunun Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) görünümü (sol). Kabuk yapısının longitudinal görünümü (büyütme 200 x; ölçek = 20 μm), (sağ). Tohum kabuğunun anticlinal ve periclinal duvarlarının görünümü (büyütme 500 x; ölçek= 10 μm)

3.3. Empty seed percentages and reasons

3.3.1. Habitat fragmentation

Seed rate without embryo was determined as 36% in *H. robertianum* and 49% *O. italica*. These rates

are high in terms of empty seed formation. At this low level of seed set, excessive destruction effects due to the physical properties of both species, high glucomannan content (Türkmen, 2019) and high tuber weight. The fruit set was not found to be si-

milar in all of the presently studied species and it ranged between 60% and 90% in the majority of cases (Verma et al, 2014).

Due to its early flowering, easy view, large tubers, dug very early and excessively destroyed. In our field studies, *H. robertianum* and *O. italica* were rarely encountered and their fragmented habitats were observed due to excessive harvesting. One drawback of this extreme destruction in orchids is that, due to habitat fragmentation, populations and individuals are separated from each other. This situation brings pollination and fertilization problems with it. According to Slaviero (2016) and Fantinato et al. (2018), the main reasons for habitat fragmentation are surrounded by woodland, areas under cultivation, villages and industrialised areas and over harvesting.

According to Ghorbani et al. (2014), current harvesting practices are too destructive and early harvesting prevents seed set and dispersal. In studies conducted on this subject, information is available that disintegrated habitats prevent pollination and fertilization and reduce seed quality and reproductive success. (Aguirre and Dirzo, 2008; Jacquemyn and Brys, 2015; Fantinato et al., 2019). Interspecies interbreeding is increasing as habitat fragmentation makes populations smaller and isolated (Angeloni et al., 2011; Pierce and Belotti, 2011), which often results in reduced reproduction and offspring survival (Charlesworth and Charlesworth, 1987; Keller and Waller, 2002; Lienert, 2004). Habitat fragmentation can lead to population declines and change in foraging behavior by limiting the movement of pollinating insects (Aguirre and Dirzo, 2008; Fantinato et al., 2019). This is probably why small and isolated populations visit fewer pollinators and receive less pollen loads, which can result in problems such as reduced pollen transport, reduced reproductive success and poor seed quality (Jacquemyn and Brys, 2015).

3.3.2. Nectarless flower formation and effects on pollination

Empty seed rate was higher in *O. italica* (49%) than *H. robertianum* (36%). It is seen that the embryo does not occur even though the testa of many seeds is formed (Fig. 6). Whether nectar is present in sahlep orchids is a factor affecting pollination and seed formation. It can be said that in the empty seed formation, these species do not attract insects and bees because of their nectarlessness and there is a pollination problem. Therefore, nectarless orchids are more fragile and sensitive to environmental changes. According to Pierce and Belotti, (2011) and Claessens and Kleynen, (2016) many orchids

produce nectar to attract insects. However, in the European orchids, there is a considerable number of orchids which produce no nectar. However, around 9000 orchid species (36 % of all orchids) worldwide do not produce nectar.

In fertilization, sometimes pollen only touches the stigma, and the egg (ovule) continues to develop, but in this case, seeds that do not contain embryos are formed (Pierce and Belotti, 2011). The rate of encapsulation of nectarless species was 37%, and 74% of nectar species. Neiland (1994) determined that only 14.3% of the flowers in *O. italica* constitute seed capsules.

Pollen transfer is mainly carried out by pollinating insects wasps, various bees, bumblebees, butterflies and moths, ants, beetles, hoverflies, flies and night-flying insects (Rossi, 2002; Pierce and Belotti, 2011; Fantinato et al., 2017; Gilián et al., 2018). *Himantoglossum* species are non-rewarding since there is no evidence of nectar in the spur and they are believed to lure pollinators with a male goat smell (Carey and Farrell, 2002; Fantinato et al., 2017). The pollination system of food deceptive orchids, which do not offer any food reward to their pollinators, is particularly problematic and has been thought to determine a low visitation rate, since pollinators learn to avoid deceptive flowers, resulting in a low fruit set due to pollination limitation (Pellissier et al., 2010). Empty seed formation is more common in genus such as *Ophrys* or *Serapias*, which show fraudulent pollination due to the resemblance of a flower to an insect. For instance, *Ophrys apifera* and *O. benacensis*, showed signs of fertility problems such as a low proportion of seeds that contained embryos (Pierce and Belotti, 2011). In a study conducted in *H. adriaticum*, seed set rates were determined to vary between 5% and 45% and low germination rates were observed (Bíró et al., 2015).

All other European *Himantoglossum* species like *H. robertianum* or *H. adriaticum* are also exclusively pollinated by various *Hymenoptera* (insects) (Claessens and Kleynen, 2016). *H. robertianum* blooms from early February and earlier than other orchid species. During this period, the air temperature is below 15 ° C and limit insect activity (Argue, 2012a). Since fertilization in *Himantoglossums* is mostly carried out with insects and *Andrena* and *Colletes* (insects) species and honey bees do not flight early of these species may cause pollination problems and empty seeds. (Rossi, 2002; Fantinato et al., 2017).

It is determined that embryo sizes are different in addition to seed formation without embryos in both types by us (Fig. 6). Full seed formation is due to

effective pollination (Rasmussen, 1995). The fact that individuals are too far apart or out of reach of pollinator agents may increase the rate of self-pollination and thus empty and small embryo seed formation (Argue, 2012b). In the studies conducted, it was determined that the size and mass of the offspring formed when cross-pollination does not occur (Hill et al., 2006; Spinardi and Bassi, 2012).

Cross-pollination has also been tested for other orchid species (Tremblay et al., 2005; Pierce et al., 2010), demonstrating that orchids that were given supplemental pollination had higher levels of fruit set than those pollinated naturally. In small, isolated populations, genetic flow decreases, while the

chances of inbreeding increase, resulting in inbreeding depression (Frankham, 2015). It was determined that cross pollination increased offspring health, fruit set, fruit size and mass (Hill et al., 2006; Spinardi and Bassi, 2012). The detrimental effects of inbreeding can be observed at different developmental stages of the plant (e.g. low production of fruit and viable seed, low total seed production per fruit, high production of empty seeds per fruit), but are usually most pronounced during the germination stage with a low germination rate. Positive results were obtained from artificial pollination studies to solve this problem (Ferdy et al., 2001; Smithson, 2006; Pierce et al., 2010; Sletvold et al., 2012; Hens et al., 2017, Del Vecchio et al., 2019).

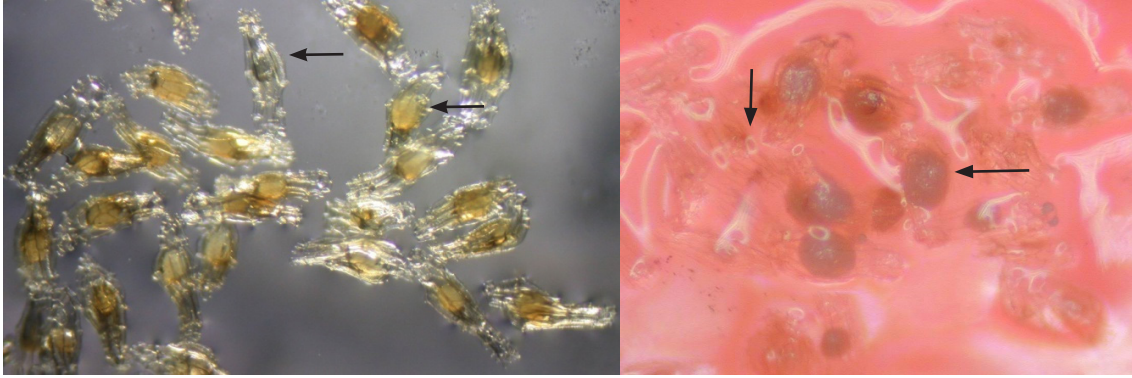


Figure 6. The embryo is visible through the transparent testa under light microscopy. *H. robertianum* (left) and *O. italica* (right) embryos of different size and non-embryo seed formations

Şekil 6. Şeffaf hale gelen embriyonun ışık mikroskobu altında görünümü. *H. robertianum* (sol) ve *O. italica*'da (sağ) farklı büyüklüklerdeki embriyolar ve embriyosuz tohum oluşumu

3.4. Seed moisture

The average moisture content of the seeds in *H. robertianum* and *O. italica* was found 6.32% and 5.72% respectively. These rates are compatible with previous studies. According to Rasmussen (1995), when mature seeds of a range of European species were desiccated over silica gel in a refrigerator and should accordingly have contained about 5% moisture. In several other species moisture content is found 5%.

3.5. Seed count and weights

The number of seeds in a capsule was calculated as 26,500 in *H. robertianum* and 14,700 in *O. italica*. The number of seeds in 1 g was determined 1.059.000 seeds in *H. robertianum* and 1.400.000 seeds in *O. italica*. One seed weight was calculated as 0.00094 mg in *H. robertianum* and 0.00071 mg in *O. italica*. Although *Orchids* seeds are the smallest member of the plant kingdom there is not many studies on weights (Rasmussen, 1995). Johri (1985) reported a seed weight as 0.002 mg. Rasmussen (1995) also states that *Goodyera repens* and *Cep-*

halanthera damasonium seeds are about 2 µg (microgram). It is known that the quality of seeds that are formed when cross-pollination does not occur in addition to the increase of empty seed rate in seeds with insufficient pollination and fertilization (Rasmussen, 1995). In our study, *H. robertianum* seeds were found to be heavier because they had more embryos.

3.6. Air space in the seeds

Embryo volume is an important attribute as it directly affects the percentage of available air space inside seed. Since the embryo is very small in orchid seeds, air covers most of the seed (Verma et al, 2014). This is an adaptation that allows the dispersal of the seed with air, and the air volume changes according to the species and the structure of the seed coat. Because of their small size, shape and large air space, orchid seeds can float in the air for long periods For example, free air space in seeds is variable At 8.2%, the free air space in *Dactylorhiza foliosa* is among the smallest, whereas the largest is 99% in *Cattleya* (Arditti and Ghani, 2000).

Most orchid seeds -like *H. robertianum* and *O. italica* -are fusiform and approximate two cones joined at their bases. Therefore their internal volume can be estimated with the formula:

Percent air space= (seed volume-embryo volume) / seed volume x 100

Since many orchid seeds are in fusiform shape, the formula $2(\pi/3 r^2h)$ is used to calculate the seed volume ($h= \frac{1}{2}$ seed length, $r= \frac{1}{2}$ seed width).

Since the embryo shapes of *H. robertianum* and *O. italica* are prolate spheroid shaped, $4/3 \pi ab^2$ formula is used to find the embryo volume. ($a=1/2$ major axis, $b=1/2$ minor axis) (Arditti et al, 1979; Arditti et al, 1980; Arditti and Ghani, 2000). When calculated using these formulas, the air space of *H. robertianum* was determined 41% and *O. italica* was 44% respectively.

Seed and embryo volume in orchids differs from species to species (Arditti et al, 1980). According to Verma et al. (2014), larger seeds have more air space (82.127-95.650%). In another study conducted by Hariyanto et al (2020) on *Dendrobium* species, the percentage of air space in seeds was found to be below 49%. In the study by Arditti and Ghani (2000) orchids average free air space in testa is determined as 43.01 (%).

4. Conclusion

Factors such as urbanization, forestry activities, narrowing of agricultural areas, herbicide use, road constructions and habitat fragmentation threaten the life and spread of orchids. Especially in the Mediterranean Basin, the species of sahlelep orchids are more threatened than others due to excessive harvesting for food. All these factors disrupt the natural balance in the spread of orchids.

Isolated populations are formed as a result of excessive destruction and habitat fragmentation. This can cause pollination problems. As a result of insufficient pollination, seeds without embryos or small embryos are formed. Embryo-free seed formation was observed more in *O. italica*.

In this study, the most destroyed *H. robertianum* and *O. italica*, which are used in the production of sahlelep, have been investigated. Although *H. robertianum* is one of the most seed setting species, its spread has been observed to be very low due to excessive destruction. Reproduction and preservation of these two species in natural environments should be ensured by producing in vitro. Besides measures should be taken to ensure pollination between fragmented habitats. Protected areas,

especially National Parks, are important areas in conserving the extinction of these heavily degraded species and should be included in "Genus conservation Action Plans".

Acknowledgement

We thank Bursa Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering for allowing the use of their facilities for this study.

References

Aedo, C., Herrero, A., 1986. Flora Iberica, Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. XXI, Departamento de Publicaciones del CSIC Vitruvio, Madrid.

Aguirre, A., Dirzo, R., 2008. Effects of fragmentation on pollinator abundance and fruit set of an abundant understory palm in a Mexican tropical forest. *Biological Conservation*, 141: 375–384.

Altundağ, E., Sevgi, E., Kara, Ö., Sevgi, O., Tecimen, H.B., Bolat, İ., 2012. *Himantoglossum robertianum* (Loisel.) P. Delforge (Orchidaceae) türünün morfolojisi, anatomisi ve yetiştirme ortamı özellikleri. Türkiye 2. Orkide ve Salep Çalıştayı, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, p 173, 25-26 Nisan 2012.

Angeloni, F., Ouborg, N.J., Leimu, R., 2011. Meta-analysis on the association of population size and life history with inbreeding depression in plants. *Biological Conservation*, 144: 35–43.

Arditti J, Michaud JD, Healey P.L., 1979. Morphometry of orchid seeds: I. *Paphiopedilum* and native California and related species of *Cypripedium*. *Amer J Bot* 66: 1128-1137.

Arditti, J., 1967. Factors affecting the germination of orchid seed. *Botanical Review*, 33: 1-97.

Arditti, J., Ghani, A.K.A., 2000. Numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications. *New Phytologist*, 145: 367-421.

Arditti, J., M.A., Clements, G., Fast, G., Hadley, G., Nishimura, R. Ernst., 1982. Orchid Seed Germination and Seedling Culture- A manual. In: Orchid Biology- Reviews and Perspectives. Vol. II, Cornell University Press, Ithaca, New York.

Arditti, J., Michaud, J. D., & Healey, P. L. 1980. Morphometry of Orchid Seeds. II. Native California and Related Species of Calypso, Cephalanthera, Corallorhiza and Epipactis. *American Journal of Botany*, 67 (3), 347–360. <https://doi.org/10.2307/2442345>.

Argue, C.L., 2012a. The Pollination Biology of North American Orchids: Volume 1, North of Florida and Mexico, Springer, New York.

Argue, C.L., 2012b. The Pollination Biology of North American Orchids: Volume 2 North of Florida and

Mexico, Springer, New York.

Aybeke, M., 2014. Morphological and histochemical investigations on *Himantoglossum robertianum* (Loisel.) P. Delforge (Orchidaceae) seeds. *Plant Systematics Evolution*, 300 (1): 91-97, Doi 10.1007/s00606-013-0862-2.

Baskin, C.C., Baskin, J.M., 2014. Seeds, Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego.

Bíró, E., Bódis, J., Nagy, T., Tökölyi, J., Molnár, V., 2015. Honeybee (*Apis mellifera*) mediated increased reproductive success of a rare deceptive orchid. *Applied Ecology Environmental Research*, 13: 181-192.

Bongers, W., 1993. Überführung asymbiotisch vermehrter terrestrischer orchideen in "natürliche" Kultursubstrate. *Erschienen in die Orchidee*, 44(6): 302-304.

Carey, P.D., Farrell, L., 2002. *Himantoglossum hircinum* (L.) Sprengel. *Journal of Ecology*, 90:206-218.

Charlesworth, D., Charlesworth, B., 1987. Inbreeding depression and its evolutionary consequences. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18: 237-268.

Claessens, J., Kleynen, J., 2016. The pollination of European orchids, Part 5: *Himantoglossum* and *Anacamptis*, Two examples of deceptive pollination. *Journal of Hard Orchid Society*, Vol. 13 No.4 (82).

Davis, P.H., 1984. Flora of Turkey and East Aegean Islands. Vol.8. Edinburgh at the University Press, Edinburgh.

De, L.C., Pathak, P., Rao, A.N., Rajeevan, P.K., 2014. Commercial Orchids. Published by De Gruyter Open Ltd, Warsaw/Berlin.

Del Vecchio, S., Pierce, E., Fantinato, G., Buffa, G., 2019. Increasing the germination percentage of a declining native orchid (*Himantoglossum adriaticum*) by pollen transfer and outbreeding between populations. *Plant Biology*, 1-7, Doi: 10.1111/plb/12986.

Delforge, P., 2006. Orchids of Europe, North Africa and the Middle East. Timber Press, Portland.

Doijode, S.D., 2001. Seed Storage of Horticultural Crops. Food Products Press, New York, London.

Dulić, J., Ljubojević, M., Prlainović, I., Barać, G., Narandžić, T., Ognjanov, V., 2018. Germination and protocorm formation of *Ophrys sphegodes* MILL. – In *Vitro* protocol for a rare orchid species. *Contemporary Agriculture*, 67 (3-4): 196-201.

Dutra, D., Johnson, T.R., Kauth, P.J., Stewart, S.L., Kane, M.E., Richardson, L., 2008. Asymbiotic seed germination, in vitro seedling development, and greenhouse acclimatization of the threatened terrestrial orchid *Bletia purpurea*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 94: 11-21.

Fantinato, E., Del Vecchio, S., Baltieri, M., Fabris, B.,

Buffa, G., 2017. Are food-deceptive orchid species really functionally specialized for pollinators? *Ecological Research*, 32: 951-959.

Fantinato, E., Del Vecchio, S., Gaetan, G., Buffa, G., 2019. The resilience of pollination interactions: importance of temporal phases. *Journal of Plant Ecology*, rty005, Doi.org/10.1093/jpe/rty005. FAO (2014) Genebank standards for plant genetic resources for food and agriculture, Revised edn. Italy, Rome.

Fantinato, E., Del Vecchio, S., Giovanetti, M., Acosta, A.T.R., Buffa, G., 2018. New insights into plant coexistence in species-rich communities: the pollination interaction perspective. *Journal of Vegetation Science*, 29: 6-14.

Ferdy, J.B., Lorient, S., Sandmeier, M., Lefranc, M., Raquin, C., 2001. Inbreeding depression in a rare deceptive orchid. *Canadian Journal of Botany*, 79: 1181-1188. Doi: 10.1139/cjb-79-10-1181.

Frankham, R., 2015. Genetic rescue of small inbred populations: Meta-analysis reveals large and consistent benefits of gene flow. *Molecular Ecology*, 24: 2610-2618. Doi: 10.1111/mec.13139.

Gamarra, R., Ortunez, E., Cela, P.G., Guadano, V., 2012. *Anacamptis* versus *Orchis* (Orchidaceae): seed micromorphology and its taxonomic significance. *Plant Systematics Evolution*, 298:597-607, Doi 10.1007/s00606-011-0569-1.

Ghorbani, A., Gravendeel, B., Zarre, S., Boer, H.D., 2014. Illegal wild collection and international trade of CITES-listed terrestrial orchid tubers in Iran. *Traffic*. 26 (2), 52.

Gilián, L.D., Judit, B., Eszeki, E., Illyes, Z., Biro, E., Nagy, J.G., 2018. Germination traits of Adriatic lizard orchid (*Himantoglossum adriaticum*) in Hungary. *Applied Ecology Environmental Research*, 16 (2): 1155-1171, Doi: 10.15666/aecr/1602-11551171.

Gutiérrez, I.R., Labarga, J.M.M., Díaz, J.A., Castro, A.G.F., Saiz, J.C.M., 2018. Expansion of *Himantoglossum robertianum* (Orchidaceae) in Madrid: a case study on environmental variables and geographical distribution. *Mediterranean Botany*, 39 (2) 2018: 111-117, http://dx.Doi.org/10.5209/MBOT.60081.

Hariyanto, S., Pratiwi, I.A., Utami, E.S.W., 2020. Seed Morphometry of Native Indonesian Orchids in the Genus *Dendrobium*. *Scientifica*. Volume 2020/06 https://doi.org/10.1155/2020/3986369

Hens, H., Pakanen, V.M., Jäkäläniemi, A., Tuomi, J., Kvist, L., 2017. Low population viability in small endangered orchid populations: genetic variation, seedling recruitment and stochasticity. *Biological Conservation*. 210: 174-183. https://Doi.org/10.1016/j.biocon.2017.04.019.

