



# ormancılık araştırma DERGİSİ

Turkish Journal of Forestry Research

Yıl  
Year 2023

Cilt  
Volume 10

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: 10 Sayı: 1  
ISSN: 2149-0783  
e-ISSN:2149-0775  
Haziran 2023  
Yaygın Süreli Yayın  
Yılda 2 Defa Yayınlanır  
(Haziran-Aralık)

**Sahibi**

Orman Genel Müdürlüğü adına,  
Daire Başkanı  
Ahu Peruzhan ÖZYAKUP

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü**

Murat BAŞAR

**Editörler Kurulu**

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

**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.2023

**Sorumlu Editörler***Corresponding Editors*

<b>Baş Editör</b> <i>Editor in Chief</i>	Murat BAŞAR <i>Orman Genel Müdürlüğü, Ankara</i>
<b>İslah</b> <i>Tree Breeding</i>	Hüseyin KARATAY <i>Güneydoğu Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Elazığ</i>
<b>Yetiştirme</b> <i>Growing</i>	Gaye KANDEMİR <i>Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Enstitüsü, Ankara</i> Erdal ÖRTEL <i>Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü, İzmir</i> Fatma FEYZİOĞLU <i>Doğu Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Trabzon</i>
<b>İşletme</b> <i>Forest Management</i>	Mustafa BATUR <i>Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü, İzmir</i> Neşat ERKAN <i>Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa</i> Nur DİKTAŞ BULUT <i>Doğu Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Trabzon</i>
<b>Koruma</b> <i>Conservation</i>	Mustafa AVCI <i>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta</i>
<b>Dil Editörleri</b> <i>Language Editors</i>	Şaban ÇETİNER <i>Orman Genel Müdürlüğü, Ankara</i> Ümmühan ASLAN BIÇKI <i>Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Antalya</i>

## Danışma Kurulu Advisory Board

<b>Islah</b> <i>Tree Breeding</i>	Nebi BİLİR, <i>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta</i> Servet ÇALIŞKAN, <i>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul</i>
<b>Yetiştirme</b> <i>Growing</i>	Ali KAVGACI, <i>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur</i> Ayşe DELİGÖZ, <i>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta</i> Fahrettin TILKI, <i>Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin</i> Mustafa YILMAZ, <i>Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa</i>
<b>Ekoloji</b> <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>
<b>İşletme</b> <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>
<b>Koruma</b> <i>Conservation</i>	H. Tuğba DOĞMUŞ LEHTİJARVI, <i>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta</i> İsmail DEMİR, <i>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon</i> Ömer KÜÇÜK, <i>Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu</i>
<b>Orman Ürünleri</b> <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

<b>İslah / Breeding</b>	<b>Araştırma makalesi / Research article</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> ve <i>Eucalyptus grandis</i> türleri ile melezlerinin klon denemeleri: Beşinci yaş sonuçları / <i>Clone trials of Eucalyptus camaldulensis and Eucalyptus grandis and their hybrids: five-year-old results</i>	1-13
Celal TAŞDEMİR	
<b>Yetiştirme / Growing</b>	<b>Araştırma makalesi / Research article</b>
Effects of seed treatments on the germination of Golkoy palm ( <i>Phoenix theophrasti</i> Greuter subsp. <i>golkoyana</i> Boydak) / <i>Gölköy hurması (Phoenix theophrasti Greuter subsp. golkoyana Boydak) tohumlarına uygulanan bazı işlemlerin çimlenme özelliklerine etkileri</i>	14-22
Salih PARLAK	
<b>Yetiştirme / Growing</b>	<b>Araştırma makalesi / Research article</b>
Isparta Gölcük Tabiat Parkı'ndaki odunsu flora çeşitliliği ve çevresel değişkenlerle ilişkileri / <i>Diversity of woody flora in Isparta Gölcük Nature Park and its relations with environmental variables</i>	23-31
E. Hatice TIĞLI KAYTANLIOĞLU, Mehmet Güvenç NEGİZ, Serkan GÜLSOY, Hüseyin FAKİR	
<b>İşletme / Forest Management</b>	<b>Araştırma makalesi / Research article</b>
Karışık etkili modelleme yaklaşımıyla karaçam hacim denklemlerinin geliştirilmesi / <i>Development of Crimean pine volume equations: a mixed-effects modeling approach</i>	32-44
Abdurrahman ŞAHİN, İlker ERCANLI	
<b>İşletme / Forest Management</b>	<b>Araştırma makalesi / Research article</b>
Dar dikim aralıklarında kurulan kavak ( <i>Populus x euramericana</i> ve <i>Populus deltoides</i> klonları) ağaçlandırmalarında artım ve büyüme / <i>Increment and growth in poplar plantations established in narrow spacings using the clones of Populus x euramericana and Populus deltoides</i>	45-60
Sacit KOÇER, Muhammed KARA	
<b>İşletme / Forest Management</b>	<b>Araştırma makalesi / Research article</b>
Çap-boy modelleri için örnek ağaç seçim ölçütlerinin geliştirilmesi / <i>Development of sample tree selection criteria for diameter-height models</i>	61-79
Niyazi ÖZÇANKAYA, Serdar CARUS	
<b>Yetiştirme / Growing</b>	<b>Araştırma makalesi / Research article</b>
Morphogenetic variations of <i>Pinus sylvestris</i> L. seedlings depending on altitude / <i>Yükseltiye bağlı olarak Pinus sylvestris L. fidanlarının morfojenetik varyasyonları</i>	80-89
Deniz GÜNEY, Fahrettin ATAR, İbrahim TURNA, Ali BAYRAKTAR	
<b>İşletme / Forest Management</b>	<b>Araştırma makalesi / Research article</b>
Orman yakma suçuna ilişkin Yargıtay kararları üzerine bir inceleme / <i>A review on the decisions of the Supreme Court of Appeals regarding the crime of forest burning in Türkiye</i>	90-104
İlknur CESUR, Alper BULUT	
<b>Koruma / Conservation</b>	<b>Araştırma makalesi / Research article</b>
<i>Plumilus grandicollis</i> (Ménétriés, 1832) (Coleoptera: Anobiidae: Ptilininae): a new pest of ash wood ( <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl, 1804) (Lamiales: Oleaceae) and locality report in Türkiye / <i>Plumilus grandicollis</i> (Ménétriés, 1832) (Coleoptera: Anobiidae: Ptilininae): yeni bir dişbudak odunu ( <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl, 1804) (Lamiales: Oleaceae) zararlısı ve Türkiye için yeni bir lokalite kaydı	105-111
Beşir YÜKSEL, Çağlar AKÇAY, Mesut YALÇIN, Ayhan KARAKAYA, Ali EKŞİ	



## *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis* türleri ile melezlerinin klon denemeleri: Beşinci yaş sonuçları

Clone trials of *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus grandis* and their hybrids: five-year-old results

Celal TAŞDEMİR<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma  
Enstitüsü Müdürlüğü, Tarsus

**Sorumlu yazar (Corresponding author)**  
Celal TAŞDEMİR  
celaltasdemir@ogm.gov.tr

**Geliş tarihi (Received)**

14.02.2022

**Kabul Tarihi (Accepted)**

25.05.2022

**Sorumlu editör (Corresponding editor)**

Hüseyin KARATAY

huseyinkaratay@ogm.gov.tr

**Atıf (To cite this article):** Taşdemir, D. C. (2023). *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis* türleri ile melezlerinin klon denemeleri (Beşinci yaş sonuçları). Ormanlık Araştırma Dergisi, 10 (1), . DOI: 10.17568/ogmoad.1073343



Creative Commons Atıf -  
Türetilmez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

### Öz

Bu çalışmada, *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.ve *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden ile bunlara ait melezler; farklı yetiştirme ortamlarında boy, çap, hacim ve yaşama oranı açısından klonal olarak mukayese edilmiştir. Dört farklı yerde, rastlantı blokları deneme desenine göre tesis edilen deneme alanlarında klonlar, 5 blokta toplam 25 fidan ile temsil edilmiştir. Fidanlar, beş ağaçlı sıra parseli şeklinde 3,25x3,25m aralık mesafede dikilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, gelişim ve yaşama oranı açısından bütün deneme alanlarında klonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark oluşmuştur. Hacim gelişimi ve yaşama oranının birlikte değerlendirilmesi sonucunda; Karabucak ve Ceyhan koşullarında G96 klonu, Kırıkhan koşullarında ise C298 klonu en yüksek değerlere sahip olmuştur. Öte yandan, daha az sayıda yaşayan klona sahip olan Kırıkhan hariç diğer üç deneme alanları arasında gelişim ve yaşama oranı açısından istatistiksel olarak fark çıkmıştır. Bu değişkenler açısından, Karabucak-111, diğer deneme alanlarına göre daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Her üç deneme alanının birlikte değerlendirilmesi sonucunda klonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğu; G96 klonun, özellikle hacim gelişimi bakımından en yüksek değerlere sahip olup ilk sırada yer aldığı görülmüştür. 5. yaş sonunda, bütün deneme alanlarında büyüme bakımından saf türleri geçen hiçbir melez klonun bulunmamasına rağmen başarılı klonların arasında yer alan verimli üç melez klon (M77, M85 ve M46) ümit verici görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** *Eucalyptus* spp., melez, klon, gelişim, yaşama oranı

### Abstract

In this study, it is aimed to compare the clones of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. and *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden and their hybrids in terms of growth and survival. The clones were tested at four different sites. Seedlings were planted at a spacing of 3.25x3.25m in a Randomized Block Design. Each clone was represented by a total of 25 seedlings. There were statistically significant differences between clones in terms of growth and survival in all of the trial sites. As a result of evaluating the volume growth and survival together, the G96 clone in Karabucak and Ceyhan conditions and the C298 clone in Kırıkhan conditions had the highest values. In the joint analysis of the trial sites, except for Kırıkhan which had fewer living clones, a statistically significant difference was found between the three trial sites regarding growth and survival. Concerning these variables, Karabucak-111 had higher values than the other trial sites. As a result of the evaluation of all three trial areas together, it was also found that there was a statistically significant difference between the clones, and the G96 clone, which had the highest values especially regarding growth, took in the first place. The results show that more productive industrial plantations can be achieved with the use of the outstanding clones identified for each region. Three hybrid clones (M77, M85, and M46) among the successful clones appeared promising, although no hybrid clones exceeded the pure species in terms of growth in all the trial sites at age of 5 years.

**Keywords:** *Eucalyptus* spp., hybrid, clone, growth and survival

## 1. Giriş

Ülkemizde gelecekte ortaya çıkacak odun hammaddesi açığının orta vadede kapatılabilmesi veya azaltılması için en geçerli yaklaşımın, hızlı gelişen yerli ve yabancı türlerle endüstriyel plantasyonlar kurmak olduğu vurgulanmaktadır (Boydak ve Dirik, 1998). Yeni Zelanda, Şili, Güney Afrika, Avustralya gibi ülkeler, genetik olarak ıslah edilmiş materyal kullanılarak hızlı gelişen türlerle geniş ölçekli endüstriyel plantasyonlar kurmuşlar ve uluslararası orman ürünleri ticaretinde söz sahibi olmuşlardır (Asan, 1998). Diğer yandan, kısa idare sürelerinde hızlı gelişen türlerle özellikle klonal okaliptüs plantasyonlarının artırılması düşünülmüştür. Konuya ilişkin olarak özellikle Kuzey Afrika ülkelerinde saf okaliptüs klonlarının belirlendiği ve uygulamaya konulduğu vurgulanmıştır (Turinawe ve ark., 2014).

Okaliptüs, dünyada en yaygın olarak dikilen (22 milyon hektarın üzerinde) orman ağaçları arasındadır. Okaliptüs yetiştiren başlıca ülkelerin arasında Brezilya (3.7 milyon ha), Hindistan (2.5 milyon ha) ve Çin (1.7 milyon ha) bulunmaktadır (Pima ve ark., 2016).

Okaliptüs hem yarı kurak alanlarda hem de bataklıklarda yetişen türlere sahip olması nedeniyle farklı ekolojik koşullara sahip yerlerde yetişebilen önemli bir orman ağacıdır (Oballa ve ark., 2010). Doğu Afrika ülkelerinde ve başka birçok ülkede yapılan çalışmalara göre, hızlı büyümesi ve marjinal ortamlarda bile yetişebilmesi nedeniyle okaliptüsün en çok tercih edilen ağaçlardan biri olduğu belirtilmektedir.

Üretimi artırmaya yönelik işlemler, genel olarak çevresel faktörlerin türün istekleri doğrultusunda düzenlenmesi ile bitki gen kaynakları arasındaki farklılıklarından yararlanmaktır (Boydak ve Dirik, 1998). Islah çalışmalarında eşleştirme (mating), temel konulardan bir tanesidir. Eğer ıslah çalışmalarında ana amaç genel kombinasyon yeteneğinin ıslahı ise eşleştirme çalışmaları ile yeni varyasyonlar yaratılması zorunludur. Bu ise belirlenen eşleştirme desenine göre kontrollü çaprazlamalar yapmayı gerekli kılar (Şıklar ve Öztürk, 2000). Bu ise genel birleşme yeteneği yanında, özel birleşme yeteneğinin de kullanılmasını sağlar.

Vejetatif çoğaltma ile üstün kombinasyonları kullanma imkânı melezlemeyi cazip hale getirmiştir. Türler arası melezler sıklıkla heterosis (melez gücü) gösterir. Melezler, saf türlere göre daha üstün ağaçlar üretir. Vejetatif yolla heterozigotların ticari avantajını kullanmak, ormancılığın verimliliğinin geliştirilmesi için önemli bir araç teşkil eder. Prog-

ramların geliştirilmesiyle melezlemenin, okaliptüs hammaddesini geliştirmek için iyi bir strateji olduğu ortaya konulmuştur. Okaliptüs melezlerinde en azından fonksiyonel bir heterosisin olduğu ve genel olarak bireylerin saf türlere göre önemli üstünlük gösterdikleri, bu başarılı heterosislerin vejetatif olarak kullanılması ile hızlı ve verimli ormanların kurulmasının mümkün olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan, köklenme kabiliyetinin, dişi ebeveynin etkisi altında olması nedeniyle kolay köklenebilen dişi bireylerin melezlemede kullanılmasının büyük bir öneme sahip olduğu vurgulanmıştır (Assis, 2000).

Sert donların okaliptüsün yetişmesini ve büyümesini tehlikeye attığı bölgelerde, soğuk hava koşullarına dayanıklılık ıslah yöntemleri ile belirlenebilecek çok önemli bir özelliktir. Okaliptüs türlerinde doğal melezleme yaygındır. Bu durum, dona dayanıklı bireylerin ortaya çıkabileceğinin göstergesidir. Özellikle, düşük sıcaklıklara dayanıklılık bakımından alternatif melezlerin, gelecekte yapılacak plantasyonlar için kullanımının önemli olduğu vurgulanmıştır (Brondani ve ark., 2011).

Eşeyssel çoğalma ile karşılaştırıldığında klonlama tekniğinin belirli avantajları vardır. İlk avantaj, ormanlara doğrudan aktarılan genetik kazanımların büyüklüğü ile ilgilidir. Ayrıca, en kısa zamanda maksimum kazanç sağlar, çünkü ister hacimsel verimlilikte isterse odun özelliklerinde olsun toplam genetik varyansın yakalanmasını sağlar. İkinci büyük avantajı ise, tek tip bir hammadde üretme olasılığı söz konusu olup endüstriyel açıdan hem endüstriyel süreç hem de ürün kalitesi için önemli faydaları vardır. Melezlerin esas önemi, rekabetçi sürecin üç önemli bileşeninde (ormancılık verimliliği, ürün kalitesi ve üretim maliyetleri) pozitif bir etkiye sahip olma kabiliyeti ile kredilendirilmiştir (Assis, 2000).

Genetik ıslah çalışmalarının en önemli unsuru, seçilecek üstün nitelikli fertlerin vejetatif yolla (hızlı ıslah yöntemi) üretimi ve üretilen bu fidanların ağaçlandırmalarda kullanılmasıdır (Gül Baba, 1995). Klon, vejetatif yolla üretilen ve aynı genetik özelliklere sahip bireylerdir. Melez klon ise birkaç farklı ebeveyn den arzu edilen özellikleri barındıran ve vejetatif yolla çoğaltılan bireylerdir. Okaliptüs için klonların üretim ve kullanım amacı; hızlı büyüme, yüksek verim, homojen bir üretim, küçük taç, zararlılara ve hastalıklara karşı dirençli, düzgün ve kaliteli gövde gibi özellikleri bir arada taşımaktır (Kilimo, 2011; Potts ve ark., 2000; Kirongo ve ark., 2010). Ayrıca, klonlar aynı zamanda performansları için daha kısa sürede seçilebilmeleri nedeniyle diğer klasik ıslah metodlarına göre daha avantajlı görülmektedir (Kirongo ve ark., 2010).



Bazı ülkelerde *Eucalyptus grandis* türü; *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis* ve *Eucalyptus nitens* gibi türler ile melezleme çalışmalarında kullanılmış olup başarılı görülen melezler klonal olarak uygulanmaya konulmuştur (Shelbourne ve ark., 1999). Endüstriyel plantasyon ormancılığındaki en büyük gelişme hiç şüphesiz melez genotiplerin klonal olarak yaygınlaşması olmuştur (Griffin ve ark., 2000). Endüstriyel ağaçlandırma amacıyla dünyada çok sayıda türde klonal materyalin kullanımının yaygınlaştırılması ile tohumdan üretilen bireylere göre daha kısa idare süreli (rotasyonlu), olağanüstü büyüme, yüksek gelir ve yüksek kalitede odun sağlayan homojen plantasyonlar gerçekleştirilmiştir (Pait, 2004).

Türkiye’de 191 okaliptüs türü ve bunlara ait 609 orijin yurdumuzda test edilmiştir (Gürses, 1990). Orijin denemeleri ise *E. camaldulensis* (Avcioğlu ve Acar, 1984) ve *E. grandis* türlerinde yapılmıştır (Avcioğlu ve Gürses, 1998). Orijin denemelerini klon denemeleri izlemiş, 1991 yılında klonal fidan üretim çalışmalarına başlanmıştır. Böylece, 1992 yılında ilk klon denemeleri kurulurken (Gülbaba, 2002) ikinci klon denemesi 1998 yılında tesis edilmiştir (Gülbaba, 2008).

Bu çalışmanın amacı, klon denemeleri ve fenotipik gözlemler sonucu başarılı görülen *E. camaldulensis* Dehn. ve *E. grandis* W.Hill ex Maiden türlerinin klonları ile bu iki türün melez klonlarının Doğu Akdeniz Bölgesi ekolojik koşullarındaki büyüme performanslarının belirlenmesidir. Böylece, klon denemeleri sonucu şimdiye kadar tespit edilen en yüksek hacim artırımının üzerine çıkabilecek bireylerin tespit edilmesiyle endüstriyel okaliptüs ağaçlandırmalarından daha yüksek verim alınması mümkün olabilecektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada, klon denemeleri (Gülbaba, 2002 ve Gülbaba, 2008) sonucu başarılı görülen *E. camaldulensis* klonları (C) ile Çukurova yöresindeki ağaçlandırmalarda fenotipik olarak seçilen üstün niteliklere sahip *E. grandis* bireylerinin klonları (G) ve bu türlere ait üstün niteliklere sahip klonlar arasında tam diallel dölleme ile üretilen sağlıklı ve hızlı büyüme potansiyeline sahip olduğu gözlemlenen melez klonları (M) materyal olarak kullanılmıştır.

Klonlar; Mersin-Tarsus-Karabucak’ta iki, Adana-Ceyhan-Orman Fidanlığında ve Hatay-Kırıkhan (Haceraslı)’da birer adet olmak üzere toplam dört farklı deneme alanında kıyaslanmıştır. Klonların köklenme durumu ve üretilen fidan sayısına bağlı olarak Tarsus-Karabucak deneme alanları ve Ceyhan deneme alanında 40 ve Kırıkhan deneme alanında ise 38 adet klon kullanılmıştır.

Karabucak ve Kırıkhan deneme sahaları, genel olarak kil oranı yüksek, ağır tekstürlü, hafif alkali, oldukça kireçli ve tuzsuz bir toprağa sahiptir. Karabucak deneme sahalarının toprağı orta derecede ve Kırıkhan deneme sahasının toprağı ise zayıf bir organik maddeye sahiptir. Toz oranının yüksek olduğu, hafif tekstürlü Ceyhan deneme sahasının toprağı ise genel olarak hafif alkali, oldukça kireçli ve tuzsuz olup organik madde bakımından fakirdir. Deneme alanlarının konumu ve bazı iklim özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

### 2.2. Yöntem

Rastlantı blokları deneme desenine göre tesis edilen deneme alanlarında klonlar, 5 blokta ve her blokta 5 fidan olacak şekilde toplam 25 fidan ile

Tablo 1. Deneme alanlarının konumu ve bazı iklim özellikleri  
Table 1. Location and some climatic features of the trial sites

	Karabucak-111 ve 116		Ceyhan	Kırıkhan
Enlem (Kuzey)	36° 52’ 28’’	36° 52’ 31’’	37° 11’ 43’’	36° 46’ 34’’
Boylam (Doğu)	34° 51’ 19’’	34° 51’ 43’’	35° 81’ 5’’	36° 34’ 04’’
Yükselti (m)	8		24	87
Bakı	Düz		Düz	Düz
	2009-2018 yılları arası		1997-2018 yılları arası	
Ortalama sıcaklık (°C)	18,99		18,53	20,06
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	30,74		31,04	31,41
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	8,54		7,86	8,84
En düşük sıcaklık (°C)	-5,20 (Şubat)		-7,20 (Şubat)	-6,10 (Ocak)
En yüksek sıcaklık (°C)	43 (Ağustos)		45 (Ağustos)	46 (Temmuz-Ağustos)
Yıllık toplam yağış miktarı (mm)	503,02		638,24	499,64
Ortalama nispi nem (%)	66,64		63,71	53,55

temsil edilmiştir. Fidanlar, 3,25x3,25 m aralık mesafesinde 5 ağaçlı sıra parselinde dikilmiştir. Ağaçların boyu, göğüs yüksekliği çapı, tek ağaç hacmi ve yaşama oranına ilişkin 5. yaş verileri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. *E. camaldulensis* ve *E. grandis* türleri ve melezlerine ait klonların hacim bakımından istatistiksel olarak karşılaştırılabilmesi için bütün klonlarda tek ağaç hacminin belirlenmesinde orman ağaçlarında kullanılan, okaliptüs için de önerilen ve şekil katsayısı 0,45 olan Huber hacim denklemi (1) kullanılmıştır (Engel ve ark., 2016).

$$v = (\pi * D * L/4) * f \quad (1)$$

Burada;  $v$ : hacim ( $m^3$ ),  $D$ :  $d_{1,30}$ 'daki çap (m),  $L$ : ağacın boyu (m) ve  $f$ : şekil katsayısı (0,45)

### 2.2.1. Verilerin değerlendirilmesi

Boy, çap, hacim ve yaşama oranı bakımından klonlar arasında farkın belirlenmesinde varyans analizi ve farklı ortalamaların belirlenmesinde ise çoklu Duncan testi kullanılmıştır. Kolmogorov-Smirnov testine göre boy ve çap verileri normal dağılım gösterirken normal dağılım göstermeyen tek ağaç hacim verileri ise karekök dönüşümle normal dağılım haline getirilmiştir. Diğer taraftan, açısız değerlere sahip olan yaşama oranları için ise arc-sin dönüşümlü veriler analize tabi tutulmuştur. Varyans analizinde, deneme alanları hem ayrı ayrı hem de ortak klonlar bakımından birlikte değerlendirilmiştir. Karabucak deneme alanları ile Ceyhan deneme alanı ortak değerlendirilirken bazı klonlarının tamamen sahadan uzaklaşması ve buna bağlı olarak ortak klon sayısının az olması nedeniyle Kırıkhan deneme alanı ayrı değerlendirilmiştir. Denemelerin ayrı ayrı (2) ve birlikte değerlendirilmesinde (3) aşağıdaki doğrusal varyans modelleri kullanılmıştır. Verilerin istatistiksel analizinde SPSS istatistik programının 17. versiyonu kullanılmıştır (SPSS, 2008).

$$y_{ijk} = \mu + B_i + C_j + BC_{ij} + e_{(ij)k} \quad (2)$$

$$y_{ijk} = \mu + S_l + B(S)_{il} + C_j + SC_{lj} + CB(S)_{ji} + e_{(ij)k} \quad (3)$$

Burada,

$Y_{ijk}$ =i. bloktaki j. klonun k. ağaca ait gözlem değeri;  $Y_{ijk}$ =1. deneme alanında i. bloktaki j. klonun k. ağaca ait gözlem değeri;  $B^i$ =i. bloğun etkisi,  $i=1,2,...,b$ ;  $C_j$ =j. klonun rastlantısal etkisi,  $j=1, 2,...,c$ ;  $BC_{ij}$ =klon x blok etkileşimi (parseller arası hata); =1 deneme alanının rastlantısal etkisi,  $l=1, 2,...,s$ ;  $SC_{lj}$ =j. klonun l. deneme alanı ile olan etkileşimin rastlantısal etkisi;  $CB(S)_{ji}$ =1. deneme alanında j. klonun i. blok

etkileşimi;  $e_{(ij)k}$ =i. bloktaki j. klonuna ait k. ağacın rastlantısal ve bağımsız sapması etkisi (parsel içi hata),  $k=1, 2,...,n$ ;  $e_{(ij)k}$ =1. deneme alanındaki i. bloktaki j. klonuna ait k. ağacın rastlantısal ve bağımsız sapma etkisi (parsel içi hata),  $k=1, 2,...,n$ .

## 3. Bulgular

### 3.1. Deneme alanlarının değerlendirilmesi

#### 3.1.1. Çap, boy ve hacim gelişimi

Bazı klonlar bütün deneme alanlarında yer alması nedeniyle deneme alanları hem ayrı hem de ortak klonlara göre birlikte değerlendirilmiştir. Ayrıca, bazı klonlar tamamen sahadan uzaklaşması veya yetersiz veri nedeniyle gelişim bakımından istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmamıştır.

Bütün deneme alanlarında boy, çap ve hacim gelişimi bakımından klonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın ( $P<0,001$ ) çıktığı bütün deneme alanlarında; ayrıca boy, çap ve hacim açısından blok ve klon etkileşimi de önemli çıkmıştır ( $P<0,001$ ). Deneme alanlarına ilişkin boy, çap ve hacim ortalamaları Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre boy, çap ve hacim açısından Karabucak-111 ve Ceyhan deneme alanlarında G96 klonu ilk grubu oluştururken Karabucak-116'da G96 ve G42 klonları ilk grubu oluşturmuştur. Kırıkhan deneme alanında ise boy bakımından C185 klonu ile birlikte ilk grubu oluşturan C298 klonu, çap ve hacim gelişimi açısından tek başına ilk grubu oluşturmuştur.

#### 3.1.2. Yaşama oranı

Bütün deneme alanlarında yaşama oranı bakımından klonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark ( $P<0,001$ ) çıkmıştır. Deneme alanlarına ilişkin yaşama oranları Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir. Duncan sonuçlarına göre Karabucak ve Ceyhan deneme alanlarında gelişim bakımından ilk sıralarda yer alan G96 ve G42 klonları ilk grupta yer almıştır.

Kırıkhan deneme alanında ise melez ve *E. grandis* klonları başta olmak üzere denemeye alınan klonların yaklaşık üçte biri zamanla sahadan tamamen uzaklaşmıştır. Sahada yaşayan klonların yaşama oranları istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Gelişim bakımından ilk sıralarda yer alan C298 ve C185 klonları birinci grupta yer almıştır.