Hill, N.M., Myra, M.T.D., Johnston, M.O., 2006. Breeding system and early-stage inbreeding depression in

- a Nova Scotian population of the global rarity, *Sabatia kennedyana* (Gentianaceae). *Rhodora* 108: 307–328.
- Jacquemyn, H., Brys, R., 2015. Pollen limitation and the contribution of autonomous selfing to fruit and seed set in a rewarding orchid. *American Journal of Botany*, 102 (1): 67–72.
- Johnson, L., 2010. Orchids. First published in the United States in 2010 by DK Publishing, New York.
- Johri, B.M., 1985. Comparative Embryology of Angiosperms, Springer-Verlag, Berlin.
- Keller, L.F., Waller, D.M., 2002. Inbreeding effects in wild populations. *Trends in Ecology & Evolution*, 17: 230–241.
- Lienert, J., (2004) Habitat fragmentation effects on fitness of plant populations – a review. *Journal for Nature Conservation*, 12: 53–72.
- Maheshwari, R., 2005. Fungi-Experimental Methods in Biology. Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Miyoshi, K., Mii, M., 1998. Stimulatory effects of sodium and calcium hypochlorite, pre-chilling and cytokinins on the germination of *Cypripedium macranthos* seed in vitro. *Physiologia Plantarum*, 102: 481–486.
- Molnár, A.V., Nagy, T., Löki, V., Süveges, K., Takács, A., Bódis, J., Tökölyi, J., 2017. Turkish graveyards as refuges for orchids against tuber harvest. *Ecology and Evolution*, 2017: 1–8, Doi: 10.1002/ece3.3562.
- Neiland, M.R.M., 1994. Reproductive Ecology of British and Mediterranean Orchids.-December 1994, Presented at the University of Aberdeen for the degree of Doctor of Philosophy, 325 pp.
- Parlak, S., Tutar, M., 2012. Some Soil Properties of The Most Collected Salep Orchids in Karaburun Peninsula. Turkey. 2. Orchids and Sahlep Workshop, April 25 to 26, 2012, Menemen İzmir.
- Pellissier, L., Vittoz, P., Internicola, A., Gigord, L.D.B., 2010. Generalized food-deceptive orchid species flower earlier and occur at lower altitudes than rewarding ones. *Journal of Plant Ecology*, volume 3:number 4: 243-250.
- Pierce, S., Belotti, J., 2011. The conservation of terrestrial orchids: from the Alps to the Po Plain of Lombardy, Parco delle Orobic Bergamasche and the Centro Flora Autoctona della Regione Lombardia. The Native Flora Centre, Milan.
- Pierce, S., Ferrario, A., Cerabolini, B., 2010. Outbreeding and asymbiotic germination in the conservation of the endangered Italian endemic orchid *Ophrys benacensis*. *Plant Biosystems*, 144: 121–127.
- Rasmussen, H.N., 1995. Terrestrial Orchids; From Seed to Mycotrophic Plant. Cambridge University Press, Cambridge.
- Renz, J., Taubenheim, G., 1984. *Orchidaceae* flora of Turkey and East Aegean Islands. V.8 (P.H.Davis, R.Mill, K. Tan, eds.), Published by University Press, Edinburgh.
- Rossi, W., 2002. Orchidee d'Italia. Quad. Cons. Natura, 15, Min. Ambiente - Ist. Naz. Fauna Selvatica.
- Sezik, E., 1984. Orkidelerimiz. Sandoz Kültür Yayınları, İstanbul.
- Sezik, E., 2002. Turkish orchids and salep. *Acta Pharmaceutica Turcica*, 44: 151–157.
- Sezik, E., İşler, S., Orhan, Ç., Deniz, G.İ., Güler, N., Aybeke, M., Üstün, O., 2007. Salep ve Orkidelerin Tahribi. TÜBİTAK Araştırma Projesi. Proje No: TBAG-Ç. SEK/23(103T008). Ankara.
- Slaviero, A., 2016. Use of Lignin Modifying Enzymes (LMEs) to Aid Orchid Seed Germination, PhD Thesis, Scuola Dottorale di Ateneo Graduate School.
- Sletvold, N., Grindeland, J.M., Zu, P.J., Agren, J., 2012. Strong inbreeding depression and local outbreeding depression in the rewarding orchid *Gymnadenia conopsea*. *Conservation Genetics*, 13:1305-1315. Doi:10.1007/s10592-012-0373-7.
- Smithson, A., 2006. Pollinator limitation and inbreeding depression in orchid species with and without nectar rewards. *New Phytologist*, 169: 419–430.
- Spinardi, A., Bassi, D., 2012. Olive fertility as affected by cross-pollination and boron. *The Scientific World Journal*, 2012: 375631, 1-8 pp.
- Szendrák, E., 1997. Asymbiotic in Vitro Seed Germination, Micropropagation and Scanning Electron Microscopy of Several Temperate Terrestrial Orchids (*Orchidaceae*). PhD Thesis, The Graduate College at the University of Nebraska.
- Tekinşen, K. K., Güner, A., 2009. Kahramanmaraş Yöresinde Yetişen Saleplerin Kimyasal Bileşiminin ve Bazı Fizikokimyasal Niteliklerinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, Proje No: 06401061, Konya.
- Tremblay, R.L., Ackerman, J.D., Zimmerman, J.K., Calvo, R.N., 2005. Variation in sexual reproduction in orchids and its evolutionary consequences: a spasmodic journey to diversification. *Biological Journal of the Linnean Society*, 84 (1):1 – 54, Doi: 10.1111/j.1095-8312.2004.00400.x.
- Türkmen, N., 2019. Bazı Yabancı Orkide Türlerinden Elde Edilen Saleplerin Maraş Usulü Dondurma Üretiminde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. (PhD Thesis), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Verma, J., Sharma, K., Thakur, K., Sembi, J.K., Vij, S.P., 2014. Study on seed morphometry of some threatened Western Himalayan orchids. *Turkish Journal of Botany*, 38: 234-251, doi:10.3906/bot-1307-14.
- Veyret, Y., 1974. Development of the Embryo and the Young Seedling Stages of Orchids. In: Withner CL (ed)

The Orchids: Scientific Studies. Wiley, New York.

Warghat, A.R., Bajpa, P.K., Srivastava, R.B., Chaurasia, O.P., Chauhan, R.S., Sood, H., 2014. In vitro protocorm development and mass multiplication of an endangered orchid, *Dactylorhiza hatagirea*. *Turkish Journal of Bo-*

tany, 38: 737-746 Doi:10.3906/bot-1308-48.

Weston, P.H., Perkind., A.J., Entwisle, T.J., 2005. More than symbioses: orchid ecology with examples from the Sydney Region. *Cunninghamia* 9: 1-15.

El tipi mobil LiDAR teknolojisinin orman envanterlerinde kullanımı: Artvin-Şavşat örneği

Using handheld mobile LiDAR technology in forest inventories: Artvin-Şavşat case

Can VATANDAŞLAR¹

Mustafa ZEYBEK²

Ergin Çağatay ÇANKAYA³

Tugay DEMİRASLAN³

Cahit ŞAHİN³

Yasin GÜNDÜZ³

Ümit KORKMAZ³

Mehmet Latif AVCI³

¹ Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Artvin

² Selçuk Üniversitesi, Güneysınır Meslek Yüksekokulu, Konya

³ Orman Genel Müdürlüğü, Ankara

Sorumlu yazar (Corresponding author)

Can VATANDAŞLAR
canvatandaslar@artvin.edu.tr

Geliş tarihi (Received)

01.11.2021

Kabul Tarihi (Accepted)

12.12.2021

Sorumlu editör (Corresponding editor)

Mustafa BATUR
mustafabatur01@ogm.gov.tr

Atıf (To cite this article): Vatandaşlar, C. , Zeybek, M. , Çankaya, E. Ç. , Demiraslan, T. , Şahin, C. , Gündüz, Y. , Korkmaz, Ü. & Avcı, M. L. (2022). El tipi mobil LiDAR teknolojisinin orman envanterlerinde kullanımı: Artvin-Şavşat örneği . Ormanlık Araştırma Dergisi , 9 (1) , 81-96 . DOI: 10.17568/ogmoad.1016879



Creative Commons Atıf -
Türetilmez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

Öz

Bu çalışmanın amacı; (i) orman envanterlerinde mobil lazer tarama (LiDAR) teknolojisinden yararlanma olanaklarını araştırmak ve (ii) meşcere parametrelerine ilişkin LiDAR verilerini, uygulamada tespit edilen değerlerle karşılaştırmaktır. Bu doğrultuda, Şavşat'ta arazi ölçümleri gerçekleştirilen örnek alanlar el tipi LiDAR cihazı ile taranmıştır. Daha sonra örnek alanlardan elde edilen veri setleri birbiriyle karşılaştırılarak LiDAR'ın hassasiyeti sınanmıştır. Yapılan istatistik testler sonucunda, LiDAR ve çapölçer ile ölçülen ağaçların çapları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Yersel ölçümler referans kabul edilirse; göğüs çapı, ağaç sayısı, meşcere üst boyu ve meşcere hacmi parametreleri LiDAR cihazıyla sırasıyla; ort. 0,68 cm (%2,2), 14 ad/ha (%2,0), 0,8 m (%3,4) ve 155,7 m³/ha (%24,6) hata ile tahmin edilebilmiştir. Hacimde gözlenen yüksek hata üzerine, arazideki altı adet ağaç önce LiDAR ile dikili halde taranmış ve sonra kesilerek, bölümlenme yöntemiyle hacimlendirilmiştir. Yerde ölçülen gövde hacimlerinin LiDAR ile ort. 0,061 m³ (%5,1) hata ile tespit edilebildiği görülmüştür. Dolayısıyla, meşcere hacimlerindeki yüksek hata oranlarının LiDAR yönteminden değil, envanterde kullanılan tek girişli hacim tablolarından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Buna karşılık, LiDAR nokta bulutları üzerinden ağaç türü ve meşcere tipleri belirlenememiştir. Çalışmanın sonunda, amenajman planlarındaki birçok meşcere parametresine ait değerlerin mobil LiDAR teknolojisiyle arazide daha az vakit harcanarak kabul edilebilir doğruluk düzeylerinde hesaplanabildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mobil lazer tarama (LiDAR), GeoSLAM ZEB-HORIZON, orman amenajmanı ve planlama

Abstract

This study aims to; (i) demonstrate how to use handheld laser scanning (LiDAR) technology in forest inventories, and (ii) compare stand parameters calculated with LiDAR and traditional measurements. To this end, sample plots were scanned by a LiDAR device in Şavşat, NE Turkey. Then, the sensitivity of LiDAR data was examined by comparing it with ground truth. No significant difference was found between tree DBHs measured by LiDAR and caliper ($p>0.05$). Taking ground measurements as reference; DBH, the number of trees, stand top height, and stand volume parameters were captured by LiDAR with mean errors of 0.68 cm (2.2%), 14 trees/ha (2.0%), 0.8 m (3.4%), and 155.7 m³/ha (24.6%), respectively. Since the mean error was high for stand volume, six standing trees were scanned by LiDAR, and then, they were felled and volumized using the section method. Ground measurements showed that LiDAR calculated stem volumes with a mean error of 0.061 m³ (5.1%). Thus, the high error rate in stand volumes was attributed to the reference data derived by existing volume tables. On the other hand, tree species and stand types could not be identified with LiDAR. It was concluded that mobile LiDAR technology could calculate many stand parameters with acceptable accuracy levels efficiently.

Keywords: Light detection and ranging (LiDAR), GeoSLAM ZEB-HORIZON, forest management planning

1. Giriş

Orman envanteri çalışmaları orman amenajmanı planlama sürecinin en masraflı, en zahmetli ve en çok zaman alan aşamasıdır (Eraslan, 1982; Kallıpsız, 1984). Tek bir Orman İşletme Şefliği (OİŞ) için aylarca sürebilen bu çalışmalar, plan ünitesinin verimli ormanlarına belirli aralık-mesafelerle sistematik olarak dağıtılan örnek alanların içine giren ve insanın göğüs yüksekliğindeki (1,30 m) çapı 8,0 cm ve daha kalın olan tüm ağaçların türü, adedi, göğüs çapı, kapallığı gibi parametrelerin yersel ölçüm ve gözlemlere dayalı olarak tespitine dayanmaktadır. Ayrıca, bonitet sınıfının saptanması için hakim ağaçların boyu ve yaşı; hacim ve hacim artım tabloları oluşturabilmek için orta ağacın yaşı, boyu, çift kabuk kalınlığı ve son on yıllık halka genişliği gibi parametreler de ölçülerek envanter karnelerine kaydedilmektedir (OGM, 2017). Orman ekosistemlerinin dinamik yapısı, söz konusu envanterlerin her 10 ya da 20 yılda bir tekrarlanmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla ekosistem tabanlı fonksiyonel orman amenajman planları yenilenirken –en azından– alan ve ağaç serveti/artım envanterlerinin sıfırdan yapılması bir zorunluluktur.

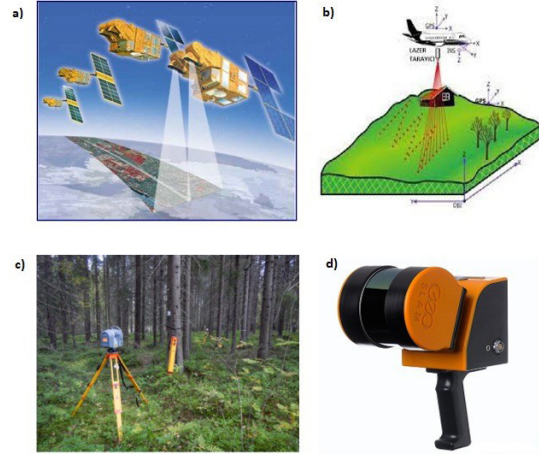
Günümüzde uzaktan algılama ve robotik teknolojilerindeki ilerlemelere paralel olarak, lazer tarama (*LiDAR-Light Detection And Ranging*) sistemleri de hızla gelişmektedir. Çeşitli LiDAR sistemleri ile ortamdaki objelerin yapısal özellikleri ve konum bilgisi 3 boyutlu (3B) olarak elde edilebilmektedir. Daha sonra bu veriler bilgisayar ortamında analiz edilerek, istenilen parametrelere ait metrik ölçümler belirli güven aralığında gerçekleştirilebilir. Böylece, özellikle orman şartlarında oldukça zor olabilen yersel ölçme işlemleri azaltılabilir, arazide geçirilen zaman ve maliyetten tasarruf edilebilir.

LiDAR teknolojisi esasen lazer ışınları ile ortamın taranmasından ibarettir. Bu yüzden LiDAR sistemlerine sıklıkla lazer tarayıcı da denir. Tarayıcıdan etrafa saçılan lazer ışın demetleri, ortamdaki objelere çarparak tarayıcıya geri dönmekte ve bu esnada geçen zaman çok hassas şekilde ölçülerek kaydedilmektedir. Işığın hızı bilindiğinden, ortamdaki objelerin tarayıcıya olan mesafesi ayrıntılı olarak hesaplanmakta ve böylece ortam, bilgisayarda 3B olarak canlandırılabilir. Buna rekonstrüksiyon model denmektedir. Rekonstrüksiyon modeller üzerinden istenilen objeye ait çeşitli parametre (çap, boy, alan, hacim vd.) değerleri hassas şekilde ölçülebilir (Vatandaşlar ve Zeybek, 2021).

LiDAR sistemleri (Şekil 1) temelde dört gruba ayrılmaktadır: (i) Uydu tabanlı sistemler, (ii) Havasal sistemler, (iii) Yersel sistemler ve (iv) Mobil sis-

temler (URL-1; URL-2; URL-3). **Uydu tabanlı sistemler**; ICESat-2 ve ISS gibi uydu platformları ya da uzay istasyonları üzerine entegre edilmiş lazer tarayıcılardan ibarettir ve çok geniş orman alanlarının (örn. tropik ormanlar) düşey yapıları ya da ormansızlaşma hakkında kaba bilgiler elde etmek için kullanılmaktadırlar. **Havasal sistemler**; uçak, helikopter ya da insansız hava araçları (İHA) üzerine monte edilen tarayıcı sensörler yardımıyla geniş orman arazilerinin (örn. Orman İşletme Müdürlüğü-OİM) yatay ve düşey yapıları hakkında orta hassasiyette bilgi toplayabilir. **Yersel statik sistemler**; diğer sistemlere nazaran çok daha hassas ve detaylı bilgi toplarlar. Bu sistemler ile orman ağaçlarının dal ve yaprakları bile birbirinden ayrılarak modellenilmektedir (Yurtseven ve ark., 2019).

Ancak, yersel sistemler nispeten ağır ve statik (sabit) oldukları için orman arazi şartlarında kullanımı pratik değildir. Tripod üzerine kurulan bu tarayıcıların orman içinde taşınmaları da zordur. Ayrıca, tek bir örnek alanda dahi tüm ağaçları her yönden modelleyebilmek için en az birkaç farklı noktada cihaz kurulumu yapıpıp tekrarlı veri alınması gereklidir. Toplanan veriler daha sonra dijital ortamda manuel olarak çakıştırılmalıdır (*alignment*). Bu işlem, veri analiz süreçlerini oldukça uzatmaktadır (Vatandaşlar ve Zeybek, 2020).

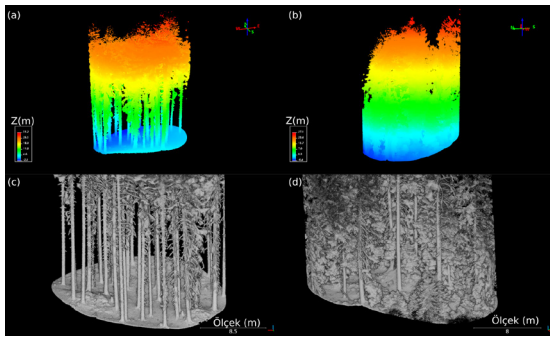


Şekil 1. Çeşitli platformlarda bulunan LiDAR sistemleri: a) Uydu, b) Havasal (URL-1), c) Yersel statik (URL-2), d) Yersel mobil (URL-3).

Figure 1. LiDAR systems on different platforms: a) Space-borne, b) Airborne (URL-1), c) Terrestrial static (URL-2), d) Terrestrial mobile (URL-3).

Özellikle son yıllarda LiDAR sensörlerinin boyutları giderek küçülmüş ve mobil hale gelmiştir. **Mobil sistemler**; (i) El tipi tarayıcılar, (ii) Kişisel (giyilebilen) tarayıcılar, (iii) Araca monteli tarayıcılar ve (iv) Mobil cihazlara (telefon, tablet) entegre tarayıcılar olarak dört gruba ayrılabilir.

Ormanlık çalışmaları için ideal görülen el tipi tarayıcılar, hafif ve mobil oluşu sayesinde operatör tarafından orman içinde rahatlıkla dolaştırılabilir. Böylece örnek alanların 3B nokta bulutu verisi üretilebilmekte, diğer bir ifadeyle; orman bilgisayar ortamında yeniden canlandırılmaktadır (Şekil 2). Buna ilaveten, oluşturulan rekonstrüksiyon modeller üzerinden istenilen birçok detaya ait bilgi, dijital ortamda yüksek hassasiyetle türetilebilmektedir (Şekil 2a-b). Dolayısıyla, el tipi mobil lazer tarayıcılar başta orman envanteri olmak üzere diğer birçok ormancılık uygulaması için önemli fırsatlar sunmaktadır.



Şekil 2. El tipi mobil LiDAR sistemiyle ormanda tarama yapılarak üretilmiş 3B veriler: a-b) Yükseklik bilgisini içeren nokta bulutları, c-d) Aynı alanlara ait görselliği artırılmış nokta bulutları.

Figure 2. 3D forest data captured by handheld mobile LiDAR system: a-b) Point clouds with height information, c-d) Dense point clouds of the same plots.

Bu araştırma çalışmasının amacı; (i) Türkiye’de geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilen orman envanteri çalışmalarında yeni nesil LiDAR teknolojilerinden biri olan el tipi mobil LiDAR sistemlerinden yararlanma olanaklarının araştırılması ve (ii) meşcere parametrelerine ilişkin LiDAR sistemiyle elde edilen değerlerin uygulamada tespit edilen değerlerle karşılaştırılarak LiDAR verisinin doğruluğunun test edilmesidir. Makalede, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı (OİPD) tarafından Artvin Orman Bölge Müdürlüğü’nde (OBM) gerçekleştirilen orman amenajman planı yenileme çalışmaları kapsamında yapılan LiDAR uygulama sonuçlarının bir kısmına yer verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma alanı

Araştırma için plan ünitesi olarak Artvin’de bulunan Karagöl-Sahara Milli Parkı (MP) ve Sahara OİŞ seçilmiştir (Şekil 3). Karagöl-Sahara MP idari açıdan Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü’ne, Sahara OİŞ ise Artvin OBM Şavşat

OİM’ne bağlıdır. Artvin’in çalışma alanı olarak seçilmesinde birden çok faktör rol oynamıştır;

(i) Artvin ormanlarının oldukça sarp arazilerde yer alması, (ii) MP, korunan alan statüsünde olduğundan buradaki meşcerelerin bakım görmemiş ve dolayısıyla oldukça kompleks ve sık yapıda olması, (iii) çalışma alanındaki asli tür çeşitliliğinin yüksek oluşu. Bu nedenlerle, Artvin’in zor orman koşullarında tatmin edici sonuçlar üretebilen bir teknoloji ve yöntemin, ülkemizin diğer ormanlarında daha verimli çalışacağı ve dolayısıyla güvenle kullanılabilceği düşünülmüştür.

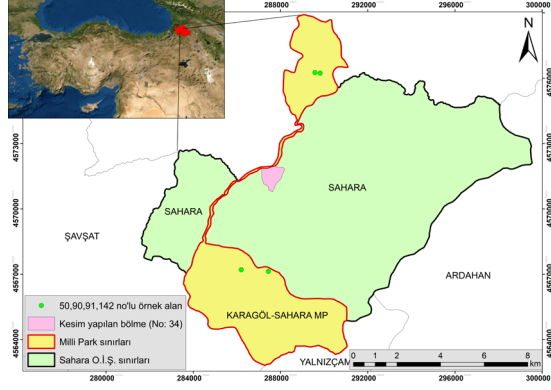
Her iki plan ünitesindeki hakim ağaç türleri ladin (*Picea orientalis*), göknar (*Abies nordmanniana* ssp. *nordmanniana*) ve sarıçamdır (*Pinus sylvestris*). Plan üniteleri genellikle bu üç türün saf ve karışık ormanlarından oluşmaktadır. Buna ilaveten; kavak (*Populus* sp.), meşe (*Quercus* sp.) gibi yapraklı türlerin meşcerelerine de rastlanmaktadır. Yörede, Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu iklim zonları arasındaki geçiş tipi iklimi egemendir (OGM, 2013). Plan ünitelerine en yakın meteoroloji istasyonu olan Şavşat Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu’nda yıllık ort. toplam yağış miktarı 600 mm seviyelerindedir. Yıllık sıcaklık ort. ise yaklaşık 10 °C’dir (MGM, 2012).

Milli Park’ın kuzey bölümünde bulunan Karagöl esasında bir heyelan gölü olup, özellikle yaz aylarında oldukça fazla turist çekmektedir. Güney kesimde yer alan Sahara bölümü ise ort. 1800 m yükseklikte olup, yaylacılık faaliyetleri ve şenlik alanları ile ünlüdür. Sahara’da geleneksel olarak her yıl yaz aylarında geniş katımlı Pancar Şenlikleri ve diğer etkinlikler düzenlenmektedir (Orhan, 2015). İkinci çalışma alanı olan Sahara OİŞ ise; 2020 yılında idari sınırları yeniden düzenlenen Veliköy ve Şavşat OİŞ’lerinden ayrılan alanlardan oluşturulmuş yeni bir şefiktir. Her iki çalışma alanı birbirine bitişiktir (Şekil 3).

2.2. Veri kaynağı

Bu araştırmanın ana veri kaynağını oluşturan örnek alanlardaki ağaçlar, el tipi mobil LiDAR sistemlerinden GeoSLAM ZEB-HORIZON cihazı ile modellenmiştir. Şekil 1’de gösterilen cihaz, İngiliz GeoSLAM firmasının geliştirilip piyasaya sunulmuştur (Cadge, 2016). ZEB-HORIZON, yine daha önce GeoSLAM tarafından üretilen ZEB1 ve ZEB-REVO cihazlarının daha gelişmiş bir versiyonudur. ZEB-REVO’da 20 m olan tarama menzili, ZEB-HORIZON’da 100 m’ye çıkarılmıştır. Böylelikle çok daha kısa sürede daha geniş arazilerin 3B nokta bulutu üretilebilmektedir. Cihaz, saniyede 300.000 nokta okuyabilmektedir. Bu okuma sayı-

sı objelerin yansıtma oranına bağlıdır. Sinyal geri yansıma yoğunluğu seviyesi de (*intensity*) ayrıca kayıt edilmektedir.



Şekil 3. Çalışma alanı ve örnek noktaların konumu.
Figure 3. The map of the study area with sample plots.

Cihaz, döner başlıklı lazer tarayıcı, ataletsel ölçüm ünitesi (*IMU*) ve veri kayıt ünitesi (*data logger*) olmak üzere üç ana üniteden oluşmaktadır. Bunlara ilaveten, 4K kayıt yapabilen bir video kamera da cihaza monte edilebilmektedir. Bu durumda, cihaz ağırlığı yaklaşık 1,5 kg olmaktadır. Robotik teknolojisinde ve otonom araçlarda kullanılan Eşzamanlı Konumlandırma ve Haritalama (*SLAM*) algoritmasını kullanan cihaz, açık ya da kapalı ortamları Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi'ne (*GNSS*) ihtiyaç duymadan otomatik şekilde haritalayabilmektedir. Diğer bir ifadeyle, el tipi mobil LiDAR sistemleri GPS olmadan lokal koordinat sisteminde haritalama yapabilme yeteneğine sahiptirler. Bu yetenek, özellikle tam kapalı meşcerelerde gerçekleştirilen ormancılık çalışmalarında büyük avantaj sağlamaktadır (Vatandaşlar ve Zeybek, 2021). Çünkü böyle meşcerelerin içinde GPS sinyallerini etkili şekilde alabilmek oldukça güçtür.