### 3.2. Deneme alanlarının birlikte değerlendirmesi

Yetersiz ortak klona sahip Kırıkhan hariç, diğer üç deneme alanı için boy, çap, hacim ve yaşama oranı

Tablo 2. Deneme alanlarına göre klonlara ilişkin ortalama çap  
Table 2. Average diameter at breast height of clones by trial sites

Klon	Karabucak-111		Karabucak-116		Ceyhan		Kırıkhan		Genel	
	$\bar{X}$ (cm)	SS	$\bar{X}$ (cm)	SS	$\bar{X}$ (cm)	SS	$\bar{X}$ (cm)	SS		
M85	17,75	2,19	15,94	3,95	13,50	1,61	5,77	2,61	13,24	2,59
M44	16,60	2,78	16,40	2,28	11,52	2,19			14,84	2,42
M15	13,25	2,85	15,25	2,28					14,25	2,57
M21	9,53	3,71	14,36	2,82	8,65	2,35			10,85	2,96
M84	10,01	2,34	11,14	2,62	7,90	2,16			9,68	2,37
C38	14,93	2,67	14,98	2,85	13,14	1,69	15,10	2,15	14,54	2,34
C55	16,24	1,98	14,92	2,40	10,74	1,39	7,38	2,93	12,32	2,17
G42	19,68	2,96	20,24	3,60	14,48	1,49			18,13	2,68
M25	12,24	3,20	12,44	2,81	8,96	1,62			11,21	2,54
C185	16,50	2,60	14,32	2,82	13,21	1,61	19,20	2,30	15,81	2,33
M23	11,61	4,01	13,40	3,40	11,68	1,62	2,83	0,59	9,88	2,41
G78	17,85	2,84	16,65	4,34	13,51	1,70			16,00	2,96
M24	14,62	4,45	16,69	3,99	8,21	4,00			13,17	4,15
C298	17,20	2,62	16,39	4,06	12,29	1,78	23,09	1,60	17,24	2,52
C188	20,50	2,34	18,39	3,94	13,93	1,83	2,55	1,64	13,84	2,44
C112	15,26	2,17	13,68	4,38	11,66	2,29	10,02	3,51	12,65	3,09
M19	12,22	1,98	12,34	1,82	10,50	1,73			11,69	1,84
M8	13,61	4,21	15,44	3,81	11,59	1,73			13,55	3,25
M46	16,48	3,06	16,52	3,23	12,54	2,54	2,70	0,28	12,06	2,28
M13	15,85	2,13	15,29	3,47	9,73	2,24	4,37	0,64	11,31	2,12
M43	12,11	3,09	10,81	2,71	8,86	1,35	2,08	0,96	8,46	2,02
M2	8,04	1,92	7,22	1,49	6,77	1,73			7,34	1,71
C82	16,96	3,19	16,20	3,44	12,53	1,53			15,23	2,72
C69	12,51	3,23	14,90	2,97	10,36	2,07	3,12	1,65	10,22	2,48
M68	12,75	3,04	11,99	2,23	9,90	2,30			11,54	2,52
G96	22,38	3,78	22,02	2,17	16,12	3,00			20,18	2,98
M80	14,39	2,28	12,70	3,60	7,92	1,86			11,67	2,58
M77	17,06	2,94	15,42	2,20	10,10	1,61			14,19	2,25
M9	14,07	3,93	12,90	4,04	10,80	2,67			12,59	3,55
M86	14,79	2,23	12,40	2,55	9,41	1,56			12,20	2,11
M40	9,59	3,23	8,12	3,70	8,54	1,09			8,75	2,67
G2	15,52	2,89	15,17	4,96	13,06	1,37			14,58	3,07
G3	10,35	2,36	8,43	2,52	3,00	0,00	5,45	1,91	6,81	1,70
C128	16,35	2,38	14,49	2,48	13,61	2,08	5,16	2,72	12,40	2,42
G60	17,63	4,81	18,67	4,69	14,08	0,95	5,97	2,24	14,08	3,17
M61	9,13	1,85	9,35	2,10	9,06	2,30	2,65	1,46	7,55	1,93
G73	16,03	3,46	18,47	2,66	12,61	1,39			15,70	2,50
M79	13,78	2,53	16,36	1,92					15,07	2,22
C126	13,84	4,24	12,91	2,84	11,20	1,68	1,77	1,16	9,93	2,48
G92	18,05	5,22			10,47	2,58			14,26	3,90
G62			18,17	3,36					18,17	3,36
C1024/2							2,80	0,00	2,80	0,00
C127							13,71	4,77	13,71	4,77
C88							5,56	3,38	5,56	3,38
C11							10,49	4,00	10,49	4,00
M6					11,30	2,39			11,30	2,39
Ortalama	14,68	2,99	14,54	3,09	10,96	1,87	7,23	2,02	12,49	2,56

C: *E. camaldulensis*, G: *E. grandis*, M: Melez  $\bar{X}$ : Ortalama SS: Standart sapma

Tablo 3. Deneme alanlarına göre klonlara ilişkin ortalama boy  
Table 3. Average height of clones by trial sites

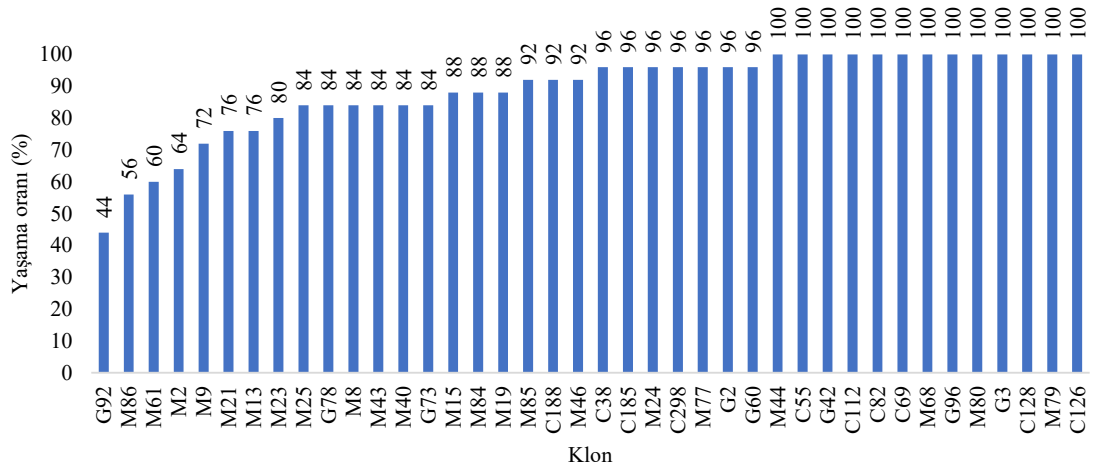
Klon	Karabucak-111		Karabucak-116		Ceyhan		Kırıkhan		Genel	
	$\bar{X}$ (m)	SS	$\bar{X}$ (m)	SS	$\bar{X}$ (m)	SS	$\bar{X}$ (m)	SS		
M85	19,65	3,27	19,43	2,99	14,61	1,46	6,00	0,82	14,92	2,14
M44	16,71	2,75	17,33	1,21	11,08	1,13			15,04	1,70
M15	15,83	2,04	16,25	1,81					16,04	1,92
M21	13,88	2,48	16,24	2,24	10,03	2,07			13,38	2,26
M84	13,24	1,80	14,46	4,01	10,30	2,30			12,67	2,70
C38	14,95	1,63	14,79	2,09	12,63	1,21	11,65	1,03	13,50	1,49
C55	17,32	1,25	15,89	1,26	12,15	1,38	5,59	1,66	12,74	1,39
G42	20,22	3,96	21,23	2,06	15,61	1,31			19,02	2,45
M25	15,00	3,40	14,80	2,38	9,96	1,71			13,26	2,50
C185	17,00	1,43	14,45	3,12	14,87	1,30	15,27	1,55	15,39	1,85
M23	13,80	3,53	15,21	1,91	12,70	1,52	3,96	0,85	11,42	1,95
G78	20,05	2,32	16,81	3,64	13,00	2,32			16,62	2,76
M24	16,43	3,69	16,45	3,47	9,56	3,16			14,15	3,44
C298	17,63	2,15	16,08	3,66	12,34	1,55	15,94	0,90	15,50	2,06
C188	20,64	1,54	19,05	2,46	13,92	1,53	3,04	1,30	14,16	1,71
C112	16,68	1,94	13,98	2,90	11,74	1,42	7,30	2,13	12,42	2,10
M19	14,28	1,51	14,85	1,80	11,31	1,62			13,48	1,64
M8	16,86	3,54	18,39	2,35	14,24	1,25			16,50	2,38
M46	17,57	2,94	16,71	1,64	12,02	1,55	2,90	0,00	12,30	1,53
M13	17,47	2,20	16,31	2,58	10,97	1,91	4,43	0,31	12,30	1,75
M43	15,79	2,61	13,87	2,66	12,20	1,31	2,65	0,60	11,13	1,80
M2	11,70	1,85	9,81	2,03	10,06	1,70			10,53	1,86
C82	17,20	2,21	16,33	1,45	12,44	1,13			15,32	1,60
C69	14,10	2,36	13,97	2,15	11,43	1,81	2,74	1,27	10,56	1,90
M68	16,26	2,85	16,11	1,94	11,36	2,40			14,58	2,39
G96	24,39	2,03	21,63	4,28	16,93	2,29			20,98	2,87
M80	18,11	1,86	16,03	2,66	10,70	2,09			14,95	2,21
M77	20,66	2,89	19,24	1,48	11,88	1,43			17,26	1,93
M9	15,63	3,12	14,48	4,65	12,79	2,43			14,30	3,40
M86	18,13	1,07	16,21	2,51	12,22	1,98			15,52	1,85
M40	12,84	2,92	11,89	2,25	11,80	1,09			12,18	2,08
G2	18,14	2,11	17,14	3,91	12,24	1,03			15,84	2,35
G3	10,30	2,07	9,11	2,08	4,00	0,71	4,67	1,42	7,02	1,57
C128	17,66	1,75	16,30	1,87	14,46	1,76	5,53	2,27	13,49	1,91
G60	19,64	4,63	19,01	2,96	15,47	1,02	7,40	3,03	15,38	2,91
M61	13,39	1,75	13,44	1,97	12,31	2,18	2,24	1,11	10,35	1,76
G73	17,85	2,79	19,24	1,89	14,67	2,08			17,25	2,26
M79	16,44	2,12	16,86	1,43					16,65	1,78
C126	15,40	3,39	13,68	2,01	11,73	1,44	2,28	0,62	10,77	1,87
G92	19,36	4,07			12,97	2,42			16,17	3,24
G62			19,33	3,52					19,33	3,52
C1024/2							4,25	0,92	4,25	0,92
C127							9,53	2,55	9,53	2,55
C88							4,82	2,04	4,82	2,04
C11							8,64	2,34	8,64	2,34
M6					12,72	1,42			12,72	1,42
Ortalama	16,70	2,50	16,06	2,48	12,24	1,68	6,23	1,37	13,71	2,09

C: *E. camaldulensis*, G: *E. grandis*, M: Melez  $\bar{X}$ : Ortalama SS: Standart sapma

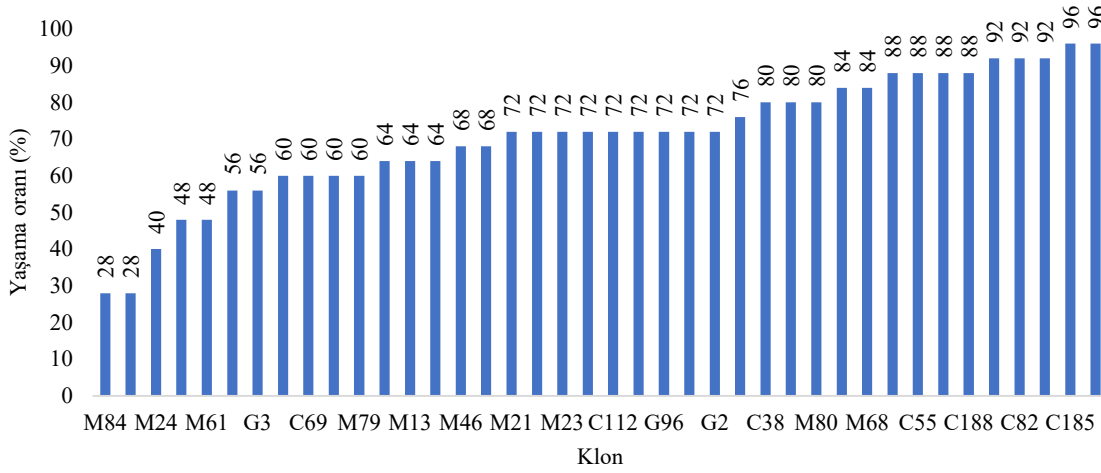
Tablo 4. Deneme alanlarına göre klonlara ilişkin ortalama hacim  
Table 4. Average volume of clones by trial sites

Klon	Karabucak-111		Karabucak-116		Ceyhan		Kırıkhan		Genel	
	$\bar{X}$ (cm <sup>3</sup> )	SS	$\bar{X}$ (cm <sup>3</sup> )	SS	$\bar{X}$ (cm <sup>3</sup> )	SS	$\bar{X}$ (cm <sup>3</sup> )	SS		
M85	0,227	0,075	0,195	0,102	0,097	0,029	0,009	0,008	0,132	0,053
M44	0,172	0,067	0,168	0,046	0,055	0,022			0,132	0,045
M15	0,107	0,052	0,140	0,051					0,123	0,052
M21	0,056	0,054	0,127	0,059	0,030	0,017			0,071	0,043
M84	0,051	0,025	0,073	0,047	0,027	0,017			0,050	0,030
C38	0,122	0,040	0,124	0,054	0,080	0,027	0,097	0,028	0,106	0,038
C55	0,166	0,043	0,130	0,050	0,051	0,018	0,014	0,011	0,090	0,031
G42	0,292	0,109	0,324	0,116	0,118	0,032			0,245	0,086
M25	0,091	0,042	0,089	0,046	0,030	0,014			0,070	0,034
C185	0,173	0,052	0,114	0,063	0,094	0,027	0,204	0,057	0,146	0,050
M23	0,080	0,052	0,107	0,063	0,063	0,021	0,001	0,001	0,063	0,034
G78	0,238	0,092	0,185	0,111	0,088	0,036			0,170	0,079
M24	0,147	0,081	0,178	0,095	0,034	0,038			0,120	0,071
C298	0,193	0,067	0,171	0,082	0,069	0,025	0,302	0,048	0,184	0,055
C188	0,313	0,082	0,247	0,098	0,099	0,033	0,001	0,002	0,165	0,054
C112	0,142	0,046	0,112	0,083	0,061	0,028	0,033	0,022	0,087	0,045
M19	0,077	0,026	0,083	0,027	0,047	0,019			0,069	0,024
M8	0,131	0,085	0,172	0,096	0,070	0,024			0,124	0,069
M46	0,185	0,069	0,169	0,068	0,072	0,035	0,001	0,000	0,107	0,043
M13	0,159	0,049	0,147	0,075	0,040	0,017	0,003	0,001	0,087	0,036
M43	0,092	0,049	0,065	0,042	0,035	0,013	0,001	0,001	0,048	0,026
M2	0,029	0,015	0,020	0,011	0,018	0,011			0,022	0,012
C82	0,186	0,062	0,160	0,073	0,071	0,020			0,139	0,052
C69	0,089	0,061	0,119	0,053	0,047	0,021	0,002	0,002	0,064	0,034
M68	0,104	0,055	0,087	0,037	0,044	0,022			0,078	0,038
G96	0,451	0,147	0,379	0,111	0,167	0,085			0,332	0,114
M80	0,138	0,049	0,106	0,071	0,026	0,014			0,090	0,045
M77	0,225	0,073	0,167	0,058	0,045	0,019			0,146	0,050
M9	0,126	0,076	0,107	0,085	0,060	0,040			0,097	0,067
M86	0,144	0,046	0,095	0,038	0,041	0,016			0,093	0,033
M40	0,051	0,032	0,036	0,034	0,031	0,010			0,039	0,025
G2	0,164	0,069	0,168	0,107	0,076	0,021			0,136	0,066
G3	0,043	0,028	0,027	0,021	0,001	0,000	0,006	0,005	0,019	0,014
C128	0,173	0,052	0,128	0,046	0,100	0,033	0,009	0,011	0,102	0,036
G60	0,250	0,121	0,260	0,127	0,109	0,018	0,012	0,013	0,158	0,070
M61	0,042	0,019	0,046	0,024	0,041	0,027	0,001	0,001	0,032	0,018
G73	0,175	0,078	0,239	0,080	0,085	0,028			0,166	0,062
M79	0,118	0,052	0,163	0,046					0,140	0,049
C126	0,123	0,066	0,089	0,045	0,054	0,021	0,001	0,000	0,067	0,033
G92	0,259	0,143			0,055	0,030			0,157	0,086
G62			0,243	0,117					0,243	0,117
C1024/2							0,001	0,000	0,001	0,000
C127							0,081	0,059	0,081	0,059
C88							0,009	0,009	0,009	0,009
C11							0,043	0,030	0,043	0,030
M6					0,062	0,029			0,062	0,029
Ortalama	0,153	0,062	0,144	0,067	0,061	0,025	0,040	0,015	0,108	0,046

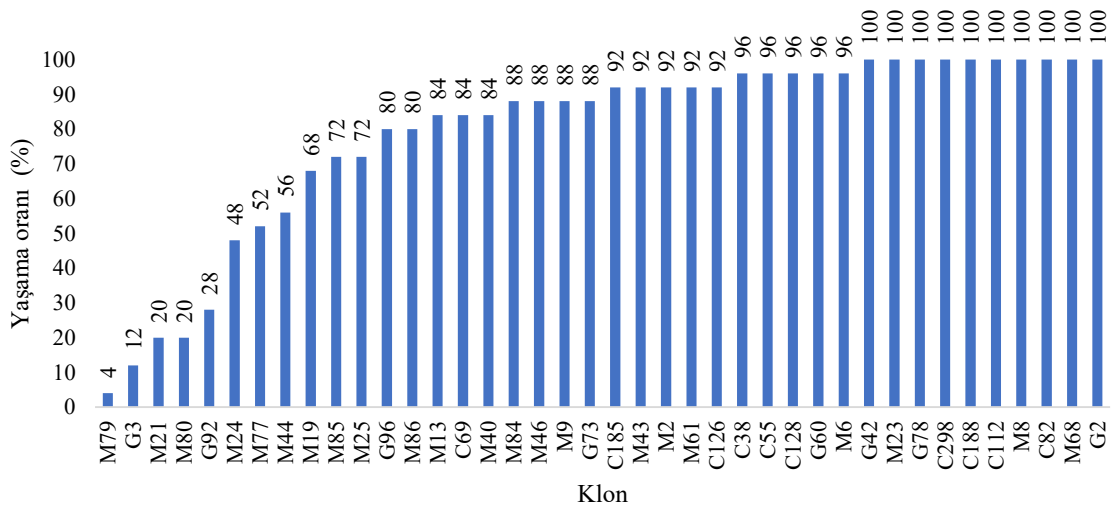
C: *E. camaldulensis*, G: *E. grandis*, M: Melez  $\bar{X}$ : Ortalama SS: Standart sapma



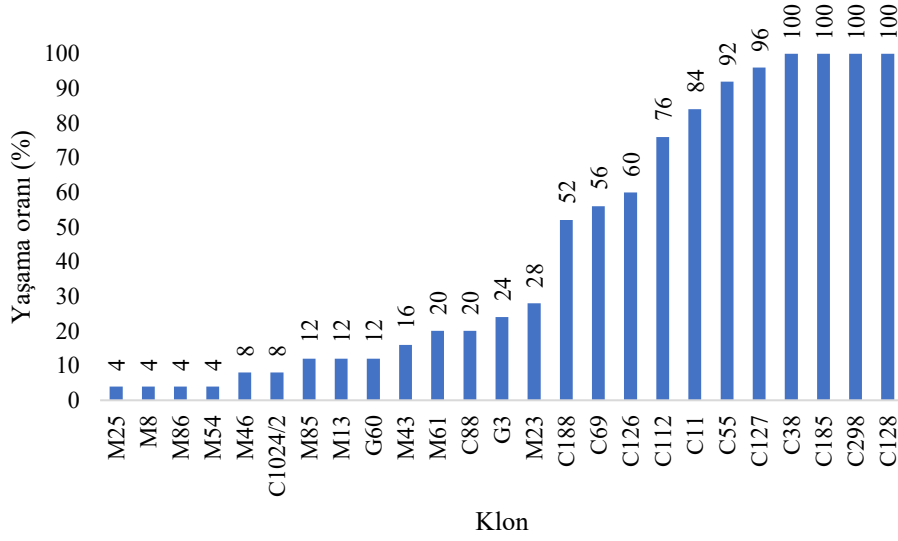
Şekil 1. Karabucak-111 deneme alanının yaşama oranı ortalamaları  
Figure 1. Average survival of Karabucak-111 trial site



Şekil 2. Karabucak-116 deneme alanının yaşama oranı ortalamaları  
Figure 2. Average survival of Karabucak-116 trial site



Şekil 3. Ceyhan deneme alanının yaşama oranı ortalamaları  
Figure 3. Average survival of Ceyhan trial site



Şekil 4. Kırıkhan deneme alanının yaşama oranı ortalamaları  
Figure 4. Average survival of Kırıkhan trial site

birlikte değerlendirilmiştir. Bu bağlamda yapılan varyans analizine göre boy, çap, hacim ve yaşama oranı bakımından deneme alanları ve klonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark ( $P<0,001$ ) çıkmıştır. Öte yandan, deneme alanı ve klon etkileşiminin de bu özellikler üzerinde önemli derecede etkili olduğu ortaya konulmuştur ( $P<0,001$ ).

Ortak değerlendirmeye ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre boy, çap ve hacim gelişimi bakımından Karabucak-111 deneme alanı, diğer deneme alanlarına göre daha yüksek değerlere sahip olmuştur (Tablo 5). Klonlara göre boy, çap ve hacim ortalamaları Tablo 6'da, yaşama oranı ortalamaları Şekil 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Alanların ortak değerlendirilmesinde boy, çap, hacim ve yaşama oranı ortalamaları  
Table 5. Average values for height, diameter, volume and survival in the joint analysis of trial sites

	Karabucak-111	Karabucak-116	Ceyhan
Boy (m)	16,78a	16,09b	12,69c
Çap (cm)	14,88a	14,56b	11,50c
Tek ağaç hacmi (m <sup>3</sup> )	0,156a	0,144b	0,067c
Yaşama yüzdesi (%)	89,79a	71,26c	79,79b

Satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında %95 güven düzeyinde fark vardır.

There is a significant difference at the 95% probability level between the average values denoted by the different letter in the rows.

Klonlara ilişkin Duncan testine göre G96 klonu boy, çap ve hacim gelişimi açısından en yüksek değere sahip olup ilk grubu oluşturmuştur. Gelişim bakımından ilk grubu oluşturan G96 klonu, yaşama oranı bakımından da ilk gruba dahil olmuştur.

Diğer taraftan, istatistiksel olarak önemli çıkan deneme alanı ve klon etkileşiminde, klonların deneme alanlarında gelişimlerinin farklılık teşkil ettiği ve G96, G42, C188 ve G60 klonlarının her deneme alanında da ilk sıralarda yer aldığı görülmüştür.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, *E. camaldulensis* ve *E. grandis*

türleri arasında tam diallel çaprazlama sonucu üretilen melezler ile bu saf türlere ait klonlar dört farklı yerde mukayese edilmiştir. Deneme alanlarının ayrı ayrı değerlendirilmesi sonucunda, gelişim ve yaşama oranı bakımından klonlar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark oluştuğu görülmüştür.

Hacim gelişimi ve yaşama oranının birlikte değerlendirilmesine göre birbirine yakın ve benzer ekolojik koşullara sahip Karabucak-111 ve Karabucak-116 deneme alanlarında sırasıyla G96, G42, C188, G60, M85, C298, C82, M77, G78, G73, C128, M46, C55, C185 ve G2 klonları öne çıkarken; Ceyhan deneme alanında sırasıyla G96, G42, G60,

Tablo 6. Alanların ortak değerlendirilmesinde klonların boy, çap ve hacim ortalamaları  
Table 6. Average values for height, diameter, and volume of clones in the joint analysis of trial sites

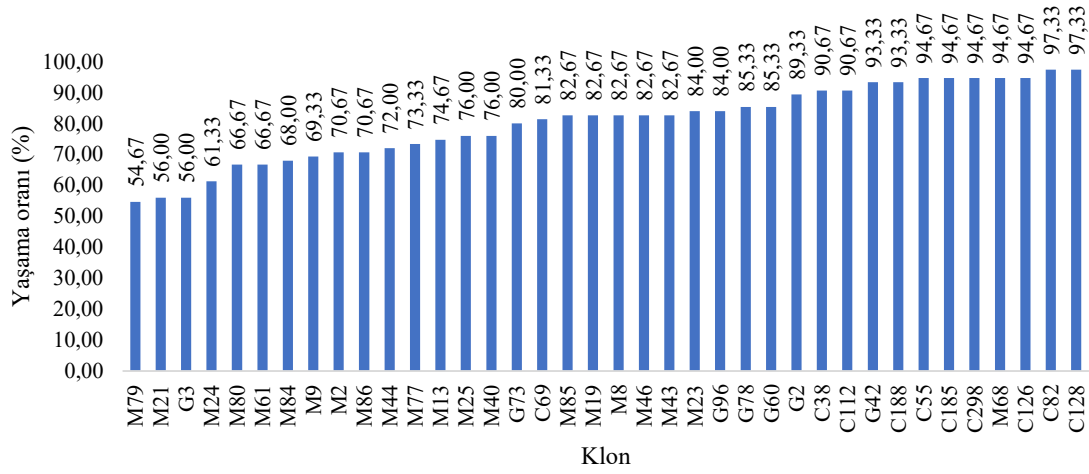
Klon	Çap		Boy		Hacim	
	$\bar{X}$ (cm)	SS	$\bar{X}$ (m)	SS	$\bar{X}$ (cm <sup>3</sup> )	SS
M85	16,07	3,27	18,36	3,51	0,184	0,093
M44	15,61	3,16	15,86	3,13	0,149	0,071
M21	11,50	4,04	14,50	2,96	0,084	0,065
M84	9,31	2,58	12,21	2,87	0,044	0,031
C38	14,31	2,55	14,08	1,96	0,108	0,046
C55	13,97	3,07	15,13	2,57	0,116	0,062
G42	17,98	3,79	18,86	3,66	0,239	0,129
M25	11,44	3,07	13,60	3,45	0,074	0,046
C185	14,72	2,75	15,44	2,38	0,128	0,060
M23	12,15	3,14	13,78	2,61	0,081	0,049
G78	15,82	3,53	16,38	4,05	0,164	0,103
M24	13,89	5,09	15,13	4,41	0,133	0,092
C298	15,22	3,62	15,28	3,40	0,143	0,082
C188	17,49	3,94	17,74	3,47	0,216	0,118
C112	13,52	3,30	14,15	2,96	0,104	0,064
M19	11,96	1,96	13,98	2,08	0,074	0,029
M8	13,30	3,62	16,23	3,02	0,118	0,082
M46	15,18	3,45	15,44	3,30	0,142	0,078
M13	14,09	3,69	15,41	3,48	0,125	0,073
M43	10,53	2,79	13,90	2,67	0,063	0,044
M2	7,27	1,78	10,49	1,97	0,022	0,013
C82	15,20	3,41	15,29	2,67	0,138	0,075
C69	12,36	3,27	13,15	2,44	0,082	0,055
M68	11,59	2,82	14,63	3,32	0,079	0,048
G96	20,36	4,20	21,30	4,26	0,343	0,170
M80	13,07	3,39	16,54	3,10	0,114	0,065
M77	15,58	3,35	19,03	3,60	0,181	0,085
M9	12,42	3,71	14,16	3,45	0,093	0,071
M86	11,90	3,02	15,21	3,16	0,088	0,053
M40	8,84	2,91	12,24	2,29	0,040	0,028
G2	14,51	3,35	15,67	3,62	0,132	0,082
G3	9,34	2,89	9,58	2,44	0,035	0,027
C128	14,84	2,56	16,16	2,21	0,134	0,054
G60	16,56	4,24	17,92	3,74	0,200	0,120
M61	9,16	2,07	12,94	2,03	0,042	0,023
G73	15,46	3,52	17,07	2,98	0,160	0,090
C126	12,68	3,29	13,65	2,86	0,089	0,055
Ortalama	13,49	3,25	15,15	3,03	0,121	0,068

C: *E. camaldulensis*, G: *E. grandis*, M: Melez  $\bar{X}$ : Ortalama SS: Standart sapma

C188, C128, G78, C185, C38, G2, G73, M46, C82, M8, C298 ve M85 klonları ve Kırıkhan deneme alanında sırasıyla C298 ve C185 klonları öne çıkmıştır. Konuya ilişkin benzer bir çalışma olan Tarsus-Karabucak'ta 1992 yılında kurulan *E. camaldulensis* klon denemesinin 6. yaş sonuçlarına göre de gelişim ve yaşama oranı bakımından klonlar arasında farklılığın olduğu görülmüştür (Gülbaba, 2002). 1992 yılındaki çalışmada öne çıkan ve bu çalış-

mamızda mukayese amaçlı kullanılan klonlardan bazıları, özellikle gelişim bakımından daha düşük değerlere sahip olmuştur. Konuya ilişkin olarak *E. camaldulensis* denemesinde en yüksek gelişime sahip olan C126 klonu, çalışmamızda son sıralarda yer almıştır. Tarsus-Karabucak'ta aynı türde 1998 yılında tesis edilen benzer diğer bir klon denemesinde ise 7. yaş sonunda gelişim açısından en iyi performans gösteren klonlardan C188 klonu (Gül-





Şekil 5. Alanların ortak değerlendirilmesinde klonlara ilişkin yaşama oranı ortalamaları  
Figure 5. Average values for survival of clones in the joint analysis of trial sites

baba, 2008), klon denemesi çalışmamızda da iyi bir performans göstermiştir. Karabucak yöresinde gerçekleştirilen benzer çalışmalarda aynı klonlarda görülen gelişim farklılığının, daha çok deneme alanlarının özellikle toprak özellikleri ile taban suyu seviyesi değişiminden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Karabucak ve Ceyhan deneme alanlarının birlikte değerlendirilmesi sonucunda özellikle boy, çap ve hacim gelişimi bakımından Karabucak deneme alanları, Ceyhan deneme alanından daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Her üç deneme alanı için de ortak klonlara ilişkin hacim ve yaşama oranlarının birlikte değerlendirmesi sonucunda; sırasıyla G96, G42, C188, G60, M85, G78, C82, C298, C128, M77, G73, M46, C185, G2 ve C55 klonları öne çıkmıştır. Öte yandan, deneme alanlarının hem ayrı hem de birlikte değerlendirilmesi sonucunda saf türleri geçen herhangi bir melez klon ortaya çıkmamıştır. Buna rağmen, Karabucak yöresinde M77, M85 ve M46 melez klonları ve Ceyhan yöresinde ise M85 ve M46 melez klonları ümit vaat edici görülmüştür.

Konuya ilişkin olarak Türkiye’de yapılan tür/orijin denemelerinde de benzer sonuçlar alınmıştır. *E. camaldulensis* ve *E. grandis* türlerinde yapılmış olan orijin denemeleri sonucunda en yüksek artım, *E. grandis* Karabucak orijini ile sağlanmıştır (Avcioğlu ve Gürses, 1988; Avcioğlu ve Acar, 1984). Diğer farklı bir çalışmada ise on yıllık idare süresinde *E. camaldulensis* göre *E. grandis*, hektarda daha fazla yıllık artım sağlamıştır (Avcioğlu ve ark., 1994). Belirtilen çalışmalara paralel olarak araştırmamızda da gelişim bakımından her üç deneme alanında da genel olarak *E. grandis* klonları ilk sıralarda yer almıştır. Deneme alanlarının ayrı

ayrı ve ortak değerlendirilmesine göre genel olarak *E. grandis* klonlarının, *E. camaldulensis* klonlarına göre daha fazla gelişime sahip olduğu görülmüştür. En iyi gelişmeyi sağlayan *E. grandis* klonu G96 olup onu G42, G60, G78 ve G73 klonları takip etmektedir.

Birçok ülkede konuya ilişkin bilimsel ve uygulamalı çalışmalar söz konusudur. Avustralya-New South Wales eyaletinde; *E. grandis* x *E. nitens* melezleri, başarıyla klonlanmış ve kullanılmıştır. Ancak, Yeni Zelanda’da 2 yaşındaki *E. grandis* x *E. nitens* melezlerinde yapılan çalışmada, klonlar arasında köklenme oranları bakımından farklılık olduğu ve ortalama köklenme oranının %35 olduğu belirtilmiştir (Shelbourne ve ark., 1999).

Kenya’da, üç farklı ekolojik yerde 12 okalipütüs klonu (6 *E. grandis* x *E. camaldulensis*, 3 *E. grandis* x *E. urophylla*) ile 3 lokal ırk (*E. camaldulensis*, *E. tereticornis* ve *E. urophylla*) denemeye alınmış olup 5. yaşına kadar klonlar arasında belirgin büyüme farklılıklarının olduğu, *E. grandis* x *E. camaldulensis* melez klonlarının lokal ırklara göre daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Ayrıca, deneme alanları arasında büyüme ve yaşama oranı bakımından farklılık tespit edildiği ve bunun sebebinin bonitet kaynaklı olabileceği belirtilmiştir (Kironko ve ark., 2010). Yine Kenya’da farklı ekolojik bölgelerde farklı yıllarda *E. grandis* ile birlikte *E. grandis* x *E. camaldulensis* ve *E. grandis* x *E. urophylla* melezleri klon denemesine tabi tutulmuştur. Gelişim bakımından deneme alanları arasında farklılık oluşmuştur. Aynı şekilde, melezler ve ebeveynler arasında da performans bakımından farklılık oluşmuş olup yüksek rakımlarda saf ırklar genel olarak daha iyi bir performans göstermiştir. Çalışmalar sonucunda, bölgelere en uygun

materyalin (tür, melez ve klon) kullanılmasının, endüstriyel ağaçlandırmaların verimliliği açısından önemli olduğu vurgulanmış ve önerilerde bulunulmuştur (Oballa ve ark., 2005). Diğer bir çalışmada, *E. urophylla* × *E. grandis* melezinin, en yüksek büyüme potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir. Öte yandan, *E. grandis* × *E. dunnii*'nin ebeveynlere kıyasla düşük ortalama performans gösterdiği bir durumla, negatif heterosisle karşılaşıldığı belirtilmiştir. *E. grandis* × *E. maidenii*'nin de düşük oranda olmasına rağmen benzer davranışlar gösterdiği ifade edilmiştir (Assis, 2000). Yukarıda verilen çalışmalara göre, okaliptüste saf türlere göre türler arası melezlerin gelişiminin farklılık teşkil ettiği, türler bakımından, türler bakımından pozitif heterosis görülebildiği gibi negatif heterosis de görülebildiği anlaşılmaktadır. *E. camaldulensis* ve *E. grandis* türleri ile melezlerinin de dahil olduğu bu çalışmamızda elde edilen sonuçlar, yukarıda belirtilen literatür çalışmalarının bazıları ile benzerlik teşkil etmektedir. Bu bağlamda, gelişim yönünden saf türleri geçen herhangi bir melez klonun ortaya çıkmamasına rağmen sadece 3 melez klonun (M77, M85 ve M46) iyi gelişim göstererek ümit verici olabileceği görülmüştür. Diğer taraftan, farklı ekolojik koşullarda klonların farklı gelişim ve yaşama oranı gösterdiği; bunun sebebinin bonitet kaynaklı olabileceği düşünülmekte ve yukarıda verilen bazı çalışmalar tarafından da desteklenmektedir.

Güney Hindistan'da (Tamil Nadu) *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* ve yörede ticari amaçlı kullanılan 13 klonla üç farklı yerde klonal denemeler tesis edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, gelişim bakımından klonlar arasında önemli bir fark olduğu görülmüş olup klon ve deneme alanı etkileşiminin istatistiksel olarak önemli olduğu belirtilmiştir (Varghese ve ark., 2008). Bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, yer ve klon etkileşiminin önemli çıktığı bizim klon çalışmasında da ekolojik özellikleri farklı olan deneme alanlarında klonların gelişiminin farklılık teşkil ettiği görülmüştür. Özellikle toprak ve taban suyu bakımından daha elverişli ekolojik koşullara sahip olan Karabucak deneme alanlarında daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Genel değerlendirmeler sonucunda; dört farklı yetiştirme ortamında da boy, çap, hacim gelişimi ve yaşama oranı açısından klonlar arasında istatistiksel olarak önemli farklar oluşmuştur. 5. yaş bulgularına göre, bütün deneme alanlarında gelişim bakımından saf türleri geçen hiçbir melez klonun ortaya çıkmamış olmasına rağmen üç melez klonun ümit vaat ettiği görülmüştür. Karabucak ve Ceyhan koşullarında G96 klonu, en yüksek gelişime sahip olmuştur. Kırıkhan deneme alanında ise *E. grandis* ile melezlerin çoğu sahadan uzaklaşmış ve

daha çok *E. camaldulensis* klonları sahada kalmış olup C298 klonu en yüksek gelişim göstermiştir. Kırıkhan hariç diğer üç deneme alanının birlikte değerlendirilmesi sonucunda boy, çap, hacim gelişimi ve yaşama oranı açısından deneme alanları ve klonlar arasında önemli bir fark çıkmıştır. Her üç deneme alanının birlikte değerlendirilmesinde G96 klonu, özellikle gelişim bakımından en yüksek değerlere sahip olup ilk sırada yer almıştır. Bununla birlikte, Karabucak ve Ceyhan deneme alanlarında ilk sıralarda yer alan ortak dört klonun (G96, G42, C188 ve G60), öncelikli olarak endüstriyel plantasyonlarda kullanılması önerilebilir.

### Teşekkür

Bu makale, Orman Genel Müdürlüğü Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından yürütülen "Okaliptüs Melez Klon (*Eucalyptus camaldulensis* X *E. grandis*) Denemesi" projesinin 5. yaş ara sonuç raporu kapsamında hazırlanmıştır. Proje süresince verdikleri katkılardan dolayı Abdulkadir YILDIZBAKAN, Dr. Abdul Haluk TÜRKER ve Kenan KARASÜLEYMANOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Arazi ve büro çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü çalışanlarına teşekkür ederim.

### Kaynaklar

Asan, Ü., 1998. Endüstriyel plantasyonlar ve Türkiye'deki uygulamalar. Hızlı gelişen türlerle yapılan ağaçlandırma çalışmalarının değerlendirilmesi ve yapılacak çalışmalar. 8-9 Aralık Ankara, Orman Bakanlığı Yayınları, No: 83.

Assis, T. F., 2000. Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes. In Dungey HS, Dieters MJ and Nikles DG (eds.) Hybrid breeding and genetics of forest trees: QFRI/CRC-SPF Symposium. Department of Primary Industries, Noosa, 63-74.

Avcıoğlu, E., Acar, O., 1984. *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. orijin mukayese araştırması. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No. 20.

Avcıoğlu, E., Gürses, M.K., 1988. *Eucalyptus grandis* orijin denemesi. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No. 142, 50 s.

Avcıoğlu, E., Gürses, M.K., Gülbaba, A.G., Genç, A., Özkurt, N., Özkurt, A., 1994. Türkiye'de okaliptüslerin yetişebileceği bölgelerde tür ve orijin seçimi üzerine araştırmalar. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No. 1,86s.

- Boydak, M., Dirik, H., 1998. Ülkemizde hızlı gelişen türlerle bugüne kadar yapılan çalışmalarda ulaşılan aşama, uygulanan politika ve stratejiler, buna bağlı olarak uygulanabilecek strateji ve politika önerileri. Hızlı Gelişen Türlerle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi ve Yapılacak Çalışmalar, Workshop, 8-9 Aralık Ankara, Orman Bakanlığı Yayınları, Yayın No:83.
- Brondani, G.E., Dutra, L.F., Wendling, I., Grossi, F., Hansel, F.A., Araujo, M.A., 2011. Micropropagation of an Eucalyptus hybrid (*Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*). *Acta Sci. Agron.* 2011, 33: 655–663.
- Engel, M.L., Higa, A.R., Andrejow, G.P., Junior, P.C.F., Soares, I.D., 2016. Genetic gain from different selection methods In *Eucalyptus macarthurii* progenies in different environments, *CERNE*, V.22, n.3, 229-308.
- Griffin, A., Harbard, J., Centurion, C., Santini, P., 2000. Breeding *Eucalyptus grandis* × *E.globulus* and other inter-specific hybrids with high in-viability-problem analysis and experience with Shell forestry projects in Uruguay and Chile. Hybrid Breeding and Genetics Symposium, 9–14 April 2000, Noosa, Queensland, Australia, 1–13.
- Gül Baba, A.G., 1995. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Okalıptüs Islah Çalışmaları. *DOA Dergisi* No.1, 12-19.
- Gül Baba, A.G., 2002. Okalıptüste (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) genetik ıslah çalışmaları: Klon denemesinin altı yıllık sonuçları. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, *DOA Dergisi (Journal of DOA)*, Sayı: 8, 12 s.
- Gül Baba, A.G., 2008. Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn) klon denemesinde kalıtım dereceleri ve genetik kazancın belirlenmesi. I. Ulusal Okalıptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus, 59-69.
- Gürses, M.K., 1990. Dünya’da ve Türkiye’de okalıptüs yetiştiriciliğinin 50. yılı. *Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağacları Araştırma Enstitüsü Dergisi*, Sayı 1, 1-19.
- Kilimo, T. K., 2011. Eucalyptus hybrid clones in East Africa. Meeting the Demand for Wood through Clonal Forestry Technology. Occasional Paper No.1, 32 s.
- Kirongo, B.B., Kimani, G.K., Senelwa, K., Etiegni, L., Mbelase, A., Muchiri, M., 2010. Five-year growth and survival of Eucalyptus hybrid clones in Coastal Kenya, *JMHT* Vol. XVI, (1): 1–9.
- Oballa, P., Odera, E.C., Wamalwa, L., Oeba, V., Mutitu, E., Mwangi, L., 2005. The Performance of Eucalyptus hybrid clones and local landraces in various agroecological zones In Kenya, Tree Biotech Final Report 2004-3, 13 s.
- Oballa, P.O., Konuche, P.K.A., Muchiri, M.N., Kigomo, B.N., 2010. Facts on growing and use of Eucalyptus in Kenya, Kenya Forestry Research Institute, 36 s.
- Pait, J., 2004. Benefits of clonal forestry. In: Li, Bailian and Steven Mckeand (ed) proceedings of IUFRO Forest Genetics Meeting, at Charleston, South Carolina, USA from Nov. 1-5, 2004. 333 s.
- Pima, N.E., Chamshama, S.A.O., Iddi, S., Maguzu, J., 2016. Growth performance of Eucalypt clones in Tanzania. *Environment and Ecology Research* 4(3): 146-154.
- Potts, B.M., Volker, P.W., Tilyard, P.A., Joyce, K., 2000. ‘The genetics of hybridization in the temperate eucalyptus’, paper presented at the “Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees” Proceedings of QFRI/CRC-SPF Symposium, 9-14 April 2000, Noosa, 200-211.
- Shelbourne, C.J.A., Hong, S.O., Mcconnochie, R., Pierce, B., 1999. Early results from trials of inter-specific hybrids of *Eucalyptus grandis* with *E. nitens* in New Zealand, *New Zealand Journal of Forestry Science* 29(2): 251-262.
- SPSS Inc., 2008. SPSS Statistics for windows version 17, Chicago, IL.
- Şıklar, S., Öztürk, H., 2000. Türkiye milli ağaç ıslahı ve tohum üretimi programı (Özellikleri ve gerçekleştirilen çalışmalar), *Orman Ağacları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, Sayı 1, No: 13, 1-42.
- Turinawe, H., Mugabi, P., Tweheyo, M., 2014. Density, calorific value and cleavage strength of selected hybrid Eucalypts grown in Uganda, *Maderas. Ciencia y tecnología* 16 (1): 13-24.
- Varghese, M., Harwood, C.E., Hegde, R., Ravi, N., 2008. *E. camaldulensis* and *E. tereticornis* at contrasting Sites in Southern India, *Silvae Genetica* 57 (3): 170-179.

## Effects of seed treatments on the germination of Golkoy palm (*Phoenix theophrasti* Greuter subsp. *golkoyana* Boydak)

Gölköy hurması (*Phoenix theophrasti* Greuter subsp. *golkoyana* Boydak) tohumlarına uygulanan bazı işlemlerin çimlenme özelliklerine etkileri

Salih PARLAK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bursa

**Sorumlu yazar** (*Corresponding author*)  
Salih PARLAK  
salih.parlak@btu.edu.tr

**Geliş tarihi** (*Received*)  
27.11.2021

**Kabul Tarihi** (*Accepted*)  
13.06.2022

**Sorumlu editör** (*Corresponding editor*)  
Gaye KANDEMİR  
gayeeren@gmail.com

**Atıf** (*To cite this article*): Parlak, S. (2023). Effects of different seed treatments on the germination of Golkoy palm (*Phoenix theophrasti* Greuter subsp. *golkoyana* Boydak). Ormanlık Araştırma Dergisi, 10 (1), . DOI: 10.17568/ogmoad.1029343



Creative Commons Atıf -  
Türetilmez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

### Abstract

Datça palm (*Phoenix theophrasti* Greuter) is the only palm taxa in the European continent. Its subspecies, Golkoy palm (*Phoenix theophrasti* Greuter subsp. *golkoyana* Boydak) was recorded only in Turkey. This subspecies, which spreads in sensitive ecosystems, needs to be carefully protected. Although there are three natural populations of Datça palm in Turkey, there is only one population of Gölköy palm. This population is under threat due to factors such as tourism, pollution, urbanization, use of groundwater and forest fires. In this respect, the continuity of the species should be ensured by taking *in-situ* and *ex-situ* protection measures immediately. One of the *ex-situ* conservation measures involves the propagation of the species from seed. Cold-wet stratification is applied to remove dormancy in Gölköy palm seeds. In this study, GA<sub>3</sub>, ultrasound and vacuum applications at different times were applied to remove dormancy in seeds and shorten germination time. At the end of the study that lasted for 10 weeks, it was determined that GA<sub>3</sub>, vacuum and ultrasonic applications increased the germination rate of the seeds and shortened the germination period. While the highest germination rate was reached in the seeds treated with GA<sub>3</sub>, (91.4%), the germination rate was 88.3% and 88.6%, respectively, in 60 and 120 min ultrasound applications. The germination rate of the seeds in which vacuum was applied for 60 and 120 minutes was found to be 29.9% and 48%, respectively. The lowest germination was 6.3% in the control group seeds.

**Keywords:** Golkoy palm, GA<sub>3</sub>, ultrasound and vacuum treatments, seed germination

### Öz

Datça hurması (*Phoenix theophrasti* Greuter) Avrupa kıtasının tek palmiye türüdür. Bu türün alt türü olan Gölköy hurmasının (*Phoenix theophrasti* Greuter subsp. *golkoyana* Boydak) sadece Türkiye’de kaydı bulunmaktadır. Hassas ekosistemlerde yayılış gösteren bu alt türün özenle korunması gerekir. Türkiye’de Datça hurmasının üç doğal popülasyonu olmasına rağmen Gölköy hurmasının tek popülasyonu bulunmaktadır. Bu popülasyon turizm, kirlenme, şehirleşme, yeraltı sularının kullanımı ve orman yangınları gibi faktörlerden dolayı varlığı tehdit altındadır. Bu bakımdan *in-situ* ve *ex-situ* koruma önlemlerinin acilen alınarak türün devamlılığı sağlanmalıdır. *Ex-situ* koruma önlemlerinden biri türün tohumdan çoğaltılmasını kapsamaktadır. Gölköy hurması tohumlarında dormansiyi gidermek için soğuk ıslak katlama uygulanmaktadır. Bu çalışmada tohumlardaki dormansiyi gidermek ve çimlenme süresini kısaltmak için GA<sub>3</sub>, ve farklı sürelerde ultrason ve vakum uygulamaları yapılmıştır. 10 hafta süren çalışma sonunda GA<sub>3</sub>, vakum ve ultrasonik uygulamaların tohumların çimlenme oranını artırdığı ve çimlenme süresini kısalttığı belirlenmiştir. GA<sub>3</sub> ile muamele edilen tohumlarda %91,4 oranı ile en yüksek çimlenme oranına ulaşıırken, 60 ve 120 dk ultrason uygulamalarında çimlenme ise sırasıyla %88,3 ve %88,6 oranında gerçekleşmiştir. 60 ve 120 dk vakum uygulanan tohumlarda çimlenme oranı ise sırasıyla %29,9 ve %48 olarak bulunmuştur. En düşük çimlenme ise kontrol grubu tohumlarda %6,3 olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Gölköy palmyesi, GA<sub>3</sub>, vakum ve ultrason uygulama, tohum çimlenmesi

## 1. Introduction

Industrialization and urbanization threaten the future of sensitive forest ecosystems. This effect is much greater on rare and endemic species that have low ecological tolerance. The changes that occur increase the vulnerability of the ecosystems of such species, while they come to the point of extinction. These species can be protected through *ex-situ* or *in-situ* methods. The purpose of *ex-situ* protection is to generate saplings from the species and grow them in areas that are suitable for their ecology. For such products, the biological characteristics of the species especially their reproduction methods should be known well and the production barriers, if any, should be eliminated.

Turkey is one of the most prominent countries in the world as regards its species diversity and endemism. Guner et al. (2012) stated that Turkey has 11466 natural and 3649 endemic species. Datca palm (*Phoenix theophrasti* Greuter), distributed only along the Mediterranean coast and the only natural palm species in Muğla, Turkey, and its subspecies, Golkoy palm (*Phoenix theophrasti* Greuter subsp. *golkoyana* Boydak), are among the rare and endangered species. Although *P. theophrasti* Greuter subsp. *golkoyana* Boydak is distributed in Turkey, Crete and Greece, ssp *golkoyana* has a limited distribution only in Turkey (Boydak, 2019).

*P. theophrasti* is one of the few tree species tertiary relict endemic to the eastern Mediterranean, and it is one of the two palm taxa native to continental Europe. Crete is its another distribution area, which constitutes the only natural distribution of palm in Europe, except Turkey. *P. theophrasti* Greuter was first found by (Boydak, 1983; Boydak and Yaka, 1983; Boydak, 1985; Surhone et al., 2011; Vardareli et al., 2019) in Datca Eksere valley and Hurmalibük Karasüleyman and Karaali river. Another distribution area is 50-250 m. in Finike bay on the Kumluca-Karaöz coast between Karaöz port and Papaz port in Antalya. between altitudes Boydak (1986, 1987; Kavgaci, 2014).

A subspecies of Datca palm which is *P. theophrasti* subsp. *golkoyana* Boydak (Boydak and Barrow, 1995; Barrow, 1998; Esener, 1999; Boydak, 1986) was recorded in Bodrum Golkoy-Golturkbuku-Bodrum, Muğla. It is distributed in an area of 3.9 hectares mixed with *Pinus brutia* Ten. in marshland near Golkoy (Bodrum, Muğla). It is important to protect this species, whose number has decreased considerably, to ensure the continuity of ecosystems. (Yazici, 2007; Senol et al., 2016). For this reason, the region has been declared a natural protected area (Boydak, 1994; Boydak, 2019).

The distribution of Golkoy palm differs from that of Datca palm while it was found to be a subspecies of Datca palm (Boydak and Barrow, 1995; Boydak, 2019). There are certain differences between the two species of palm. Datca palm has several trunks from the bottom and can grow as high as 17 meters (Boydak, 1994). Golkoy palm, however, does not grow high, while it can only grow as high as 8 meters. Moreover, there are differences between the two as regards peduncle length (Boydak, 2019). The Datça palm, whose fruits ripen in September and October, is edible but has no commercial value. The seeds of the Datça palm are larger and sweeter than the Gököy palm (Boydak, 1986; Boydak, 1994, Senol et al., 2016; Boydak, 2019). This subspecies is different from *P. theophrasti* at molecular level (Vardareli et al., 2019).

Datca and Golkoy palms are distributed only in a local area; therefore, they are exposed to various threats as regards their survival. Such threats include road construction, pressure from people and tourism activities, change of flow in groundwater due to climate change, red palm weevils leading to drying of palm trees and forest fires (Boydak, 1995; Dembilio et al., 2011; Hazir and Buyukozturk, 2013; Kontodimas et al., 2006). Orucu (2019) highlighted in his study that habitat loss of *P. theophrasti* Gr. due to climate change will be probably severe in Turkey, leading to narrowing of its distribution areas. Studies show that gene flow is under critical levels in Datca and Golkoy populations, which requires their protection through *in-situ* or *ex-situ* methods (Barclay, 1974; Vardareli et al., 2012). Hazir and Buyukozturk (2013) advised that, *P. theophrasti* and *P. theophrasti* ssp. *golkoyana* is of considerable scientific importance to Turkey's flora because they are the only representations of native palms. These endemic species should be conserved in terms of biodiversity against possible threats such as physical development on private property, tourism, cultivation and also against pests.

Golkoy palm (*P. theophrasti* subsp. *golkoyana* Boydak) is distributed in a small area and only in Turkey for now (Boydak and Barrow, 1995; Boydak, 2019). Since this species is distributed in sensitive ecosystems, it is exposed to constant environmental pressures. For this reason, Vardareli et al, (2019) recommend urgently to be placed on the IUCN red list for its conservation.

Water uptake and oxygen availability are the essentials of seed germination (Ashraf and Foolad, 2005). Seed coat impermeability is usually caused by the presence of one or more layers of palisade cells in the testa. These palisade layers are composed of sclereid cells with thick lignified second-

---

ary cell walls. There is a two-fold effect of the intact coat: primarily, it causes the retention of inhibitor, and secondarily, it can act as a barrier to oxygen, preventing the entry of sufficient oxygen from the surrounding air to support the oxidation of the inhibitor (Bewley et al., 2013).

Sound waves transported through a medium via the mechanism of particle interaction are characterized as mechanical waves (Pierce, 1989). It can be transmitted through gases, liquids or solids. As waves propagate, they transport energy (Chowdhury et al., 2014). When sound waves are applied to seeds, they cause some morphological and physiological changes. Different metabolic activities including enzyme activation and hormonal changes occur during seed germination, and sound is known to directly affect biological systems including those involved in seed germination (Braam and Davis, 1990; Chowdhury et al., 2014). In many studies, it is reported that ultrasonic applications increase the germination of seeds (Nazari and Eteghadipour, 2017).

Ultrasounds are mechanical waves of a frequency higher than 20000 Hz. Therefore, ultrasonic waves should alter the seeds' characteristics. Proper sound waves can reduce cell membrane penetrability (Chowdhury et al., 2014) and more water and oxygen are available. In water, ultrasonic waves lead to cavitation (Piyasena et al., 2003; Yaldagard et al., 2008), Sound stimulation increased the cell wall and membrane fluidity, which facilitated cell division and growth (Keli et al., 1999; Zhao et al., 2003). Ultrasonic waves have vastly been applied as an efficient technique for breaking seed dormancy and improving the germination characteristics (Nazari and Eteghadipour, 2017). Cavitation is a phenomenon by which micro-bubbles are created in the water. The cavitation created by the ultrasound causes a mechanical pressure on the seeds (Yaldagard et al., 2008; Hu et al., 2007). This mechanical pressure then leads to the cell wall fluidity (Yaldagard et al., 2008), and the creation of micro-pores and micro-cracks on the cell wall (Jaime et al., 2014). The creation of micro-pores and micro-cracks caused by sonication means that the seeds are more permeable to water and oxygen entry (Miano et al., 2016a; Luo, 2016). Researchers have indicated that exposure of the seeds to the ultrasound enhances hydration (Toma et al., 2001; Jambrak et al., 2007; Yaldagard et al., 2008; Miano et al., 2016b). It seems that increase in hydration of the seeds treated with ultrasonic waves increases in enzymatic activities especially alpha-amylase (Yaldagard et al., 2008; Sharififar et al., 2015; Miano et al., 2016a). Consequently, the starch hydrolysis is enhanced. Ultrasound can be used to accel-

ate the germination process, (Miano et al., 2016a).

The breaking of physiological dormancy and the induction of germination are regulated via hormone signalling pathways and mainly through the GA-(gibberellin) and ABA-(abscisic acid) biosynthetic and catabolic pathways. While ABA and GA are the primary inhibitory and promotive hormones in regulating seed dormancy and germination. There are more than 130 different structures of GA molecules in plants (Bewley and Black, 1994; Bewley et al., 2013). Gibberellins are a class of tetracyclic diterpene carboxylic acids, functioning as plant hormones (phytohormones) and influencing a range of developmental processes including dormancy, germination, root and shoot elongation, and flowering (Vehn and Sauer, 2017).