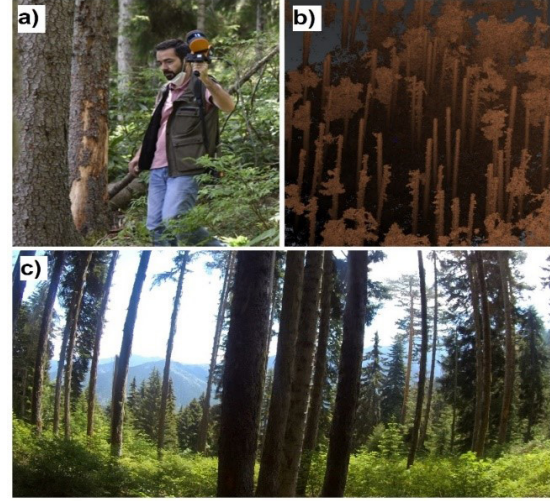
SLAM algoritmasının diğer önemli avantajı; veri alımı esnasında her saniyede toplanan noktaları, ölçme anından birkaç saniye önce toplanan nokta bulutlarıyla otomatik olarak eşleştirmek suretiyle yekpare nokta bulutu üretme kapasitesidir. Böylece, yersel (statik) LiDAR sistemlerinde olduğu gibi, aynı alana ait farklı açılardan alınmış ayrık nokta bulutlarının çakıştırılmasına (*alignment*) gerek duyulmamakta ve veri analiz süreci oldukça kısalmaktadır.

Bu araştırma çalışmasında faydalanılan “el tipi mobil LiDAR sistemi” için makalenin devamında kısaltması “LiDAR” kullanılmıştır.

2.3. LiDAR ile veri alımı (tarama) ve ön işleme

Bu araştırma kapsamında 12. Orman Amenajman Başmühendisliği ile birlikte geleneksel envanter

yöntemlerine göre yersel ölçmesi yapılacak örnek alanlara gidilerek envanter karnesi doldurulmuş ve devamında LiDAR cihazı ile veri alımı (tarama) işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Makalede geleneksel orman envanteri yönteminin (Kayacan ve ark., 2016; OGM, 2017) detayına girilmemiş, yalnızca LiDAR ile envanter yöntemleri tanıtılmıştır.



Şekil 4. LiDAR cihazıyla a) Örnek alanın taranması, b) Örnek alanın 3B nokta bulutu (görsellik açısından veri tepeden kesilmiştir), c) Tarama esnasında eşzamanlı çekilen 4K video kaydı.

Figure 4. a) Data capturing in a sample plot, b) 3D point cloud of the same plot (data was cross-sectioned for visual improvement), c) 4K video record of the same plot.

LiDAR ile veri alan operatör, örnek alan merkezine çakılan kazıktan başlamak suretiyle örnek alanın tamamını kapsayacak şekilde serbest yürüyüş gerçekleştirmiştir. Serbest yürüyüşte örnek alan içine giren tüm ağaçları dört yönden kapsayacak şekilde birkaç tur atılmakta ve başlangıç noktasına geri dönülerek veri alımı durdurulmaktadır. Cihazla veri alım işlemi 400 m²lik bir örnek alan için yaklaşık 5-6 dk. sürmektedir. Ölçme süresi topografya, meşcere yapısı ve diri örtü yoğunluğuna bağlı olarak değişebilmektedir.

Daha sonra cihazın veri kayıt ünitesine kaydedilen ham veri USB flash disk'e aktarılmıştır. Bilgisayar ortamına aktarılan veriler, cihazla gelen GeoSLAM Hub programı ile dizüstü bilgisayarda işlenmiş ve “.laz” uzantılı sıkıştırılmış “.las” formatlı 3B nokta bulutu dosyası üretilmiştir (Şekil 4). GeoSLAM Hub programında varsayılan (*default*) parametrelerle işlem yapılmıştır. Tarama esnasında ortaya çıkan parazit (*noise*) ve tekrarlı noktaların temizlenmesi de bu aşamada gerçekleşmektedir. Aynı zamanda yoğun veriye seyreltme işlemi de uygulanmaktadır. Veri analiz performansının artı-

rilması ve doğruluk faktörü de göz önünde bulundurulduğunda seyreltmenin seviyesi çok önemlidir.

Tüm bu işlemlere “veri ön işleme” denmekte ve ham veri böylelikle analize hazır hale getirilmektedir. 5 dk.’lık bir tarama sonunda elde edilen ham verinin ön işleme de dizüstü bilgisayar ile 5 dk. sürmektedir. Cihaz tek oturumda 15 dk. kesintisiz tarama yapabilme kapasitesine sahiptir. Tarama süresi arttıkça ön işleme süresi de doğru orantılı olarak artacaktır. Taramaya başlandığı anda cihaza entegre edilen 4K video kamera da kayda başlamakta, böylelikle örnek alanların yüksek kaliteli görüntü kayıtları da eşzamanlı olarak elde edilmektedir (Şekil 4).

2.4. Veri analizi

Ülkemizdeki orman amenajmanı planlama çalışmaları sürecinde, örnek alanlar içerisindeki ölçülen ağaç konumlarının koordinatlı olması gerekmektedir. Örnek alan merkezinin el GPS’i ile 5-10 m hassasiyette kaydedilen koordinatı yeterli olmaktadır (OGM, 2017). Dolayısıyla, LiDAR verisi üzerinden ölçümlerin ($d_{1,30}$, h , V) yapılabilmesi için 3B nokta bulutunun gerçek yer koordinatlarında olması gerekli değildir. Ancak, envanter karnesindeki değerlerle birebir karşılaştırma yapabilmek için öncelikle nokta bulutlarının örnek alan sınırlarına tam uyacak şekilde kesilmesi şarttır. Bunun için, cihazın tam olarak merkez kazık üzerinde çalıştırılması gerekmektedir. Böylelikle, rölatif (bağıl) koordinat sisteminde X:0, Y:0, Z:0 olmakta ve bu konum, nokta bulutu verisinin de merkezi olarak kabul edilmektedir.

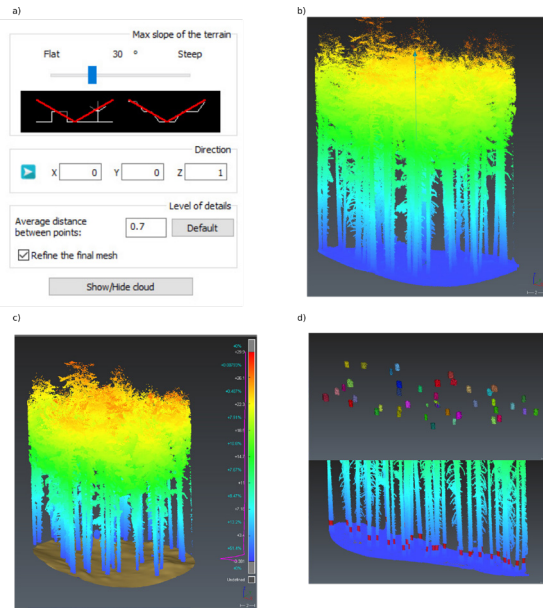
Araştırmamızda, söz konusu nokta merkez kabul edilerek, daire şeklindeki örnek alanların büyüklüğüne (400 m^2 , 600 m^2 , 800 m^2) göre uygun yarıçap genişlikleri (11,28 m, 13,82 m, 15,96 m) ayarlanmış ve veriler buna göre kesilmiştir. 3B nokta bulutlarının arazide alınan örnek alanlar uyarınca hizalanıp kesilmesi *3DReshaper* yazılımında gerçekleştirilmiştir.

Karne ve verideki ağaçların tek tek eşleştirilmesi ise semt açısı hesabıyla yapılmıştır. Ülkemizde uygulanan geleneksel orman envanteri yöntemi uyarınca, örnek alandaki ağaçların ölçümüne kuzeyden başlanır, saat yönünde dönülerek her bir ağaca numara verilir ve bu şekilde ilerlenir (OGM, 2017). Arazide yersel ölçümler yapılırken bu kurala riayet edilmiştir. Diğer yandan, LiDAR verisi rölatif koordinat sisteminde gelmektedir. Dolayısıyla örnek alan sınırlarına göre kesilen nokta bulutlarında kuzey yönü ve her ağacın merkezden kuzeyle yaptığı açı (semt açısı) bellidir. Bu sayede nokta bulutlarındaki her bir ağaç, envanter karnesindekilerle eşleştirilebilmiştir.

2.4.1. Nokta bulutlarının yer/yerüstü olarak sınıflandırılması ve normalizasyon

Eğimli arazilerdeki ormanlarda ağaç boyu ve göğüs çapı ($d_{1,30}$) parametrelerine ilişkin değerler yer seviyesine göre hesaplandığı için topografyayı (zemin) temsil eden noktaların tespit edilmesi elzemdir. Elde edilen topografik noktalar üzerinden yüzey (*mesh*) modeli veya sayısal yükseklik modeli (SYM) üretilerek, yerüstü yani vejetasyonu temsil eden tüm noktaların zemine olan mesafeleri hesaplanmalıdır. Bu durumda, topografik model, referans obje olmaktadır. Karşılaştırma noktaları da ağacı temsil eden noktalar alınarak rölatif Z eksenini (yükseklik) yeniden hesaplanır. Tek ağaçlara ait bilgilerin çıkarımında noktaların yer/yerüstü olarak sınıflandırılması ve normalizasyon rutin bir işlemdir (Liu ve ark., 2021; Trochta ve ark., 2017; Wang ve ark., 2019).

Bu araştırma çalışmasında yüzey modelleri eğim temelli bir algoritmayla *3DReshaper* yazılımı ile üretilmiştir. Daha sonra, yüzey (*mesh*) model olarak elde edilen zemin ile yerüstünü (vejetasyonu) temsil eden tüm noktalar karşılaştırılmıştır (Şekil 5).

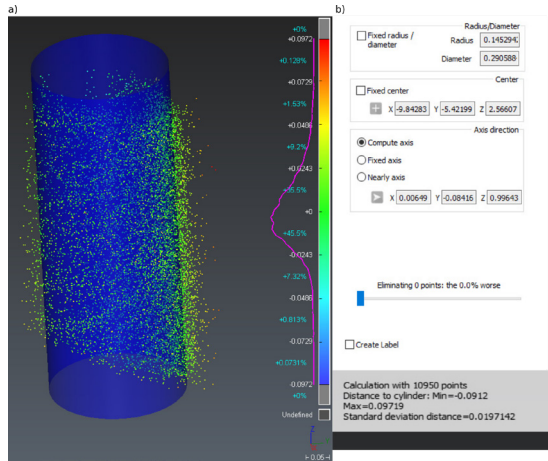


Şekil 5. a) Zemine ait noktaların sınıflandırılmasında kullanılan parametreleri, b) Örnek alan sınırlarından kesilmiş nokta bulutu, c) Zemin noktalarına göre üretilen yüzey modeli ve vejetasyon noktaları, d) $d_{1,30}$ 'dan kesit alınmış nokta bulutu ve buradaki gövdelere ait noktalar.

Figure 5. a) Adaptive parameters for ground point classification, b) Point cloud extracted by plot borders, c) Topographic mesh model and vegetation points, d) Cross-sectioned point cloud and existed stem points.

2.4.2. Ağaç konumlarının kestirimi

Ağaç konumları zeminden 1,00-1,60 m aralığında alınan kesit üzerine uygulanan silindir oturtma işlemine göre yapılmıştır (Şekil 6). En küçük kareler (EKK) algoritmasına (Lukács ve ark., 1997) göre yapılan uygulama sonrasında, silindir merkezlerinin ilgili ağaç gövdelerinin merkezini temsil ettiği varsayılmıştır ve haritalama buna göre yapılmıştır. Yoğun diri örtü, çalı gibi parazit (*noise*) sorunu bulunmayan örnek alanlara ait nokta bulutlarında silindire alternatif olarak daire oturtma işlemi de yapılabilmektedir. Bu durumda nokta bulutunun 1,28-1,33 m gibi daha ince dilimler halinde kesilmesi gerekir. Burada dikkat edilecek temel husus; kesit kalınlığı ne olursa olsun, kesitin orta yüksekliğinin göğüs yüksekliğine eşit olması zorunludur. Çünkü Türkiye'deki orman envanteri sisteminde ağaçların göğüs çapı, insanın ort. göğüs yüksekliği olarak kabul edilen yerden 1,30 m yükseklikten ölçülmektedir (Kayacan ve ark., 2016; OGM, 2017).



Şekil 6. a) Gövde kesitlerine silindir oturtma işlemi: gövdeye ait nokta bulutu, b) Oturtulan silindire ait çeşitli parametreler.

Figure 6. a) Cylinder fitting on a stem section: point cloud of a stem, b) Various parameters of the cylinder.

2.4.3. Yerüstü noktaların gövde ve gövde dışı olarak sınıflandırılması

Ağaç gövdelerine ait noktaların gövdeye ait olmayan noktalardan (dal, yaprak, çalı vb.) ayrılması için, belirlenen her ağaç konumuna ait 25 cm yarıçaplı sütunlar oluşturulmuştur. Belirlenen sütunlara ağaç numaraları (*TreeID*) atanmıştır. Meşcere parametrelerinin çıkarılabilmesi için nokta bulutlarında gövdelerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla gövde noktaları Hough daire çıkarımına göre kestirilmiştir (Illingworth ve Kittler, 1987).

Hough dönüşümü, raster veri kümeleri üzerinde geometrik şekilleri tespit edebilen bir tekniktir (Illingworth ve Kittler, 1987). Bu araştırma çalışmasında, nokta bulutlarının iki boyutlu yatay katmanları üzerinde dairesel şekiller bulmak için bu algoritma kullanılmıştır. Her bir gövdeye ait nokta bulutu alınarak, önce her 0,5 m'de bir 1-2 m aralığında dipten tepeye doğru kesitler alınmıştır. Her kesitte, zemine dik doğrultuda bir segment oluşturulmuştur. Buradaki Z eksen vektörel olarak $[0, 0, 1]$ şeklinde ifade edilir. Kestirilen daire parametreleri üzerinden Hough dönüşümü uygulanarak merkez koordinatları (x,y) ve göğüs çapları elde edilmiştir. Son olarak, çap değerlerinin daha doğru çıkarılabilmesi için RANSAC (de Conto ve ark., 2017; Schnabel ve ark., 2007) temelli silindir oturtma işlemi ile optimizasyon yapılmıştır.

2.5. Meşcere parametrelerine ilişkin değerlerin ölçüm ve hesaplanması

2.5.1. Göğüs çapı ($d_{1,30}$)

LiDAR verisinde göğüs yüksekliğindeki çap ($d_{1,30}$); ağacın yerle birleştiği konumdan 1,30 m yükseklikte bulunan noktalar üzerinden hesaplanmaktadır. Eğimin %0 olduğu, yani tamamen düz bir arazide göğüs yüksekliğinin belirlenmesi için verideki en alçak nokta baz alınmalıdır. Ancak, Artvin'deki ormanlar genellikle yüksek eğimli ve kırıklı arazilerde yer aldığı için bu yaklaşım hataya sebep olabilmektedir. Bu nedenle, öncelikle arazinin normalizasyonu gerçekleştirilmelidir. Normalizasyon işleminde, her bir ağaca en yakın zemin seviyesinden yararlanılmıştır. Böylece, hem ağaç boyları hem de göğüs çapları gerçeğe daha yakın hesaplanmıştır.

Örnek alan kolay ya da orta zorluk seviyesinde ise 3B nokta bulutu, çeşitli algoritmalar yardımıyla tek ağaç düzeyinde sınıflandırılabilir. Zor örnek alanlarda ise tam otomatize yöntemler genellikle işe yaramamakta ve hatalı sonuçlar üretmektedir (Zeybek ve Vatandaşlar, 2021). Araştırmada bunun yerine, *3DReshaper* programında manuel veri analizi tercih edilmiştir. Bu noktada yarı otomatik sistemler de uygulanabilmektedir (Vatandaşlar ve Zeybek, 2021). Ağaca ait noktaların konumlarının bilinmesi, sınıflandırma algoritmalarının doğruluğunu da artırmaktadır.

Yalnızca ağaç gövdelerinin sınıflandırılması göğüs çapı ve ağaç boylarının hesaplanması için yeterlidir. Zor örnek alanlarda gövdeye ait noktalardan 60 cm kalınlığında kesitler alınarak, bu noktalara silindir oturtma uygulaması yapılmıştır. Kolay ve orta zorluktaki örnek alanlarda ise tekil gövdeler net olarak görülüyorsa 5 cm'lik kesitlere daire doğ-

rudan oturtulmuştur. Eğer ağaçlar eksantrik gövdelere sahip ise elips oturtma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Böylece, göğüs çapları daha doğru şekilde hesaplanabilmektedir.

2.5.2. Meşcere üst boyu ($h_{üst}$)

Örnek alanlar meşcere tipleri itibarıyla gruplandırılıp üst boylarının ortalaması alınarak meşcere üst boyu hesaplanabilmektedir. Tekil ağaçların boyu ve meşcere üst boy bilgisi, orman envanterinin ötesinde hacimlendirme, yetiştirme ortamı verim gücünün (bonitet) saptanması ve boylanma eğrisinin çizimi gibi hasılat çalışmalarında da sıklıkla kullanılmaktadır (Eraslan, 1982; Kalıpsız, 1984).

Bu çalışmada örnek alanlarda ağaç numarası (*Tre-ID*) atanan her bir ağaca ait boy bilgisi maksimum 15 noktada Z (yükseklik) değerlerine göre median fonksiyonu uygulanarak tespit edilmiştir. Örnek alan içerisindeki en boylu ağacın (hakim ağaç boyu), örnek alanın üst boyu olduğu varsayılmıştır.

2.5.3. Meşcere hacmi (V)

Hektardaki meşcere hacmini hesaplayabilmek için öncelikle örnek alanlardaki tüm ağaçların dikili haldeki kabuklu gövde hacimlerinin hesaplanması gerekir. Bunun için LiDAR verisinde gövdeyi temsil eden noktalara silindir oturtma işlemi gerçekleştirilmiştir. Tek ağaçlar için 0,50 m'lik seksiyonlar (kesit) üzerine ayrı silindirler oturtularak, her bir seksiyonun hacim değeri hesaplanmış ve toplanmıştır. Böylelikle tüm gövdenin kabuklu hacmi bulunmuştur. Bazı gövdelerin üst kısmı tepe tacı nedeniyle nokta bulutu verisinde net olarak çıkmamaktadır (Şekil 2). Bu tür ağaçların belirli bir yükseklikten sonraki gövde profilleri, çap düşüşüne göre robust doğrusal regresyon modeli yardımıyla çıkarılmıştır. Bu kapsamda, robust regresyon ile çap ve yükseklik arasındaki ilişkiyi yararlanılmıştır.

R programında bulunan MASS paketindeki *rlm* komutu, robust regresyonun çeşitli versiyonlarını uygulamaktadır. Bu çalışmada, Huber ağırlıklı M-tahmini kullanılmıştır (Venables ve Ripley, 2002).

2.5.4. Tek ağaçta gövde hacmi (v)

LiDAR verisi ve arazide ölçülen çaplar üzerinden hesaplanan meşcere hacim değerleri arasındaki muhtemel farklılıkların hangi veri setinden kaynaklandığını anlayabilmek için arazide 6 adet ağaç kestirilmiştir (Şekil 7a). LiDAR cihazı ile taranan örnek ağaçlar, bu işlem sonrasında kesilerek devrilmiştir. Devrilen bu ağaçlar 2 m'lik seksiyonlara ayrılarak ölçülmüş ve Huber'in orta yüzey formülü uyarınca hacimlendirilmiştir (Şekil 7b). Seksiyon yönteminde ağacın dip kütük kısmının ve seksiyonlarının silindirik, uç kısmın ise konik şekilde olduğu varsayılmıştır ve hacim hesapları buna göre yapılmıştır. Seksiyon yöntemi ve Huber formülüne ait eşitlikler aşağıda sırasıyla gösterilmektedir;

$$V_{top} = V_{dip} + V_{sek} + V_{uç} \quad (1)$$

$$V = (\pi / 4) \times (d_{0,5})^2 \times l \quad (2)$$

Eşitlik (1)'deki V_{top} ; tüm ağaç gövdesine ait kabuklu toplam hacmi (m^3), V_{dip} ; ağacın dip kütüğüne ait kabuklu hacmi (m^3), V_{sek} ; ağacın tüm seksiyonları için hesaplanmış kabuklu hacim toplamını (m^3), $V_{uç}$ ise; ağacın tepe uç kısmının kabuklu hacmini (m^3) ifade etmektedir.

Eşitlik (2)'deki V ; kabuklu gövde (seksiyon) hacmi (m^3), $d_{0,5}$; seksiyonların orta (1 m'deki) çapı (m), l ise; seksiyon uzunluğunu (2 m) ifade etmektedir.



Şekil 7. a) Sahara OİŞ'nde araştırma için kesilen bir örnek ağaç, b) Devrilen ağacın seksiyon yöntemine göre hacimlendirilmesi.

Figure 7. a) Sample tree in the Sahara Forest Chiefdom, b) Volume measurements on a felled tree with the section method.

2.5.5. Kapalılık

Ağaçların tepe tacı kapalılığının belirlenmesi için öncelikle nokta bulutunun hangi yükseklikten kesilmesi gerektiğine karar verilmelidir. Bu araştırma çalışmasında meşcere orta boyları göz önünde bulundurularak tüm nokta bulutlarının 10 m yükseklikten kesilmesine karar verilmiştir. Daha sonra 10 m yükseklikten kesilen nokta bulutları üzerinden kanopi (tepe tacı) modelleri üretilmiştir.

Nokta bulutlarının raster modele çevrilmesi için farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu çalışmada *watershed segmentation* yöntemi kullanılmıştır (Beucher ve Lantuejoul, 1979). Eğer raster model üzerinde veri boşlukları (taranmayan alanlar) bulunuyorsa, bu alanların düzeltilmesi için kayan yüzeyler yumuşatma algoritması ve *NA* doldurucu

fonksiyonları kullanılmıştır (örn. Gauss kayan yüzeyler filtrelemesi). Bunun için R *raster* paketinde (Hijmans, 2021) yer alan *focal* fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon, odak hücrelerinin çevresindeki hücreler için bir ağırlık matrisi kullanma esasına dayalıdır. Ağırlıklandırma için median fonksiyonu uygulanmıştır. Daha sonra raster modelde elde edilmiş taç genişlikleri vektörel veriye (poligon) dönüştürülerek tepe taşlarına ait alanlar poligon olarak temsil edilmiştir. Son olarak poligonların toplam alanı, örnek alan büyüklüğüne bölünmüş ve kapalılık değeri yüzde cinsinden hesaplanmıştır.