GA<sub>3</sub> plays a key role in dormancy release and promotion of germination (Baskin and Baskin, 2004; Kucerna et al., 2005; McDonald and Kwong, 2005; Cetinbas and Koyuncu, 2006; Bewley et al., 2013; Vehn and Sauer, 2017). Gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) is widely used to break the dormancy of seeds of various plant species. Dormant seeds, which require stratification, dry storage after-ripening and light as a germination stimulator, are often treated with GA<sub>3</sub> to overcome their dormancy (Gupta, 2003). A lot of studies demonstrate that seeds treated with GA<sub>3</sub> have increased germination (Acikgoz and Kara, 2019). GA<sub>3</sub> dosage trials revealed that 100 mg/l GA<sub>3</sub> had a better result for seed germination (Madakadze et al., 2000; Nasri et al., 2013; Baskin and Baskin, 2014; Ge et al., 2018; Ayranci and Oner, 2019).

Pressure is usually applied to ensure the penetration of water or hormones into seeds. However, there are studies in which vacuum technique has been applied (Loveys and Jusaitis, 1994; Custódio et al., 2016).

There are two basic approaches to protect endangered species as *in-situ* and *ex-situ*. *Ex-situ* conservation is the preservation of a species outside its natural habitat. This protection method also includes the generative production of the species. It is important to protect the Gököy palm, one of the endangered, rare and endemic species, by producing it from seed. Long-term stratification of seeds in traditional production also increases the risks of germination. Treatments applied to seeds with modern methods can eliminate dormancy and accelerate germination. For this purpose, the effects of ultrasound, vacuum, GA<sub>3</sub> and soaking applications on germination were investigated to break dormancy in seeds. The effects of these pretreatments on the germination percentage and speed of the seed were revealed.

---

## 2. Material and Methods

### 2.1. Material

The study material included seeds collected from Golkoy palm populations in 2018. The fleshy fruit seeds were collected and mesocarps were removed and then cleaned. They were kept in polyethylene bags at +4 °C until the study was conducted.

The materials used at the lab included Petri dishes with a diameter of 9 cm for germination, GA<sub>3</sub> hormone (Merck), ultrasonic device (Bandelin DL 510 H, Germany), vacuum device (Binder VD 23), precision balance (Radwag AS 220.R2), incubators (Liebherr-Lovibond TC 140 G), pure water device (Elga DV 35), flow cabinet (biosafety cabinet class II), alcohol, filter paper, stretch wrap and fungicide (Maxim XL 035 FS).

### 2.2. Methods

#### 2.2.1. Sterilization

For seed sterilization, ethanol and sodium hypochlorite were used and all seeds were soaked in ethanol for one minute for surface sterilization. Then, they were treated with 10% sodium hypochlorite for 10 minutes and rinsed three times with pure water. Glass Petri dishes, plates where the seeds were placed, and filter papers were sterilized at 120 °C for 1 hour.

#### 2.2.2. GA<sub>3</sub> ultrasonic treatment and vacuum application

The seeds were soaked only in 100 ppm GA<sub>3</sub> for 12 hrs. For “ultrasonic application”, the seeds are placed in the plastic net and the ultrasound device (Bandelin Sonorex Digiplus, Typ DL 510 H, Berlin Germany). Seeds were subjected to “ultrasonic application” at 35 kHz for 60 and 120 mins. During ultrasonic application, the water temperature was kept at ± 30 °C by adding ice from time to time. For “vacuum application the seeds” were placed in the vacuum device (Binder, VD 23, Tuttlingen, Germany) in beakers filled with 200 cc of pure water. They were retained in the vacuum device at 35 °C and 100 millibar for 60 and 120 min to ensure that water penetrated the whole seed.

#### 2.2.3. Seed germination test

Each treatment was done in triplicate and 50 seeds were used in each replication. Seeds were sown on 20 December 2019. After the seeds were subjected to treatments; they were sown in Petri dishes with a diameter of 9 cm that had one filter paper and 5 ml of water each and they were sprayed with 1 %

fungicide.

All Petri dishes were wrapped in two folds with stretch film. The seeds were kept in the climate cabinets at a constant temperature of 20 °C and in dark conditions. Those seeds that developed 2 mm radicles were considered as germinated. After germination started, the seeds were counted weekly and the germinated seeds were transferred to another Petri dish. To prevent the infection of the seeds in Petri dishes, they were sprayed with a fungicide after every count and wrapped again.

#### 2.2.4. Statistical analysis

The data of the study were analyzed with SPSS (22) statistical analysis software. The germination percentages in % found in counting were subjected to arc-sin conversion. One-way ANOVA analysis of variance was applied to the data and the differences were determined with Duncan multiple comparison test.

## 3. Results and Discussion

The study was carried out for 75 days, as the germination of the seeds of the control group started after the 8th week. Germination checks were weekly to determine the germination percentages and statistical analyses were conducted to determine the differences between the treatments. The statistical analysis revealed statistically significant differences between the treatments applied to Golkoy palm seeds as regards their effects on germination (Table 1).

Duncan multiple comparison test was applied to determine the differences between the treatments. The test results showed that the control seeds had the lowest germination percentage (6.3 %). Those seeds treated with GA<sub>3</sub> and ultrasound had the highest germination percentage (91.4 %). The seeds had better germination properties when treated with ultrasound compared to the control seeds whereas no difference was found between the vacuum applications for one and two hours (Table 2).

The values on the same line followed by the same letters are not significantly different at P<0.05.

Radicles were found to be formed in the opposite side of the groove direction of the seeds, which was the micropyle side (Figure 1).

The seeds were retained in germination cabinets for 75 days and checked weekly. The first germination was observed 4 weeks after sowing. The seeds that were germinated first were the ones treated with ultrasound and GA<sub>3</sub> hormone. Maximum

Table 1. One way analysis of variance on Golkoy palm  
Tablo 1. Gölköy hurması tohumlarının tek ynl varyans analizi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11028.351	6	1838.059	34.088	0.000
Within Groups	754.888	14	53.921		
Total	11783.240	20			

Table 2. Duncan multiple comparison test on the treatments  
Tablo 2. Uygulanan işlemlerin Duncan oklu karşılaştırma testi

Treatments	Petri dish (N)	Germination percentage (%) and standart deviation
<b>T1</b> -Soaking in ethanol for 1 mins+soaking in pure water for 12 hrs at +5 °C (Control-760 mm/Hg)	3	6.9000±11.95115 a
<b>T2</b> -treatment with 100 ppm GA <sub>3</sub> for 12 hrs and soaking in pure water at +5 °C	3	73.8533±6.86079 b
<b>T3</b> -Soaking in pure water for 12 hrs at +5 °C	3	59.7167±12.46840 c
<b>T4</b> -Soaking in pure water for 12 hrs at +5 °C + ultrasonic treatment for 1 hr	3	70.1233±2.60450 cd
<b>T5</b> -Soaking in pure water for 12 hrs at +5 °C + ultrasonic treatment for 2 hrs	3	70.6000±4.45689 cd
<b>T6</b> -Soaking in pure water for 12 hrs at +5 °C + vacuum application for 1 hr (100 mm/Hg)	3	32.7733±1.97356 b
<b>T7</b> -Soaking in pure water for 12 hrs at +5 °C + vacuum application for 2 hrs (100 mm/Hg)	3	43.8533±1.24114 b

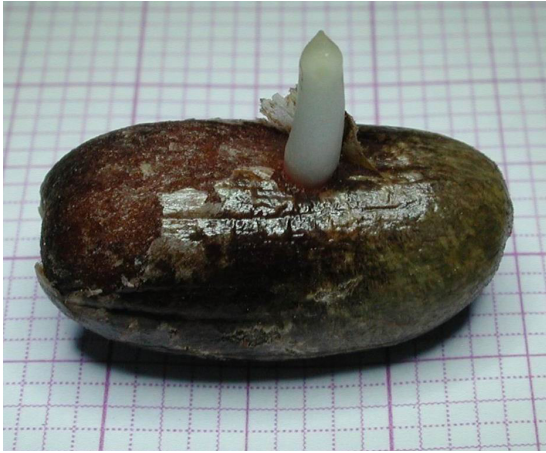


Figure 1. Germination of Golkoy palm seeds  
şekil 1. imlenen Gölköy hurması tohumları

germination was observed by the end of week 7. Overall, germination speed and percentage were observed to decrease after week 7. The control seeds had a very slow germination speed and they could start germinating after week 8, which indicated that there was a time difference of 4 weeks in germination compared to the other treatments. The germination percentage was very low in the control group (Figure 2).

This study revealed that the highest germination percentage was found in the group of seeds treated with GA<sub>3</sub> (91.4 %), while the lowest was found in

the control group (6.3 %). Germination started 4 weeks before the one in the control group and the germination percentage was 85.1% higher than that of the control group. The results of the study are consistent with the other studies showing that GA<sub>3</sub> increases seed germination. There are not many studies on the effects of GA<sub>3</sub> application on the germination of palm trees. For this reason, studies in other species were examined.

In these studies, it was determined that GA<sub>3</sub> increased seed germination and was effective in cracking the seed coat (Follett et al., 2005; Dilip et al.



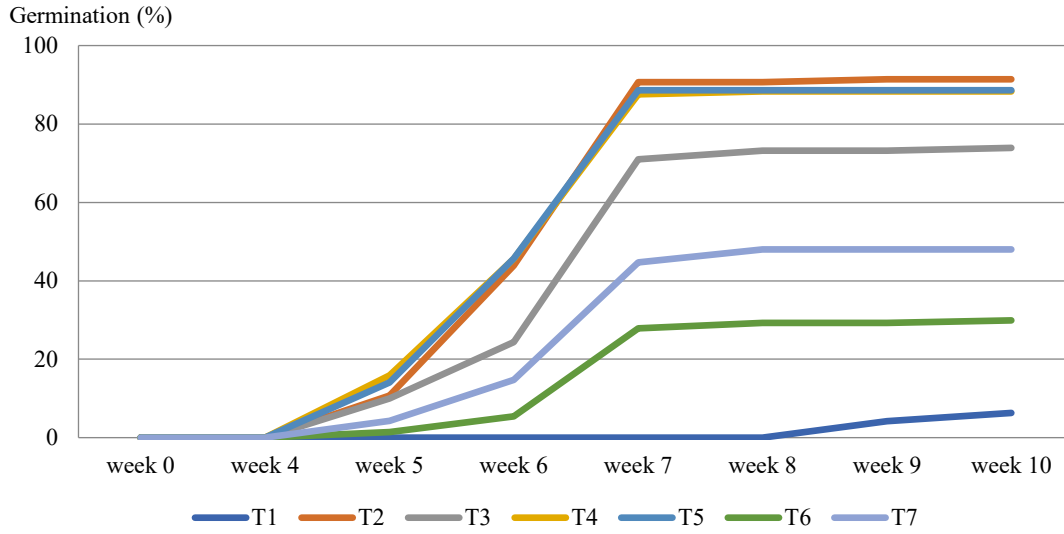


Figure 2. Percentage and speed of germination in different seed treatments  
Şekil 2. Farklı işlemlere göre tohumların çimlenme oranları ve hızları

(2017). It was reported that GA<sub>3</sub> application increased seed germination in Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.), improved germination and seedling properties in *Eriobotrya japonica*, and increased seed germination in *Citrus aurantifolia* and different kiwi fruit varieties (Al-Hawezy, 2013; Okatan, 2017; Dilip). et al., 2017; Bishwas et al., 2018; Ayranç and Öner 2019).

In this study, seeds treated with ultrasonic waves for 60 and 120 minutes had a germination percentage of 88.3 and 88.6, respectively. Compared to the germination percentage of the control group (6.3 %), it was found that ultrasound treatment both accelerated seed germination and increased germination percentage. The seeds treated with ultrasound started germinating 4 weeks before the control seeds.

The results of our study as regards the ultrasound treatment are consistent with the literature. Although there are no studies on the effects of ultrasound treatment on palm seeds, many studies on seeds of other species have shown that ultrasound treatment accelerates germination (Yaldagard et al., 2008; Wang et al., 2012; Luo, 2016; Nazari and Eteghadipour, 2018; Ameta et al., 2018; Wong et al., 2019). Ultrasound treatment accelerates and increases germination by enlarging the holes on the seed coat and facilitating water absorption. All these increase alpha-amylase activity causing faster germination (Yaldagard et al., 2008; Luo, 2016). In chickpea and mung bean, 60-minute ultrasound treatment increased water absorption by 2600% and 6350%, respectively, compared to the control group (Wong et al., 2019). Shekari et al.,

(2015) reported that ultrasonic treatment of sesame seeds (*Sesamun indicum* L.) increased germination. López and Vicient (2017) also demonstrated that ultrasonic treatment did not have any effect on new seeds of *Arabidopsis thaliana*, while it increased germination further in older seeds. A study conducted by Kikuchi et al., (2006) demonstrated that water absorption in seeds was mostly through a hilum. Rişca and Fărtăuş (2009) also obtained the best germination rate from the application over 40 seconds in their ultrasound study on *Picea abies*. In the study conducted by Poşta et al., (2020), it was determined that the seeds of *Liquidambar styraciflua* L. responded positively to ultrasound and the germination rate increased in the seeds. Machikowa et al., (2013) in their study on sunflower seeds, germination percentages were 44-48% lower than the others. Control when treated with ultrasonic at 80-100%. long-term higher intensity ultrasonic treatments possibly injury to the embryo. Treatments T6 and T7 (vacuum applications) increased both germination speed and percentages compared to the control group. As for the effect of duration of vacuum treatments on germination, seeds treated with vacuum for 60 minutes (29.9 %) had a lower germination percentage compared to those treated with vacuum for 120 minutes (48 %). Extended vacuum time increased germination by 20%. Custódio et al., (2016) reported that vacuum treated pine seeds increased the absorption of tetrazolium but it did not have an effect on the seeds of *Dactylorhiza fuchsii*.

In treatment T3, germination percentage was 73.9 %. The seeds treated with sodium hypochlorite had a higher germination percentage and speed

compared to the control seeds.

#### 4. Conclusion

In our study, there was no statistical difference in germination of seeds treated with GA<sub>3</sub> and seeds treated with ultrasound. GA<sub>3</sub> and ultrasound treatments accelerated germination by 4 weeks compared to the control group and increased the germination percentages. Since the germination process is accelerated by ultrasound application, losses due to environmental risks will be prevented. Given the cost and environmental impacts of GA<sub>3</sub>, “ultrasound” can be used as a cheaper and more environmentally friendly option for cheaper and faster seed germination. Early-onset of seed germination will ensure that seeds will be less affected by negative biotic and abiotic factors and guarantee germination.

#### Acknowledgement

In this study, Bursa Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Silviculture laboratory facilities were used.

#### References

Açıkgoz, M.A., Kara, Ş.M., 2019. Effect of various pretreatments on germination of Turkish endemic *Achillea gypsicola* Hub.-Mor. species under *in vivo* and *in vitro* conditions. *Journal of the Institute of Science and Technology* 9(4): 2321-2329, DOI: 10.21597/jist.511469.

Al-Hawezy, S.M.N., 2013. The role of the different concentrations of GA<sub>3</sub> on seed Germination and seedling growth of loquat (*Eriobotrya japonica* L.). *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)* 4 (5): 03-06.

Ameta, S.C., Ameta, R., Ameta, G., 2018. Sonochemistry an emerging green technology. Mistwell Crescent, Oakville, Canada: Apple Academic Press Inc.

Ashraf, M., Foolad, M.R., 2005. Pre-sowing seed treatment - A shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and nonsaline conditions. *Advances in Agronomy* 88: 223–271. DOI: 10.1016/s0065-2113(05)88006-x.

Ayrancı, A., Oner, M.N., 2019. Farklı orijinli Toros Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) tohumlarında bazı ön işlemlerin çimlenmeye olan etkisi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 5(1): 61-70.

Barclay, C., 1974. A new locality of wild *Phoenix* in Crete. *Annales Musei Goulandris* 2: 23-29.

Barrow, S., 1998. A revision of *Phoenix*. *Kew Bulletin* 53(3):513-575.

Baskin, C.C., Baskin, J.M., 2014. Seeds Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination.

Second Edition, San Diego, USA: Academic Press is an imprint of Elsevier.

Baskin, J.M., Baskin, C.C., 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14:1-16.

Bewley, J.D. Bradford, J., Hilhorst, H.W.M., Nonogaki, H., 2013. Seeds, Physiology of Development, Germination and Dormancy. 3rd Edition, New York Heidelberg Dordrecht London, UK: Springer.

Bewley, J.D., Black, M., 1994. Seeds: Physiology of development and germination. 2nd ed., New York, USA: Plenum Press.

Bishwas, K.C., Amit, K., Santosh, S., Raj Kumar, K.C., Dipendra, R., 2018. Effect of GA<sub>3</sub> on germination parameters of different varieties of kiwi. *Current Investigations in Agriculture and Current Research* 4(3). CIACR. MS.ID.000186. DOI: 10.32474/CIACR.2018.04.000186.

Boydak, M., 1983. *Ülkemizin nadide bir doğal türü Datça Hurması (Phoenix theophrasii* Greuter). *Çevre Koruma* (18): 20-21.

Boydak, M., 1985. The distribution of *Phoenix theophrasti* in the Datça Peninsula, Turkey. *Biological Conservation* 32 (2), 129-135.

Boydak, M., 1986. A new natural distribution *Phoenix theophrasti* in Kumluca-Karaoz Turkey. *Istanbul University Journal of Forest Faculty Seri A* 36 (1):1-13.

Boydak, M., 1987. A new occurrence of *P. theophrasti* in Kumluca – Karaoz. *Principes* 31(2):89-95

Boydak, M., 1994. Bodrum-Gölköy’de saptanan yeni bir *Phoenix* yayılımı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri A*, 44(2), 35-45.

Boydak, M., 2019. A new subspecies of *Phoenix theophrasti* Greuter (*Phoenix theophrasti* Greuter subsp. *golkoyana* Boydak) from Turkey. *Forestist* 69(2): 133-144.

Boydak, M., Barrow, S., 1995. A new locality for *Phoenix* in Turkey: Gölköy-Bodrum. *Principes* 39(3): 117-122.

Boydak, M., Yaka, M., 1983. Datça Hurması (*Phoenix theophrasii* ve Datça Yarımadasında saptanan doğal yayılımı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 4:33:73-92.

Braam, J., Davis, R.W., 1990. Rain, wind and touched-induced expression of calmodulin and calmodulin-related genes in *Arabidopsis*. *Cell* 60: 357-364.

Cetinbas, M., Koyuncu, F., 2006. Improving germination of *Prunus avium* L. seeds by gibberellic acid, potassium nitrate and thiourea. *Horticultural Science (Prague)* 33, (3): 119–123.

Chowdhury, E.K. Sub Lim, H., Bae, H., 2014. Update on the effects of sound wave on plants. *Research in Plant Disease* 20(1): 1-7, <http://dx.doi.org/10.5423/RPD.2014.20.1.001>.

- Custódio, C.C., Marks, T.R., Pritchard, H.W., Hosomi, S.T., Machado-Neto, N.B., 2016. *Seed Science and Technology* 44, 1, 1-12. <http://doi.org/10.15258/sst.2016.44.1.17>.
- Dembilio, O., Karamaouna, F., Kontodimas, D.C., Nomikou, M., Jacas, J.A., 2011. Short communication. susceptibility of *Phoenix theophrasti* (Palmae: Coryphoideae) to *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) and its control using *Steinernema carpocapsae* in a chitosan formulation. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(2): 623-626.
- Dilip, W.S., Singh, D., Moharana, D., Rout, S., Patra, S.S., 2017. Influence of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) on seed germination and seedling growth of Kagzi Lime. *Journal of Scientific Agriculture* 1:62-69, doi: 10.25081/jsa.2017.v1.888.
- Esener, R., 1999. *Palmiyeler. Türkiye Palmiye Merkezi Yayını*, Ankara.
- Follett, J.M., Douglas, J.A., Littler, R.A., 2005. The effect of gibberellic acid, potassium nitrate, and cold stratification on the germination of goldenseal (*Hydrastis canadensis*) seed. *Comb. Proc. International Plant Propagator's Society* 55:165-170.
- Ge, J., Hu, Y., Ren, C., Guo, L., Wang, C., Sun, Shahrajabian, M.H. 2018. Effects Of GA<sub>3</sub> and ABA on the germination of dormant oat seeds. *Cercetări Agronomice în Moldova* Vol. LI, No. 3 (175) / 2018: 25-41.
- Gupta, V., 2003. Seed germination and dormancy breaking techniques for indigenous medicinal and aromatic plants. *Journal of Medicinal Chemistry* 25: 402-407.
- Guner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babac, M.T., 2012. Türkiye Bitkileri Listesi Damarlı Bitkiler, Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmalı Derneği Yayını, Flora Dizisi 1, İstanbul.
- Hazır, A., Büyüköztürk, H.D., 2013. *Phoenix* spp. and other ornamental palms in Turkey: The threat from red palm weevil and red palm scale insects. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 2013. 25 (11): 843-853, doi: 10.9755/ejfa.v25i11.16500.
- Hu, A., Zhao, S., Liang, H., Qiu, T., Chen, G., 2007. Ultrasound assisted supercritical fluid extraction of oil and coixenolide from adlay seed. *Ultrasonics Sonochemistry* 14: 219-224.
- Jaime, A., da Silva, T., Dobrańszki, J., 2014. Sonication and ultrasound: impact on plant growth and development. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 117: 131-143.
- Jambrak, A.R., Mason, T.J., Paniwnyk, L., Lelas, V., 2007. Accelerated drying of button mushrooms, Brussels sprouts and cauliflower by applying power ultrasound and its rehydration properties. *Journal of Food Engineering* 81: 88-97.
- Kavgacı, A., 2014. *Phoenix L. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalılıarı (Ü. Akkemik, ed.)*, 182. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Keli, S., Baoshu, X., Guoyou, C., Ziwei, S., 1999. The effects of alternative stress on the thermodynamical properties of cultured tobacco cells. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica* 15: 579-584.
- Kikuchi, K., Koizumi, M., Ishida, N., Kano, H., 2006. Water uptake by dry beans by micromagnetic resonance imaging. *Annals of Botany* 98, 545-553. (doi:10.1093/aob/mcl145).
- Kontodimas, D., Milonas, P., Vassiliou, V., Thymakis, N., Economou, D., 2006. The occurrence of *Rhynchophorus ferrugineus* in Greece and Cyprus and the risk against the native Greek palm tree *Phoenix theophrasti*. *Entomologia Hellenica* 16: 11-15.
- Kucerna, B., Cohn, M.A., Leubner-Metzger, G., 2005. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research* 15: 281-307.
- López, I., Vicient, C.M., 2017. Use of ultrasonication to increase germination rates of *Arabidopsis* seeds. *Plant Methods* 13:31, DOI 10.1186/s13007-017-0182-6.
- Loveys, B.R., Jusaitis, M., 1994. Stimulation of germination of quandong (*Santalum acuminatum*) and other Australian native plant seeds. *Australian Journal of Botany* 42, 565-574.
- Luo, M.R., 2016. *Handbook of Ultrasonics and Sonochemistry*. Springer Science+Business Media Singapore.
- Machikowa, T., Kulrattanarak, T., Wonprasaid, S., 2013. Effects of ultrasonic treatment on germination of synthetic sunflower seeds. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural Food and Biotechnological Engineering* 7(1): 1-3.
- Madakadze, I.C., Prithiviraj, B., Madakadze, R.M., Stewart, K., Peterson, P., Coulman, B.E. et al., 2000. Effect of preplant seed conditioning treatment on the germination of Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). *Seed Science and Technology* 28, 403-411.
- Mavrommatis, G., 1973. *Ikologia tis periohis finikodasous "Vai"* Sitias Kritis. *Dasos*: 21-24. Barclay, C. 1974. A new locality of wild *Phoenix* in Crete. *Annales Musei Goulandris* 2: 23-29
- McDonald, M.B., Kwong, F.Y., 2005. *Flower Seeds, Biology and Technology*. CABI Publishing 875 Massachusetts Avenue 7th Floor Cambridge, MA 02139 USA, p 372.
- Miano, A.C., Ibarz, A., Augusto, P.E.D., 2016a. Mechanisms for improving mass transfer in food with ultrasound technology: describing the phenomena in two model cases. *Ultrasonics Sonochemistry* 29, 413-419. (doi:10.1016/j.ultsonch.2015.10.020).
- Miano, A.C., Pereira, J.C., Castanha, N., Matta, M.D.J., Augusto, P.E.D., 2016b. Enhancing mung bean hydration using the ultrasound technology: description of mechanisms and impact on its germination and main components. *Scientific Reports* 6:38996 | DOI: 10.1038/srep38996.

- Nasri, F., Ghaderi, N., Mohammadi, J., Mortazavi, S.N., Saba, M.K., 2013. The Effect of gibberellic acid and stratification on germination of *Alstroemeria* (*Alstroemeria ligtu* hybrid) Seed Under *In Vitro* and *In Vivo* Conditions. *Journal of Ornamental Plants* 3(4): 221-228.
- Nazari, M., Eteghadipour, M., 2017. Impacts of ultrasonic waves on seeds: a mini-review. *Agricultural Research & Technology* 6(3): 1-4, DOI: 10.19080/ARTO-AJ.2017.06.555688.
- Okatan, V., 2017. GA<sub>3</sub> Uygulamalarının Malta Eriği (*Eriobotrya japonica*) tohumlarının çimlenmesi ve çöğür gelişimi üzerine etkileri. *Güfbed/Gustij* 7 (2): 309-313, DOI: <http://dx.doi.org/10.17714/gufbed.2017.07.020>.
- Orucu, O.K., 2019. *Phoenix theophrasti* Gr.'nin iklim değişimine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının Maxent Modeli ile tahmini ve bitkisel tasarımda kullanımı. *Turkish Journal of Forestry* 20 (3): 274-283. DOI: 10.18182/tjf.613205.
- Pierce, A.D., 1989. The Wave Theory of Sound. Acoustics: An Introduction to its Physical Principles and Applications: Acoustical Society of America. New York, USA
- Piyasena, P., Mohareb, E., McKellar, R.C., 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International Journal of Food Microbiology* 87(3): 207-216.
- Pošta, D., Rujescu, C., Vintila, T., Sala, F., 2020. Influence of ultrasound on germination, some biometric and physiological indices in *Liquidambar styraciflua* L.. *Romanian Biotechnological Letters*. 25. 1369-1377. 10.25083/rbl/25.2/1369.1377.
- Rişca, I.M., Fărtăiş, L., 2009. The influence of the ultrasound treatment on the Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) seed germination. *Cercetări Agronomice în Moldova*. 4 (140): 43-47.
- Sharififar, A., Nazari, M., Asghari, H.R., 2015. Effect of ultrasonic waves on seed germination of *Atriplex lentiformis*, *Cuminumcyminum*, and *Zygophyllum eurypterum*. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 2(3): 102-104.
- Shekarı, F., Mustafavi, S.H., Abbasi, A., 2015. Sonication of seeds increase germination performance of sesame under low-temperature stress. *Acta agriculturae Slovenica* 105-2, September 203–212, DOI: 10.14720/aas.2015.105.2.03.
- Surhone, L., Tennoe, M., Henssonow, S., 2011. Cretan Date Palm. Betascript Publishing.
- Senol, S.G., Pelit, N.B., Bzyel, D. 2016. Distribution of *Phoenix theophrasti* and problematic Gököy Muğla population in Turkey. Symposium on Euroasian Biodiversity, 23-27 May, Antalya.
- Toma, M., Vinatoru, Paniwnyk, L., Mason, T.J., 2001. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. *Ultrasonic Sonochemistry* 8: 137-142.
- Vardareli, N., Dogaroglu, T., Dogaç, E., Taskin, V., Taskin, B.G., 2019. Genetic characterization of tertiary relict endemic *Phoenix theophrasti* populations in Turkey and phylogenetic relations of the species with other palm species revealed by SSR markers. *Plant Systematics and Evolution* 305:415–429 <https://doi.org/10.1007/s00606-019-01580-8>.
- Vardareli, N., Dogaroglu, T., Taskin, B.G., 2012. Datça hurması popülasyonlarında genetik çeşitliliğin SSR belirteçleriyle saptanması. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi, 03-07 Eylül 2012. Ege Ün. Türkiye.
- Vehn, J.K., Sauer, M., 2017. Plant Hormones. Methods in Molecular Biology, Springer Science+Business Media New York.
- Wang, Q., Chen, G., Yersaiyiti, H., Liu, Y., Cui, J., et al., 2012. Modeling analysis on germination and seedling growth using ultrasound seed pretreatment in Switchgrass. *Plos one* 7(10): e47204. doi:10.1371/journal.pone.0047204.
- Wong, K.S., Lee, L., Yeo, L.Y., Tan, M.K., 2019. Enhancing rate of water absorption in seeds via a miniature surface acoustic wave device. *Royal Society Open Science* 6: 181560. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.181560>.
- Yaldagard, M., Mortazavi, S.A., Tabatabaie, F., 2008. Application of ultrasonic waves as a priming technique for accelerating and enhancing the germination of barley seed: optimization of method by the Taguchi approach. *Journal of Institute of Brewing* 114(1): 14-21.
- Yazıcı, E., 2007. Özel çevre koruma bölgelerinde turizm baskısı ve Datça – Bozburun Özel Çevre Koruma Bölgesi için Turizm Yönetim Planı Önerisi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Zhao, H., Wu, J., Zheng, L., Zhu, T., Xi, B., Wang, B., Cai, S., Younian, W., 2003. Effect of sound stimulation on *Dendranthema morifolium* callus growth. *Colloid Surface B* 29: 143-147.

## Isparta Gölcük Tabiat Parkı'ndaki odunsu flora çeşitliliği ve çevresel değişkenlerle ilişkileri

Diversity of woody flora in Isparta Gölcük Nature Park and its relations with environmental variables

E. Hatice TIĞLI KAYTANLIOĞLU<sup>1</sup>

Mehmet Güvenç NEGİZ<sup>1</sup>

Serkan GÜLSOY<sup>1</sup>

Hüseyin FAKİR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Orman Fakültesi, Isparta

**Sorumlu yazar** (Corresponding author)

Ebru Hatice TIĞLI KAYTANLIOĞLU  
[eburkaytanlioglu@isparta.edu.tr](mailto:eburkaytanlioglu@isparta.edu.tr)

**Geliş tarihi** (Received)

18.02.2022

**Kabul Tarihi** (Accepted)

06.07.2022

**Sorumlu editör** (Corresponding editor)

Erdal ÖRTEL  
[erdalortel@ogm.gov.tr](mailto:erdalortel@ogm.gov.tr)

**Atıf** (To cite this article): Tıgılı Kaytanlıoğlu, E. H., Negiz, M. G., Gülsoy, S. & Fakir, H. (2023). Isparta Gölcük Tabiat Parkı'ndaki odunsu flora çeşitliliği ve çevresel değişkenlerle ilişkileri. Ormanlık Araştırma Dergisi, 10 (1), 23-31. DOI: 10.17568/ogmoad.1075675



Creative Commons Atıf -  
Türetilemez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

### Öz

Ormanlıkta flora üzerine gerçekleştirilen çalışmalar sürdürülebilir ormanlık ve biyolojik çeşitlilik üzerine önemli bilgiler vermektedir. Bu çalışma Gölcük Tabiat Parkında odunsu flora çeşitliliğinin belirlenerek çevresel değişkenlerle ilişkilerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada arazi envanteri ile 20x20 metre boyutlarında 25 örnekleme alanı alınmıştır. Her bir örnekleme alanı için odunsu bitki taksonları ve yetiştirme ortamı özellikleri envanter defterine kaydedilmiştir. Kümeleme analizi ile kesme seviyelerinden elde edilen grupların en uygun olanını tespit edebilmek amacıyla çoklu permütasyon testi (MRPP) uygulanmış en etkili vejetasyon grup ayrımının gösterge bitki türlerini tespit edebilmek amacıyla gösterge bitki analizi uygulanmıştır. Alfa çeşitlilik indis değerleri ile çevresel faktörler arasındaki ilişkileri ortaya koyabilmek adına Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. *Pinus nigra*, *Rosa canina*, *Populus nigra* subsp. *caudina* ve *Malus sylvestris* subsp. *syvestris* türlerinin çalışma alanının genelinde en sık rastlanan türler olduğu belirlenmiştir. Çalışmada en uygun odunsu grup ayrımı 3'lü grup ayrımında elde edilmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde en uygun vejetasyon grup ayrımlarının oluşmasında bazı farklılıkların önem arz ettiği belirlenmiştir. Bu sonuç tür çeşitliliğinin yörede güneyli bakılarda kuzeyli bakılara kıyasla daha fazla olduğunun tespit edilmesi ile desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tür çeşitliliği, gösterge tür, vegetation groups, çevresel değişkenler

### Abstract

Studies on flora in forestry provide important information on sustainable forestry and biodiversity. This study was conducted to determine woody flora diversity in Gölcük Nature Park and to reveal its relations with environmental variables. In the study, 25 sampling plots with dimensions of 20x20 meters were taken for inventory. For each planting area, woody plant taxa and habitat characteristics were recorded in the inventory book. Multi-response permutation procedure (MRPP) analysis was applied to determine the most suitable of the groups obtained from the cut-off levels by cluster analysis. Indicator species analysis was used to identify the indicator species of the most effective vegetation group separation. Pearson correlation analysis was conducted to reveal the relationship between alpha diversity index values and environmental factors. *Pinus nigra*, *Rosa canina*, *Populus nigra* subsp. *caudina* and *Malus sylvestris* subsp. *syvestris* are the most common species in the study area. The most suitable woody group separation in the study was obtained in the 3-group separation. As a result of the statistical analysis, it was determined that the aspect differences are important in the formation of the most suitable vegetation group separations. This result was supported by the finding that species diversity is higher in southern aspects compared to northern aspects of the region.

**Key Words:** Species diversity, indicator species, vegetation classification, environmental factors

## 1. Giriş

Türkiye, ormanlarında barındırdığı canlı türlerinin yoğunluğu ve farklılığı sayesinde biyolojik çeşitlilik anlamında oldukça zengin bir ülkedir. Çiçekli bitki tür sayısının alt türler ile 12.000'in üzerinde ve bu sayının üçte birine yakınının endemik olduğu birçok kaynakta ifade edilmiştir (Güner ve ark., 2012; Özkan, 2010; Can, 2013). Bitki türlerinin 1/3'ünün ormanlık bölgelerde bulunması nedeniyle (Güner ve ark., 2012); orman ekosistemlerinin biyolojik çeşitlilik açısından değerlendirilmesi, korunması ve yönetimi önem arz etmektedir. Diğer ekosistemlerle kıyaslandığında orman ekosistemlerinin daha düzenli, sağlıklı, devam ettirilebilir ve çeşitli olduğu bilinmektedir. Özellikle tür çeşitliliği yüksek ve dengeli dağılmış olan orman ekosistemlerinin olumsuz çevresel koşullarına karşı dayanıklılığı da o derece yüksek olmaktadır (Negiz ve Aygül, 2019).

Son yıllarda başta antropojenik etkenler olmak üzere, iklim değişikliği vb. sebeplerden dolayı özellikle orman ve diğer ekosistemlerindeki canlı çeşitliliğinin azalmaya başladığı buna bağlı olarak da nesli tükenmek üzere olan türlerin sayısının giderek arttığı ifade edilmektedir (WWF, 2018). Tüm bu sebepler dikkate alındığında orman ve diğer ekosistemlerindeki biyolojik çeşitliliğin tespiti, korunması, izlenmesi ve yönetimi üzerine yapılacak bilimsel çalışmaların ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Ekosistemlerin geleceğini, devamını ve gelişimini ifade eden biyolojik çeşitlilik; ekosistem çeşitliliği, genetik çeşitlilik ve tür çeşitliliği konularını içeren geniş bir kavramdır (Hunter, 1996; Kaya, 2003; Gülsoy ve Özkan, 2008; Negiz ve ark., 2015). Biyolojik çeşitlilik kapsamında özellikle bitki tür çeşitliliği üzerine gerçekleştirilmiş çalışmalar göze çarpmaktadır (Liang vd., 2007; Özkan ve Süel 2008; Işık ve Uğurlu, 2011; Negiz, 2013; Özkan, 2018). Tür çeşitliliğinin; bölge içerisindeki çeşitliliği ifade eden alfa çeşitliliği, bölgeler arasındaki çeşitliliği ifade eden beta çeşitliliği ve toplam çeşitliliği ifade eden gama çeşitliliği olmak üzere üç bileşeni bulunmaktadır (Hashemi, 2010, Mareno ve ark., 2006; Özkan, 2010).

Tür çeşitliliğinin alfa düzeyinde hesaplanmasında genellikle Shannon-Wiener ve Simpson Margalef D, Berger Parker, Dominance indisleri kullanılmaktadır (Jeglum ve He, 1995; Warwick ve Clarke, 1998; Smith ve Haukos, 2002; Desrochers ve Anand, 2004). Potansiyel olarak tür çeşitliliği yüksek bölgelerin belirlenebilmesi için çeşitlilik indisleri ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilerin ortaya konulması gerekmektedir (Hun-

ter, 1996; Linder, 2001; Özkan, 2006; Işık, 2014; Negiz ve Kurt, 2017).

Orman ekosistemlerinde biyolojik çeşitliliğin hesaplanarak ifade edilmesi, korunması, sürekliliğinin sağlanması, ayrıca tüm ekosistemlerde olduğu gibi orman ekosistemlerinin izlenmesi, yönetimi, planlanması ve restorasyonu konularında yerel boyutlarda vejetasyonun tespit edilmesi, gruplandırılması, tür çeşitliliği/zenginliğinin belirlenmesi elde edilen gruplandırmalar ve çeşitlilik değerleri ile yetişme ortamı özelliklerin ortaya konulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda elde edilen/edilecek sonuçlar, birçok bilimsel disiplinin faydalanmasına katkı sağlayacaktır (Hamzaoğlu ve Aksoy, 2006; Özkan, 2009; Negiz, 2013).

Flora çeşitliliğinin çevresel değişkenlerle ilişkilerini kapsayan bu çalışma; Isparta-Gölcük Gölü Tabiat Parkında gerçekleştirilmiştir. Gül, (2003)'e göre orman rekreasyon alanları milli park, tabiat parkı ve orman içi dinlenme yerleridir. Ülkemizdeki 20,7 milyon hektar orman alanının yaklaşık %3'ünü rekreasyon alanları oluşturur.

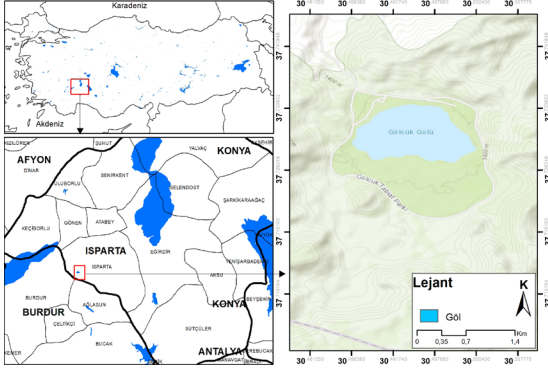
Isparta ili Merkez ilçe sınırları içinde yer alan Gölcük Gölü ve çevresi flora, fauna ve peyzaj özelliklerinden dolayı 1991 yılında tabiat parkına (6684 ha) dönüştürülmüştür (Tabur ve Ayvaz, 1998). Gölcük Gölü, Akdeniz Flora bölgesinde bulunmaktadır ve tür zenginliği oldukça fazladır (Fakir, 1998). Gölcük Gölü; tabiat parkı olmasından dolayı fazla miktarda rekreasyon amaçlı ziyaret edilmektedir fakat yörede orman ekolojisinde vejetasyon grupları oluşturularak tür çeşitliliği ve çevresel değişkenlerin ilişkilendirilmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirilmemiştir.

Isparta-Gölcük Tabiat Parkında gerçekleştirilen bu çalışma; odunsu flora çeşitliliği ve buna bağlı olarak elde edilen bitki biyoçeşitliliğine yönelik gerçekleştirilecek çalışmalara kaynak niteliğinde olması umut edilmektedir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışma alanı olarak seçilen Isparta-Gölcük Gölü Tabiat Parkı; 37°43'50" kuzey-30°29'38" doğu koordinatları arasında, Akdeniz Bölgesi'nin Göller Yöresinde bulunmaktadır. Gölcük Gölü Tabiat Parkının; doğusunda Isparta Gelincik Köyü, batısında Darıderesi köyü, kuzeyinde Yakaören köyü, Güneyinde Burdur Ağlasun ilçesi bulunur ve Isparta ili Merkez İlçesinin güneybatı sınırları içerisinde yer alır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanını gösterir harita  
Figure 1. Study area

Bölgede magmatik ve tortul olmak üzere başlıca iki ayrı kayaç grubu vardır. Tortullara ait en yaşlı formasyonu Akdağ kireçtaşları oluşturmaktadır. Diğerlerini de konglomeralar ve fişler meydana getirmektedir (Bilgin ve ark., 1990). Gölçük Gölü çevresinde bu çalışma veya başka çalışmalar için ayrıntılı toprak analizi yapılmamış olup, Isparta İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün toprak tahlil raporuna göre, toprağın bünyesi balçıklı olup, organik madde, total azot, fosfor, kireç ve toplam tuz miktarının düşük olduğu bildirilmiştir (TOB, 2019). Isparta Meteoroloji İstasyonu'nun 2019 sıcaklık verilerine göre, yörede yıllık sıcaklık ortalaması 12,2 °C, yıllık toplam yağış miktarı ise 564,0 mm'dir (MGM, 2019).

Gölçük Tabiat Parkı'nda; DKMP (2021) raporunda 46 familyaya ait 140 cins, 217 tür, 13 alttür ve 3 varyete tespit edilmiş ve bu türlerden 58'inin endemik olduğu bildirilmiştir. Ayrıca Gölçük Gölü çevresinde Fakir (2008) tarafından gerçekleştirilen flora çalışmasında tespit edilen en büyük 10 familya ve 10 cins sırası ile; Familyalar; (*Fabaceae* 44 (%19,4)), (*Caryophyllaceae* 32 (%14,1)), (*Asteraceae* 22 (%9,7)), (*Lamiaceae* 18 (%7,9)), (*Brasicaceae* 14 (%6,2)), (*Ranunculaceae* 10 (%4,4)), (*Apiaceae* 7 (%3,1)), (*Papaveraceae* 6 (%2,6)), (*Scrophulariaceae* 6 (%2,6)), (*Rosaceae* 5 (%2,2)); Cinsleri ise; (*Astragalus* 13 (%5,7)), (*Silene* 8 (%3,5)), (*Vicia* 8 (%3,5)), (*Minuartia* 6 (%2,6)), (*Saponaria* 5 (%2,2)), (*Sideritis* 5 (%2,2)), (*Dianthus* 4 (%1,8)), (*Centaurea* 4 (%1,8)), (*Ranunculus* 3 (%1,3)) şeklinde belirlenmiştir.

## 2.2. Yöntem

Araştırmada birçok vejetasyon envanteri çalışmasında (Özkan, 2010; Gülsoy ve Özkan, 2013; Negiz ve ark., 2015) önerildiği gibi 20x20m (400m<sup>2</sup>) boyutlarında 25 örnekleme alanı alınmıştır. Örnekleme alanların yerlerini belirlemeden önce yöreye ait topografik harita ve keşif gezilerinden faydalanılmıştır.

Örnekleme alanlarının belirlenmesinde çalışma alanın farklı yükselti basamaklarında mümkün olduğunca homojen bir dağılım göstermesine dikkat edilmiştir. Örnekleme alanlarında yer alan odunsu türlerin envanter karnesine kayıtları Braun-Blanquet örtüş bolluk sıklası kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Barkman ve ark., 1964; Çepel, 1995; Negiz, 2009).

Örnekleme alanlarında odunsu bitki türlerinin kayıtlarının yanında çevresel değişkenlerden; yükselti, eğim, bakı, yamaç konumu ve yüzey taşlılığı ile ilgili ölçüm ve tespitler de envanter karnelerine kaydedilmiştir. Yükselti değişkeni küresel konum belirleme sistemi (GPS) ile metre (m) cinsinden, eğim klizimetre ile yüzde (%) olarak ve bakı pusula ile derece cinsinden ölçülmüştür. Yamaç konumu 4 farklı sınıfta (Alt:1, Orta:2, Üst:3 Sırt:4) tespit edilmiştir. Yüzey taşlılığının belirlenmesinde ise; her örnekleme alanı içerisinde 10 farklı noktadan demir çubuk yardımıyla taşlı ya da topraklı alan şeklinde kayıt yapılmıştır. Kaydedilen değerlerin % ortalaması şeklinde yüzey taşlılığı belirlenmiştir. İstatistiksel analizlerde kolaylık sağlamak için de bitki türlerinin cins isminin ilk üç harfi, tür epitetinin ilk üç harfi alınarak kodlamalar yapılmıştır (Tablo 1).

İstatistiksel değerlendirmelerin ilk aşaması olan kümeleme analizinde kullanılmak üzere envanter çalışmaları ile Braun-Blanquet yöntemine göre kaydı yapılan odunsu bitki türlerinin var-yok veri matrisi hazırlanmıştır (Fontaine ve ark., 2007; Özkan, 2009).

Tür çeşitliliğinin hesaplanması için yine Braun-Blanquet yönetimine göre örnekleme alanlarında tespit edilen bitki türlerine ait veriler Fontaine ve ark., (2007)'i tarafından önerildiği şekliyle 0-1 arasında sayısallaştırılarak hazır hale getirilmiştir. Odunsu bitki türleri için hazırlanan var/yok veri seti PC-ORD paket programıyla kümeleme analizine tabi tutulmuştur (Poole, 1974). Vejetasyon gruplarının elde edilmesi için uygulanan kümeleme analizinde Euclidean-Ward's seçeneği tercih edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen dendrogram üzerinde kesme seviyeleri Özkan (2009) tarafından önerildiği şekilde gerçekleştirilmiştir.

Euclidean-Ward's seçeneğine göre gerçekleştirilen Kümeleme analizi ile kesme seviyelerinden elde edilen grupların en uygun olanını tespit edebilmek amacıyla çoklu permütasyon testi (MRPP: Multi-Response Permutation Procedure) uygulanmıştır. MRPP analizi ile hesaplanan T, A ve P değerleri kıyaslanarak en etkili grup ayrımının hangisi olduğu belirlenmiştir. Çoklu permütasyon testi ile ayrılan en etkili vejetasyon grup ayrımının gösterge bitki

türlerini tespit edebilmek amacıyla indikatör analizi uygulanmıştır. MRPP ve indikatör analizleri için kümeleme analizinde olduğu gibi PC-ORD paket programından yararlanılmıştır (McCune ve Mefford, 1999).

Tablo 1. Örnekleme alanlarında tespit edilen odunsu bitki türleri ve kodları  
Table 1. Woody plant species and codes identified in the sampling areas

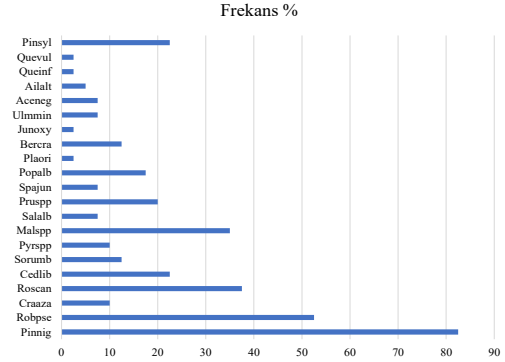
Tür İsimleri	Kodlar
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasina</i> (Anadolu karaçamı)	Pinnig
<i>Populus nigra</i> subsp. <i>caudina</i> (Kara kavak)	Popnig
<i>Crataegus azarolus</i> var. <i>azarolus</i> (Alıç)	Craaza
<i>Rosa canina</i> (Kuş burnu)	Roscan
<i>Cedrus libani</i> (Lübnan sediri)	Cedlib
<i>Sorbus umbellata</i> (Beyaz yapraklı üvez)	Sorumb
<i>Pyrus communis</i> (Armut)	Pyrcom
<i>Malus sylvestris</i> subsp. <i>sylvestris</i> (Elma)	Malsyl
<i>Salix alba</i> (Ak söğüt)	Salalb
<i>Amygdalus communis</i> (Badem)	Amycom
<i>Spartium junceum</i> (Katırtırnağı)	Spajun
<i>Populus alba</i> (Ak kavak)	Popalb
<i>Platanus orientalis</i> (Doğu çınarı)	Plaori
<i>Berberis crataegina</i> (Karamuk)	Bercra
<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>oxycedrus</i> (Diken ardıcı)	Junoxy
<i>Ulmus minor</i> (Ova karaağacı)	Ulmmin
<i>Pistacia terebinthus</i> (Çitlembik)	Pister
<i>Daphne sericea</i> (Tavukbüzüğü)	Dapser
<i>Quercus infectoria</i> (Mazı meşesi)	Queinf
<i>Quercus vulcanica</i> (Kasnak meşesi)	Quevul
<i>Pinus sylvestris</i> (Sarıçam)	Pinsyl

Alfa tür çeşitliliğini belirlemek için birçok çalışmada tercih edilen ve önerilen Shannon-Wiener indisi ve Simpson indisi sırasıyla kullanılmıştır (Negiz, 2013).

Alfa çeşitlilik indisi değerleri ile çevresel faktörler arasındaki ilişkileri ortaya koyabilmek adına Pearson korelasyon analizi uygulanmış, bu analizin uygulaması için SPSS paket programı tercih edilmiştir (SPSS., 2010).

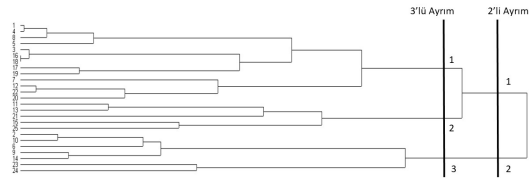
### 3. Bulgular

Örnekleme alanlarında toplam 21 farklı odunsu bitki türü tespit edilmiştir. Envanter defterine kaydedilen odunsu bitki türlerinin frekans (bulunma oranı %) değerleri Şekil 2' de gösterilmiştir.



Şekil 2. Örnekleme alanlarında tespit edilen bitki türlerine ait frekanslar  
Figure 2. Frequency values of the plant species detected in the sampling areas

25 örnekleme alanında tespit edilen 21 odunsu bitki türüne ait hazırlanan var/yok veri setine Euclidean-Ward's seçeneği ile uygulanan kümeleme analizi çıktısı Şekil 3'te verilmiştir. Şekilde görüleceği gibi örnekleme alanlarının grup ayrımları Özkan (2009) tarafından önerildiği gibi sübjektif olarak 2'li ve 3'lü ayırım şeklinde belirlenmiştir. 2'li ayırımın birinci grubunda 18, ikinci grubunda 7 örnekleme yer almıştır. 3'lü ayırımın birinci grubunda 13, ikinci grubunda 5, üçüncü grubunda ise 7 örnekleme alanı bulunmaktadır.



Şekil 3. Euclidean-Ward's seçeneği kullanılarak gerçekleştirilen Kümeleme analizi  
Figure 3. Cluster analysis using the Euclidean-Ward's method

Grup ayrımlarının her ikisine de ayrı olarak çoklu permütasyon testi (MRPP) uygulanmış ve sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. MRPP analizi ile elde edilen T ve A değerlerini kıyaslayabilmek adına oluşturulan sütun grafiği Şekil 4'te sunulmuştur. Burada 3'lü grup ayırımının 2'li grup ayırımına göre daha açıklayıcı sonuç verdiği görülmektedir ki bundan sonraki aşamalarda 3'lü grup ayırımı baz alınarak değerlendirmelere devam edilmesine karar verilmiştir.

MRPP analizi sonucunda 3'lü grup ayırımına karar verilmesinin ardından ayrılan grupların gösterge türlerini tespit edebilmek için gerçekleştirilen indikatör testi sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Tablo



3 incelendiğinde 1.grup için Pinnig (47,9), 2.grup için Ulmmin (40,00) ve 3.grup için ise Roscan (61,9), Sorumb (50,4) ve Amycom (40,7) türlerinin önemli gösterge türleri olduğu görülmektedir. İndikatör testi sonucunda vejetasyon grup ayrımlarında önemli gösterge türü olarak belirlenen türlerin önem seviyeleri  $p < 0,05$ 'tir.

Tablo 2. Ayrım seviyeleri için MRPP testi ile elde edilen T, A ve P değerleri  
Table 2. T, A and P values obtained by MRPP test for discrimination levels

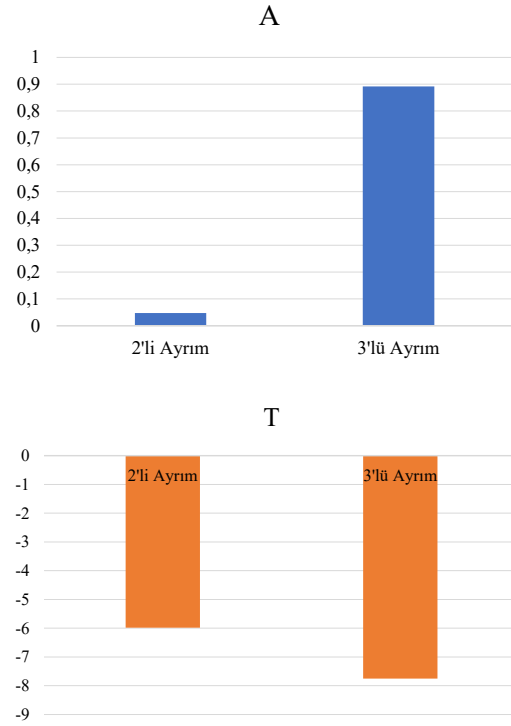
Ayrım Seviyeleri	T	A	P
2'li Ayrım	-5,9799019	0,04777875	0
3'lü Ayrım	-7,7495416	0,8922646	0

Tablo 3. Vejetasyon gruplarına uygulanan indikatör testi sonuçları  
Table 3. Indicator test results applied to vegetation groups

Tür Adı	Grup Numarası	Değer	p *
Pinning	1	47,9	0,0058*
Cedlib	1	38,5	0,0754
Pyrcom	1	30,8	0,1122
Salalb	2	33,5	0,0712
Spajun	2	9,5	0,7487
Popalb	2	17,5	0,8478
Plaori	2	20,0	0,2098
Craaza	2	25,8	0,2505
Ulmmin	2	40,0	0,0346
Pister	2	29,5	0,1066
Dapsr	2	14,4	0,5897
Popnig	3	30,3	1,0000
Bercra	3	61,9	0,0012
Sorumb	3	50,4	0,0100
Malsyl	3	36,3	0,1834
Amycom	3	40,7	0,0406
Bercra	3	12,8	0,8126
Junoxy	3	14,3	0,4753
Queinf	3	14,3	0,4909
Quevul	3	14,3	0,4909
Pinsyl	3	38,8	0,0600

Kümeleme analizi sonucunda ayrılan gruplar ve devamında en uygun grup ayrımının gösterge türlerinin belirlenmesi vejetasyon tipleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Şöyle ki; vejetasyon gruplarının ayrımı örnekleme alanlarda tespit

edilen odunsu bitki türlerine göre yapılmıştır. Bu yüzden odunsu bitki türlerinin durumuna (var/yok) göre benzer özellikleri taşıyan örnekleme alanları aynı gruplara dağılmaktadır. Gruplara ait gösterge tür analizleri sayesinde de vejetasyon tipleri hakkında bilgi sahibi olmak ve sebeplerini tartışmak mümkündür.



Şekil 4. Ayrım seviyelerine ait T ve A değerlerinin karşılaştırmalı grafikleri  
Figure 4. Comparative graphs of T and A values for discrimination levels

Bu çalışmada en uygun grup ayrımının 3'lü gruplarda belirlendiği MRPP analizi sonucunda ifade edilmiştir. Ayrılan en iyi gruba ait gösterge tür analizinin gerçekleştirilmesi sayesinde birinci vejetasyon tipinin *Pinus nigra* ve bu türle birlikte yayılış gösterebilen türlerden oluşan bir vejetasyon tipi olduğu, ikinci vejetasyon tipinin *Ulmus minor* ve türle yayılış gösterebilen türlerden oluşan vejetasyon tipi olduğu, son vejetasyon tipinin ise *Rosa canina* ve bu tür ile beraber yayılış gösteren türlerden oluşan vejetasyon tipinin olduğu tespit edilmiştir.

Vejetasyon tiplerinin ayrılmasında aynı gruplarda yer alan örnekleme alanlarındaki tür dağılımları incelendiğinde grup ayrımlarında yükselti ve bakı farklılıkları sayesinde odunsu vejetasyon tiplerinin ayrıldığı ifade edilebilir.

Shannon ve Simpson alfa çeşitlilik değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Değerler incelenecek olursa alfa çeşitlilik indis değerlerinin 24. örnek alanda en yüksek, 12. örnek alanda en düşük seviyede olduğu görülebilir.