2.6. İstatistik analizler

Aynı örnek ağaçlardan farklı yöntemlerle (LiDAR ve çap ölçer) elde edilen göğüs çapı değerlerinin normal dağılım ve varyans homojenliği gibi önkoşulları sağlayıp sağlamadığı sırasıyla Kolmogorov-Smirnov ve Levene testleri ile belirlenmiştir. Daha sonra, söz konusu veri setleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark olup olmadığı test edilmiştir. İstatistik önkoşulların sağlandığı örnek alanlar için eşleştirilmiş t testi uygulanmıştır. Önkoşulları karşılamayan örnek alanlarda ise bu testin parametrik olmayan karşılığı Wilcoxon testi tercih edilmiştir. Sonuçlar %95 güven düzeyinde raporlanmıştır.

3. Bulgular

3.1. Meşcere parametreleri

3.1.1. Ağaç konumları ve göğüs çapı

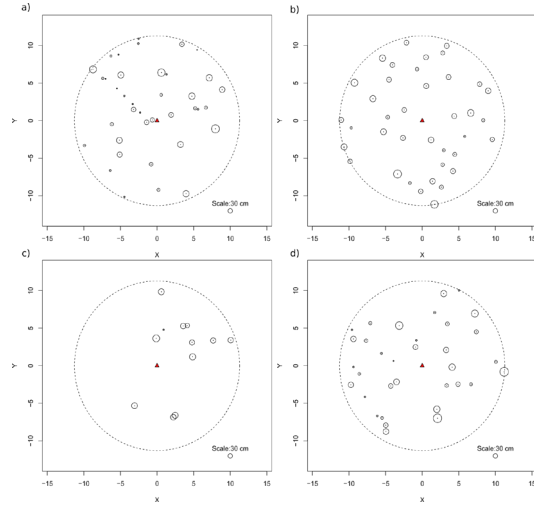
LiDAR cihazıyla taranan örnek alanlardaki ağaçların göğüs çapındaki gövde kesitleri Şekil 8'de gösterilmektedir. Şekildeki ağaçların her biri daire şeklinde temsil edilmektedir. Dairelerin büyüklüğü $d_{1,30}$ göğüs çapı değerlerine göre oransal olarak ölçeklendirilmiştir.

Daire ortasındaki noktalar ağaç merkezlerini ifade etmektedir. Yine daire şekilli örnek alan ortasındaki kırmızı renkli üçgen ise örnek alan merkezini (kazık) göstermektedir. LiDAR verisi rölatif koordinat sisteminde olduğundan, ağaçların birbirine uzaklıkları, merkez kazığa olan mesafeleri ve kazığa göre kuzeyle yaptıkları semt açısı otomatik olarak raporlanabilmektedir.

Tablo 1, tek ağaç bazında incelendiğinde, LiDAR verisi ve arazide ölçülen çap değerleri arasındaki farkların genellikle 1 cm'nin altında olduğu anlaşılmaktadır. Örnek alan bazındaki ortalamalar üzerinden karşılaştırma yapıldığında ise iki veri seti arasındaki en yüksek farklılığın 91 numaralı Çscd2 meşceresinde 1,9 cm olarak hesaplandığı görülmüştür. Diğer bir ifadeyle, LiDAR yöntemi

bu örnek alandaki ort. çap değerini arazi ölçümlerine nazaran %5,5 oranında yüksek hesaplanmıştır. 50, 90 ve 142 numaralı örnek alanlardaki ort. farklar ise sırasıyla: +%3,1; -%1,2 ve +%1,4'tür.

Gerçekleştirilen istatistik analizler sonucunda, LiDAR verisi ve kumpasla ölçülen çap değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). 50 numaralı örnek alan için uygulanan eşleştirilmiş t testinin p değeri 0,239'dur. 90, 91 ve 142 numaralı örnek alanlarda ise Wilcoxon testi uygulanmış ve p değerleri sırasıyla: 0,311; 0,784 ve 0,217 bulunmuştur.



Şekil 8. Örnek alanlardaki ağaçların konumsal dağılımını gösteren haritalar: a) 50 no.lu örnek alan, b) 90 no.lu örnek alan, c) 91 no.lu örnek alan, d) 142 no.lu örnek alan. Gövde kesitleri kendi çap genişliklerine göre ölçeklendirilmiştir.

Figure 8. Tree positions in sample plots: a) Sample plot 50, b) Sample plot 90, c) Sample plot 91, d) Sample plot 142. Stem sections were scaled according to their DBHs.

Örnek alanlardaki ağaçlarda LiDAR ve yersel ölçümle tespit edilen çap değerleri arasındaki uyumu daha iyi analiz edebilmek için dağılım grafikleri çizdirilmiştir (Şekil 9). Şekil 9 incelendiğinde, tüm örnek alanlarda iki veri seti arasındaki uyumun oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır. LiDAR ve çapölçer ile ölçülen değerler doğrusal regresyon yöntemiyle modellendiğinde, örnek alanlardaki belirtme katsayılarının (R^2) %98,6 ve %99,2 aralığında olduğu görülmüştür. Bu kadar yüksek olan R^2 değerleri, iki veri seti arasındaki korelasyonun pozitif yönde ve çok kuvvetli olduğunu göstermektedir.

3.1.2. Ağaç sayısı (N)

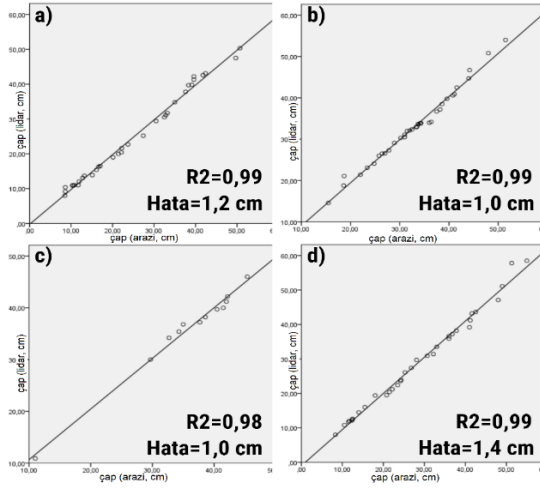
Tablo 1'de ayrıca örnek alanlardaki toplam ağaç sayısı da görülmektedir. Örnek alan büyüklükleri farklı olduğu için (örn. 91 no.lu örnek alan 600 m²,

Tablo 1. Örnek alanlardaki ağaçların LiDAR ve çapölçer ile ölçülmüş göğüs çapları
Table 1. Tree DBHs measured by LiDAR and caliper in sample plots

| Ağaç no. | Örnek alanların numarası ve meşcere tipi rumuzu | | | | | | | |
|-------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 50 (LÇscd3) | | 90 (GLcd3) | | 91 (Çscd2) | | 142 (LÇscd3) | |
| | Lidar-çap (cm) | Karne-çap (cm) | Lidar-çap (cm) | Karne-çap (cm) | Lidar-çap (cm) | Karne-çap (cm) | Lidar-çap (cm) | Karne-çap (cm) |
| 1 | 12,0 | 11,9 | 30,5 | 31,0 | 46,0 | 45,4 | 33,5 | 33,0 |
| 2 | 19,0 | 20,1 | 54,0 | 51,5 | 10,9 | 11,0 | 38,2 | 37,8 |
| 3 | 9,2 | 8,6 | 16,7 | - | 40,0 | 41,5 | 12,6 | 12,5 |
| 4 | 15,4 | 16,1 | 18,8 | 18,6 | - | 13,0 | 39,2 | 41,0 |
| 5 | 22,7 | 23,7 | 30,3 | 30,2 | 37,2 | 37,7 | 30,9 | 30,7 |
| 6 | 32,5 | - | 33,9 | 34,2 | 30,0 | 29,7 | 31,4 | 32,2 |
| 7 | 50,3 | 50,7 | 36,7 | 37,5 | 34,2 | 32,7 | 12,4 | 12,4 |
| 8 | 43,1 | 42,4 | 23,1 | 23,4 | 42,2 | 42,2 | 19,5 | 20,8 |
| 9 | 13,1 | 12,8 | 27,3 | 27,8 | 35,4 | 34,3 | 10,8 | 10,5 |
| 10 | 21,6 | 22,2 | 26,6 | 27,0 | 36,8 | 35,0 | 36,6 | 36,0 |
| 11 | 20,4 | 22,1 | 50,8 | 48,0 | 41,2 | 42,0 | 19,4 | 18,0 |
| 12 | 54,1 | - | 21,1 | 18,7 | 39,7 | 40,5 | 12,1 | 12,3 |
| 13 | 37,8 | 37,6 | 14,6 | 15,5 | 38,2 | 38,6 | 23,6 | 24,2 |
| 14 | 42,6 | 41,8 | 33,7 | 33,8 | - | - | 14,5 | 14,0 |
| 15 | 10,9 | 10,3 | 29,1 | 28,9 | - | - | 22,4 | 23,5 |
| 16 | 13,7 | 13,2 | 38,5 | 38,6 | - | - | 51,1 | 49,0 |
| 17 | 11,0 | 11,7 | 34,2 | 36,4 | - | - | 26,1 | 25,3 |
| 18 | 41,3 | 39,6 | 33,8 | 34,2 | - | - | 47,1 | 48,0 |
| 19 | 8,0 | 8,5 | 44,7 | 44,0 | - | - | 12,0 | 11,7 |
| 20 | 16,3 | 16,6 | 40,6 | 40,8 | - | - | 27,4 | 26,8 |
| 21 | 11,0 | 10,5 | 39,8 | 39,6 | - | - | 20,4 | 21,5 |
| 22 | 34,8 | 35,0 | 21,4 | 22,0 | - | - | 43,2 | 41,6 |
| 23 | 13,9 | 15,1 | 37,2 | 38,2 | - | - | 29,7 | 28,1 |
| 24 | 16,5 | 17,0 | 31,1 | 31,0 | - | - | 23,9 | 24,3 |
| 25 | 47,5 | 49,7 | 26,5 | 26,4 | - | - | 57,8 | 51,3 |
| 26 | 31,7 | 33,2 | 33,6 | 33,7 | - | - | 37,2 | 36,8 |
| 27 | 10,4 | 8,6 | 33,0 | 33,5 | - | - | 11,7 | 11,5 |
| 28 | 20,0 | 21,4 | 24,1 | 24,8 | - | - | 8,0 | 8,3 |
| 29 | 39,7 | 38,3 | 46,7 | 44,2 | - | - | 16,0 | 15,5 |
| 30 | 29,4 | 30,5 | 32,1 | 32,0 | - | - | 41,2 | 41,2 |
| 31 | 11,0 | 10,8 | 32,4 | 32,5 | - | - | 35,9 | 36,0 |
| 32 | 31,1 | 32,8 | 32,9 | 33,3 | - | - | 21,2 | 22,2 |
| 33 | 30,5 | 32,5 | 42,5 | 41,6 | - | - | 58,5 | 55,0 |
| 34 | 42,2 | 39,6 | 40,9 | 41,1 | - | - | 43,6 | 42,5 |
| 35 | 25,2 | 27,4 | 26,0 | 25,8 | - | - | - | - |
| 36 | 39,8 | 39,1 | 33,9 | 34,3 | - | - | - | - |
| 37 | - | - | 32,0 | 31,5 | - | - | - | - |
| 38 | - | - | 34,0 | 36,0 | - | - | - | - |
| Ort. | 25,8 | 25,0 | 32,6 | 33,0 | 36,0 | 34,1 | 28,5 | 28,1 |

diğerleri 400 m²) tüm örnek alanlar hektara çevrilerek birim alandaki ağaç sayıları bulunmuştur.

50, 90, 91 ve 142 numaralı örnek alanlarda LiDAR verisi üzerinden tespit edilen ağaç sayılarının hektara çevirme katsayısıyla çarpılması suretiyle hesaplanan birim alandaki ağaç sayıları sırasıyla; 900 ad/ha, 950 ad/ha, 199 ad/ha ve 850 ad/ha'dır. Aynı alanlarda arazide tespit edilen ağaç sayıları ise; 850 ad/ha, 925 ad/ha, 216 ad/ha ve 850 ad/ha'dır. İki veri seti arasındaki en büyük farklılık 50 numaralı örnek alanda bulunmuştur: LiDAR yöntemi ile örnek alanda farklı ölçülen 2 adet ağaç, alan hektara dönüştürüldüğünde toplamda 50 adet ağaç olarak hesaplanmaktadır. 142 numaralı örnek alandaki ağaçlar ise her iki veri setinde de tam olarak aynı bulunmuştur.



Şekil 9. Örnek alanlarda LiDAR cihazı ve çapölçer ile ölçülen göğüs çaplarının dağılım grafikleri: a) 50 no.lu örnek alan, b) 90 no.lu örnek alan, c) 91 no.lu örnek alan, d) 142 no.lu örnek alan

Figure 9. Scatter plots of the ground and LiDAR-derived DBHs: a) Sample plot 50, b) Sample plot 90, c) Sample plot 91, d) Sample plot 142

Bazı örnek alanlardaki ağaç sayıları arasındaki uyumsuzlukların genellikle sınır ağaçları ya da 8 cm'ye yakın çaplı ince ağaçlardan kaynaklandığı anlaşılmıştır. Arazide merkez kazıktan ip çekilerek tespit edilen örnek alan sınırları, LiDAR verisinde merkez noktadan (x:0, y:0, z:0) daire yarıçapı (400 m² için 11,28 m) girilip kesilerek tespit edilmektedir. Dolayısıyla sınıra yakın bazı ağaçlardan gövdesinin yarısı içeride kalan bir fert, LiDAR yönteminde otomatik olarak analize dahil edilmektedir. Benzer şekilde, arazide göğüs çapı 7,9 cm olarak ölçülen bir diğer ağaç envanter karnesine kaydedilmez iken, aynı ağaç LiDAR verisinde 8,0 cm olarak ölçüldüyse analize dahil edilmekte ve buna benzer nedenlerle ağaç sayıları arasında küçük

farklar oluşabilmektedir. Son olarak, bazı örnek alanlardaki ikiz ya da çatallı gövdeler de LiDAR verisinde tek bir ağaçmış gibi algılanabilmekte ve dolayısıyla örnek alandaki toplam ağaç sayısında eksi yönde farklılık çıkabilmektedir.

3.1.3. Meşcere üst boyu ($h_{üst}$)

Her bir örnek alandaki hakim (en boylu) ağaç boyuları Tablo 2'de gösterilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde, hem LiDAR verisi hem de yersel ölçümler sonucunda en yüksek üst boya sahip örnek alanın 90 numaralı GLcd3 meşceresi olduğu görülmüştür. LiDAR cihazı buradaki hakim ağaç boyunu yersel ölçüme göre 1,9 m daha düşük ölçmüştür. Bu farklılık 30 m gibi oldukça boylu bir meşcere tipinde eksi yönde %6,3'lük bir sapmaya karşılık gelmektedir. LiDAR ile daha düşük boy tespitinin nedeni; söz konusu meşcerenin çok sık ve katlı oluşuyla ilgili olabilir. Nitekim, buradaki karışık meşcere grift kapalı (>%100) olup ağaç serveti 1000 m³/ha civarındadır. Bu tip yoğun ve grift meşcerelerde iç içe geçmiş tepe taçları ya da birbirini örten tepeler, zaman zaman hakim ağacın tepe ucunun görülmesini engelleyebilmektedir (Jurjević ve ark., 2020).

Diğer örnek alanlar incelendiğinde, üst boy verilerindeki farklılıkların LiDAR lehine olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek fark, 142 numaralı LÇscd3 meşceresinde +2,5 m olarak çıkmıştır. Bu tip farklılıkların arazi ölçümlerindeki hatalardan da kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir. Nitekim özellikle grift meşcerelerde ve zor örnek alanlarda dijital boyölçer ile en boylu ağacın tepe ucuna rasat yapabilmek her zaman mümkün olmamaktadır. Böyle durumlarda teknik elemanlar (Orman Müh.) meşcerayı temsil eden ve etrafı açık olan diğer boylu ağaçlarda boy ölçümü yapıp envanter karnesine kaydedebilmektedirler. İki veri seti arasındaki farklılıkların bir nedeni de bu olabilir. Sonuç itibarıyla, dört örnek alanın ortalamalarına bakılırsa veri setleri arasındaki farkın 0,8 m'ye kadar düştüğü görülebilir (Tablo 2). Bu fark artı yönde %3,4'e karşılık gelmektedir.

3.1.4. Meşcere hacmi (V)

LiDAR ile taranan dikili ağaç gövdeleri 3B nokta bulutu verileri üzerinden bütün olarak çıkarılmış, hacimlendirilmiş ve Amenajman Plan Programı (APP) yazılımındaki dikili kabuklu ağaç hacim tabloları üzerinden hesaplanan (tek girişli) hacim değerleriyle karşılaştırılmıştır. İki veri seti arasındaki farklar örnek alan (karne) bazında hektara çevirme katsayısıyla çarpılarak Tablo 2'de raporlanmıştır.

Tablo 2 bir bütün olarak incelendiğinde, 91 numara

Tablo 2. Örnek alanların LiDAR ve yersel ölçümlere dayalı olarak hesaplanmış üst boy ve meşcere hacimleri.
Table 2. Top heights and stand volumes calculated by LiDAR and ground measurement methods.

| Örnek alan no. | Lidar-üstboy (m) | Karne-üstboy (m) | Fark | Lidar-meşcere hacmi (m ³ /ha) | APP-meşcere hacmi (m ³ /ha)* | Fark |
|----------------|------------------|------------------|--------|--|---|--------|
| 50 | 27,0 | 24,8 | +%8,9 | 778,0 | 562,0 | +%38,4 |
| 90 | 28,1 | 30,0 | -%6,3 | 1323,0 | 999,0 | +%32,4 |
| 91 | 15,3 | 15,0 | +%2,0 | 145,0 | 221,0 | -%34,4 |
| 142 | 27,5 | 25,0 | +%10,0 | 908,0 | 749,0 | +%21,2 |
| Ort. | 24,5 | 23,7 | +%3,4 | 788,5 | 632,8 | +%24,6 |

(*) Amenajman plan programında (APP) yer alan yöresel tek girişli ağaç hacim tabloları yardımıyla göğüs çapı üzerinden hesaplanan hektardaki hacim değerleridir

ralı alan hariç diğer üç örnek alanda LiDAR ile hesaplanan hacimlerin APP'deki hacim değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Örneğin, 90 numaralı GLcd3 meşceresinin hacmi, hacim tablosu üzerinden ölçülenden %32,4 civarında daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni; söz konusu meşcerenin oldukça boylu oluşu (30 m), orta ağaçlık çağına (36-52 cm) yaklaşmış olması, çok iyi bonitetli sahada yer alması ve gövde formlarındaki anomaliler olabilir. Nitekim, APP'de yer alan hacim değerleri, geçmişte o yöre için ağaç türü itibariyle ort. bonitete göre düzenlenmiş tek girişli dikili kabuklu gövde hacim tablolarından türetilmektedir. Bu tablolar ağaçların boyunu ve gövde formunu dikkate almadan yalnızca çap kademeleri üzerinden hacimlendirme yapmaktadır. Çap değerleri 4 cm'lik kademelere girilerek hacim bulunmaktadır. Bir başka ifadeyle, 32,0 cm ve 35,9 cm çaplarındaki iki ağacın hacmi aynı hesaplanmaktadır. Buna karşılık, LiDAR nokta bulutları üzerinden 3B hacimlendirilen gövdelerin hem çapı hem boyu hem de gövde formu ayrı birer faktör olarak hesaba katılmaktadır. Bu anlamda LiDAR ile hesaplanan hacimlerin daha güvenilir olacağı söylenebilir.

Diğer örnek alanların farklı yöntemlerle hesaplanan meşcere hacimleri arasında da önemli farklılıklar görülmüştür (Tablo 2). Dört örnek alanın ort. değerlerine bakıldığında iki veri seti arasındaki farklılık LiDAR lehine artı yönde %24,6'dır. Tablo 2'de 91 numaralı örnek alana ait hacim değerleri dikkat çekmektedir. Çünkü buradaki farklılık, diğerlerinin aksine eksi yönlüdür. Yani LiDAR verisi üzerinden hesaplanan meşcere hacmi APP'den düşük çıkmıştır.

Bunun iki ayrı nedeni olduğu düşünülmektedir. İlk neden düşük bonitet ile alakalı olabilir: 91 numaralı Çscd2 meşceresinin bonitetinin, çalışma alanının ort. bonitet derecesinden daha düşük olduğu değerlendirilmiştir. Araştırmada bonitet saptamaya dönük ölçümler yapılmamasına rağmen, buradaki meşcere üst boyunun 15 m olması ve kapalılığın

%45'e kadar düşüşü bu değerlendirmeyi desteklemektedir. Nitekim çalışma alanındaki meşcerelelerin ort. boyu yaklaşık 25 m, kapalılığı ise birkaç istisna hariç hep tam kapalıdır. İkinci olası neden bu örnek alanda LiDAR ile tespit edilen ağaç sayısının arazide ölçülenden eksik oluşudur. Dolayısıyla yer verisinde toplam 13 ağaç sayılmışken, LiDAR verisinde 1 ağaç eksik sayılmıştır (ya da arazide 1 ağaç fazladan sayılmıştır).

3.1.5. Tek ağaçta gövde hacmi (v)

Arazide ölçülen çaplara dayalı olarak ve tek girişli hacim tablosunda yerine konularak hesaplanan APP hacim değerleri mutlak doğru (referans veri) kabul edilemeyeceği için, LiDAR verisinin doğruluğunu tespit edebilmek adına ilave bir analiz daha gerçekleştirilmiştir. Yöntem bölümünde anlatıldığı üzere, kesilip yerde hacimlendirilen ağaçların gerçek gövde hacimleri, tek ve çift girişli hacim tablolarındaki hacimleri ve LiDAR ile hesaplanan hacimleri Tablo 3'te toplu olarak sunulmuştur.

Tablo 3'te seksiyon yöntemine göre hesaplanan gövde hacimlerinin mutlak doğru olduğu varsayılırsa, LiDAR ile hesaplanan hacim değerleri ort. olarak artı yönde %5,1 sapma göstermiştir. En büyük sapma +%36,0 ile 2 numaralı ağaçta görülmüştür. Söz konusu ağacın türü göknar, göğüs çapı 28,7 cm ve boyu ise 18,4 m'dir. Hacim değerleri arasındaki büyük farklılık, ağaç gövdesinin üst kısımlarının tepe tacı tarafından örtülmesi nedeniyle LiDAR cihazı ile tam olarak tespit edilememesine dayandırılmıştır. Diğer ağaçlarda görülen artı ve eksi yönlü sapmalar %1,5 ila %7,1 arasında değişmiştir. Artı ve eksi yönlü sapmaların olması istatistik açıdan arzu edilen bir durumdur ve veri setinin yanlı olmadığını (*unbiased*) gösterir. Hyypä ve ark. (2020), Qiu ve ark. (2018) ve Zeybek ve Vantandaşlar (2021), hacim parametresinde %10'un altındaki sapma oranlarının orman amenajmanı pratiğinde kabul edilebilir nitelikte olduğunu belirtmektedirler.