Tablo 4. Bitki türlerine göre hesaplanan alfa tür çeşitlilik değerleri  
Table 4. Alpha species diversity values calculated according to plant species

Örnekleme alanı	Tür zenginliği	Simpson_1-D	Shannon_H
1	5	0,7681	1,523
2	4	0,5778	1,078
3	4	0,6782	1,253
4	4	0,707	1,299
5	5	0,7448	1,473
6	8	0,8304	1,92
7	6	0,7776	1,634
8	6	0,8089	1,714
9	5	0,7099	1,398
10	5	0,6574	1,313
11	3	0,4861	0,824
12	3	0,4615	0,7903
13	5	0,7378	1,459
14	6	0,7483	1,591
15	6	0,7929	1,664
16	5	0,716	1,417
17	5	0,716	1,417
18	5	0,716	1,417
19	6	0,7202	1,539
20	5	0,6875	1,386
21	4	0,75	1,386
22	3	0,6563	1,082
23	6	0,8203	1,754
24	9	0,8652	2,102
25	7	0,7975	1,783

Korelasyon analizi sonuçlarına bakıldığında Shannon\_H çeşitlilik indisi ile yamaç konumu değişkeni arasında negatif yönde bir ilişkinin olduğu, Simpson çeşitlilik indisi ile yamaç konumu ve bakı değişkenleri arasında yine negatif yönde ilişkilerin olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar yörede yamacın alt kısmından sırta doğru gidildikçe çeşitlilik değerlerinin düştüğünü göstermektedir ki bu durum tür çeşitliliğin alt yamaç konumuna sahip olan alanlarda daha yüksek olduğu ifadesi ile açıklanabilir. Benzer şekilde bakı değişkeni ile elde edilen negatif yöndeki ilişkide; güneyli bakılarda tür çeşitliliğinin daha fazla, kuzeyli bakılara doğru gidildikçe daha azdır (Tablo 5).

Tablo 5. Alfa tür çeşitliliği ile çevresel değişkenler arasında uygulanan korelasyon analizi sonuçları  
Table 5. Results of correlation analysis between alpha species diversity and environmental variables

		Yükselti	Eğim	Yamaç	Bakı	Taşlılık
Shannon_H	Pearson Korelasyonu	-0,283	-0,062	-0,412*	-0,307	0,190
	Önem Seviyesi	0,170	0,170	0,041	0,135	0,363
	Örnek Sayısı	25	25	25	25	25
Simpson	Pearson Korelasyonu	-0,245	-0,128	-0,448*	-0,404*	0,194
	Önem Seviyesi	0,238	0,543	0,025	0,045	0,354
	Örnek Sayısı	25	25	25	25	25

#### 4. Tartışma ve Sonuçlar

Isparta Gölcük Tabiat Parkında gerçekleştirilen bu çalışma ile odunsu vejetasyonun gruplandırılarak ve buna bağlı olarak elde edilen biyolojik çeşitlilik bileşenlerinin belirlenerek çevresel değişkenlerle ilişkilerini ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışma sahasında mümkün olduğunca farklı yetişme ortamı özelliklerine (yükselti, bakı, eğim vb.) sahip alanlardan 25 örnekleme alanı alınmış ve odunsu türlerden karaçam (*Pinus nigra*), Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Karakavak (*Populus nigra*) ve Kuşburnu (*Rosa canina*), türlerinin en yüksek frekansa sahip olduğunu belirlenmiştir.

Odunsu vejetasyon gruplandırılırken çalışma alanına ait yetişme ortamı özellikleri (çevresel değişkenler) kümeleme analizine dahil edilmemiştir. Çünkü grup ayırımında türlerin bulunma durumları temel odak noktası olarak alınmıştır. Ancak odunsu vejetasyonun grup ayırmaları ve gruplara ait indikatörlerin belirlenmesi sayesinde tür dağılımlarında etkili olan yetişme ortamı özellikleri hakkında değerlendirmeler yapmak mümkündür.

Çalışmada en iyi ayırım olarak belirlenen 3'lü gruplar ve bunların indikatör türleri kapsamlı şekilde incelendiğinde vejetasyon dağılımında yükselti farklılıklarının önemli etken olduğu sonucuna varılmıştır. Zira çalışma alanının içinde bulunduğu Göller Yöresi ve Akdeniz Bölgesinde önceden gerçekleştirilen bazı çalışmalarda vejetasyon dağılımında yükselti faktörünün en önemli değişken olduğu ifade edilmiştir (Atalay, 1987; Kantarcı, 1991; Karatepe, 2005; Fontaine ve ark., 2007; Özkan, 2009).

Vejetasyon gruplarının oluşturulmasının bir sonraki aşamasında düzenleme yöntemleri yardımıyla yetişme ortamı özelliklerinin ilişki ve etkileri ortaya konulabilir. Bu araştırmadan elde edilecek bilgi ve sonuçlar yardımıyla ordinasyon yöntemleri ile ilişkilerin ortaya konulduğu çalışmaların yapılması önerilmektedir. Diğer aşamada ise son zamanlarda küresel iklim değişikliği vb. sebeplerle bilimsel araştırmalarda sıkça üzerinde durulan biyolojik çeşitliliğin en önemli kısımlarından yöreye ait tür çeşitliliği hesaplanmıştır. Alfa çeşitlilik indislerinden Shannon ve Simpson indisleri kullanılarak alanın tür çeşitliliği ortaya konulmuştur. Her iki indisin sonuçları 24. örnekleme alanında alfa tür çeşitliliğinin diğer alanlardan daha yüksek olduğunu göstermektedir. Örnekleme alanının yetişme ortamı özelliklerine bakıldığında alan içinde en düşük yükseltide, güney bakıda ve alt yamaçlarda konumlandığı görülmektedir. Bu değerlendirmeyi kanıtlayabilmek adına alfa çeşitlilik değerleri ile çevresel faktörler arasında korelasyon analizi uygulanmıştır.

Korelasyon analizi sonucunda yamaç konumu ve bakı değişkenleri ile alfa çeşitlilik değerleri arasında negatif yönde ilişkiler tespit edilmiştir. Bu tespit yukarıda da açıklandığı üzere alt yamaçlarda ve güney bakılı alanlarda çeşitliliğin daha yüksek, üst yamaçlara doğru çıktıkça ve kuzey yönlü bakılara ulaşıldıkça tür çeşitliliğinin daha düşük olduğunu ispatlamaktadır. Korelasyon analizinde yükselti ile bir ilişki tespit edilememiş olsa da örnekleme alanlarının konumu, yetişme ortamı özellikleri ve tespit edilen ilişkiler ayrıntılı bir şekilde değerlendirildiğinde yine yükseltinin önemli bir faktör olduğu sonucu doğmaktadır. Özetle çalışma alanı olan Isparta Gölcük Gölü Tabiat Parkı'nda diğer alanlara kıyasla daha düşük yükseltilerde ve güneye bakan alt yamaçlarda bitkisel tür çeşitliliğinin yüksek olduğunu söylemek mümkündür.

Tür çeşitliliği; biyolojik çeşitlilik konusunda üzerinde en fazla durulan ve farklı ekosistemlerin

yapılarını ortaya koyulabilmesi için çok önemlidir. Ülkemizin de dahil olduğu biyolojik çeşitlilik sözleşmesinin (Birleşmiş Milletler/ Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesinin (CBD, cbd.int) gerekliliklerini karşılayabilmek için bu konuda yapılmış bilimsel çalışmalara (Negiz, 2013; Negiz ve Kurt 2017; Şentürk ve ark., 2019) ilaveten çok sayıda yeni araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

### Teşekkür

Yazar Ebru Hatice Tıgılı Kaytanlıoğlu, sürdürülebilir ormancılık tematik alanında YÖK 100/2000 doktora bursiyeridir.

### Kaynaklar

Atalay, İ., 1987. Sedir (*Cedrus libani* a. Rich) ormanlarının yayılış gösterdiği alanlar ve yakın çevresinin genel ekolojik özellikleri ile sedir tohum transfer rejyonlaması. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayını, 663: 61-67s., Ankara.

Barkman, J.J., Doing, H., Segal, S., 1964. Kritische bemerkungen und vorschläge zur quantitativen vegetationsanalyse. *Acta Bot Neerl*, 13: 394-419.

Bilgin, A., Köseoğlu, M., & Özkan, G., 1990. Isparta Gölcük yöresi kayaçlarının mineraloji, petrografi ve jeokimyası. *TÜBİTAK, Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciens*, 14, 342-361.

Can, T., 2013. Ormanın Kitabı. 176s. WWF-Türkiye yayını, İstanbul.

Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 433 s, İstanbul.

Desrochers, R.E., Anand, M., 2004. From traditional diversity indices to taxonomic diversity indices. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* 30: 85-92.

DKMP, 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. Isparta Gölcük Tabiat Parkı. (<http://ispartagolcuk.tabiat.gov.tr>; Erişim tarihi: 12.03.2021).

MGM, 2019. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Isparta Meteoroloji İstasyonu iklim verileri. Ankara.

Fakir, H., 1998. Isparta Gölcük Gölü Çevresi Florası Üzerine Araştırmalar. İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek lisans tezi, İstanbul.

Fontaine, M., Aerts, R., Özkan, K., Mert, A., Gülsoy, S., Süel, H., Waelkens, M., Muys, B., 2007. Elevation and exposition rather than soil types determine communities and site suitability in mediterranean mountain forests of southern anatolia, *Turkey. Forest Ecology and Management*, 247: 18-25.

Gül A., 2003. Isparta ilindeki bazı rekreasyon alanlarının mevcut potansiyellerinin belirlenmesi” *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri A2: 115-132.*

Gülsoy, S., Özkan, K., 2008. Tür çeşitliliğinin ekolojik önemi ve kullanılan bazı indisler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1: 168- 178.*

Gülsoy, S., Özkan, K., 2013. Determination of environmental factors and indicator plant species for site suitability assessment of crimean juniper in the Acipayam district, Turkey. *Sains Malaysiana*,

42(10), 1439– 1447.

Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., ve Babuş, M. T., 2012. Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler), İstanbul, Türkiye: ANG Vakfı.

Hamzaoğlu, E., Aksoy, A., 2006. Sultansazlığı bataklığı halofitik toplulukları üzerine fitososyolojik bir çalışma (İç Anadolu-Kayseri). *Ekoloji Dergisi*, 60: 8-15.

Hashemi, S. A., 2010. Evaluating plant species diversity and phsiographical factors in naturel broad leaf forest. *American Journal of Environmental Science*, 6(1): 20-25.

Hunter, M. J., 1996. Benchmarks for managing ecosystems: are human activities natural. *Conservation Biology*, 10(3): 695- 697.

Işık, D., Uğurlu, E., 2011. Bitki kommunitelerinde beta çeşitlilik, Celal Bayar Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 1(1): 154- 171.

Işık, K., 2014. Biyolojik Çeşitlilik. ANG Vakfı Yayın No: 2, İstanbul, 224 s.

Jeglum, J.K., He, F., 1995. Pattaern and vegetation-environment relationships in a boreal forested wetland in northeasten ontario. *Canadian Journal of Botany*, 73: 629-639.

Karatepe Y. 2005. Kasnak Meşesi Tabiatı Koruma Alanı'ndaki vejetasyonun şekillenmesinde fizyografik faktörlerin etkisi. Korunan doğal alanlar sempozyumu, Eylül 8-10, Isparta, 659-668.

Kaya, Z., 2003. Koruma biyolojisi ve biyoçeşitlilik. *Orman ve Av Dergisi*, 4: 24-34, Ankara.

Kantarci, M.D. 1991. Akdeniz Bölgesinin yetişme ortamı bölgesel sınıflandırması. T.C. Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayını, 668(64): 150.

Linder, H. P. (2001). On areas of endemism, with an example from the African Restionaceae. *Systematic biology*, 50(6), 892-912.

Mareno C., Zuria I., García-Zentono M., Sánchez-Rojas G., Castellanos I., MartínezMorales M., Rojas-Martínez A., 2006. Trends in the measurement of alpha diversity in the last two decades. *intenciencia*, 31(1): 67-71.

McCune, B., Mefford, M. J., 1999. PC-ORD Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4. Glenden Beach, Oregon, United States America: MjM Software Design.

Negiz, M.G., 2009. Isparta-Yukarıgökdere (Eğir-

dir) Yöresi'ndeki odunsu vejetasyonun sınıflandırılması ve haritalanması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 101s, Isparta.

Negiz, M.G., 2013. Tez Adı. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 187s, Isparta.

Negiz M. G., Eser Y., Kuzugüdenli E., Özkan, K., 2015. Indicator species of essential forest tree species in the Burdur district. *Journal of Environmental Biology*, 1: 107-111.

Negiz, M.G., Kurt E.Ö., 2017. Orman yetişme ortamında alfa tür çeşitliliğinin hesaplanması ve çevresel değişkenlerle ilişkileri. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1): 93-98.

Negiz M. G., Aygül T. İ., 2019. Kurucuova Yöresi'nde odunsu tür zenginliğinin yetişme ortamı faktörlerine göre dağılımı. *Turkish Journal of Forestry Türkiye Ormanlık Dergisi*, 20: 123-132.

Özkan, K. (2006). Beyşehir gölü havzası Çarıkisaraylar yetişme ortamı yöreler grubunda fizyografik yetişme ortamı faktörleri ile ağaç ve çalı tür çeşitliliği arasındaki ilişkiler analizi.

Özkan, K., Süel, H., 2008. Endemic plant species in a karstic canyon (Mediterranean Region, Turkey): relation to relief and vegetation diversity. *Polish Journal of Ecology*, 56(4): 709- 715.

Özkan, K., 2009. Environmental factors as influencing vegetation communities in Acipayam district of Turkey. *Journal Environmental Biology*, 30(5): 741-746.

Özkan, K., 2010. Orman ekosistem çeşitliliği haritalama çalışmaları için ekolojik alan çeşitliliğinin belirlenmesi üzerine bir öneri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 136-148.

Özkan, K. (2018). Taksonomik çeşitliliğin belirlenmesi için yeni önerilen bir eşitlik. *Turkish Journal of Forestry*, 19(4), 336-346.

Poole, R.W., 1974. An Introduction to quantitative ecology. McGraw-Hill, 532s, New York.

Smith, M.L., Haukos, D.A., 2002. Floral diversity in relation to playa wetland area and watershed disturbance. *Conservation Biology*, 16: 964-974.

SPSS, 2010. SPSS, Inc. Statistical Package for Windows. Version 17.0, Chicago, IL, USA.

Şentürk Ö., Negiz M. G., Gülsoy S., 2019. Kızılçam meşcerelerinde alfa tür çeşitliliği – yetişme ortamı

---

ilişkileri: Gölhisar yöresi örneği. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3: 178-188.

Tabur, M. A., Ayvaz, Y. 1998. Gölcük Gölü (Isparta) kuşları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1): 16-20.

TOB, 2019. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Isparta İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (<https://www.tarimormman.gov.tr> Erişim tarihi: 12.03.2019).

Warwick, R. M., Clarke, K.R., 1998. New biodiversity measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*, 129: 301-305.

WWF-Türkiye, 2018. WWF-Türkiye. Yaşayan Gezegen Raporu-2018 Özeti, İstanbul. [www.wwf.org.tr/basin\\_bultenleri/raporlar/6201/yasayangezegen-raporu2016](http://www.wwf.org.tr/basin_bultenleri/raporlar/6201/yasayangezegen-raporu2016); Erişim tarihi: 01.12.2018).

# Karışık etkili modelleme yaklaşımıyla karaçam hacim denklemlerinin geliştirilmesi

Development of Crimean pine volume equations: a mixed-effects modeling approach

Abdurrahman ŞAHİN<sup>1</sup>   
İlker ERCANLI<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Artvin

<sup>2</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Çankırı

**Sorumlu yazar** (*Corresponding author*)  
Abdurrahman ŞAHİN  
asahin84@windowslive.com

**Geliş tarihi** (*Received*)  
06.06.2022

**Kabul Tarihi** (*Accepted*)  
13.09.2022

**Sorumlu editör** (*Corresponding editor*)  
Mustafa BATUR  
mustafabatur01@ogm.gov.tr

**Atıf** (*To cite this article*): Şahin, A. & Ercanlı, İ. (2023). Karışık etkili modelleme yaklaşımıyla karaçam hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Ormanlık Araştırma Dergisi, 10 (1), 32-44. DOI: 10.17568/ogmoad.900501

## Öz

Bu çalışmada, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgelerindeki dört farklı yörede bulunan saf Anadolu Karaçamı meşcereleri için bölgesel tek ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Bu amaçla, ölçülen ağaçlardan 170'i denklem geliştirmede, 30'u ise kontrolde kullanılmıştır. Denklem geliştirmek için 4 adet tek ve 16 adet çift girişli ağaç hacim denklemi, 6 farklı başarı ölçütüne göre kıyaslanmış ve en başarılı olan denklemler belirlenmiştir. Seçilen denklemlerin düzeltilmiş belirleme katsayısı ( $R^2_{düz}$ ), hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), ortalama mutlak hata yüzdesi (%OMH) ve toplam hata yüzdesi (%TH) değerleri sırasıyla; tek girişli denklemde 0,951; 0,145; 12,798 ve 0,263 şeklinde, çift girişli denklemde ise 0,976; 0,103; 8,978 ve  $6 \times 10^{-4}$  olarak hesaplanmıştır. Ayrıca karışık etkili modelleme yaklaşımıyla, elde edilen hacim denklemlerinin katsayıları, her yöre için ayrı ayrı yeniden hesaplanmış ve hacim gelişimindeki bölgesel farklılık ortaya konmuştur. Son olarak da, geliştirilen denklemlerin daha önceki karaçam hacim denklemleriyle kıyaslaması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Anadolu Karaçamı, bölgesel ağaç hacim denklemleri, karışık etkili modelleme, regresyon yöntemi

## Abstract

In this study, single- and double-entry over-barked volume equations were developed for pure Anatolian Crimean Pine stands in four different areas in Central Anatolia and the Mediterranean. For this purpose, 170 of the measured trees were used in model development and 30 in control. Six different success criteria were used on 4 single- and 16 double-entry tree volume equations in order to develop the equations, and the best equations were determined. The adjusted coefficient of determination ( $R^2_{adj}$ ), the root mean squared error (RMSE), the mean absolute percent error (MAPE) and the total percent error (TPE) values of the selected equations are respectively; it was calculated as 0.951, 0.145, 12.798 and 0.263 for the single-entry equation, and as 0.976, 0.103, 8.978 and  $6 \times 10^{-4}$  for the double-entry equation. In addition, the regional heterogeneity in volume development was shown by recalculating the coefficients of the volume equations obtained using the mixed effect modeling approach independently for each region. Finally, the developed equations were compared with the earlier Anatolian Crimean pine equations.

**Key words:** Crimean pine, regional tree volume equations, mixed-effect modeling, regression method



Creative Commons Atıf -  
Türetilemez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

## 1. Giriş

Ağaç serveti, orman ekosisteminin temel ürünüdür. Bu servete bağlı olan odun üretimi de, işletme sermayesi üzerinde en büyük paya sahip olan kısımdır (Kalıpsız, 1984; Yeşil, 1992; Yavuz, 1999; Kapucu, 2004). Bu yüzden, orman amenajman planlarının hazırlanarak üretim işlerinin planlanabilmesinde (Fırat, 1973; Kalıpsız, 1984; de-Miguel ve ark., 2012; Rodríguez ve ark., 2014; Carus ve ark., 2016), tek ağaç ve meşcerelerdeki toplam hacmin ve bu hacim miktarının ticari sınıflara dağılımının belirlenmesinde (Diéguez-Aranda ve ark., 2006), orman ürünleri endüstrisinde (de-Miguel ve ark., 2012) ve günümüzde oldukça önem kazanan toplam biyokütle miktarı ile karbon birikimi düzeylerinin belirlenmesinde de ağaç hacminin en doğru şekilde bilinmesi gerekmektedir (Kalıpsız, 1984; Yavuz, 1999; Kapucu, 2004; Crecente-Campo ve ark., 2009; Castedo-Dorado ve ark., 2012; Özçelik ve Çevlik, 2017; Özçelik ve Kalkanlı, 2018; Sakıcı ve ark., 2018).

Ağaçlardan üretilen odun ürünleri de, ağırlık veya hacim şeklinde ölçülerek piyasaya sunulmakta olup ağaçları hiç kesmeden gerçek değerlerini belirleyebilmek; ancak istatistiksel denklemler vasıtasıyla sağlanabilmektedir (Carus ve Su, 2014). Ayrıca literatürde, büyüme ve hasılat modellerine entegre olabilecek, güvenilir hacim tahmin metodlarına ihtiyaç duyulduğu ifade edilmektedir (de-Miguel ve ark., 2012; Özçelik ve Kalkanlı, 2018). Bu nedenle yöresel veya bölgesel olarak pratik hacim tahmin çalışmalarına olan gereksinimlerin devam ettiği düşünülmektedir.

Ağaçların hacimlerini tahmin etmek üzere çok farklı yöntem ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bunun temel nedeni ise; ağaç gövdelerinin silindirik, paraboloid, koni ve nayloit gibi bilinen geometrik şekillerde olmayışı ve buna bağlı olarak da, standart yöntemlerle ağaç hacmini doğrudan hesaplamının mümkün olmamasıdır (Yavuz ve ark., 2002; Şenyurt ve Ümit, 2019). Ağaç hacim denklemleri veya ağaç hacim tabloları geçmişten günümüze kadar gelen, dikili bir ağacın gövde hacmini ya da kalın odun hacmini tahmin etmek amacıyla en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Çünkü ağaç hacim denklemleri ve tabloları; ağaç hacmi hesaplama yöntemleri içinde uygulamada pratik olmaları sebebiyle daha çok tercih edilen yöntemlerdir (Kalıpsız, 1984; 1999).

Ağaç hacim tabloları, göğüs çapı ve ağaç boyu gibi ölçülmesi kolay olan ağaç özelliklerinin bağımsız değişken olarak kullanılmasıyla, ölçümü çok daha zor olan ağaç hacmini tahmin eden tablolar olup, korelasyonu yüksek olan çap-boy ve hacim arasın-

daki ilişkinin, regresyon denklemleri vasıtasıyla türetildiği tablolardır (Bozkuş ve Carus, 1997). Bu sebeple ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde, genellikle tek girişli (çapa bağımlı), çift girişli (çapa ve boya bağımlı) ya da çok girişli ağaç hacim denklemleri (çap ve boy yanında şekil katsayısı, tepe yüksekliği, tepe uzunluğu, tepe uzunluğunun ağaç boyuna oranı ve gövdenin belirli bir yükseklikteki çapı gibi daha başka ağaç özelliklerine de bağımlı olan) (Loetsch ve ark., 1973; Kalıpsız, 1984; Philip, 1994; Mısır ve Mısır, 2004; Laar ve Akça, 2007; Burkhart ve Tomé, 2012) ve bunların yanı sıra her bonitet (yetişme ortamı verim gücü) için ayrı düzenlenecek şekilde bonitete dayalı ağaç hacim denklemleri de kullanılmaktadır (Kahriman ve ark., 2017).

Ancak, kullanılan orman amenajman planlarına bakıldığında, bir yöre veya bölge için düzenlenmiş olan ağaç hacim tablosunun, farklı planlama birimlerinde ve hatta daha geniş bölgelerde de kullanılabilirliği görülmektedir. Bu sebeple de dikili gövde hacimlerinin tespitinde çok büyük hataların olduğu (Brooks ve ark., 2008; Özçelik, 2008); hatta Pillsbury ve ark. (1995)'a göre %40'a kadar artan oranlarda tahmin hatası çıkabileceği belirtilmiştir. Bunun için ilgili ağaç türünün değeri ve sağlanacak ekonomik fayda dikkate alınarak, farklı yetiştirme özelliklerindeki meşcereler için kendine özgü ağaç hacim denklemleri veya tablolarının geliştirilmesi önerilmektedir (Brooks ve Wiant, 2008; Sakıcı ve ark., 2018).

Ağaç hacim tabloları; geçerli oldukları alanın büyüklüğüne bağlı olarak; yalnızca düzenlendikleri yer için geçerli olan tek girişli yöresel, ülke çapında düzenlenen ve çoğunlukla çift girişli olan bölgesel ve belli türler veya tüm ağaç türleri için hazırlanan ve her yerde kullanılabilir bir dizi halinde tek girişli genel ağaç hacim tabloları olmak üzere de üç çeşittir (Loetsch ve ark., 1973; Kalıpsız, 1984; Kapucu ve ark., 2002; Laar ve Akça, 2007).

Türkiye'de çeşitli araştırmacılar tarafından asli ağaç türleri için, a.) grafik yöntemle (Eraslan, 1954; Kalıpsız, 1962; Evcimen, 1963) ve b.) istatistik yöntemlerle (Miraboğlu, 1955; Alemdağ, 1962; Alemdağ, 1967; Akalp, 1978; Sun ve ark. 1978; Asan, 1984; Bozkuş ve Carus, 1997; Mısır ve Mısır, 2004) geliştirilmiş olan birçok genel ağaç hacim denklemleri bulunmaktadır. Ayrıca yine doğal ormanlardaki birçok ağaç türü için de yöresel ve bölgesel ağaç hacim tabloları (Saraçoğlu, 1988; Saraçoğlu, 1991; Çalışkan ve Yeşil, 1996; Bozkuş ve Carus, 1997; Yavuz, 1999; Özkurt, 2000; Sakıcı ve Yavuz, 2003; Özçelik, 2010; Özçelik ve Çevlik, 2017; Kahriman ve ark. 2017; Sakıcı ve ark. 2018; Özçankaya ve ark., 2021) ile ağaçlandırma yoluyla

gelişmiş bazı ağaç türleri için de çeşitli ağaç hacim denklemlerimiz (Ercanlı ve ark. 2008; Carus ve Su, 2014; Carus ve ark. 2016) mevcuttur. Ayrıca, günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlayan yapay sinir ağları kullanılarak da ülkemizde ağaç hacim tahmini araştırmaları (Ercanlı ve ark. 2018; Şenyurt ve Ercanlı, 2019) yapılmaktadır.

Ağaç hacim tahmin modellerinin geliştirilmesinde farklı bölgelerden elde edilen verilerdeki bölgesel farklılığı ortaya koymak üzere de, “Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modelleme (Nonlinear Mixed Effect Models)” yaklaşımının kullanımı öne çıkmaktadır (Keselman ve ark., 1998; Wolfinger ve Chang, 1999; Littell ve ark., 2005). Zira, ormancılıkta çeşitli tahminlerin elde edilmesinde bölgesel farklılıkların ve hiyerarşik veri yapılarının söz konusu olmasından dolayı, Karışık Etkili Modellerin kullanımı önerilmektedir (Tasissa ve Burkhart, 1998; Valentine ve Gregorie, 2001, Fang ve Bailey, 2001; Garber ve Maguire, 2003; Leites ve Robinson, 2004; Trincado ve Burkhart, 2006; Özçelik ve ark., 2011).

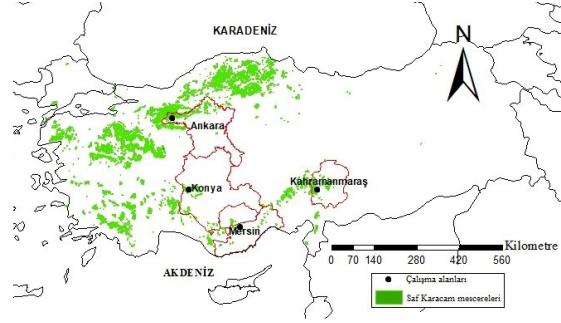
Türkiye’de, çok çeşitli yetiştirme ortamlarında yayılış gösteren ve üretimi en fazla yapılan ağaç türlerinden birisi de karaçam olup, sahip olduğu servetin belirlenmesi ve dolayısıyla hacminin doğru tespiti önem taşımaktadır. Araştırmada, farklı bölgelerde (İç Anadolu ve Akdeniz) gelişim göstermiş olan karaçam ağaçlarının hacimlerinin tahmini için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmesi ve hacim tahminlerindeki bölgesel farklılığı ortaya koymak üzere karışık etkili regresyon modellemesinin kullanılması amaçlanmıştır.