Tablo 3. Kesilen ağaçların farklı yöntemlerle hesaplanmış kabuklu gövde hacimlerinin karşılaştırılması
Table 3. Comparison of stem volumes calculated from the felled trees using different methods

| Örnek ağaç no. | Ağaç türü | Göğüs çapı (cm) | Ağaç boyu (m) | LiDAR hacim (m ³)* | Tek girişli hacim (m ³ ** | Çift girişli hacim (m ³ *** | Seksiyon hacim (m ³ **** | Fark***** |
|----------------|-----------|-----------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------------------|-----------|
| 1 | G | 50,7 | 31,6 | 3,451 | 2,534 | 3,079 | 3,223 | +%7,1 |
| 2 | G | 28,7 | 18,4 | 0,831 | 0,742 | 0,596 | 0,611 | +%36,0 |
| 3 | L | 26,1 | 18,3 | 0,535 | 0,519 | 0,518 | 0,518 | +%3,1 |
| 4 | L | 19,3 | 14,6 | 0,225 | 0,216 | 0,250 | 0,232 | -%3,0 |
| 5 | G | 35,8 | 28,8 | 1,401 | 1,022 | 1,506 | 1,423 | -%1,5 |
| 6 | Çs | 33,2 | 28,7 | 1,099 | 0,876 | 1,033 | 1,166 | -%5,7 |
| Ort. | | 32,3 | 23,4 | 1,257 | 0,985 | 1,164 | 1,196 | +%5,1 |

(*) LiDAR nokta bulutu üzerinden tek ağaç bazında 3B yüzey modeli ile hesaplanan dikili kabuklu gövde hacmi, (**) Amenajman planındaki tek girişli yöresel hacim tablosu ile göğüs çapı üzerinden hesaplanan dikili kabuklu gövde hacmi, (***) Miraboğlu (1955), Alemdağ (1966) ve Akalp (1978) tarafından hazırlanmış çift girişli genel hacim tabloları ile göğüs çapı ve ağaç boyu üzerinden hesaplanan dikili kabuklu gövde hacmi, (****) Kesilen ağaçların devrik gövdeleri üzerinde seksiyon yöntemine göre hesaplanan kabuklu gövde hacmi. Bu sütundaki değerler mutlak doğru (referans) olarak kabul edilmiştir, (***** LiDAR ile ölçülen gövde hacminin seksiyon yöntemiyle hesaplanan hacim değerinden farkı.

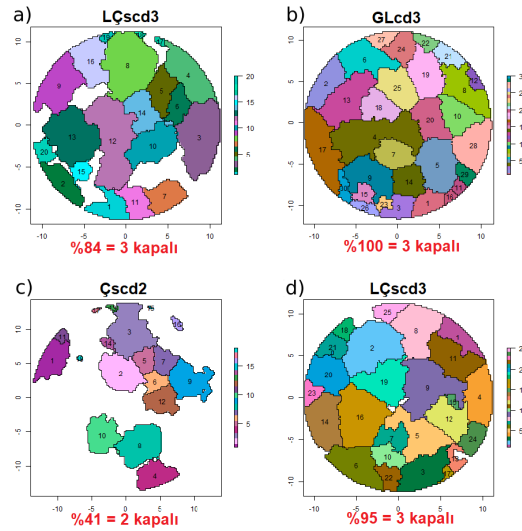
3.1.6. Kapalılık

LiDAR verisi üzerinden hesaplanan tepe tacı kapalılıkları tüm örnek alanlarda tutarlı sonuçlar üretmiştir (Şekil 10). 50, 90, 91 ve 142 numaralı örnek alanlarının sahada tespit edilip envanter karnesine kaydedilen kapalılık sınıfları sırasıyla 3 (tam kapalı); 3, 2 (orta kapalı) ve 3'tür. Bilindiği gibi 2 ve 3 kapalı meşcere tepe taçlarının toprağı örtme oranları sırasıyla %40-%70 ve %71-%100'dür (OGM, 2017).

Şekil 10'da LiDAR ile hesaplanan kapalılık yüzdeleri de meşcere tipi rumuzlarında yer alan kapalılık sınıfı sınırları içinde yer almıştır. Dört örnek alanın tümünde LiDAR ve karne değerleri arasında uyumsuzluk yoktur. LiDAR ile hesaplanan kapalılık yüzdelерinin hem daha hassas hem de daha objektif olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Nitekim, sahada örnek alanlar için tespit edilen kapalılık sınıfları envantere çalışan teknik elemanın kişisel deneyim ve gözlemlerine dayalı olarak belirlenmektedir. Özellikle kapalılık sınıfı sınırlarına yakın değerlerde (örn. %40), bir mühendisin 2 kapalı olarak değerlendirdiği sahayı bir başka mühendis 1 kapalı olarak değerlendirebilmektedir. Bunlara ilaveten, kapalılığı LiDAR yöntemiyle tayin etmenin başka avantajları da vardır. Örneğin; örnek alan içerisindeki boşlukların konumsal dağılışı da bu yöntemle ortaya konabilmektedir (Şekil 10). Ayrıca LiDAR cihazının menzili oldukça geniş olduğundan (her yöne 100'er m), kapalılık değerlendirmelerini bölmecik bazında yapmak da mümkündür. Dolayısıyla, Orman Amenajmanı Başmühendisi ve Denetçileri nihai meşcere haritasını üretirken ortofoto ve uydu görüntüleri yanı sıra 3B nokta bulutlarından da yararlanabilirler.

3.1.7. Asli ağaç türü ve tür karışımı

Bu araştırmada, LiDAR ile üretilen nokta bulutları üzerinden ağaç türü ve meşcere tipleri belirlenmemiştir. Ancak, örnek alan içindeki ağaç türleri LiDAR'a entegre kamera ile kaydedilen 4K videolar üzerinden görsel yorumlamayla teşhis edilmiştir (Şekil 4c, Şekil 11). Daha sonra ağaç türü ve tür karışımlarına dayalı olarak örnek alanların meşcere tiplerine büroda karar verilmiştir. Bu işlemler sonucunda, iki veri seti arasında meşcere tipindeki ağaç türü rumuzları açısından farklılık arz eden bir örnek alana rastlanmamıştır. Ancak, videolar ile karne verisi arasında ağaç türü itibarıyla tek ağaç bazında karşılaştırma yapmak mümkün olmamıştır.



Şekil 10. Örnek alanların kuşbakışı görünümü ve LiDAR'la hesaplanan kapalılıkları: a) 50 no.lu örnek alan, b) 90 no.lu örnek alan, c) 91 no.lu örnek alan, d) 142 no.lu örnek alan.

Figure 10. Canopy closure maps of the sample plots: a) Sample plot 50, b) Sample plot 90, c) Sample plot 91, d) Sample plot 142.

3.2. İşlem sürelerinin karşılaştırılması

LiDAR verisi üzerinden yukarıda raporlanan çeşitli meşcere parametrelerine ait değerlerin çıkarılmasında farklı işlem adımları bulunmaktadır ve her adımın işlem süresi birbirinden farklıdır. Aynı sü-

reç geleneksel envanter yöntemi için de geçerlidir. Dolayısıyla her işlem adımı zamansal olarak ayrı ayrı değerlendirilerek LiDAR ve geleneksel envanter yöntemlerinin zamansal karşılaştırması Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. LiDAR ve geleneksel envanter yöntemlerinin zamansal karşılaştırması
Table 4. Temporal comparison of LiDAR and conventional forest inventory methods

| Örnek alan no. | LiDAR ile envantere işlem süreleri (dk) | | | | Geleneksel envantere işlem süreleri (dk) | | | |
|----------------|---|----------------------------|----------------------------------|-------------|--|------------------------------|-------------|--|
| | Veri alımı (tarama) | Veri aktarımı ve ön işleme | Manuel veri analizi ve raporlama | Toplam süre | Alan ölçümü ve karne doldurma | APP veri girişi ve raporlama | Toplam süre | |
| 50 | 10 | 10 | 10 | 30 | 22 | 8 | 30 | |
| 90 | 5 | 5 | 10 | 20 | 24 | 6 | 30 | |
| 91 | 5 | 5 | 10 | 20 | 20 | 4 | 24 | |
| 142 | 14 | 14 | 10 | 38 | 13 | 8 | 21 | |
| | | | Ort. | 27' | | Ort. | 26' 15" | |

LiDAR ile envantere temel iş aşamaları; (i) veri alımı (tarama), (ii) veri aktarımı ve ön işleme, (iii) manuel veri analizi ve raporlama şeklindedir. Geleneksel envanter yönteminde ise iki iş aşaması vardır: (i) alan ölçümü ve karne doldurma, (ii) APP'de veri girişi ve raporlama.

Tablo 4 incelendiğinde, her iki yöntem için harcanan toplam zamanın neredeyse aynı olduğu görülmüştür. Ancak, geleneksel yöntemde geçen sürenin büyük kısmını arazi çalışmaları oluştururken, LiDAR yönteminde büro çalışmaları ağırlıktadır. Araziye geçen süre boyunca yapılan masraf (konaklama, ulaşım, harcırah vb.) ve harcanan emek göz önüne alındığında, LiDAR yönteminin eğitim, diri örtü ve ağaç türü kompozisyonlarının karmaşık olmadığı sahalarda daha avantajlı olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 11. 50 no.lu örnek alandaki yoğun vejetasyon ve dallanma nedeniyle nokta bulutunda gövdesi tespit edilemeyen ağaç topluluğu.

Figure 11. Trees whose stems are unable to detect on point clouds due to dense undergrowth in the sample plot 50.

LiDAR yönteminde veri alımı 1 teknik eleman (operatör) tarafından yapılabilmektedir. Orman arazi şartlarında teknik elemanın yanında 1 işçi daha bulunması güvenlik açısından gerekli ve yeterlidir. Dolayısıyla, LiDAR yöntemiyle orman envanteri toplamda 2 eleman ile zorlanmadan gerçekleştirilebilir. Geleneksel envanter yönteminde ise 1 teknik eleman ve 2 işçi ile toplamda 3 elemana ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer taraftan, geleneksel yöntemde arazide yanlış ya da eksik ölçüldüğü sonradan anlaşılan bir parametrenin tekrar ölçümü için yeniden aynı noktaya gidilmek zorundadır. LiDAR yönteminde ise tüm veriler dijital ortamda depolandığı için daha sonra gerek duyulduğu anda ilave ölçüm ya da ek analizler büro ortamında gerçekleştirilebilir (örn. devrik ağaçların tespiti). Bu anlamda, LiDAR verileri OİPD arşivinin zaman içerisinde tamamen dijital ortama taşınmasına da hizmet edebilir.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu araştırmanın bulguları bir bütün olarak değerlendirildiğinde, orman amenajman planlarında yer alan birçok meşcere parametresinin el tipi mobil LiDAR yöntemiyle arazide daha az vakit harcanarak ve kabul edilebilir doğruluk düzeylerinde hesaplanabildiği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak, LiDAR yöntemiyle yapılan envanter çalışmaları boyunca farklı aşamalarda takım zorluklarla da karşılaşmıştır. Çalışma alanının büyük bir bölümü Milli Park statüsünde bir korunan alan olduğu için orman oldukça bakımsız ve meşcereler çok sıktır. Bu nedenle, örnek alanlarda çok sayıda devrik, yaşlanmış ağaç, diri örtü, çalı, ince çaplı mağlup gövde, iç içe girmiş tepeler ve kalitesiz gövdeler bulunmaktadır. Bu tip unsurlar, 3B LiDAR veri-

sinde bol miktarda parazite (*noise*) neden olmaktadır. Böyle örnek alanlarda veri analiz süreçlerine manuel (el ile) müdahaleler gerekmekte ve büro çalışmaları uzamaktadır.

Örnek alanlardaki hakim ağaç türlerinin ladin ve göknar oluşu da LiDAR verisinin analizini güçleştirmiştir. Çünkü söz konusu ağaç türleri gölgeye dayanıklı oldukları için genellikle çok katlı meşcereler oluşturmaktadır. Çok katlı meşcerelerde farklı boydaki ağaç gövdelerini birbirinden ayırarak sınıflandırmak zorlaşmaktadır. Ayrıca bu türlerin konik yapıdaki tepe taçları zaman zaman yere kadar inmekte ve gövdenin görülmesini engellemektedir (Şekil 11).

Şekil 11'de gösterilen koşullara sahip sahalar, LiDAR yönteminin etkili şekilde uygulanabilmesi için literatürde "zor örnek alan" olarak sınıflandırılır (Jurjević ve ark., 2020; Zeybek ve Vatandaşlar 2021). Halbuki, 3B nokta bulutundan gövde hacminin doğru ve hassas şekilde hesaplanabilmesi için gövdenin büyük kısmının gözle görülebilmesi gerekmektedir. Bunun mümkün olmadığı ağaçlarda gövdeye yeterli nokta düşmemekte, dolayısıyla veride gövde formu iyi temsil edilememektedir. Bu durumda, özellikle çap ve hacim gibi meşcere parametrelerindeki hata oranları artmaktadır. Bununla birlikte, söz konusu hataların LiDAR verisinden kaynaklanabileceği gibi, arazideki yersel ölçümlerden de kaynaklanabileceği unutulmamalıdır. Örneğin; 50, 90 ve 91 numaralı alanlarda LiDAR ile tespit edilen ve arazide ölçülen ağaç sayıları arasındaki uyumsuzluklar, örnek alanların ort. çap değerlerinde farklılıklara neden olmuştur. Ancak, %95 güven düzeyinde yapılan istatistik testler bu farklılıkların önemli olmadığını ortaya koymuştur.

LiDAR yönteminin bir diğer dezavantajı; büyük verilerin işlenmesi ve depolanması için güçlü donanım ihtiyacı duyulmasıdır. Bu araştırma çalışmasında ort. bir dizüstü bilgisayar (i5 işlemci, 8 GB RAM, 4GB ekran kartı) kullanılmasına rağmen verinin ön işlenmesi ve analiz edilmesinde ciddi zaman harcanmıştır. Örneğin, 142 numaralı örnek alan verisinin GeoSLAM Hub programıyla ön işlenerek ".las" uzantılı hale getirilmesi 14 dk. sürmüştür. Aynı örnek alana ait nokta bulutunun analiz edilmesi de 10 dk. almıştır. Bu süreler, daha zor örnek alanlarda katlanarak artmaktadır. Orman amenajman planı yenileme çalışmaları kapsamında tek bir OİŞ'ne yüzlerce örnek alan düştüğü düşünülürse (OGM, 2017), büyük verinin bu şekilde işlenmesi, analiz edilmesi ve yorumlanması oldukça zaman alacaktır (Vatandaşlar ve Zeybek 2021). Bu nedenle, LiDAR yönteminin büro çalışmalarına harcanan süre daha yüksek donanımlı bilgisayarlar ya da iş istasyonları ile kısaltılabilir.

Diğer yandan, büyük verinin kişisel bilgisayarlarda (PC) depolanması da ayrı bir problemdir. 400 m², 600 m² veya 800 m²'lik daireler şeklinde kesilen nokta bulutlarının her birinde yaklaşık 50 milyon nokta bulunmaktadır. Böyle bir nokta bulutu verisi yaklaşık 600 MB alan kaplamaktadır. Meşcerenin boyu, sıklığı, dallar ve diri örtü yoğunluğu arttıkça örnek alan boyutları da artmaktadır. Nokta bulutu verisine yardımcı veri kaynakları da (ham veri, yörünge dosyaları, video kaydı, rapor vb.) eklendiğinde tek bir örnek alana ait veri tabanı GB'lar ile ifade edilir hale gelmektedir. Türkiye'deki OİŞ'lerinin oldukça geniş alanlara sahip oldukları düşünülürse, buralardan toplanan LiDAR verisinin depolanması ve dijital ortamda arşivlenmesi için özel sunuculara (*server*) ihtiyaç duyulacaktır.

LiDAR yöntemi, çapı 8 cm'e yakın olan ağaçların bol sayıda bulunduğu ab, b ve bc gelişme çağlarındaki yapraklı karışık meşcerelerin bakımsız sahalarında verimli çalışmamaktadır. Benzer şekilde, gövdenin alt kesimleri sık dallanmış sırıklık ve direklik çağındaki sıkışık ladin meşcerelerinde de çap çıkarımında problemler yaşanmıştır (Şekil 11). Bu tip meşcerelerde geleneksel envanter yöntemlerine (yersel ölçüm) devam edilmelidir. Çünkü bu durum, kullanılan LiDAR cihazından (ZEB-HORIZON) ya da Şavşat'taki çalışma alanından kaynaklanmamaktadır. Nitekim, bir başka cihaz (ZEB-REVO) ile Trabzon ve Artvin-Merkez ormanlarında yapılan çalışmalarda da benzer problemlerle karşılaşmıştır (Vatandaşlar ve Zeybek, 2020, 2021; Zeybek ve Vatandaşlar, 2021). Dolayısıyla, LiDAR yöntemiyle orman envanterinden azami (maks.) fayda sağlanmak isteniyorsa kaliteli (silindirik) gövdelere sahip saf ve tek katlı meşcereler, endüstriyel ve diğer ağaçlandırma sahaları, dikili ağaç satışı uygulamasının yapıldığı gençleştirme bölmeleri, çalı ve diri örtü bulunmayan düşük eğimli (maks. %30-40) orman arazilerinde öncelikli olarak çalışılmalıdır.

Özellikle yapraklı meşcerelerde LiDAR ile taramalar vejetasyon dönemi dışında yapılabilir. Yapraklı ağaç türleri bu dönemde yapraklarını dökeceğinden gövdenin üst kısmı LiDAR verisinde daha net olarak modellenecektir. Bunların haricinde, LiDAR ile envanter yöntemine özel yeni örnekleme tasarımları geliştirilmelidir.

299 Sayılı Tebliğ'de (OGM, 2017) geleneksel yersel ölçümler düşünülerek geliştirilmiş örnek alan büyüklükleri, şekli ve alana dağılım desenleri uyarınca gerçekleştirilen veri alımları LiDAR yönteminin verimliliğini kısıtlamaktadır. İleride bölme bazında tam alan ölçümü ya da şeritler halinde tarama gibi farklı örnekleme desenlerinin iş verimliliği ve tahmin doğruluğu araştırılmalı-

dır. Örneğin Del Perugia ve ark. (2019), İtalya'da farklı örnekleme desenleri ve tarama güzergahlarının veri kalitesi ve iş verimliliği üzerine etkilerini araştırmışlar ve kestane meşcereleri için ideal tarama güzergahının birbirine 10 m mesafeli paralel şeritler olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ülkemizde de bu tip araştırmalar yapılarak hangi örnekleme deseninin hangi meşcere tipleri için daha uygun olacağı belirlenmelidir. Diğer taraftan, orman amenajmanında güncel uzaktan algılama teknolojilerine uyumlu şekilde geliştirilecek inovatif örnekleme tasarımları ile el tipi LiDAR nokta bulutları havasal LiDAR nokta bulutuyla bütünleştirilebilir. Bu sayede, el tipi LiDAR ile yerden toplanan veriler, insan-sız hava aracıyla (İHA) havadan toplanan verilerle kaynaştırılarak (*füzyon*) çok daha geniş sahaların hızlı envanterini gerçekleştirmek mümkündür.

Sensör ve robotik alanındaki gelişmelere paralel olarak LiDAR sistemlerinin maliyetleri giderek düşse de, el tipi mobil LiDAR cihazının Türkiye'deki fiyatı kişisel kullanım için hala yüksektir. Günümüzdeki modellerin tümü ithal ürün olduğu için yüksek döviz kurlarından olumsuz etkilenmektedir. İleride yerli LiDAR sensörlerinin geliştirilmesi ya da mevcut teknolojideki gelişmeler sonucunda satın alma maliyetlerinin de düşeceği tahmin edilmektedir.

Teknolojideki baş döndürücü ilerlemeler birçok ormancılık uygulamasının yapılaş şeklini değiştirmiştir. Geçmişte baskı harita, açıölçer, pusula ve ip kullanılarak gidilen örnek alanlara, günümüzde el GPS'i ile rahatlıkla ulaşılabilir. İleride LiDAR yönteminden yararlanılarak yapılacak orman envanterleri ve buradan sağlanan bilgilere dayalı olarak hazırlanacak orman amenajman planları da, tıpkı bugün herkes tarafından aktif olarak kullanılan GPS teknolojisi gibi hızla yaygınlaşarak ormancılık uygulamalarında ana akım haline gelebilir.

Bu araştırma çalışmasında orman envanterlerinde ihtiyaç duyulan göğüs çapı, birim alandaki ağaç sayısı, hakim ağaç boyu, gövde hacmi, meşcere hacmi ve kapalılık parametrelerinin el tipi mobil LiDAR sistemi ile arazide daha az zaman harcanarak kabul edilebilir doğruluk düzeylerinde hesaplanabildiği Artvin-Şavşat'taki uygulama örnekleriyle somut olarak gösterilmiştir. El tipi mobil LiDAR teknolojisinin orman amenajmanı yanı sıra dikili ağaç satışlarındaki verim yüzdesi hesabı, ulusal orman envanterleri, yanan alanlardan çıkarılacak enkaz odunların hacimlendirilmesi, meşcere profillerinin çıkarımı ve çeşitli hasılat çalışmaları gibi birçok uygulamalı ormancılık alanında da ileride etkin bir şekilde kullanılabilmesi düşünülmektedir.

Teşekkür

El tipi mobil LiDAR cihazını temin etmemizi sağlayan OGM OİPD'ne, arazi çalışmalarımıza destek veren Artvin OBM'ne, makale metnini gözden geçirerek önerilerde bulunan OİPD Orman Modelleme ve Hasılat Şube Müdürü Gediz Metin KOCAELİ, Amenajman Rehberlik ve Denetim Başmühendisi Armağan YALÇIN ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet SEKİ'ye teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. Doktora Tezi, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.

Alemdağ, Ş., 1966. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar. Doçentlik Tezi, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.

Beucher, S., Lantuejoul, C., 1979. Use of Watersheds in Contour Detection. In: International Workshop on Image Processing: Real-Time Edge and Motion Detection/Estimation, Rennes.

Cadge, S., 2016. Welcome to the ZEB REVolution. *GE-Omedia*, 20(3): 22-25.

de Conto, T., Olofsson, K., Gorgens, E. B., Rodriguez, L. C. E., Almeida, G., 2017. Performance of stem denoising and stem modelling algorithms on single tree point clouds from terrestrial laser scanning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143: 165-176. doi:10.1016/j.compag.2017.10.019

Del Perugia, B., Giannetti, F., Chirici, G., Travaglini, D., 2019. Influence of scan density on the estimation of single-tree attributes by hand-held mobile laser scanning. *Forests*, 10(3): 277-290.

Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No: 3010/318, İstanbul.

Hijmans, R. J., 2021. raster: Geographic Data Analysis and Modeling. <https://CRAN.R-project.org/package=raster> (Erişim tarihi: 4 Kasım 2021).