Çalışmada, 4 adet tek girişli ve 16 adet çift girişli hacim denklemi denenmek suretiyle, karaçam için bölgesel tek ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemleri geliştirilmiş, çalışma sonuçlarının daha önceki benzer çalışmalarla (Gülen (1959); Sun ve ark., (1978); Yavuz (1999); Baynazoğlu (2014); Özdal (2014); Carus ve ark., (2016); Sakıcı ve ark., (2018)) karşılaştırılması yapılmış ve ayrıca daha önceki çalışmalarda geliştirilmiş olan denklemlerin, bu çalışma bölgesine uygunlukları da test edilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın araştırma alanı, Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ’nın yayılış gösterdiği iki farklı coğrafi bölge olan İç Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinde bulunan, dört ayrı yöredeki (Uludağ/Nallıhan (Ankara), Açıncı (Kahramanmaraş), Aşağıçiğil/Ilgın (Konya) ve Alahan/Mut (Mersin)) farklı ekosistemlerden oluşmaktadır. Karaçamın ülkemizde saf olarak yayılış

gösterdiği alanlar ve araştırma alanları Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanları  
Figure 1. Study areas

Çalışmada, araştırma alanını oluşturan dört farklı yöre (Tablo 1) her birinden 50’şer adet olmak üzere; farklı çap ve boy basamaklarında, sağlıklı, sağlam tepeli, tek ve düzgün gövdeye sahip olan toplam 200 adet örnek ağaç kesilmiştir. Kesilen örnek ağaçların dalları budandıktan sonra, gövdeleri üzerinde dip kütük yüksekliğinden (0,30 m) başlayarak 1’er metre arayla, en uca kadar (1,30m, 2,30m, 3,30m, ... şeklinde) kabuklu gövde çapları ve ağaçların toplam boy uzunlukları (cm hassasiyetinde) ölçülmüştür.

Bu ölçümler kullanılarak örnek ağaçların kabuklu gövde hacimleri, bölümlene yöntemiyle hesaplanmıştır. Çünkü, Carus (2002)’un da belirttiği gibi, hacim formülleri, kısa gövde parçalarındaki hacimleri daha doğru olarak vermektedir. Bunun sebebi, kısa parçaların şeklen daha düzgün olup, benzetildikleri dönel cisimlere olan benzerliklerinin daha da artmasıdır. Bu yüzden, bir gövdeyi kısa bölümlere ayırmakla hacmin gerçeğe daha yakın doğrulukta elde edileceği düşünülmüştür. Literatürde belirttiği gibi, hacimleri hesaplanırken bölümlere ayrılan örnek ağaçların dip kütüklerinin silindirik ve uç parçalarının da koni şeklinde olduğu varsayılmıştır (Sakıcı ve ark. 2018). Bu yüzden, örnek ağaçların dip kütük hacimleri silindirik formülüyle (1), seksiyon hacimleri Smalian formülüyle (2) ve uç parça hacimleri ise koni formülüyle (3) hesaplanmış ve tüm kesitler için hesaplanan parça hacim değerleri toplanarak da her bir örnek ağacın toplam gövde hacmi bulunmuştur.

$$V_{dip\ kütük} = \frac{\pi}{4} d_{0,3}^2 l \quad (1)$$

$$V_{(Smalian)} = \frac{\pi}{4} \left( \frac{d_0^2 + d_n^2}{2} \right) l \quad (2)$$

$$V_{uç} = \frac{1}{3} \frac{\pi}{4} d_n^2 l \quad (3)$$



Burada  $V$ : Kabuklu hacmi ( $m^3$ ),  $d$ : kabuklu gövde çapı (cm),  $d_o$ : dip çap (cm),  $d_n$ : uç çap (cm) ve  $l$ : kesit uzunluğunu (m) ifade etmektedir.

Araştırmamızda kullanılan örnek ağaç verileri (200 ağaç); SPSS programı vasıtasıyla, ağaç hacim

denklemlerinin geliştirilmesinde kullanılmak (170 ağaç için %85) ve geliştirilen denklemlerin uygunluklarının kontrolünde kullanılmak üzere (30 ağaç için %15), rastgele yöntemle iki gruba ayrılmış (Tablo 1) ve bu verilere ilişkin tanımlayıcı istatistiksel bilgiler de Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı  
Table 1. Distribution of sample trees in diameter and height classes

Göğüs çapı orta değeri (cm)	Boy basamağı orta değeri (m)											Σ
	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0	23,0	25,0	
10,0	1*											1*
14,0		2*	2*	2* (1)								6* (1)
18,0		8* (1)	6* (1)	8* (2)	1*							23* (4)
22,0		1*	8* (1)	16* (4)								25* (6)
26,0		1*	7* (2)	4* (1)	2*			1*				15* (2)
30,0			4*	9* (2)	4* (1)	3*						20* (3)
34,0			1*	10* (3)	3*	3*	2*					19* (3)
38,0			1*	8* (1)	1*	5* (1)	3* (1)	2*				20* (3)
42,0					1*	5* (1)	5* (1)	3*				14* (2)
46,0						1*	1*	6* (2)	1*			9* (2)
50,0							1*	2*	6* (2)	1*		10* (2)
54,0									3* (1)			3* (1)
58,0								1*		2* (1)	1*	4* (1)
62,0										1*		1*
Σ	1*	12* (1)	29* (4)	57* (14)	12* (1)	17* (2)	12* (2)	15* (2)	10* (3)	4* (1)	1*	170* (30)

\* Denklem geliştirmede kullanılan ağaç sayılarını; ( ) parantez içinde yazılı olanlar ise geliştirilen denklemlerin kontrolü için kullanılan ağaç sayılarını ifade etmektedir.

Tablo 2. Örnek ağaçlara ilişkin çeşitli tanımlayıcı bilgiler  
Table 2. Various descriptive information about sample trees

Değişkenler	N*	Min.	Max.	Aritmetik Ortalama	Standart sapma
Göğüs çapı ( $d_{1,30}$ /cm)		11,0	60,0	31,41	11,06
Ağaç boyu (h/m)	170	5,64	24,0	12,73	4,16
Toplam gövde hacmi ( $V/m^3$ )		0,04	3,12	0,6603	0,6084
Göğüs çapı ( $d_{1,30}$ /cm)		13,9	58,0	33,06	13,5
Ağaç boyu (h/m)	30	7,27	23,0	13,45	5,04
Toplam gövde hacmi ( $V/m^3$ )		0,08	2,96	0,8148	0,8027

\* N: 170 adet denklem geliştirme verisi ve 30 adet kontrol verisini ifade etmektedir.

Ulusal ve uluslararası ormancılık araştırmalarında birçok ağaç hacim denklemi kullanılmakta ve önerilmektedir. Çalışmamızda da, literatürde en yaygın kullanılan denklemlerden aşağıdaki tek girişli

(4 adet, 4 ila 7 nolu denklemler) ve çift girişli (16 adet, 8 ila 23 nolu denklemler) ağaç hacim denklemleri, SPSS 19.0 (IBM, 2019) paket programı vasıtasıyla test edilmiştir.

### Tek Girişli Ağaç Hacim Denklemleri

$$V = b_0 + b_1 * dbh^2 \quad (4)$$

$$V = b_1 * d + b_2 * dbh^2 \quad (5)$$

$$V = b_0 * dbh^{b_1} \quad (6)$$

$$\log V = b_0 + b_1 * \log dbh \quad (7)$$

### Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri

$$V = b_0 * dbh^{b_1} * h^{b_2} \quad (8)$$

$$V = dbh^2 / (b_0 + b_1/h) \quad (9)$$

$$V = dbh^2 * h / (b_0 + b_1 * dbh) \quad (10)$$

$$V = b_1 * dbh^2 * h \quad (11)$$

$$V = b_0 + b_1 * dbh^2 * h \quad (12)$$

$$V = b_1 dbh * h + b_2 dbh^2 * h \quad (13)$$

$$\log V = b_0 + b_1 * \log dbh^2 h \quad (14)$$

$$\log V = b_0 + b_1 * \log dbh + b_2 * \log h \quad (15)$$

$$\log V = b_0 + b_1 * \log dbh + b_2 * (\log h)^2 \quad (16)$$

$$\log V = b_0 + b_1 * \log dbh + b_2 * (\log h)^4 \quad (17)$$

$$\log V = b_0 + b_1 * (\log dbh)^4 + b_2 * h \quad (18)$$

$$\log V = b_0 + b_1 * (\log dbh)^2 + b_2 * \log h \quad (19)$$

$$\log V = b_0 + b_1 * (\log dbh)^2 + b_2 * (\log h)^2 \quad (20)$$

$$\log V = b_0 + b_1 * (\log dbh)^4 + b_2 * \log h \quad (21)$$

$$\log V = b_0 + b_1 * (\log dbh)^4 + b_2 * (\log h)^4 \quad (22)$$

$$\log V = b_0 + b_1 * \log dbh^2 + b_2 * \log h^2 \quad (23)$$

Bu denklemlerde  $V$ : Kabuklu gövde hacmini ( $m^3$ ),  $dbh$ : Kabuklu göğüs çapı (cm),  $h$ : Ağaç boyunu (m) ve  $b_i$ : Denklem katsayılarını ifade etmektedir.

Hacim denklemleri arasında logaritmik şekilde verilen denklemler kullanırken, elde edilen sonuçlar da logaritma tabanında olacağı için, aritmetik forma dönüştürülmeleri gerekecektir. Çünkü logaritmik olarak hesaplanan tahmini hacim değerleri, gerçek hesaplanması gereken hacim değerinden daha düşük çıkacaktır. Baskerville (1972) ile Sprugel (1983)'e göre de logaritmik formdan aritmetik forma dönüştürülen değerler sistematik bir hataya sahiptir ve bu hatanın giderilmesi için bir düzeltme faktörüyle ( $df$ , 24) çarpılmaları gerekmektedir (Akalp, 1978; Burkhardt ve Tomé, 2012).

$$df = e^{(SE^2/2)} \quad (24)$$

Bu eşitlikte  $df$ : Düzeltme faktörü,  $e$ : Doğal logaritma tabanı olan 2,7183 sayısını ve  $SE$ : Tahminin standart hatasını ifade etmektedir.

Araştırmamızda geliştirilen denklemler arasında, en başarılı olan denklemlerin belirlenmesi için de; OH, OMH, %TH, %OMH, HKOK ve  $R^2_{düz.}$  (25 ila 30 nolu denklemler) gibi çeşitli başarı ölçütleri kullanılmıştır.

$$\begin{array}{l} \text{Ortalama} \\ \text{Hata} \end{array} \quad OH = \frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \hat{V}_i)}{n} \quad (25)$$

$$\begin{array}{l} \text{Ortalama} \\ \text{Mutlak Hata} \end{array} \quad OMH = \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \hat{V}_i|}{n} \quad (26)$$

$$\begin{array}{l} \text{Toplam Hata} \\ \text{Yüzdesi} \end{array} \quad \%TH = \frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)}{\sum V_i} \times 100 \quad (27)$$

$$\begin{array}{l} \text{Ortalama} \\ \text{Mutlak Hata} \\ \text{Yüzdesi} \end{array} \quad \%OMH = \left( \frac{\sum |V_i - \hat{V}_i|}{\sum V_i} \right) \times 100 \quad (28)$$

$$\begin{array}{l} \text{HKOK (Hata} \\ \text{Kareler} \\ \text{Ortalamasının} \\ \text{Karekökü)} \end{array} \quad HKOK = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \hat{V}_i)^2}{n - p}} \quad (29)$$

$$\begin{array}{l} \text{Belirtme} \\ \text{katsayısı} \\ \text{(düzeltmiş)} \end{array} \quad R^2_{düz.} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \hat{V}_i)^2 (n - 1)}{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V}_i)^2 (n - p)} \quad (30)$$

Bu eşitliklerde  $V_i$ : Ölçümle hesaplanan kabuklu gövde hacmini;  $\hat{V}_i$ : Tahmin edilen kabuklu gövde hacmini;  $\bar{V}_i$ : Ölçümle hesaplanan ortalama kabuklu gövde hacmini;  $n$ : Örnek ağaç sayısını;  $p$ : Denklemdaki parametre sayısını ifade etmektedir.

Araştırmamızdaki en başarılı olan denklemleri belirleyebilmek için altı farklı başarı ölçütünü birlikte değerlendirebilmek amacıyla, Poudel ve Cao (2013) tarafından önerilmiş olan nisbî (rölatif) sıralamaları dikkate alınmıştır. Tüm modellerin dâhil olduğu rölatif sıralama yapılırken de aşağıda tanımlanmış olan formül kullanılmıştır (31):

$$R_i = 1 + \frac{(k - 1) \cdot (S_i - S_{min.})}{S_{maks.} - S_{min.}} \quad (31)$$

Burada,  $R_i$ :  $i$ . denklemin rölatif sıralaması ( $i = 1, 2, 3, \dots, k$ ),  $k$ : kullanılan denklem sayısı,  $S_i$ :  $i$ . denklemle üretilen uyum istatistiği,  $S_{min.}$ :  $S_i$ 'nin minimum değeri,  $S_{maks.}$ :  $S_i$ 'nin maksimum değerini ifade etmektedir.

Bu aşamadaki sıralama (ya da puanlama) sistemi, en başarılı ve en başarısız denklemlerin sırasıyla 1'den  $k$ 'ya kadar puanlanması şeklindedir (Alkan ve Özçelik, 2020; Ercanlı, 2020a, b). Bu sıralama neticesinde, en düşük sıralama toplamına sahip

olan denklem, ağaç hacmi tahmininde en başarılı denklem olarak kabul edilmiştir.

En başarılı denklem belirlendikten sonra, özellikle 4 farklı bölgeden (Ankara, Konya, Kahramanmaraş ve Mersin bölgeleri) elde edilen bu verilerin hacim gelişimindeki bölgesel farklılıkları ortaya koyabilmek için ise karışık etkili regresyon modellenmesi kullanılmıştır. Bu aşamada, R yazılım dili ile kodlanmış olan “nlme” paketi ile bölgelere ilişkin rastgele parametreler tahmin edilmiş ve her bir bölgeye özgü olmak üzere tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri elde edilmiştir (R Development Core Team, 2018).

Araştırmamızda geliştirilen tek ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemlerinin çalışma alanındaki meşcerelere uygunluğu da, kontrol verisi olarak ayrılan 30 ağaç verisi kullanılarak, eşleştirilmiş örneklem t-testi yardımıyla yapılmıştır. Yine aynı test kullanılarak araştırmamızda geliştirilen kabuklu ağaç hacim denklemlerinin, karaçam türü için yapılmış olan önceki çalışmalarla (Gülen (1959); Sun ve ark. (1978); Yavuz (1999); Bayna-

zoğlu (2014); Özdal (2014); Carus ve ark. (2016) ve Sakıcı ve ark. (2018)) da kıyaslaması yapılmıştır.

### 3. Bulgular

Araştırmamızda test edilen tek ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemlerine ait parametrelerin katsayıları ile logaritmik olan denklemler için hesaplanan düzeltme faktörleri Tablo 3'te; ayrıca ilgili hacim denklemlerine ilişkin başarı ölçütleri ile rölatif sıralamaları ise Tablo 4'te verilmiştir. Tablolara göre, tüm parametreleri anlamlı olan ve rölatif sıralaması en düşük hesaplanarak, en başarılı bulunan tek girişli kabuklu ağaç hacim denklemi, 6 nolu ve en başarılı çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemi ise 8 nolu denklem olmuştur.

Burada hem tek girişli hem de çift girişli ağaç hacim denklemleri, kabuklu gövde hacmindeki değişkenliği yüksek başarıyla tahmin edebilmişlerdir. Yine beklenildiği gibi çift girişli ağaç hacim denklemleri, kabuklu gövde hacminin tahmininde, tek girişli ağaç hacim denklemlerine göre daha başarılı bulunmuşlardır.

Tablo 3. Tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin parametre tahminleri  
Table 3. Parameter estimates for single- and double-entry tree volume equations

	No	p	$b_0$	$b_1$	$b_2$	df
Tek girişli	4	0,000	-0,2065***	0,0008***		
	5	0,000		-0,0144***	0,0010***	
	6	0,000	$0,49 \times 10^{-5}$	2,6853		
	7	0,000	-4,0877***	2,5389***		1,014
	8	0,000	$1,01 \times 10^{-4}$ ***	1,8146***	0,9043***	
	9	0,000	368,6214***	19753,5528**		
	10	0,000	18760,7573*	166,1950***		
Çift girişli	11	0,000		$3,72 \times 10^{-5}$ ***		
	12	0,000	0,062115***	$3,55 \times 10^{-5}$ ***		
	13	0,000		$41 \times 10^{-5}$ ***	$2,85 \times 10^{-5}$ ***	
	14	0,000	-4,10044***	0,93063***		1,007
	15	0,000	-4,12034***	2,04549***	0,69912***	1,006
	16	0,000	-3,74190***	2,04797***	0,31447***	1,006
	17	0,000	-3,59656***	2,08585***	0,11460***	1,006
	18	0,000	-1,38602***	0,17245***	0,01292***	1,018
	19	0,000	-2,59489***	0,71921***	0,61419***	1,007
	20	0,000	-2,25991***	0,72345***	0,26908***	1,007
	21	0,000	-1,78452***	0,16338***	0,56223***	1,015
	22	0,000	-1,32817***	0,17451***	0,06381***	1,018
	23	0,000	-4,12034***	1,02275***	0,34956***	1,006

\*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$ , \*\*\*:  $p < 0,001$

Tablo 4. Tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin başarı ölçütleri ve rölatif sıralamaları  
Table 4. Success criteria and relative rankings for single- and double-entry tree volume equations

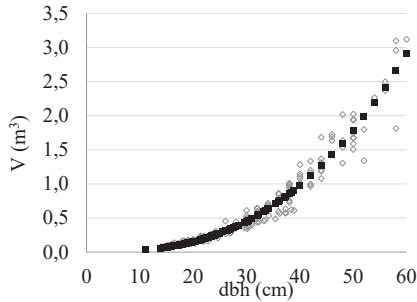
	No	R <sup>2</sup> <sub>düz.</sub>	R	HKOK	R	OH	R	OMH	R	%TH	R	%OMH	R	ΣR
Tek girişli	4	0,938	4	0,1638	4	-3,85 x10 <sup>-6</sup>	1	0,11431	4	-0,0006	1	16,4216	4	18
	5	0,946	3	0,1528	3	0,00597	3	0,10372	3	0,8577	3	14,9005	3	18
	<b>6</b>	<b>0,951</b>	<b>1</b>	<b>0,1454</b>	<b>1</b>	<b>0,00183</b>	<b>2</b>	<b>0,08909</b>	<b>1</b>	<b>0,2631</b>	<b>2</b>	<b>12,7983</b>	<b>1</b>	<b>8</b>
	7	0,947	2	0,1518	2	0,01073	4	0,09467	2	1,5418	4	13,5999	2	16
	<b>8</b>	<b>0,976</b>	<b>1</b>	<b>0,1026</b>	<b>1</b>	<b>4,17x10<sup>-6</sup></b>	<b>2</b>	<b>0,0625</b>	<b>5</b>	<b>0,0006</b>	<b>2</b>	<b>8,9777</b>	<b>5</b>	<b>33</b>
	9	0,975	4	0,1051	4	0,0069	9	0,0622	4	0,9912	9	8,935	4	48
	10	0,976	2	0,1032	2	0,0032	6	0,0632	7	0,4603	6	9,0769	7	46
	11	0,970	11	0,1139	11	0,0318	13	0,0759	13	4,5651	13	10,903	13	81
Çift girişli	12	0,975	5	0,1051	5	-5,71 x10 <sup>-15</sup>	1	0,0689	11	0,0000	1	9,8996	11	47
	13	0,975	3	0,1032	3	-0,0001	3	0,0660	9	-0,02	3	9,4778	9	45
	14	0,975	6	0,1052	6	-0,0061	8	0,0632	6	-0,8781	8	9,0765	6	52
	15	0,974	7	0,1058	7	-0,0019	4	0,0612	2	-0,2679	4	8,793	2	37
	16	0,974	9	0,1064	9	-0,0049	7	0,0613	3	-0,7092	7	8,8001	3	47
	17	0,970	10	0,1138	10	-0,0092	10	0,0639	8	-1,3231	10	9,1852	8	64
	18	0,844	15	0,2599	15	-0,0431	16	0,1245	15	-6,1865	16	17,8912	15	95
	19	0,963	12	0,1275	12	-0,0126	11	0,0676	10	-1,8163	11	9,7119	10	72
	20	0,959	13	0,1335	13	-0,0152	12	0,0712	12	-2,1781	12	10,2257	12	79
	21	0,874	14	0,2336	14	-0,0388	14	0,1138	14	-5,5693	14	16,3504	14	88
	22	0,842	16	0,2617	16	-0,0431	15	0,1255	16	-6,1863	15	18,0306	16	96
	23	0,974	8	0,1058	8	-0,0019	5	0,0612	1	-0,2679	5	8,793	1	38

Tablo 4 incelendiğinde de yine tek girişli ağaç hacim denklemlerinin beklenildiği gibi yaklaşık %10'a yakın (%8,9-%11,4 arasında) bir mutlak hatayla ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin ise %6 dolayında kadar başarıyla tahminlerde buldukları görülmektedir. Tablo 4 detaylı incelendiğinde, genel olarak, diğer hata ölçütlerinin de birbirine yakın düzeylerde benzerlik gösterdiği ve çift

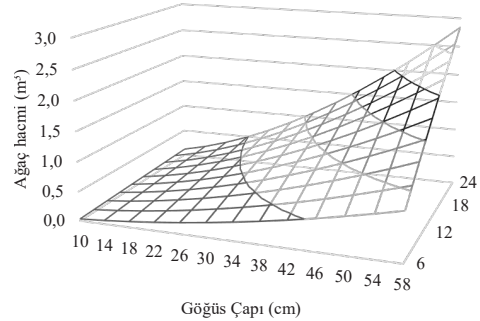
girişli denklemlerde başarı oranının yükselerek hata oranının daha düşük bulunduğu görülmektedir. Tablo 4'te yapılan rölatif sıralama sonucunda çalışma alanındaki karaçam meşcereleri için en başarılı denklemler 6 nolu tek girişli (katsayılarıyla birlikte 32 nolu) ve 8 nolu çift girişli (katsayılarıyla birlikte 33 nolu) denklemler olarak bulunmuş ve bu denklemlerin grafiksel seyri de sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir.

$$V=0,4885410666275*10^{-5} * dbh^{2,685333440517} \quad (32)$$

$$V=1,012127228186 * 10^{-4} * dbh^{1,814582803786} * h^{0,9043461312602} \quad (33)$$



Şekil 2. Ölçüm verileri ile tek girişli ağaç hacim denkleminin tahmini arasındaki ilişki  
Figure 2. The relationship between the measurement data and the estimation of the single-entry tree volume equations



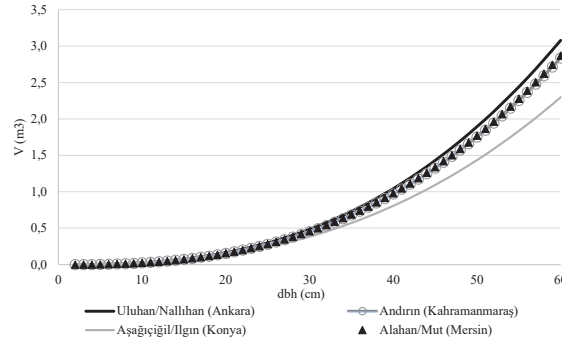
Şekil 3. Ölçüm verileri ile çift girişli ağaç hacim denkleminin tahmini arasındaki ilişki  
Figure 3. The relationship between the measurement data and the estimation of the double-entry tree volume equations

Tek girişli hacim tahminleri için en başarılı olarak belirlenen 32 nolu ve çift girişli hacim tahminleri için en başarılı olarak belirlenen 33 nolu denklemlerin parametreleri, 4 farklı bölgedeki hacim farklılıklarını daha iyi ortaya koymak amacıyla, karışık etkili regresyon modelleri ile her bölge için

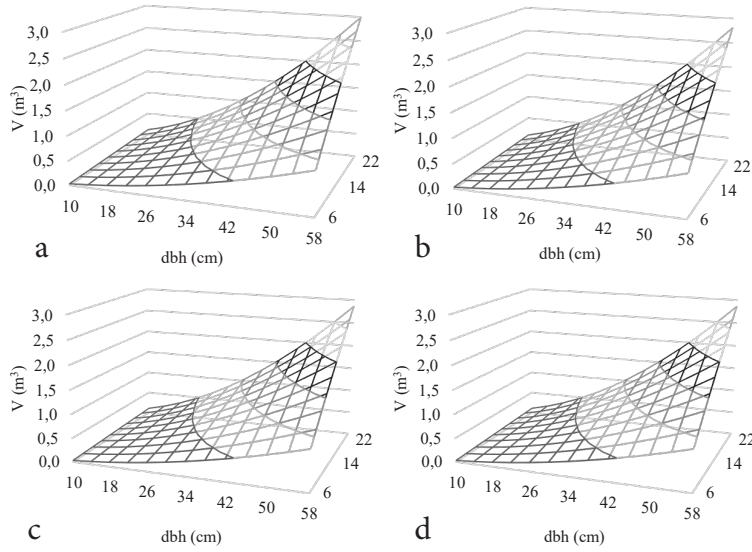
ayrı ayrı olmak üzere yeniden tahmin edilmiştir (uyarlanmıştır, Tablo 5). Ayrıca farklı bölgelerdeki karaçam ağaçlarının gelişim farklılığını ortaya koymak amacıyla da, her bir denklem için grafiksel gösterimler ise Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Bölgelere göre uyarlanmış tek ve çift girişli karaçam ağaç hacim denklemleri  
Table 5. Single- and double-entry tree volume equations customized for regions

Bölge	Tek girişli denklemler	Çift girişli denklemler
Uluhan/Nallıhan (Ankara)	$V=5,5279548*10^{-5} * dbh^{0,668884531}$	$V=8,567473*10^{-5} * dbh^{1,880007} * h^{0,889429032}$
Andırın (Kahramanmaraş)	$V=5,62260055*10^{-5} * dbh^{2,644806686}$	$V=8,567473*10^{-5} * dbh^{1,880007} * h^{0,870014563}$
Aşağıçığıl/Ilgın (Konya)	$V=5,865957*10^{-5} * dbh^{2,58289404}$	$V=8,567473*10^{-5} * dbh^{1,880007} * h^{0,875417248}$
Alahan/Mut (Mersin)	$V=5,60980358*10^{-5} * dbh^{2,648062744}$	$V=8,567473*10^{-5} * dbh^{1,880007} * h^{0,875373156}$



Şekil 4. Bölgesel karaçam tek girişli ağaç hacim denklemlerinin grafiksel görünümü  
Figure 4. Graphical view of regional Crimean pine single-entry tree volume equations



Şekil 5. Bölgesel karaçam çift girişli ağaç hacim denklemlerinin grafiksel görünümü: a.) Uluhan/Nallıhan (Ankara), b.) Andırın (Kahramanmaraş), c.) Aşağıçığıl/Ilgın (Konya), d.) Alahan/Mut (Mersin)  
Figure 5. Graphical view of regional Crimean pine double-entry tree volume equations: a.) Uluhan/Nallıhan (Ankara), b.) Andırın (Kahramanmaraş), c.) Aşağıçığıl/Ilgın (Konya), d.) Alahan/Mut (Mersin)

Şekil 4 ve Şekil 5 incelendiğinde, Uluhan/Nallihan (Ankara) bölgesinden elde edilen örnek karaçamların hacimlerinin, diğer bölgelere göre daha yüksek, Aşağıçığıl/Ilgın (Konya) bölgesinden elde edilen örnek karaçamların hacimlerinin ise diğer bölgelere göre en düşük hacme sahip olduğu, bunlar dışında Andırın (Kahramanmaraş) ve Alahan/Mut (Mersin) bölgelerinden elde edilen örnek karaçamların hacimlerinin ise birbirine yakın oldukları görülmektedir. Bu bölgelerdeki benzerliğin ve farklılığın ise beklendiği gibi yetiştirme ortamı değişkenliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuç da araştırmamızda yapılan karışık etkili modellemenin önemini ve gerekliliğini desteklemektedir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmamızda elde edilen bulguların uygunlukları, kontrol veri grubuyla (30 ağaçla) test edilmiştir. Bunun için eşleştirilmiş örneklem t-testi uygulanmış ve üretilen tek ve çift girişli kabuklu genel ağaç hacim denklemlerinin kontrol verileri üzerindeki tahmin başarıları benzer şekilde bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

Ayrıca, araştırmamızda geliştirilen tek ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemleri, ülkemizde karaçam için daha önce yapılmış olan (Gülen (1959); Sun ve ark. (1978) tarafından geliştirilen genel çift girişli kabuklu gövde hacim denklemleri; Yavuz (1999) tarafından Taşköprü/Kastamonu için, Baynazoğlu (2014) tarafından Mudurnu/Bolu için, Özdal (2014) tarafından Yozgat Orman İşletme Müdürlüğü için, Carus ve ark. (2016) tarafından Isparta Orman İşletme Müdürlüğü'ndeki Şehit Ali İhsan Kalmaz Ormanı için ve Sakıcı ve ark. (2018) tarafından Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü için geliştirilen yöresel tek ve çift girişli kabuklu gövde hacim denklemleri) ağaç hacim tahmini çalışmaları ile kıyaslanmıştır. Bu aşamada yapılan eşleştirilmiş örneklem t-testi sonuçları da Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6'daki karşılaştırmalara göre Gülen (1959), Sun ve ark. (1978) tarafından geliştirilen genel tek ve çift girişli hacim denklemleri ile Sakıcı ve ark. (2018)'nin geliştirdiği yöresel çift girişli hacim denklemleri çalışma alanında ölçülen kontrol grubu verileriyle uyumlu sonuçlar ( $p>0,05$ ) verirken; Yavuz (1999), Baynazoğlu (2014), Özdal (2014), Carus ve ark. (2016) tarafından geliştirilen tek ve çift girişli hacim denklemleri ile Sakıcı ve ark. (2018)'nin geliştirdiği yöresel tek girişli ağaç hacim çalışmaları ise anlamlı derecede farklılık göstermiştir ( $p<0,05$ ). Yapılan ağaç hacim denklemleri kıyaslamasında, tek ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemlerinin tahminine ilişkin hata mik-

tarlarının (yani gerçek ağaç hacmine göre hesaplanan farkların) kıyaslanması da Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir. Burada da hata oranının artışına bağlı olarak grafiklerin seyrinin, eşleştirilmiş t-testi sonuçlarıyla uyumlu olduğu gözlenmektedir.