Hyypä, E., Kukko, A., Kaijaluoto, R., White, J. C., Wulder, M. A., Pyörälä, J., Liang, X., Yu, X., Wang, Y., Kaartinen, H., Virtanen, J.-P., Hyypä, J., 2020. Accurate derivation of stem curve and volume using backpack mobile laser scanning. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 161: 246-262. doi:10.1016/j.isprsjprs.2020.01.018

Illingworth, J., Kittler, J., 1987. The adaptive hough transform. *IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 9(5): 690-698. doi:10.1109/tpami.1987.4767964

Jurjević, L., Liang, X., Gašparović, M., Balenović, I., 2020. Is field-measured tree height as reliable as belie-

- ved – Part II, A comparison study of tree height estimates from conventional field measurement and low-cost close-range remote sensing in a deciduous forest. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 169: 227-241. doi:10.1016/j.isprsjprs.2020.09.014
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No: 3194/354, İstanbul.
- Kayacan, B, Zengin, H, Kadiogulları, A.I., 2016. Chapter 44: Turkey. In: Vidal C, Alberdi I, Hernandez L, Redmond J (editors). National Forest Inventories: Assessment of Wood Availability and Use. Cham, Switzerland: Springer, pp. 807-827.
- Liu, L., Zhang, A., Xiao, S., Hu, S., He, N., Pang, H., Zhang, X., Yang, S., 2021. Single tree segmentation and diameter at breast height estimation with mobile LiDAR. *IEEE Access*, 9: 24314-24325. doi:10.1109/access.2021.3056877
- Lukács, G., Marshall, A. D., Martin, R. R., 1997. Geometric least-squares fitting of spheres, cylinders, cones and tori. *RECCAD*, 2: 671-675.
- MGM, 2012. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Artvin ili Şavşat ilçesi İklim İstasyonuna ait rasat verileri. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx#sfU> (Ziyaret tarihi: 13.10.2021).
- Miraboğlu, M., 1955. Gökarnarlarda Şekil ve Hacim Araştırmaları. OGM Yayınları, Seri No: 5, Ankara.
- OGM, 2013. Orman Genel Müdürlüğü, Veliköy Orman İşletme Şefliği Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Amenajman Planı (2013-2032), Ankara.
- OGM, 2017. OGM Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar (299 Sayılı Tebliğ–düzeltmeli son baskı), Ankara.
- Orhan, F., 2015. Şavşat'ın beşerî ve ekonomik coğrafyası (1. baskı). Şavşat Belediyesi Kültür Yayınları, Artvin.
- Qiu, Z., Feng, Z., Jiang, J., Lin, Y., Xue, S., 2018. Application of a continuous terrestrial photogrammetric measurement system for plot monitoring in the Beijing Songshan National Nature Reserve. *Remote Sensing*, 10(7). doi:10.3390/rs10071080
- Rousseeuw, P.J., Leroy, A.M., 1987. Robust Regression and Outlier Detection: John Wiley & Sons, ABD, New York.
- Schnabel, R., Wahl, R., Klein, R., 2007. Efficient RANSAC for point-cloud shape detection. *Computer Graphics Forum*, 26(2): 214-226. doi:10.1111/j.1467-8659.2007.01016.x
- Trochta, J., Krucek, M., Vrska, T., Kral, K., 2017. 3D Forest: An application for descriptions of three-dimensional forest structures using terrestrial LiDAR. *Plos One*, 12(5): e0176871. doi:10.1371/journal.pone.0176871
- URL-1. http://forsys.cfr.washington.edu/fusion/fusion_overview.html, 11.02.2014. Erişim tarihi: 14 Ekim 2021.
- URL-2. <http://www.rslab.se/2017/10/17/terrestrial-laser-scanner/> (Erişim tarihi: 14 Ekim 2021).
- URL-3. <https://geoslam.com/> (Erişim tarihi: 14 Ekim 2021).
- Vatandaşlar, C., Zeybek, M., 2020. Application of handheld laser scanning technology for forest inventory purposes in the NE Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44(3): 229-242. doi:10.3906/tar-1903-40
- Vatandaşlar, C., Zeybek, M., 2021. Extraction of forest inventory parameters using handheld mobile laser scanning: A case study from Trabzon, Turkey. *Measurement*, 177. doi:10.1016/j.measurement.2021.109328
- Venables, W.N., Ripley, B.D., 2002. Statistics and Computing (4th ed.). Springer, New York.
- Wang, Y., Pyörälä, J., Liang, X., Lehtomäki, M., Kukko, A., Yu, X., Kaartinen, H., Hyypä, J., 2019. In situ biomass estimation at tree and plot levels: What did data record and what did algorithms derive from terrestrial and aerial point clouds in boreal forest. *Remote Sensing of Environment*, 232. doi:10.1016/j.rse.2019.111309
- Yurtseven, H., Coban, S., Akgul, M., Akay, A. O., 2019. Individual tree measurements in a planted woodland with terrestrial laser scanner. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43(2): 192-208. doi:10.3906/tar-1805-5
- Zeybek, M., Vatandaşlar, C., 2021. An automated approach for extracting forest inventory data from individual trees using a handheld mobile laser scanner. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 42(3): 515-528. doi:10.5552/crojfe.2021.1096

Eşenadası Alageyik Üretim İstasyonunda bulunan Alageyik (*Dama dama* Linnaeus, 1758) popülasyonu üreme parametrelerinin fotokapan ile belirlenmesi

Determination of some reproductive traits of Fallow Deer (*Dama dama* Linnaeus, 1758) by Cam-trackers at Eşenadası Production Station

Halil İbrahim YOLCU¹

Ayhan SERTTAŞ²

Uğur Melih ALKAN²

Yasin ÜNAL³

Süleyman ESEN⁴

Serhat YILDIRIM⁴

¹ Akdeniz Üniversitesi, Manavgat Meslek Yüksekokulu, Antalya

² Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya

³ Sparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Sparta

⁴ Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, 6. Bölge Müdürlüğü, Burdur

Sorumlu yazar (Corresponding author)

Halil İbrahim YOLCU

hiyolcu@akdeniz.edu.tr

Geliş tarihi (Received)

24.05.2021

Kabul Tarihi (Accepted)

21.12.2021

Sorumlu editör (Corresponding editor)

Akif KETEN

akifketen@duzce.edu.tr

Atf (To cite this article): Yolcu, H. İ. , Serttaş, A. , Alkan, U. M. , Ünal, Y. , Esen, S. & Yıldırım, S. (2022). Eşenadası Alageyik Üretim İstasyonunda bulunan Alageyik (*Dama dama* Linnaeus,1758) popülasyonu üreme parametrelerinin fotokapan ile belirlenmesi. . Ormanlık Araştırma Dergisi , 9 (1) , 97-107 . DOI: 10.17568/ogmoad.940719



Creative Commons Atf -
Türetilmez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

Öz

Bu çalışmada; Antalya-Düzlerçamı, Eşenadası Alageyik Üretim İstasyonundaki alageyik (*Dama dama*) popülasyonunun üreme ve yaşama oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Çiftleşme döneminde, çiftleşme yalakları 3 ay boyunca (Eylül-Kasım, 2017) 52 adet fotokapan ile izlenmiştir. Bu süreçte izlenen yalaklarda çiftleşme gerçekleşmemiştir. Bu dönemden sonra (Aralık 2017) alan 30 parselde ayrılmış ve tüm bu parseller 32 adet fotokapan ile toplamda 20 ay boyunca izlenmiştir. 2018 yılı Mayıs ayında ilk doğum gerçekleşmiş ve doğan yavrular 2019 yılı Temmuz ayı sonuna kadar (15 ay) izlenmiştir. En yüksek yavru sayısı, Şubat 2019 da 31 adet olarak sayılmıştır. 2019 yılında 4 adet ölü/öldürülmüş birey tespit edilmiştir. Üretim istasyonunda alageyik dışında alana girip çıkan karakulak (*Caracal caracal*), yaban keçisi (*Capra aegagrus*), 2019 yılı Nisan ayında birkaç gün alanda görülen çakal (*Canis aureus*) ve bir kez görüntülenen vaşak (*Lynx lynx*) tespit edilmiştir. Alanı sürekli kullanan büyük memeli türleri ise yaban domuzu (*Sus scrofa*), tilki (*Vulpes vulpes*) ve porsuk (*Meles meles*)'tur. Yapılan çalışma sonucunda üretim istasyonunda, alageyiklerin sağlıklı bir şekilde üredikleri ve doğan yavruları yüksek oranda yaşattıkları belirlenmiştir. Ancak alageyiklerin çiftleşme yalaklarında çiftleştiği bilgisinin doğru olmadığı 2 yıl üst üste (2016-2017) yapılan izleme çalışması sonunda görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Alageyik, Düzlerçamı, üreme parametreleri, çiftleşme yalağı, yaşama oranı, fotokapan.

Abstract

In this study, it was tried to determine the breeding and survival rates of the fallow deer (*Dama dama*) population in the Antalya Düzlerçamı Eşenadası Breeding Station. The mating troughs were monitored with 52 photo traps during the mating period (September-November). During this period, there was no mating in the troughs. After this period, the area was divided into 30 parcels, and all these parcels were monitored for 14 months with 32 photo traps. The fawns born in 2018 were monitored until July 2019, and their monthly numbers were determined. The highest number of fawns was defined as 31 in February 2019. Four dead/killed individuals were identified in 2019. Except for fallow deer, it was determined caracal (*Caracal caracal*) and wild goat (*Capra aegagrus*) that enter and exit the area, jackal that was viewed for a few days in April 2019, and lynx (*Lynx lynx*) viewed once in the area. In addition, the wild boar (*Sus scrofa*), red fox (*Vulpes vulpes*) and badger (*Meles meles*) regularly use the area. As a result of the study, we found that the fallow deer breed in a healthy way at the breeding station, and they keep their offspring alive at a high rate.

Keywords: Fallow deer, Düzlerçamı, reproductive parameters, mating troughs, survival rates, camera trap.

1. Giriş

Son buzul çağının etkisiyle, Avrupa'da nesli tükenen alageyikler (*Dama dama*), birçok araştırmacıya göre Anadolu'dan tekrar Avrupa ve oradan da tüm Dünya'ya yayılmıştır (Sarıbaşak ve ark., 2005; Masseti, 2002). 15. yüzyılda Rodos Şövalyelerinin Güneybatı Anadolu'dan aldıkları alageyikleri İngiltere ve Hollanda saraylarına götürdüklerini doğrulayan tarihsel kanıtlar vardır (Masseti, 1996). Çiftlik ve park hayvanı olarak beslenen bu hayvanlar daha sonraları tüm Avrupa ülkelerine, Güney Amerika'ya, Yeni Zelanda'ya yerleştirilmiş ve av hayvanı olarak yayılmıştır (Heidemann, 1976; Masseti, 1999; Masseti ve ark., 2008; Arslangün-doğdu ve ark., 2010).

Türkiye'de yakın zamana kadar sadece Antalya Düzlerçamı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası'nda (YHGS) yayılış gösteren alageyik (*D. dama*) popülasyonu koruma ve üretme çalışmaları 1960'lı yılların ortasında başlamış olup günümüzde de devam etmektedir. 1966 yılında Antalya-Düzlerçamı mevkiinde tespit edilen 7 adet alageyik koruma altına alınmıştır. 1969 yılında Yaban Hayvanı Rezerv Sahası 14.300 hektar (ha) çıkartıldığı ve yapılan sayımlarda yaklaşık 19-22 alageyik olduğu kayıtlardan anlaşılmaktadır. Alageyik Üretme İstasyonu içerisinde üreme ve gelişme imkânlarının iyileştirilmesi amacıyla Düzlerçamı-Eşenadası mevkiinde 521 ha alan, 2002 yılında alageyik üretme istasyonuna dahil edilmiş ve etrafı tel ihata ile çevrilerek ilk üretme istasyonundaki 66 alageyiğin transferi 2003 yılında gerçekleştirilmiştir. Doğa Koruma Milli Parklar Genel Müdürlüğü (DKMP) verilerine göre 2018 yılında yapılan sayımda üretme istasyonu içinde 120 birey tespit edilmiştir S. Yıldırım (kişisel iletişim, Ocak 2019).

Ülkemizde nesli tehlike altındaki türlerimizden olan alageyik, doğal olarak bulunduğu Düzlerçamı'nda insanların yoğun baskısı altındadır. Alan içinde konutlar, tarlalar, tel çit ile kapatılmış bahçeler ve evcil hayvan sürüleri bulunmaktadır. Ayrıca Düzlerçamı YHGS alanı büyük bir blok orman olup 2021 Ağustos ayında Antalya'da çıkan orman yangını gibi muhtemel bir büyük yangında alageyik popülasyonunun bir bölümünü veya tamamını kaybetme riski bulunmaktadır. Bu durumun türün devamı açısından tehlike oluşturması sebebiyle, alageyikler için uygun yeni yaşam alanlarının belirlenerek bu alanlarda yeni popülasyonlar oluşturulması amacı ile yerleştirme çalışmaları devam etmektedir. Bu kapsamda ilk olarak, Aydın Dilek Yarımadası Milli Parkı'na 2011 yılında 9 dişi ve 9 erkek bireyden oluşan toplam 18 birey taşınmıştır. 2012 yılında bu taşıma işlemi devam etmiş ve 2 dişi ve 2 yeni doğan yavrudan oluşan 4 birey yine aynı

bölgeye taşınmıştır. 2013 yılında Muğla ili Köyceğiz Yaban Hayatı Geliştirme Sahasına 5 erkek ve 2 dişi birey, 2014 yılında 3 dişi birey ve 2015 yılında 3 erkek ve 1 dişi birey taşınmıştır S. Yıldırım (kişisel iletişim, Ekim 2015).

Alageyikler adaptasyon yetenekleri yüksek hayvanlardır ve ormanlık, çalılık ve otlak alanlar gibi çok geniş habitatlarda hayatta kalabilirler (Masseti ve ark., 2008), Ancak genelde ormanlık alanları tercih ederler (Nowak, 1999). Habitat kullanımları sıklıkla vejetasyon tiplerinin bir kombinasyonu olup çalılarla birlikte açık ağaçlık alanlar ve yakınındaki otlaklardır (Feldhamer ve ark., 1988; Long, 2003). Alageyikler ağaçlık alanların dışındaki tarım alanları ve diğer açık alanlarda da otlarlar (Corbet ve Harris, 1991; Thirgood, 1995).

Ülkemizde çiftleşme mevsimi Eylül-Ekim-Kasım aylarıdır. Alageyiklerin olağan dışı bir çiftleşme sistemi vardır. Çiftleşme sezonu boyunca erkekler bölgeler oluşturur (Hirth, 1997). Bu davranış alageyik ve diğer bazı geyiklerde gözlenmektedir (Isvaran, 2005).

Alageyikler, genellikle tek yavru dünyaya getirmektedirler. Bu konuda 240 adet gebe dişinin takip edildiği bir çalışmada sadece bir adet ikiz doğum tespit edilmiştir (Harrison ve Hyett 1954). Benzer bir çalışmada, İngiltere ve İskoçya'da on değişik bölgede 270 gebeliğin incelenmesi sonucu sadece iki adet ikiz gebelik tespit edilmiş ve ikiz yavru olasılığının %1'den az olduğu söylenebilir (Chapman ve Chapman, 1997).

Alageyik biyoçeşitlilik açısından Türkiye'nin en önemli türlerinden biri olduğu gibi (Arslangün-doğdu ve ark., 2010, Ünal ve Çulhacı, 2018), Anadolu tarih ve Türk kültüründe de önemli bir değere sahiptir (Mandaloglu, 2013; Dalkesen, 2015). Düzlerçamı YHGS, alageyiğin aynı zamanda gen merkezidir (Masseti ve ark., 2008). Ülkemizde ciddi risk altında olan alageyikler, Türkiye kırmızı liste türleri içerisinde "tehlike sınırı (Near Threatened/NT)" seviyesinde kategorize edilmektedir (IUCN, 2018). Bu tür, Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Çerçeve Sözleşmesi ve Avrupa Yaban Hayatı ve Doğal Yaşam Alanlarının Korunmasına İlişkin Bern Sözleşmesinde belirtilen esaslar dâhilinde mutlak surette popülasyonlarının habitatı ile birlikte korunması ve geliştirilmesi gereken çok önemli bir memeli av hayvanı türüdür. Türkiye'de nesli yok olma derecesine kadar azalmıştır.

Fotokapanlar, nadir ve önemli yaban hayatı türlerini ve popülasyonları rahatsız etmeden izlemek ve gözlemek amacıyla son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır (Kinnaird ve ark., 2003; Silveira ve ark. 2003).

Bunun nedenlerinden biri teknolojinin gelişmesiyle fotokapan yönteminin diğer yöntemlere göre nispeten daha ucuzlaması, bir diğer neden ise fotokapanla kısa sürede etkili sonuçlar alınmasıdır (Tobler ve ark., 2008; Ünal ve Eryılmaz, 2020). Fotokapan yöntemi genellikle belli bir yaşama ortamında yaşayan karnivor (etobur) ve nadir türlerin tespiti ile tür koruma ve tür ekolojisi hakkında yeni bilgilere sahip olmak için türlerin göreceli ve mutlak bolluklarının izlenmesi, hayvan davranışları ve faaliyetlerinin kaydedilmesi ve habitat tercihlerinin belirlenmesi çalışmalarında başarılı şekilde kullanılmaktadır (Linkie ve Ridout, 2011; Ünal ve ark., 2020).

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma alanı, Antalya ili Döşemealtı ilçesi, Düzlerçamı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Alan 521 ha büyüklüğünde olup çevresi tel ihata ile çevrilmiştir, doğu ve güneyinde Güver kanyonu ile sınırdır. Alan düz olup bakısı bulunmamaktadır. Denizden yüksekliği ortalama 300 m'dir. Çalışma alanında yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise ılık ve yağışlı geçen tipik Akdeniz iklimi hakimdir.



Şekil 1. Araştırma alanı
Figure 1. Research area

Alanda Kızılcım ile Maki florasına ait bazı türlerin yaygın olduğu görülmüştür. Saha genelde yoğun olarak Kızılcım ile kaplıdır. Kızılcım meşcereleri a, b, c ve d çağlarında ve çoğunlukla 2, 3 kapalıktadır. Yapraklı türler yoğun olarak, sandal (*Arbutus andrachne*), kermes meşesi (*Quercus coccifera*), menengiç (*Pistacia terebinthus*), mazı meşesi (*Quercus infectoria*), akçakesme (*Phillyrea latifolia*), keçi boynuzu (*Cerantonia siliqua*), yabancı zeytin (*Olea oleaster*), türleridir.

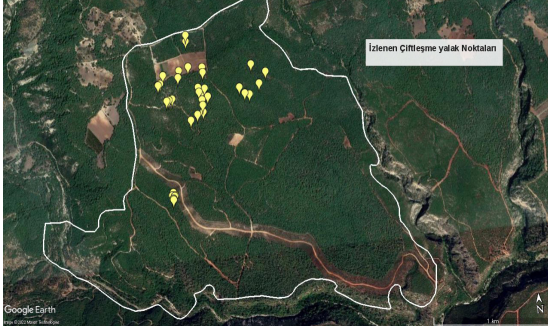
Alanda DKMP verilerine göre yaklaşık 120 birey bulunmaktadır. Bu 120 birey çalışmanın materyalini oluşturmaktadır. Üretim istasyonunun da içinde bulunduğu YHGS'inde yapılan bir çalışmada üretim istasyonu dışında yaklaşık 300-350 birey olduğu bildirilmektedir (Ünal ve ark., 2018).

2.2. Yöntem

Alageyiklerin üreme ve yaşama oranlarının belirlenmesinde, aşağıda belirtilen parametreler tespit edilmeye çalışılmıştır.

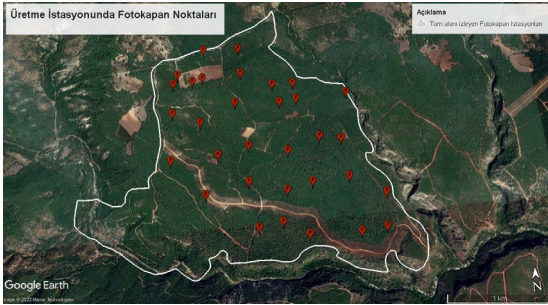
- Gebe dişi sayıları (Gebeliğin son dönemlerinde morfolojik değişikliğin gözlemlenmesi ile),
- Doğum yapan dişi birey sayıları (Yavrulu dişiler),
- Doğumdan 12. aya kadar yaşayan yavru sayıları.

Bu parametrelerin tespitinde, son yıllarda yaban hayatı çalışmalarında sıklıkla kullanılan fotokapanlardan faydalanılmıştır (Yolcu ve ark., 2013). Çalışmada çiftleşme döneminde 52 adet (Şekil 2), çiftleşme dönemi harici, izleme sürecinde 32 adet fotokapan kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 2. İzlenen çiftleşme yalaklarının konumları
Figure 2. The locations of mating troughs

Alageyikler çiftleşme dönemlerinde, erkek bireylerin hazırladığı çiftleşme yalaklarını kullanırlar. Çiftleşme dönemine doğru alanda bulunan bu yalaklar tüm alan taranarak tespit edilmiş ve çiftleşme yalaklarını göreceği şekilde her yalak yakınına bir adet fotokapan yerleştirilmiştir. Çiftleşme dönemi dışında ise Sistemik Yöntem (Stein ve ark., 2008; Soyumert, 2010) ile alan 30 adet kareye (400 m X 400 m) bölünerek (Şekil 3) her bir kare içinde belirlenen uygun noktalara (hayvan geçiş noktaları, barınma veya beslenme noktaları) fotokapan istasyonları kurulmuştur. Yemlik çevresindeki iki parselde çok yoğun faaliyet olduğu için bu iki parselde ikişer adet fotokapan kurulmuştur. Toplam da 30 parselde 32 adet fotokapan istasyonu kurulmuştur.



Şekil 3. Fotokapan istasyonlarının alandaki dağılımı
Figure 3. The Locations of camera trapping stations in the area

Bu 32 fotokapan ile alan 20 ay boyunca izlenmiştir. Her ay fotokapanlardan veriler alınmış ve cihazların pilleri değiştirilmiştir. Bu verilerden 2018 yılına ait gebe bireyler, doğan yavrular ve yaşayan yavru sayıları aylık olarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

3. Bulgular

Araştırma süreci boyunca, alageyiklere ait üreme parametreleri dışında alanı kullanan diğer türler, hayvan davranışları ve alanda görülen hastalık ve ölümlere ait gözlemlerde yapılmıştır.

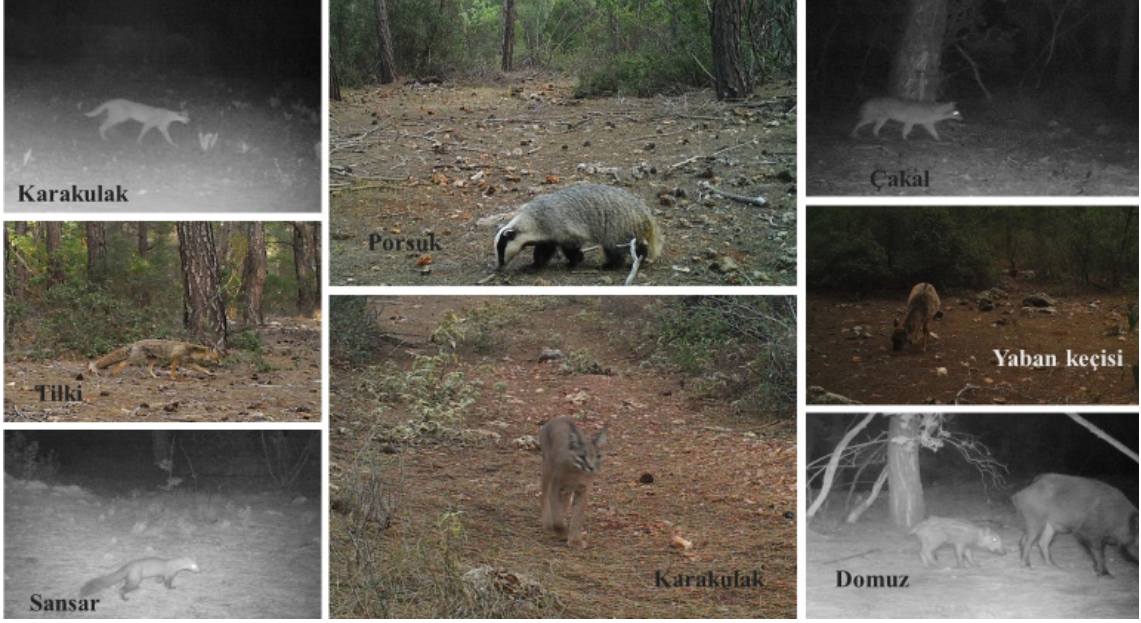
3.1. Alandaki diğer memeli türleri

Yapılan izleme çalışmaları sonucunda, üretim istasyonunda alageyikler dışında farklı türde hayvanlarında alanı kullandıkları belirlenmiştir (Şekil 4). Bu türlerin bazıları alana girip çıkarken bazıları ise alanı sürekli kullanmaktadır. Alanı geçici olarak kullanan türler karakulak (*Caracal caracal*), yaban keçisi (*Capra aegagrus*), Mayıs 2019 yılında birkaç kez görüntülenen çakal (*Canis aureus*) ve bir kez görüntülenen vaşak (*Lynx lynx*) bulunmaktadır. Sürekli kullanan türler ise yaban domuzu (*Sus scrofa*), tilki (*Vulpes vulpes*), porsuk (*Meles meles*), yaban tavşanı (*Lepus europaeus*), kaya sansarı (*Martes foina*) olarak belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada üretim istasyonu dışında da bu türlerin alanı yoğun olarak kullandığı bildirilmektedir (Ünal ve ark., 2018; Ünal ve ark., 2020).

3.2. Çiftleşme mevsimi

Eşenadası Alageyik Üretim İstasyonunda çiftleşme mevsimi ağustos sonu eylül ayı başında başlamaktadır. Bu dönemde, alanın hemen hemen her bölgesinde boğaların çiftleşme yalakları (Şekil 5) kurduğu gözlenmeye başlanmıştır. Çiftleşme sezonu boyunca boğalar yalaklarını ve bu küçük bölgeleri savunmuşlardır (Şekil 6). Bununla birlikte tipik bir davranış olan ve “böğürme” diye ifade ettiğimiz sesleri çıkararak kızgın dişileri aramaya başlamışlardır. Alanda erkek birey sayısının dişi bireylerden fazla olduğu ve yaklaşık 70 adet erkek birey bulunduğu yapılan gözlemlerde tespit edilmiştir.

Erkek bireyler eylül ayı başında çiftleşme için aktif olsa bile bu çalışmada, ilk doğum Mayıs ayı sonu görülmüştür. Haziran ve Temmuz aylarında doğumların yoğunlaşması gebelik süresinin 230-240 gün (Chapman ve Chapman, 1997; Sarıbaşak ve ark., 2005; Locke, 2007) olduğu göz önüne alındığında dişiler için esas çiftleşme döneminin Ekim ayında başladığı ve Kasım ayı sonuna kadar devam ettiği anlaşılmaktadır. Çiftleşme dönemi boyunca 52 adet aktif yalak tüm çiftleşme dönemi (Eylül-Kasım 2017) boyunca 4160 fotokapan/gün izlenmiştir. Bu dönemde boğalar yalaklarında uzun süre vakit geçirmiş, başka boğalarla yalaklarını ve bölgelerini korumak için alan mücadelesi yapmışlardır. Ancak izlenen 52 yalağın hiçbirinde, 2017 yılı çiftleşme sezonu (Eylül-Kasım) boyunca çiftleşme görüntülenememiştir.



Şekil 4. Alanı kullanan diğer türler
Figure 4. Other animals using the area



Şekil 5. Çiftleşme yalağı ve alageyik boğası.
Figure 5. Mating trough and fallow deer bull

kıldığında karın bölgesinin yanlara doğru genişlemesi belirgin şekilde görülmektedir.



Şekil 7. Gebe dişiler
Figure 7. Pregnant females



Şekil 6. Boğaların alan mücadelesi.
Figure 6. The Bulls' field struggle

İlk gebeler şubat sonu mart başında görülmeye başlanmıştır. Özellikle nisan ve mayıs aylarında gebe dişiler daha rahat gözlemlenmiş ve sayılmıştır. Aylar itibari ile toplam görüntülenen gebe sayısı ile aynı anda görüntülenen en yüksek gebe sayıları tespit edilmiş ve Tablo 1'de verilmiştir.

Mart ayı başından haziran ayı sonuna kadar geçen süreçte gebe dişilere ait 250 fotokapan görüntüsü elde edilmiştir. Bu süreçte gebe dişi sayısı en fazla mayıs ayında 8 birey olarak belirlenmiştir. Gebe dişilerin belirlenmesi ve sayımında aynı kameradan geçiş yapan gebe bireyler dikkate alınmıştır. Ancak sürüdeki dişilerin ne kadarının üreme yeteneğine sahip olduğu biraz daha düşük hassasiyet ile yavru sayısı üzerinden hesaplanabilir. Alageyikler de ikizlik oranının çok düşük olduğu bilinmekte olup sayılan yavru kadar dişinin üreme yeteneğine sahip olduğu söylenebilir.

3.3. Gebe bireylerin belirlenmesi

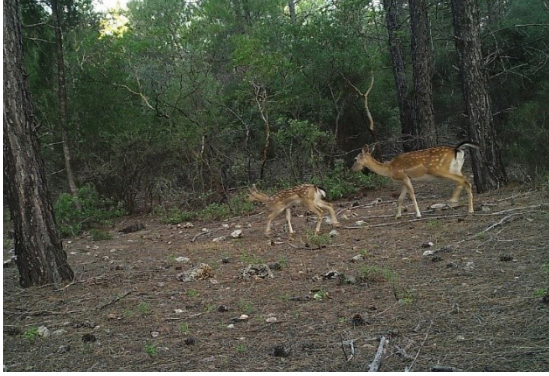
Gebe bireylerin tespiti, gebeliğin son dönemlerinde iyice belirginleşen morfolojik farklılığın izlenmesi ile belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 7). Bu dönemle yandan bakıldığında karında sarkma, karşıdan ba-

Tablo 1. Gebe dişi birey sayıları
Table 1. Number of pregnant female

| Aylar | Gebe dişilere ait görüntü sayısı | Görüntülerden Ayrımı Yapılan Farklı Gebe Dişi Birey Sayısı |
|--------------|----------------------------------|--|
| Mart 2018 | 18 | 6 |
| Nisan 2018 | 84 | 6 |
| Mayıs 2018 | 126 | 8 |
| Haziran 2018 | 22 | 4 |
| Toplam | 250 | |

3.4. Doğum yapan dişi birey sayısı

Doğum yapan bireyler, yavrulu dişiler (Şekil 8) sayılarak belirlenmiştir. Toplam doğum yapmış birey sayısı fotokapanlara takılan en yüksek yavrulu dişi geçişlerinden tespit edilmiş ve aylar itibarıyla Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 8. Yavrulu dişi
Figure 8. Female with fawns

Fotokapan görüntülerinden Mayıs ayından bir sonraki yılın Nisan ayına kadar yavrulu dişilere ait toplam görüntü sayısı 991'dir. En yüksek sayıda yavrulu dişi görüntüsü Ağustos ayında çekilmiş ve bu görüntülerden 14 farklı yavrulu birey tespit edilebilmiştir. Aralık ayından sonra yavrulu dişi görüntüleri hızla azalmış, Şubat ayından itibaren neredeyse yok denecek seviyeye düşmüştür. Yani genç bireyler annelerinden ayrılmıştır. Bu ayırım tam bir ayırım olmayıp anneyle geçirilen zamanın çok azalması şeklinde olmuştur.

3.5. Yavru sayısı

Üretim İstasyonunda tüm alana yerleştirilen 32 adet fotokapan ile yavrular (15 ay) 14400 fotokapan/gün izlenmiştir. Bu süreçte yavruların sayıları aylık olarak takip edilmiştir (Şekil 9). Elde edilen veriler Tablo 3 ve Grafik 1'de verilmiştir.

Tablo 2. Yavrulu dişi sayıları
Table 2. Number of female with fawns

| Aylar | Yavrulu dişilere ait görüntü sayısı | Görüntülerden Ayrımı Yapılan Yavrulu Birey sayısı |
|--------------|-------------------------------------|---|
| Mayıs 2018 | 5 | 1 |
| Haziran 2018 | 70 | 8 |
| Temmuz 2018 | 116 | 7 |
| Ağustos 2018 | 200 | 14 |
| Eylül 2018 | 85 | 6 |
| Ekim 2018 | 125 | 8 |
| Kasım 2018 | 186 | 10 |
| Aralık 2018 | 129 | 8 |
| Ocak 2019 | 57 | 4 |
| Şubat 2019 | 4 | 1 |
| Mart 2019 | 5 | 1 |
| Nisan 2019 | 9 | 2 |
| Mayıs 2019 | - | - |
| Haziran 2019 | - | - |



Şekil 9. Alageyik yavruları
Figure 9. Fawns

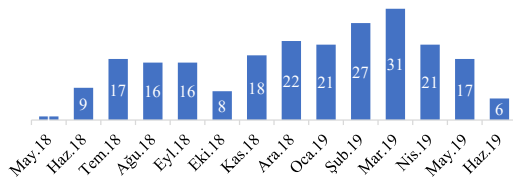
İlk yavru 26 Mayıs 2018 tarihinde görüntülenmiştir. Doğumlar Mayıs sonu, Haziran ve Temmuz aylarında devam etmiştir. 15 ay boyunca izlenen 2018 yılı yavrularına ait toplam görüntü sayısı 4740'tır. En yüksek yavru sayısı 2019 yılı Mart ayında 31 adet olarak belirlenmiştir. Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında 20 bireyin üstünde yavru grupları sayılmıştır. Mayıs ve Haziran aylarında özellikle Haziran ayında tespit edilen yavru sayısı çok düşüktür.

Elde edilen verilerden alageyiklerde ikizlik oranının çok düşük olduğu, 2018 yılına ait doğumlarda sadece bir dişinin ikiz yavru yaptığı tespit edilmiştir. Toplam yavru sayısına (31 yavru) oranlandığında ikizlik oranı yaklaşık %3 olarak belirlenmiştir. Benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Harrison ve Hyett, 1954; Chapman ve Chapman, 1997).

Tablo 3. Yaşayan yavru sayıları
Table 3. Number of living fawns

| Aylar | Yavrulara ait görünümlü sayısı | Yavru sayısı |
|--------------|--------------------------------|--------------|
| Mayıs 2018 | 5 | 1 |
| Haziran 2018 | 150 | 9 |
| Temmuz 2018 | 397 | 17 |
| Ağustos 2018 | 348 | 16 |
| Eylül 2018 | 163 | 16 |
| Ekim 2018 | 247 | 8 |
| Kasım 2018 | 318 | 18 |
| Aralık 2018 | 475 | 22 |
| Ocak 2019 | 503 | 21 |
| Şubat 2019 | 557 | 27 |
| Mart 2019 | 643 | 31 |
| Nisan 2019 | 531 | 21 |
| Mayıs 2019 | 339 | 17 |
| Haziran 2019 | 64 | 6 |

Aylık Yavru Sayıları



Şekil 10. Yavru sayıları
Figure 10. Numbers of fawns

Çalışma süresi boyunca alageyikler ile ilgili alanda fotokapan görüntüleri ve günün farklı saatlerinde çıplak gözle birçok gözlem yapılmış, hayvan davranışları hakkında çok değerli bilgilere ulaşılmıştır. Özellikle, alageyikler sürü halinde yaşayan, sürü içi hiyerarşisi yüksek hayvanlar olduğu görülmüştür. Sürü içinde statüler bulunmakta ve her statüye ait birey kendi sınıfı ile sürü içinde küçük gruplar oluşturup hareket etmektedir. Yani yaşlı erkekler yaşlı erkeklerle, genç erkekler kendi aralarında, dişiler dişilerle, gebe dişiler gebe dişilerle, yavru dişiler yavru dişilerle ve gençlerde benzer şekilde kendi içlerinde gruplaşmakta ve beraber hareket etmektedirler. Benzer bulgular farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Jensz ve Finley,2013).

3.6. Alanda görülen hastalık ve ölümler

Üretim istasyonunda çalışılan 3 yıl (Eylül 2016-Temmuz 2019) boyunca, yeni doğan yavruların sağlıklı olduğu fotokapan görüntülerinden anlaşılmıştır. Ancak yavrular yakalanıp herhangi bir inceleme ve/veya muayene yapılmamıştır. Bir

hayvanın dış görünüşü sağlık durumu hakkında bir miktar bilgi verebilir. 2018 yılı yavrularının 15 ay boyunca yapılan izleme çalışmalarında bu yavruların sağlıklı bir şekilde büyüdükleri görülmüştür. Bununla birlikte bazı sorunlar da görülmüştür. Her yıl az sayıda da olsa sakatlık sorunu izlenmiş, özellikle genç birkaç hayvanda topallama tespit edilmiştir. Bir diğer sorun ise yine genç hayvanlarda daha sık görülen hayvan postundaki kabarık, dağınık yapı, kıl renginde solukluk ve cansızlıktır. Bir diğer sorun ise mevsimsel yaşanan dış parazitler olup tüm hayvanları çok rahatsız etmektedir. Mayıs sonu haziran başından Eylül ayına kadar alanda çok yoğun bir tür iri sinek hayvanların vücutlarına ve özellikle baş ve boyun bölgesine konarak hayvanları rahatsız etmektedir.

Çalışmanın ilk iki yılında alanda alageyiklere ait kafatası, omurilik ve bacak parçaları gibi hayvan kalıntıları bulunmuştur (Şekil 10). 2019 yılında hem vücut parçaları hem de yeni ölmüş/öldürülmüş vücut bütünlüğü büyük oranda korunmuş bireyler bulunmuştur (Şekil 11). Bu bireylerin neden öldüğü biri dışında kesin belirlenememiş olsa da ölü bireylerin sağlıklı olduğu (zayıflık, soluk ve dökülmüş kıl, vücutta yaralar vb.) gibi hastalık belirtisi gözlenmemiş ve yırtıcılar tarafından avlandığı düşünülmektedir.

Ancak 05.04.2019 sabahı ölü birey bulunduğu (Şekil 13) yeni öldüğü görülmüştür. Hayvanın baş ve boyununun olmadığı vücudun kalan bölümünün zarar görmediği belirlenmiştir. Hayvan ölüsü incelendiğinde, vücudun birkaç yerinde derin tırnak yaraları görülmüş, çevrede yapılan incelemede ise birçok noktada hayvana ait kıllar bulunmuştur. Tüm bunlar değerlendirildiğinde hayvanın saldırıya uğramış olduğu anlaşılmaktadır. Bu iz ve işaretler yırtıcının, büyük kedilerden olduğunu düşündürmektedir. Alana birçok kez karakulak ve bir kez de vaşağın girdiği bilinmektedir. Bu saldırının da bu iki yırtıcıdan biri tarafından yapıldığı düşünülmektedir. Ancak hayvanı öldüren yırtıcıyı belirlemek için hayvan ölüsünü görece şekilde kurulan fotokapan ile yapılan izlemede bu hayvanı öldürebilecek bir yırtıcı gelmemiştir. Hayvanın leşi tilki (*V.vulpes*), Yaban domuzu (*S.scrofa*) ve kuzgunlar (*Corvus corax*) tarafından birkaç haftada yenilerek tüketilmiştir.

Bulunan ölü bireyler alanda belli bir bölgede yoğunlaşmıştır. Bu bölge yemliğin ve üretim istasyonunun doğu cephesindeki tel örgülü bölgeye yakın olan ve alanda "Zindan" olarak adlandırılan bölgedir. Bu bölgedeki fotokapanlarda birçok kez karakulak görülmüştür.



Şekil 11. Alanda bulunan hayvan kalıntıları
Figure 11. Animal remains found in the area



Şekil 12. Alanda bulunan alageyik ölüleri
Figure 12. Dead fallow deer found in the area

4. Tartışma Sonuç ve Öneriler

Araştırma alanında, alageyik boğaları ağustos ayı sonu itibari ile kızgınlık göstermeye başlamışlardır. Ancak dişilerinin kızgınlık (çiftleşme) döneminin ekim ayı başı itibari ile başladığı ve kasım ayı sonuna kadar devam ettiği yavruların doğum tarihlerinden belirlenmiştir. Kuzey yarım küre için benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Species Ecology Fallow Deer 2008,

Fellers, and Osbourn, 2007; Sándor ve ark., 2014; Say ve ark., 2003). Gerek literatürde gerekse görü-şülen uzmanların belirttiği “Alageyikler, boğaların kurduğu çiftleşme yalaklarında çiftleşir” (Hirth, 1997; Chapman ve Chapman, 1997; Isvaran, 2005.) bilgisinin doğru olmadığı 52 adet gibi çok yüksek sayıda yalak izlenerek görülmüştür. Ayrıca “Bir yalağı ve yakınındaki uydu yalakları sadece bir boğa kullanır” bilgisinin de doğru olmadığı aynı yalağı farklı boğaların kullandığı tespit edilmiştir.



Şekil 13. Yırtıcı tarafından öldürülmüş birey.
Figure 13. Fallow deer killed by a predator

Birbirine çok yakın (3-5m) yalıklarda aynı anda farklı boğaların yattığı görüntülenmiştir.

Çalışmamızda, izlenen tüm çiftleşme yalıklarında çiftleşme görüntülenemese de sürüde dişi ve erkek bireylerin sağlıklı olduğu ve üreme sorunu yaşanmadığı, doğan yavru görüntülerinden anlaşılmıştır. 3 yıllık çalışma süresinde, 2017 ve 2019 yıllarında gözlem olarak ve 2018 yılında proje kapsamında fotokapanlar vasıtasıyla elde edilen verilerden, her yıl en az 25-30 adet yavru dünyaya geldiği görülmüştür. 2019 yılı mart ayındaki sayımda, 2018 yılına ait 31 yavru sayılmıştır. Üretme İstasyonuna belli bir sistemle kurulan 32 adet fotokapan ve yemliği izleyen güvenlik kameralarından bu yavruların sağlıklı olarak büyüdükleri tespit edilmiştir. Elde edilen verilerden alageyiklerde ikizliğin çok düşük olduğu görülmüştür ve 2018 yılına ait doğumlarda sadece bir dişinin ikiz yavru yaptığı görülmüştür. (Harrison ve Hyett, 1954; Chapman ve Chapman, 1997; Species Ecology Fallow Deer 2008).

2018 yılı mayıs ayı itibarı ile başlayan doğumlar ve beraberinde yavru sayımlarında aralık ayından itibaren fotokapan ile görüntülenen yavru sayılarında artış görülmüştür. Bu artışın sebebi, genç bireylerin gruplar halinde dolaşmaya başlaması ve bu yavru gruplarının fotokapanların önünden geçmesi ile kolaylıkla sayılabilmişlerdir.

Alageyik yavruları beslenme ve güvenlik nedenlerinden dolayı belli bir yaşa kadar annelerine muhtaçtır. Alageyik dişilerinde laktasyon (Memeli hayvanlarda süt verim dönemi) süresi yaklaşık 6-7 ay kadardır ve bu dönemin son 2 ayında birçok memeli hayvan türünde olduğu gibi günlük süt verimi

oldukça düşmektedir. Farklı araştırmacılar çoğu dişi bireyin laktasyon dönemini aralık ayında durdurduğunu ancak bazı dişilerin bu dönemi şubat ayına kadar devam ettirdiğini bildirmiştir (Species Ecology Fallow Deer 2008; Jenz ve Finley, 2013).

Gerek süt veriminin düşmesi gerekse buzağuların artık büyüyerek danaya dönüşmesi ile yem ve ot tüketimleri artmış ve anneye bağımlılık azalmıştır.

430 hektar büyüklüğündeki üretme istasyonunun büyük bölümü tel ihata ile çevrilmiştir. Ancak dik uçurum olan bölgeler doğal korunak olarak görülmüş ve tel ihata çekilmemiştir. Alanda alageyikler dışında yaban hayvanı türleri de bulunmakta olup, yırtıcılardan Karakulak, Vaşak, Çakal ve Tilki gibi türler alana girebilmektedir. Tilkilerin doğum ağırlığı 2-4 kg olan alageyik yavruları, vaşak, çakal ve karakulaklar ise hem yavru hem de yetişkin bireyleri rahatlıkla avlayabilir. Üretme İstasyonunun izolasyonu, yırtıcıların ve yırtıcı olmasa bile alana hastalık getirme ihtimali olan yaban keçilerinin alana girmesini engellemek için bu bölgelere de tel ihata çekilmesi faydalı olacaktır. Elimizde herhangi bir bulgu olmamakla birlikte alageyiklerin üretme istasyonundan dışarı çıkma ihtimali göz önüne alınmalıdır.

Üretme İstasyonunda, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü verilerine göre 120 birey bulunmaktadır S. Yıldırım (kişisel iletişim, Ocak 2019). Ancak erkek bireylerin sayısının dişilerden fazla olduğu tespit edilmiştir. Sağlıklı bir sürü için bu oranın 1/3 yani 3 dişiye bir boğa olması daha uygun olacaktır. Feldhamer ve arkadaşları tarafından 1988 yılında yapılan çalışmada, birçok bölge-

de alageyik populasyonlarında cinsiyet oranının 25 ila 60 erkek/100 dişi arasında değişmekte olduğunu bildirmiştir.

Eşenadası Alageyik Üretme İstasyonunda bulunan populasyon kapalı bir populasyon olup (dışarıdan gen akışı olmayan) uzun yıllardır kendi içinde çiftleşerek üremektedir. Bu durum şu an için sorun oluşturmaya da ilerleyen yıllarda akrabalığın artmasına ve dolayısıyla akrabalık dejenerasyonu dediğimiz sorun ile karşılaşılacaktır. Bu sorunlar, üremede azama, kısırlık oranında artış, yaşama gücünde azalma, hastalıklara ve çevre koşullarına karşı dayanıksızlık, büyüme ve gelişme yetersizliği, kalıtsal kusurlar ve anomaliler de artış şeklinde kendini göstermekte ve populasyonun yok olmasına kadar gidebilmektedir.

Üretme İstasyonunun da içinde bulunduğu Düzlerçamı YHGS'nin yerleşim yerlerine yakın olması, alanda tarım ve hayvancılık yapıyor olması, tel örgü ile kapatılmış meyve bahçeleri, balık lokantaları gibi birçok faaliyetin alan içinde olması nedeniyle bu saha artık alageyikler için uygun bir habitat olmaktan çıkmıştır. Sayılan gerekçelerden dolayı populasyonun bir bölümünün ülkemizin uygun farklı noktalarına dağıtılması gerekmektedir. 2011 yılında bu konu, yapılan çalışmalar sonucunda 2 farklı bölge belirlenerek bir miktar hayvan nakli yapılmıştır S. Yıldırım (kişisel iletişim, Ekim 2015). Ancak bu 2 yeni saha (Aydın Dilek Yarımadası Milli Parkı ve Muğla ili Köyceğiz Yaban Hayatı Geliştirme Sahası) yetersizdir. Çünkü gerek hastalık, yangın, insan baskısı gibi nedenler gerekse kendileşme (akrabalı yetiştirme) sorununu kırmak için (Kapalı populasyonlarda akrabalığı engellemenin tek yolu populasyonu gruplara ayırıp her grubu kendi içinde çiftleştirip ilerleyen süreçte gruplar arası melezleme yaparak genetik varyasyonu belli bir seviyede tutmaktır) bu 2 farklı bölge dışında yeni bölgelere transferler yapılmalıdır.

Teşekkür

Bu makale, Orman Genel Müdürlüğü, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne "Eşenadası Alageyik Üretme İstasyonunda Bulunan Alageyik (*Dama dama* Linnaeus (1758)) Populasyonu Üreme Parametrelerinin Fotokapan ile Belirlenmesi" adıyla ve 19.4201/2016-2019-2020 proje numarasıyla gerçekleştirilen araştırma sonucunda hazırlanan ve OGM Araştırma İhtisas Grupları Toplantısında yayınlanması yönünde karar verilen Proje Sonuç Raporunun bir bölümünün özeti'dir.

Kaynaklar

Arslangündoğdu, Z., Kasperek, M., Sanbaşak, H., Kaçar, M.S., Yöntem, O., Şahin, M.T., 2010. Development of the population of the European Fallow Deer, *Dama dama* (Linnaeus 1758) in Turkey. *Zoology in the Middle East*, 49: 3–12.

Chapman, N. G., and Chapman, D. I., 1997. Fallow Deer's. Their history, distribution and biology. Coch-Y-Bonddu Books, Machynlleth, Powys, SY20 8DJ.271 pp.

Corbet, G.B., Harris, S., 1991. The Handbook of British Mammals. Blackwell Science, Oxford. Encyclopedia of Life (EOL). 2013. *Dama dama*, Fallow Deer. <http://eol.org/pages/313992/details>. Erişim tarihi 26 September 2013.

Dalkesen, N., 2015. Deer cult in Turkish culture from central Asia to Anatolia, Milli Folklor, 27- 106: 58-69.

Feldhamer, G.A., Farris-Renner, K.C., Barker, C.M., 1988. *Dama dama*. *Mammalian species*, 317:1-8. The American Society of Mammalogists.

Fellers, G. M. and OsbourN, M.S. 2007. *California Fish and Game* 93(3):149-160 2007.

Harrison, R.J. and Hyett, A.R., 1954, The development and growth of the placentomes in the fallow deer's (*Dama dama* L.). *The Journal of Anatomy*, 88; 338-355.

Heidemann, G., 1976. Damwild, *Cervus dama* Linné, 1758, in Kleinasien. Bestand un Schutz. *Säugetierkundliche Mitteilungen* 24: 124–132.

Hirth, D.H., 1997. Lek breeding in a Texas population of fallow deer (*Dama dama*). *American Midland Naturalist* 138: 276-289.

IUCN, 2018. <https://www.iucnredlist.org/>

Isvaran, K., 2005. Variation in male mating behaviour within ungulate populations: patterns and processes. *Current Science*. 89: 1192-1199.

Jensz, K. and Finley, L. (2013) Species profile for the Fallow Deer, *Dama dama*. Latitude 42 Environmental Consultants Pty Ltd. Hobart, Tasmania.

Kinnaird, M. F., E.W. Sanderson, T. G. O'Brien, H.T.Wibisono, G. Woolmer. 2003. Deforestation trends in a tropical landscape and implications for endangered large mammals. *Conservation Biology* 17:245–257.

Linkie, M., Ridout, M.S., 2011. Assessing tiger-prey interactions in Sumatran rainforests, *Journal of Zoology*, 284(3), 224–229. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2011.00801.x>

Locke, S. (2007) The Distribution and Abundance of Fallow Deer in the Central Plateau Conservation Area and Adjacent Areas in Tasmania. *Nature Conservation Report 07/02*. Department of Primary Industries and Water, Hobart.

- Long, J.L., 2003. Introduced mammals of the World: Their History, Distribution and influence. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.
- Mandaloglu, M., 2013. The culture which carried from Turkish mythology to Anatolia: The motif of deer, *Journal of International Social Research*. 6-27:382-391.
- Masseti, M., 1996. The postglacial diffusion of the genus *Dama Frisch*, 1775, in the Mediterranean region. Supplement. *Ricerche Biologica Selvaggina* 25: 7–29.
- Masseti, M., 1999. The European fallow deer, *Dama dama* (L., 1758), in the Aegean region. Contributions to the zoogeography and ecology of the Eastern Mediterranean Region. Vol. 1: 17–30.
- Masseti, M., 2002. Island of deer. Natural history of the fallow deer of Rhodes and of the vertebrates of the Dodecanese (Greece). City of Rhodes: Environment Organization.
- Masseti, M., Pecchioli, E., Vernesi, C., 2008. Phylogeography of the last surviving populations of Rhodian and Anatolian Fallow Deer (*Dama dama* L., 1758). *Biological Journal of the Linnean Society* 93: 835-844.
- Nowak, R.M., 1999. Walker's mammals of the world vol II. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Sarıbaşak, H., Kaçar, M.S., Başaran, M.A., Cengiz, Y., Köker, A., Sert, A., 2005. Alageyik (*Dama Dama* L. 1758) üretim ve yerleştirme teknikleri. Teknik Bülten No: 23 Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 267 Müdürlük Yayın No: 027.
- Sándor, G., László, R. and Náhlik, A. 2014. Determination of time of conception of fallow deer in a Hungarian free range habitat. *Folia Zool.* – 63 (2): 122–126 (2014)
- Say, L., Naulty, F. and Hayden, T.J. 2003. Blackwell Publishing Ltd. Genetic and behavioural estimates of reproductive skew in male fallow deer. *Molecular Ecology* (2003) 12, 2793–2800
- Silveira, L., Jácomo, A. T. A., and Diniz-Filho, J. A. F., 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation*, 114(3), 351–355. doi:10.1016/s0006-3207(03)00063-6
- Stein, A.B., Fuller, T.K., Marker, L.L., 2008. Opportunistic use of camera traps to assess habitat-specific mammal and bird diversity in northcentral Namibia. *Biodivers Conserv* 17, 3579–3587.
- Soyumert, A., 2010. Kuzeybatı Anadolu ormanlarında fotokapan yöntemiyle büyük memeli türlerinin tespiti ve ekolojik özelliklerinin belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora tezi.
- Thirgood, S.J., 1995. The effects of sex, season and habitat availability on patterns of habitat use by fallow deer (*Dama dama*) *Journal of Zoology*, 235(4):645-659.
- Tobler, M.W., Carrillo-Perceguet, S.E., Leite Pitman, R., Mares, R., Powell, G., 2008. Further notes on the analysis of mammal inventory data collected with camera traps. *Animal Conservation*, 11(3), 187–189. doi:10.1111/j.1469-1795.2008.00181.x
- Ünal, Y., Alkan, H., Gülsoy, S., Kavgacı, A., Şentürk, Ö., Süel, H., Yılmaztürk, A., 2018. Antalya Düzlerçamı Yaban Hayatı Geliştirme Sahasında Alageyik (*Cervus Dama* L.) popülasyonlarını ve habitatlarını koruma-geliştirme yöntem ve stratejilerinin araştırılması. Program Kodu: 1001, Proje No: 214O248. Proje sonuç raporu.
- Species Ecology Fallow Deer 2008. England and Wales Best practice guides. The Deer Initiative 2008. <https://www.thedeerinitiative.co.uk/uploads/guides/166.pdf>
- Ünal, Y., Çulhacı, H., 2018. Antalya Düzlerçamı Eşenadası Alageyik Üretim İstasyonu'nda fotokapan yöntemiyle alageyik (*Cervus dama* L.) popülasyon yoğunluklarının araştırılması. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, Cilt 19, sayı 1, sayfa:57-62.
- Ünal, Y., Pekin, B.K., Oğurlu, İ., Süel, H., Koca, A., 2020. Human, domestic animal, Caracal (*Caracal caracal*), and other wildlife species interactions in a Mediterranean forest landscape. *European Journal of Wildlife Research*, 66(1), pp.1-10.
- Ünal, Y., A. Eryılmaz. 2020. Jungle cat (*Felis chaus* schreber, 1777) population density estimates, activity pattern and spatiotemporal interactions with humans and other wildlife species in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research* 18, No. 4 (2020): 5873-5890.
- Yolcu, H.İ., Serttaş, A., Uysal, H., 2013. Objektiften yaban hayatı. 2023'e Doğru 2. Doğa ve Ormancılık Sempozyumu. Kasım 2013. Antalya.

Amaç ve Kapsam

Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlükleri tarafından 1952 yılından itibaren Teknik Bülten, Yıllık Bülten, Teknik Rapor, Araştırma Dergisi ve Çeşitli Yayınlar adı altında yayınlanan araştırma sonuçlarını tek çatı altında toplamak amacı ile 2014 yılından itibaren yayımlanmaya başlayan Orman Genel Müdürlüğü Ormanlık Araştırma Dergisi (OGMOAD); Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüklerinin çalışma programında yer alan araştırma projelerinin ara veya sonuç raporlarından hazırlanan makaleler ile akademisyen, araştırmacı ve uygulayıcı kişilerin ormanlık konuları ile ilişkili olarak hazırlayacağı ve daha önce başka bir yerde kısmen veya tamamen yayımlanmamış makaleleri içerir.

Ormanlık Araştırma Dergisi, Orman Genel Müdürlüğü'nün resmi dergisi olup ormanlık ile ilgili çeşitli konularda bilgi alışverişi için ulusal ve uluslararası düzeyde bir paylaşım temin etmeyi amaçlamaktadır.

Ormanlık Araştırma Dergisi, yılda 2 defa Temmuz ve Aralık aylarında Türkçe olarak İngilizce özlü ya da İngilizce olarak Türkçe özlü yayımlanır.

Ormanlık Araştırma Dergisi'nin amaçları, yüksek bilimsel standartta araştırmaya dayalı makalelere öncelik vererek özgün makaleler yayımlamak, ormanlık ile ilişkili alanlarda güncel çalışmalar yaparak faydalanıcıların hizmetine sunmaktır.

Ormanlık Araştırma Dergisi, aşağıda belirtilen alanlarda ormanlık sorunlarına çözüm getirmek amacı ile temel ve uygulamalı araştırma sonuçlarını içeren ulusal ve uluslararası makaleleri kabul etmektedir.

| | |
|----------------|---|
| ISLAH | Tohum, Ağaç Islahı, Genetik, Biyoteknoloji. |
| YETİŞTİRME | Silvikültür, Botanik, Bitki Sosyolojisi, Ağaçlandırma ve Bitki Fizyolojisi, Peyzaj. |
| EKOLOJİ | Toprak ve Ekoloji, Havza Yönetimi, Orman - Su İlişkileri. |
| İŞLETME | Ekonomi, Hasılat, Amenajman, Ormanlık Politikası, Sosyal Ormanlık, Orman İnşaatı ve Transportu. |
| KORUMA | Orman Yangınları, Entomoloji, Fitopatoloji, Yaban Hayatı ve Korunan Alanlar. |
| ORMAN ÜRÜNLERİ | Odun ve Odun Dışı Orman Ürünleri, Orman Endüstrisi. |

Ayrıntılı bilgi için lütfen : <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ogmoaad/aim-and-scope>

Yazarlar İçin

-Makale değerlendirme ve yayın süreci

Ormanlık Araştırma Dergisi'ne gönderilen makaleler ilk aşamada editörler tarafından etik, dil ve yazım kontrolünden geçirilerek Bölüm Editörlerine gönderilmektedir. Bölüm Editörleri uygun durumdaki makaleleri hakem değerlendirme sürecine almakta ve süreçleri tamamlanan makaleler mizanpajları yapılarak dergimizde uygun bir sayıda yayınlanmak üzere ön izlemeye alınmaktadır.

Ormanlık Araştırma Dergisi çift kör hakem değerlendirme sistemini kullanır.

Makale sahiplerinden ücret talep edilmediği gibi yayımlanması halinde ücret ödenmemektedir.

-Makale yazım kuralları

Orman Genel Müdürlüğü'nün Ormanlık Araştırma Dergisi'nde yayımlanacak makaleler "Araştırma Makalesi", "Derleme" veya "Editöre Not" niteliğinde olup toplam 8.000 kelimeyi geçmemelidir. Bu sayıya makalenin başlığı, özeti, anahtar kelimeleri, makale metni, şekiller ve tablolardaki kelimeler dâhildir; ancak yazar iletişim adresi ve kaynaklar dâhil değildir.

Araştırma makalelerinde tamamlanan ya da ara sonucu alınan bilimsel çalışmaların sonuçları, konunun ayrıntılı değerlendirilmesinden sonra ortaya çıkan önemli bulgulara dayanarak sunulmalıdır.

Derleme makaleler; bilimsel dergilerde yayımlanmış bilimsel yazıların, çalışmaların veya güncel gelişmelerin söz konusu alanlarda deneyimli yazarlarca yapılan bir sentezi, yorumu ve durum değerlendirmesi şeklinde olmalıdır.

Editöre mektuplar oldukça kısa ve öz (birkaç paragraf) biçimde sunulmalıdır.

Yazılar, Microsoft Word programında yazılmalı ve sayfa yapısı aşağıdaki gibi düzenlenmelidir:

| | | | |
|------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| Kâğıt Boyutu | A4 Dikey | Yazı Tipi Stili | Normal |
| Satır Aralığı | Tek (1) | Boyutu (Ana başlık) | 14 |
| Üst Kenar Boşluk | 3,7 cm | Boyutu (Özetler) | 9 |
| Alt Kenar Boşluk | 3 cm | Boyutu (Normal metin) | 10 |
| Sol Kenar Boşluk | 3 cm | Boyutu (Tablo-grafik) | 9 |
| Sağ Kenar Boşluk | 3 cm | Boyutu (Kaynakça) | 9 |
| Yazı Tipi | Times News Roman Tur | | |

-Araştırma ve yayın etiği, hatalı uygulama beyanı

Orman Genel Müdürlüğü Ormanlık Araştırma Dergisine makale gönderen yazarların ormancılık konuları ile ilgili eserleri başka bir yerde yayımlanmamış olmalı ve/veya yayımlanmak üzere gönderilmemiş olmalıdır.

Editörler makalenin dil, yazım ve kaynakları hakkında dergi yazım formatına uygunluğunu sağlamak amacıyla gerekli düzeltmeleri yapmaya tam yetkilidir.

Yayımlanmış başka eserlerden alınmış olan alıntı yazı, tablo, resim vb. verinin olması halinde gerekli izinleri almak yazarların sorumluluğundadır.

Makalenin bilimsel sorumluluğu yazarlarına aittir. Makalede yazarlık için gerekli ölçütleri karşılamayan ancak fon ve diğer şekillerde destek sağlayan kişi ve kurumlar "Teşekkür" bölümünde belirtilmelidir.

Yazarlar, başta sosyal bilim alanları olmak üzere araştırmalarında insan üzerinde yapılan klinik araştırmaların dışında kalan bilimsel çalışmalar yapmışlar ise "Yöntem" bölümünde insan hakları mevzuatına uyulduğunu ve ilgili kurumun ve/veya bir üniversitenin etik kurulundan onay alındığını belirtmek zorundadırlar.

Yazarlar, araştırmada "deney hayvanı" kullanmış veya "yaban hayvanları" çalışmış ise "Yöntem" bölümünde "Guide for the Care and Use of Laboratory Animals" prensipleri doğrultusunda çalışıldığını, iç hukuktaki hayvan hakları mevzuatına uyulduğunu ve ilgili kurumun ve/veya bir üniversitenin deney hayvanları etik kurulundan onay alındığını belirtmek zorundadırlar.

Çalışmada "hayvansal" madde kullanılmış ise yazarlar "Yöntem" bölümünde "laboratuvar hayvanlarının kullanım kılavuzları ve yöntemleri" ilkelerine uygun çalıştıklarını ve etik kurallara uygun olarak araştırma yaptıklarını belirtmek zorundadırlar.

Makalede; ticari bağlantı veya çalışmaya maddi destek veren kurum var ise yazarlar "Teşekkür" bölümünde kullanılan ticari ürün ve/veya adı geçen kurum, kuruluş ile ticari ilişkilerinin olmadığını belirtmek; var ise ilişkinin niteliğini bildirmek zorundadırlar.

Yazarlar, Ormanlık Araştırma Dergisine gönderdikleri makalede etik kurallara (intihal, çoklu yayın, kendi kendine intihal, yazarlık ile ilgili konular, zorlayıcı atıf, karalama, gerçekte olmayan bilgi üretimi, etik olmayan araştırma ve ölçümler, çıkar çatışması, temel prensipler vs.) uymak zorundadırlar.

Editörün ve diğer editörlerin, makale ile ilgili bilgileri makalenin yazarları ya da hakemleri dışındaki diğer kişilerle paylaşması yasaktır.

Hakemler inceledikleri makaleyi Editör dışında kimseyle paylaşamazlar.

Yazarların dergiye makale göndermesi; makalenin orijinal olduğunu, bir başka yere gönderilmediğini ve yayın için değerlendirme altında olmadığını, çalışmada hakaret, karalama ve yasa dışı beyanların olmadığını, olası üçüncü kişiler dâhil izinlerin alındığını, ismi geçen kişi ve kurumlardan onay alındığını, gönderim öncesi yazarlık paylaşımının yapıp onaylandığını, misafir yazarlık ve hayalet yazarlığının olmadığını beyan ve kabul ettikleri anlamına gelir.

Aims and Scope

Turkish Journal of Forestry Research (OGMOAD) started to be published in 2014 with the aim of gathering the research results published as technical bulletin, annual bulletin, technical report and journal under a single roof in the charge of Forestry Research Institutes since 1952, and it consists of articles on interim or final reports of research projects take part in the work plan of Forestry Research Institutes and forestry related articles of academicians, researchers or practitioners which were not partially or completely published elsewhere before.

Turkish Journal of Forestry Research is an official journal of General Directorate of Forestry and aims to provide and share information on forest-related issues on national and international level.

Turkish Journal of Forestry Research is published twice a year (in July and December). For articles written in Turkish, an English abstract is necessary and for English papers Turkish abstract is needed.

Turkish Journal of Forestry Research aims to publish research-based articles that have high scientific standards, and to put them into service by carrying out up-to-date studies on forest-related issues.

Turkish Journal of Forestry Research accepts articles from the fields below that involve basic and applied studies on national and international level in order to offer solutions for problems on forestry issues.

| | |
|-------------------|--|
| TREE BREEDING | Seed, Tree Breeding, Genetics, Biotechnology. |
| GROWING | Silviculture, Botanic, Phytosociology, Afforestation and Plant Physiology, Landscape. |
| ECOLOGY | Soil and Ecology, Watershed Management, Forest - Water Relations |
| FOREST MANAGEMENT | Economy, Yield, Management, Forestry Politics, Social Forestry, Forest Construction and Transportation |
| CONSERVATION | Forest Fires, Entomology, Phytopathology, Wildlife and Protected Areas. |
| FOREST PRODUCTS | Wood and Non-Wood Forest Products, Forest Products Industry. |

For further information please contact: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ogmoad/aim-and-scope>

For Authors

-Review and publishing process

Submitted manuscripts are undergone ethic control and language control by the editors and sent to Subject Editors. If the manuscript is appropriate it's sent to two referees. After a double-blind review process the manuscripts with positive reports are sent to Layout Editor, and then published on the web page of the journal.

Turkish Journal of Forestry Research has a double-blind review process.

Writers do not need to make a payment for the articles they send, and they do not get paid for the articles published.

-Instruction for authors

Articles to be published in GDF Journal of Forestry Research can be classified as “Research Paper”, “Review Article”, “Letter to the Editor” or “Technical Note”, and should not be more than 8000 words. Title of the article, abstract, keywords, main text, words in figures and tables are included in this number. However references and contact information of the author(s) are not included.

Research results or interim results should be based on significant findings after thorough evaluation of the subject.

Review articles should be a synthesis, comment or situation assessment of published scientific papers or recent studies by the experienced researchers.

Letter to the Editor should be brief (only a couple of paragraphs).

Articles should be written in Microsoft Word program.

Page layout is given below:

| | | | |
|---------------|------------------|--------------------------|--------|
| Paper Size | A4 Vertical | Font Style | Normal |
| Line Spacing | 1 | Type Size (Main title) | 14 |
| Top Margin | 3,7 cm | Type Size (Abstracts) | 9 |
| Bottom Margin | 3 cm | Type Size (Regular Text) | 10 |
| Left Margin | 3 cm | Type Size (Table-figure) | 9 |
| Right Margin | 3 cm | Type Size (References) | 9 |
| Font | Times News Roman | | |

-Research and publication ethics, and malpractice statement

Concurrent submission is not acceptable. Authors must not submit a manuscript to more than one journal simultaneously. Related to this subject, authors should not submit previously published work, as well.

Editors are fully authorized to make necessary changes and edit the paper in order to ensure the compliance with the writing and publishing guideline. All authors must agree with any such addition, removal or rearrangement.

The authors should ensure that if they use other person’s ideas, language, pictures and tables, this has been appropriately cited or quoted and permission has been obtained where necessary.

Authorship should be limited to those who have made a significant contribution to the conception, design, execution, or interpretation of the reported study. All those who have made substantial contributions should be listed as co-authors. Where there are others who have participated in certain substantive aspects of the paper (e.g. language editing), they should be recognized in the “Acknowledgements” section.

If the work, particularly in social sciences, involves “scientific researches/studies conducted with the participation of human excluding clinical researches”, the author should ensure that the paper contains a statement that all procedures were performed in compliance with the human rights legislation, and that the appropriate institutional committee(s)/the university ethics committee have/has approved them.

If the work involves the use of experimental or wild animals (or animal material), the author should ensure that the paper contains a statement that all procedures were performed in compliance with the principles of “Guide for the Care and Use of Laboratory Animals”, relevant laws and institutional guidelines and that the appropriate institutional committee(s)/the university ethics committee have/has approved them.

If there are any commercial ties or institutions supporting the research financially, they should be recognized in the “Acknowledgements” section and the authors should state that there are no relationship with the mentioned institution or organization, or if any, nature of the relationship should be stated.

The authors should follow the rules stated in this section (plagiarism, duplication, self-plagiarism, authorship, false citation, fabrication, unethical research and measures, conflict of interest, main principles etc.) for the papers that they sent.

Editors should be aware that any information related to the paper is confidential and should not be shared with anyone, but the authors and the reviewers.

Reviewers should be aware that the information related to the paper and the peer review process is confidential and should not be shared with anyone, but the editor.

By submitting an article, the author(s) certify that the article is their original work, that the paper has not been submitted or published elsewhere (in print, online/blog, etc.), that the article and its contents do not infringe in any way on the rights of third parties, and that they take full responsibility of any risk of therein.



Ormancılıkta
1839 *dan*
Süğüne

Dış İlişkiler Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı
Beştepe Mahallesi Söğütözü Caddesi No: 8/1 06560
Yenimahalle / ANKARA