Tablo 6. Karaçam ağaç hacim çalışmaları için yapılan t-testi sonuçları

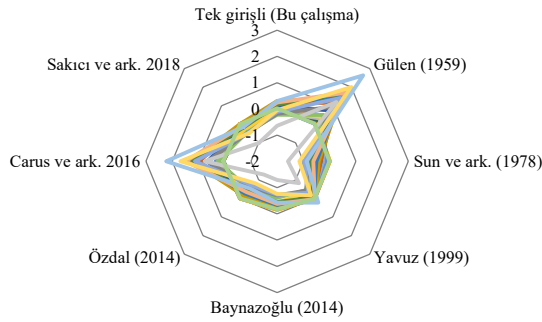
Table 6. T-test results for Crimean pine volume studies

Tek girişli denklemler	t	p
Bu çalışma	0,265	0,793
Gülen (1959)	5,464	6,99x10 <sup>-6</sup>
Sun ve ark. (1978)	-5,127	1,78x10 <sup>-5</sup>
Yavuz (1999)	-3,791	7,04x10 <sup>-4</sup>
Baynazoğlu (2014)	-8,172	5,2x10 <sup>-9</sup>
Özdal (2014)	-4,972	2,74x10 <sup>-5</sup>
Carus ve ark. (2016)	4,983	2,66x10 <sup>-5</sup>
Sakıcı ve ark. (2018)	-4,097	3,1x10 <sup>-4</sup>
Çift girişli denklemler		
Bu çalışma	0,093	0,926
Gülen (1959)	-1,622	0,1157
Sun ve ark. (1978)	-1,064	0,296
Yavuz (1999)	-5,069	2,09x10 <sup>-5</sup>
Baynazoğlu (2014)	-5,791	2,83x10 <sup>-5</sup>
Özdal (2014)	-4,126	2,8x10 <sup>-4</sup>
Carus ve ark. (2016)	4,609	7,51x10 <sup>-5</sup>
Sakıcı ve ark. (2018)	1,263	0,2165

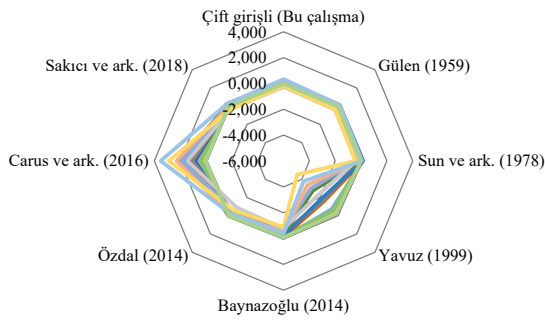
Araştırmamızda, Anadolu Karaçamı için regresyon yöntemiyle, bölgesel, tek ve çift girişli kabuklu gövde hacim denklemleri geliştirilmiştir. Bunun için, daha önceki çalışmalarda yaygın olarak kullanılan 4 adet tek girişli ve 16 adet çift girişli ağaç hacim denklemleri denenmiş ve bu denklemler arasında belirtme katsayısı ( $R^2_{düz.}$ ) en yüksek ve hata ölçütleri (OH, OMH, %TH, %OMH ve HKOK) en düşük olan denklemler; "Karaçam tek ve çift girişli kabuklu gövde hacim denklemleri" olarak belirlenmiştir. En başarılı olarak belirlenen bu tek ve çift girişli denklemlerin uygunlukları, 30 adet seçilmiş kontrol verisi kullanılarak, eşleştirilmiş örneklem t-testi yardımıyla test edilmiş ve bu denklemlerin, çalışmanın yapıldığı bölge için uygunluk gösterdiği belirlenmiştir.

Çalışmada belirlenen karaçam genel tek girişli denklemler %95,1 açıklama oranı, %0,263 toplam hata yüzdesi ve %12,75 ortalama mutlak hata yüzdesi; genel çift girişli denklemler ise %97,6 açıklama oranı, %6x10<sup>-4</sup> toplam hata yüzdesi ve %8,98 ortalama mutlak hata yüzdesiyle kabuklu hacim tahmini yapabilmektedirler.

Bu da denklemlerin kabul edilebilir olduklarını ve çalışma alanlarında bulunan meşcerelerdeki karaçam hacimlerinin gerçeğe yakın tahmin edilebileceklerini göstermektedir. Ayrıca beklenildiği gibi de, çift girişli ağaç hacim denklemlerinin; tek girişli ağaç hacim denklemlerine göre daha başarılı oldukları tespit edilmiştir.



Şekil 6. Karaçam tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin hata değerlerinin ( $m^3$ ) kıyaslanması  
Figure 6. Comparison of error values for Crimean pine single-entry tree volume equations



Şekil 7. Karaçam çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin hata değerlerinin ( $m^3$ ) kıyaslanması  
Figure 7. Comparison of error values for Crimean pine double-entry tree volume equations

Araştırma kapsamında kullanılan örnek ağaçların, 4 farklı araştırma bölgesinden elde edildiği düşünüldüğünde, yetişme ortamı farklılıklarının olduğu ve buna bağlı olarak da tek bir denklemin küçük miktarda da olsa hata barındırabileceği beklenmektedir. Bu suretle, 4 farklı bölgeden elde edilen örnek verilerle genel tek ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir; ardından yetişme ortamı farklılığını ortaya koyabilmek amacıyla da, karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılarak, her bir farklı yöre için yeni denklem katsayıları belirlenmiştir. Çalışmanın bulgular kısmında ortaya konduğu gibi, bölgesel farklılıklar grafiksel olarak da görülmüştür (Şekil 4 ve Şekil 5).

Araştırma sonuçları, daha önceki çalışmalarla da benzerlik göstermektedir. Ancak bu çalışma, İç

Anadolu ve Akdeniz Bölgesindeki, dört farklı yöreye Uluhan/Nallıhan (Ankara), Andırın (Kahramanmaraş), Aşağıçığıl/Ilgın (Konya) ve Alahan/Mut (Mersin) özgü olup, bu bölgede 11 cm - 60 cm çap ve 5,64 m - 24,0 m boy aralıklarında gelişim gösteren saf Anadolu Karaçamı meşcerelerinde, denenerek kullanılabilir.

Araştırmamızda geliştirilen modellerin farklı yörelerde kullanılmasında farklılık içerebileceği, bunun için kullanılmadan önce uygunluklarının kontrol edilmesi gerekliliği, ayrıca da belirtilen çap ve boy değerleri aralıklarında gelişim gösteren Anadolu Karaçamlarında geçerli oldukları unutulmamalıdır.

Şahin ve ark. (2018)'e göre; yöresel ve bölgesel ağaç hacim tabloları, genel ağaç hacim tablolarına göre daha güvenilir bulunmakta ve yöresel olarak önem arz eden türlerde geliştirilmeleri önerilmektedir. Dolayısıyla araştırmamızın sonuçları da bu düşüncüyü destekler niteliktedir. Yine bu çalışma kapsamında ortaya konduğu gibi, örneklerin elde edildiği bölgelerin, yetişme ortamı farklılıkları içerdiği durumlarda; karışık etkili modelleme yaklaşımıyla bu farkın ortaya konabilmesi, hacim hesaplamalarında oluşabilecek hataları önleyecek ve daha doğru tespitler sağlayacaktır.

Araştırmamızda geliştirilen ağaç hacim denklemlerinin kullanılması; odunu önemli miktarda üretilen Anadolu Karaçamı için ormancılık çalışmalarına pratiklik sağlayabilecek ve hacim hesaplamalarındaki hataları minimize edebilecek niteliktedir. Bu gibi araştırmaların, önem arz eden diğer ağaç türlerimizde de yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

## Teşekkür

Bu araştırmanın hazırlanması amacıyla, ölçümlerin yapılması konusunda desteklerini aldığımız Uluhan, Andırın, Aşağıçığıl ve Alahan Orman İşletme Şefliklerine ve emeği geçen personellerine teşekkürlerimizi sunarız.

## Kaynaklar

Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr.) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 2483/261, 145 s., İstanbul.

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

Alemdağ, Ş., 1967. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar, Ormanlık Araştırma Enstitüsü

sü, Teknik Bülten No: 20, Ankara.

Alkan, O., Özçelik, R., 2020. Stem taper equations for diameter and volume predictions of *Abies cilicica* Carr. in the Taurus Mountains, Turkey. *Journal of Mountain Science* 17 (12): 3054–3069. <https://doi.org/10.1007/s11629-020-6071-x>

Asan, Ü., 1984. Kazdağı Gökarnarı (*Abies equi-trojani* Aschers, Et Sinten.) Ormanlarının Hasılat Ve Amenajman Esasları Üzerine Araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No, 3205, O.F. Yayın No, 365, Taş Matbaası, 207 s. İstanbul.

Baskerville, G.L., 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forest Research* 2: 49-53. <https://doi.org/10.1139/X72-009>

Baynazoğlu, F., 2014. Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde yayılış gösteren Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi. 55s. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.

Bozkuş, H.F., Carus, S., 1997. Toros göknarı (*Abies cilicica* Carr.) sedir (*Cedrus libani* Link.)'in çift girişli gövde hacmi tabloları ve mevcut tablolarla karşılaştırılması. *Journal of the Faculty of Forestry İstanbul University (JFFIU)* 47 (1): 51-70.

Brooks, J.R., Wiant, H.V., 2008. Ecoregion-based local volume equations for Appalachian hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry* 25 (2): 87-92. <https://doi.org/10.1093/njaf/25.2.87>

Brooks, J.R., Jiang, L., Ozçelik, R., 2008. Compatible stem volume and taper equations for Brutian pine, Cedar of Lebanon, and Cilicica fir in Turkey. *Forest Ecology and Management* 256: 147–151. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.04.018>

Burkhart, H.E., Tomé, M., 2012. Modeling Forest Trees and Stands. 457p., Dordrecht: Springer Netherlands, ISBN: 9789048131709

Carus, S., 2002. Bazı hacim formüllerinin seksiyon, gövde ve bağıl uzunluklara göre kıyaslanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Seri: A (1): 101-114.

Carus, S., Su, Y., 2014. Antalya–Korkuteli Yöresi Kızılcım Ağaçlandırmaları için tek ve çift girişli ağaç hacim tablosunun düzenlenmesi ve mevcut tablolar ile kıyaslanması. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Isparta, 22-24 Ekim 2014, s.22-24.

Carus, S., Memiş, İ., Kündü, K., Alem, Ö., 2016. Şehit Ali İhsan Kalmaz Ormanı Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ağaçlandırması için tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. *Turkish Journal of Forestry* 17 (1): 37-42. <https://doi.org/10.18182/tjf.59768>

Crecente-Campo, F., Alboreca, A.R., Diéguez-Aranda, U., 2009. A merchantable volume system for *Pinus sylvestris* L. in the major mountain ranges of Spain.

*Annals of Forest Science* 66 (8): 808, 1-12. <https://doi.org/10.1051/forest/2009078>

Castedo-Dorado, F., Gómez-García, E., Diéguez-Aranda, U., Barrio-Anta, M., Crecente-Campo, F., 2012. Aboveground stand-level biomass estimation: a comparison of two methods for major forest species in north west Spain. *Annals of Forest Science* 69: 735-746. <https://doi.org/10.1007/s13595-012-0191-6>

Çalışkan, A., Yeşil, A., 1996. Büyükdüz Araştırma Ormanı sarıçam-gökarnar-kayın karışık meşcerelerinde bulunan sarıçam için tek ve çift girişli hacim tablosu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 46 (1): 39-50.

de-Miguel, S., Mehtätalo, L., Shater, Z., Kraid, B., Pukkala, T., 2012. Evaluating marginal and conditional predictions of taper models in the absence of calibration data. *Canadian Journal of Forest Research* 42: 1383-1394. <https://doi.org/10.1139/x2012-090>

Diéguez-Aranda, U., Castedo-Dorado, F., Álvarez-González, J.G., Rojo, A., 2006. Compatible taper function for scots pine plantations in Northwestern Spain. *Canadian Journal of Forest Research* 36 (5): 1190-1205. <https://doi.org/10.1139/x06-008>

Eraslan, Ü., 1954. Trakya ve Bilhassa Demirköy Mıntıkası Meşe Ormanlarının Amenajman Esasları Hakkında Araştırmalar. OGM Yayını, Ankara.

Ercanlı, İ., 2020a. Innovative deep learning artificial intelligence applications for predicting relationships between individual tree height and diameter at breast height. *Forest Ecosystems* 7, 12. <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00226-3>

Ercanlı, İ., 2020b. Artificial intelligence with deep learning algorithms to model relationships between total tree height and diameter at breast height. *Forest Systems* 29 (2): e013. <https://doi.org/10.5424/fs/2020292-16393>

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, İ., Kurt, A.K., Şenyurt, M., Günlü, A., Bolat, F., Keleş, S., 2018. Tarsus Yöresi Anadolu Karaçamı ağaçlarında hacim tahminlerinin yapay sinir ağları ile elde edilmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi* 4 (1): 24-35.

Evcimen, B.S., 1963. Türkiye Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi, Hasılatı ve Amenajman Esasları. O.G.M. Yayınları, 355, 16, Ankara.

Fang, Z., Bailey R. L. 2001. Nonlinear mixed effects modeling for slash pine dominant height growth following intensive silvicultural treatments. *Forest Science* 47: 287-300. <https://doi.org/10.1093/forestscience/47.3.287>

Fırat, F., 1973. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları no:1800/1 93, 359 s, İstanbul.



- Garber, S. M., Maguire D. A. 2003. Modeling stem taper of three central Oregon species using nonlinear mixed effects models and autoregressive error structures. *Forest Ecology and Management* 179: 507-522. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00528-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00528-5)
- Gülen, İ., 1959. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) hacim tablosu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Seri A, 9 (1): 97-112.
- IBM, 2019. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 19.0. Armonk, NY: IBM Corp., USA.
- Kahrıman, A., Sönmez, T., Şahin, A., 2017. Antalya ve Mersin Yöresi kızılçam meşcereleri için ağaç hacim tabloları. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 17 (1): 9-22. <https://doi.org/10.17475/kastorman.295706>
- Kalıpsız, A., 1962. Değişik yaşlı Doğu Kayınında Artım ve Büyüme Araştırmaları, Orman Genel Müdürlüğü Yayın No 339/7, 112s. İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 354, 407 s, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1999. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No,3194/354, İstanbul.
- Kapucu, F., 2004, Orman Amenajmanı, Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Yayın No: 215, Orman Fakültesi Yayın No: 33, KTÜ Matbaası, 515 s, Trabzon.
- Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A.U., Mısır, N., 2002. Kestane meşcerelerinin hasılatı ve amenajman esasları. TÜBİTAK TOGTAG-TARP 2229 nolu Proje, Sonuç Raporu.
- Keselman, H. J., Algina, J., Kowalchuk, R. K., Wolfinger, R. D. 1998. A Comparison of Two Approaches for Selecting Covariance Structures in the Analysis of Repeated Measures. *Communications in Statistics-Simulation and Computation* 27 (3): 591-604. <https://doi.org/10.1080/03610919808813497>
- Laar, A.V., Akça, A., 2007. Forest Mensuration. 390 p., Springer Netherlands, ISBN: 1402059906.
- Leties, L.P., Robinson, A. P. 2004. Improving taper equations of loblolly pine with crown dimensions in a mixed-effects modeling framework. *Forest Science*, 50 (2): 204-212. <https://doi.org/10.1093/forestscience/50.2.204>
- Littell, R. C., Miliken, G. A., Stroup, W. W., Wolfinger, R. D. 2005. SAS system for Mixed Models, SAS Institute Inc., Cary,, NC, USA.
- Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K.E. 1973. Forest Inventory (2 ed., Vol. II). 905 p., Munich: BLV Verlagsgesellschaft, ISBN: 3405108128.
- Mısır, N., Mısır, M., 2004. Developing double-entry tree volume table for ash in Turkey. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi* 3 (4): 135-144.
- Miraboğlu, M., 1955. Gökarnlarda Şekil ve Hacim Araştırmaları. s.103, Orman Genel Müdürlüğü Yayın No: 188, Seri No: 5, İstanbul.
- 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. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.813362>
- Özçelik, R., 2008. Comparison of formulae for estimating tree bole volumes of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23: 412-418.
- 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., Jiang, L. 2011. Modeling stem profile of Lebanon cedar, Brutian pine, and Cilicica fir in Southern Turkey using nonlinear mixed-effects models. *European Journal of Forest Research* 130(4): 613-621. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0453-5>
- Özçelik, R., Çevlik, M., 2017. Batı Akdeniz yöresi doğal sedir meşcereleri için hacim denklemleri. *Turkish Journal of Forestry* 18 (1): 37-48. <https://doi.org/10.18182/tjf.270694>
- Özçelik, R., Kalkanlı, Ş., 2018. Kaş Yöresi doğal kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcereleri için ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi. *Turkish Journal of Forestry* 19 (1): 9-19. <https://doi.org/10.18182/tjf.392873>
- Özdal, T., 2014. Yozgat Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi. 49 s. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Özkurt, A., 2000. Okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W.Hill ex. Maiden) için hacim tablosu, *Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi* 6: 87-106.
- Philip, M.S., 1994. Measuring Trees and Forests. CAB International, Wallingford, UK. ISBN: 0851988830.
- Pillsbury, N.H., McDonald, P.M., Simon, V., 1995. Reliability of Tanoak volume equations when applied to different areas. *Western Journal of Applied Forestry* 10 (2): 72-78.
- Poudel, K.P., Cao, Q.V., 2013. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. *Forest Science* 59 (2): 243-252. <https://doi.org/10.5849/forsci.12-001>
- R Core Team (2018) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna., Austria.: <https://www.R-project.org>
- Rodríguez, F., Lizarralde, I., Fernandez-Landa, A., Condes, S., 2014. Non-destructive measurement techniques for taper equation development: a study case in the Spanish Northern Iberian Range. *European Journal of Forest Research* 133: 213-223. <https://doi.org/10.1007/s10342-013-0739-5>

- Sakıcı, O.E., Yavuz, H., 2003. Ilgaz Dağı Gökmar meşcereleri için hacim fonksiyonları. *Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi* 3(2): 219-232.
- 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. <https://doi.org/10.18182/tjf.394876>
- Saraçoğlu, Ö., 1988. Karadeniz Yöresi Gökmar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Genel Müdürlüğü, İstanbul.
- Saraçoğlu, N., 1991. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn. subsp. *barbata* (C.A. Mey) Yalt.) gövde hacim ve biyokütle tablolarının düzenlenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Seri A, 41 (1): 117-139.
- Sprugel, D.G., 1983. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. *Ecology* 64 (1): 209-210.
- Sun O., Eren M. E., Orpak M. 1978. Temel ağaç türlerimizde tek ağaç ve birim alandaki odun çeşidi oranlarının saptanması. (TÜBİTAK, proje no: TOAG-288), Tarım ve Ormanlık Araştırma Grubu Yayını, Ankara.
- Şahin, A. Kahriman, A., Yüksel, Y.B., 2018. Artvin yöresindeki Doğu Karadeniz Gökmarlarının ağaç hacmini tahmin etmek için mevcut denklemlerin karşılaştırılması. Uluslararası Artvin Sempozyumu (IAS 2018), Artvin, 18-20 Ekim 2018,,s. 671-684.
- Şenyurt, M., Ümit, M., 2019 Asarkaya Kızılağaç meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi* 5 (2): 108-116.
- Şenyurt, M., Ercanlı, İ., 2019. A comparison of artificial neural network models and regression models to predict tree volumes for Crimean Black pine trees in Çankırı Forests. *Şumarski list* 9-10: 413-423. <https://doi.org/10.31298/sl.143.9-10.3>
- Tassia, G., Burkhart, H. E. 1998. An application of mixed effects analysis to modeling thinning effects on stem profile of loblolly pine. *Forest Ecology and Management* 103 (1): 87-101. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00179-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00179-5)
- Trincado, G., Burkhart, H. E. 2006. A generalized approach for modeling and localizing stem profile curve. *Forest Science* 52: 670-682.
- Valentine H.T., Gregoire T. G. 2001. A switching model of bole taper. *Canadian Journal of Forest Research* 31 (8): 1400-1409. <https://doi.org/10.1139/x01-061>
- Wolfinger, R., Chang, M.1999. Comparing the SAS GLM and MIXED Procedures for repeated measures. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü yöresinde karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23: 1181-1188.
- Yavuz, H, Gül, A.U, Mısır, N., Özçelik, R., Sakıcı, O.E., 2002. Meşcerelerde çap dağılımlarının düzenlenmesi ve bu dağılımlara ilişkin parametreler ile çeşitli meşcere ögeleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. Orman Ameenajmanında Yeni Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul, 18-19 Nisan 2002, s. 203-212.
- Yeşil, A., 1992. Değişik Sıklık ve Bonitetlerdeki Kızılağaç Meşcerelerinin Yaşa Göre Gelişimi. Doktora Tezi, 179 s., İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

## Dar dikim aralıklarında kurulan kavak (*Populus x euramericana* ve *Populus deltoides* klonları) ağaçlandırmalarında artım ve büyüme

Increment and growth in poplar plantations established in narrow spacings using the clones of *Populus x euramericana* and *Populus deltoides*

Sacit KOÇER<sup>1</sup>   
Muhammed KARA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları  
Enstitüsü Müdürlüğü, İzmit

**Sorumlu yazar** (Corresponding author)  
Sacit KOÇER  
sacitkocer@ogm.gov.tr

**Geliş tarihi** (Received)  
26.07.2022

**Kabul Tarihi** (Accepted)  
02.11.2022

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

**Atıf** (To cite this article): Koçer, S. & Kara, M. (2023). Dar dikim aralıklarında kurulan kavak (*P.x euramericana* ve *P. deltoides* klonları) ağaçlandırmalarında artım ve büyüme . Ormanlık Araştırma Dergisi , 10 (1) , 45-60 . DOI: 10.17568/ogmoad.1149021

### Öz

Bu çalışmada, levha ve kağıt endüstrisinin talebine uygun odun üretimine yönelik, dar dikim aralıklarındaki kavak ağaçlandırmalarının gelişimleri araştırılmıştır. Bu amaçla, *P.x euramericana* ve *P. deltoides* klonlarıyla (I-214, I-45/51, SAMSUN (I-77/51), İZMİT (S.307-26) ve 89.M.060) deneme ağaçlandırmaları tesis edilmiştir. Denemelerde 3m x 1,5m (4,5 m<sup>2</sup>/ağaç), 3m x 2m (6,0 m<sup>2</sup>), 3m x 3m (9,0 m<sup>2</sup>), 3m x 4m (12,0 m<sup>2</sup>) ve 3m x 5m (15,0 m<sup>2</sup>) olmak üzere, 5 değişik dikim aralığı uygulanmıştır. Tüm kavak klonları için, bonitet tabloları ve çift girişli hacim tabloları düzenlenmiştir. Ayrıca, 3 bonitet sınıfı ve 5 değişik dikim aralığına göre, 3 – 12 yaş kademesi için hasılat tabloları hazırlanmıştır. Dar dikim aralıklarındaki kavak ağaçlandırmalarında çap, boy ve meşcere unsurlarının artım ve büyüme ilişkileri ortaya konulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, en uygun klonun 89.M.060 ve dikim aralığının 4,5 m<sup>2</sup>/ağaç olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kavak klonları, dar dikim aralıkları, ortalama artım, cari artım

### Abstract

In this study, the growth of poplar plantations in narrow spacings for wood production in accordance with the demand of the board and paper industry was investigated. For this purpose, trial plantations for *P. x euramericana* and *P. deltoides* clones (I-214, I-45/51, SAMSUN (I-77/51), İZMİT (S.307-26) and 89.M.060) were established. Trials 3m x 1.5m (4.5 m<sup>2</sup>/tree), 3m x 2m (6.0 m<sup>2</sup>), 3m x 3m (9.0 m<sup>2</sup>), 3m x 4m (12.0 m<sup>2</sup>) and 3m x 5m (15.0 m<sup>2</sup>) 5 different narrow spacings were applied. Site tables and volume tables by tree diameter and height were prepared for all poplar clones. In addition, yield tables were prepared for 3-12 age groups according to 3 site classes and 5 different spacings. Increment and growth relationships of diameter, height and stand elements in poplar plantations in narrow spacings were revealed. According to the analysis results, it has been determined that the most suitable clone was 89.M.060 and the planting spacing was 4.5 m<sup>2</sup>/tree.

**Keywords:** Poplar clones, narrow spacings, mean annual increment (MAI), current annual increment (CAI)



Creative Commons Atıf -  
Türetilmez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

## 1. Giriş

20. yüzyılda savaşlar, ülkelerin yüksek oranlı büyümeleri ve hızlı nüfus artışları, dünyadaki enerji ve emtiaya olan talebi olağanüstü düzeyde artırmıştır. Benzer gelişme odun hammaddesi tüketiminde de yaşanmıştır. Geçen yüzyılın ortalarında, odun hammaddesine olan talebin doğal ormanlardan karşılanmasının mümkün olmadığı anlaşılmıştır. Bununla birlikte, doğal ormanlardan nitelikli ve kalın çaplı emval istihsal edildiği için, orman ürünleri endüstrisi de buna göre şekillenmiştir. Odun hammaddesi arzını kısa sürede artırmak için, ince çaplı ve kitlesel odun üretimini amaçlayan endüstriyel ağaçlandırma (*çiftlik ormancılığı, ağaç tarımı* vb.) uygulamaları yaygınlaşmaya başlamıştır. Bunun sonucunda, orman ürünleri endüstrisi de arz edilen odunun yapısına göre yeniden şekillenmiştir. Örneğin, ince çaplı odun hammaddesinin kullanıldığı kağıt ve kağıt hamuru ile lif levha üretimi olağanüstü boyutlarda artmıştır. Odun üretimindeki yaklaşımların değişmesiyle birlikte, bazı hızlı gelişen Kavak (*Populus sp.*, Söğüt (*Salix sp.*, Okaliptüs (*Eucalyptus sp.*) ve Çam (*Pinus sp.*) türleriyle kurulan endüstriyel ağaçlandırmalar yaygınlaşmaya başlamıştır.

Kavak ağacı uzun yıllardan beri insanoğlunun yaşamında yer almaktadır. Kavak sözcüğünün Latince karşılığı “*Populus*”tur ve kökeni Roma Uygarlığı dönemindeki “*Arbor Populi*”, yani “*Halk Ağacı*” terimine kadar gitmektedir. Anadolu’da da odun üretimi amacıyla yüzyıllardır Karakavak (*Populus nigra* L.) kültürü yapılmaktadır (Birler 2010). Bazı kavak türleri hızlı büyümesi, uzun yıllar dünyada kültürünün yapılması, genetik çalışmalarına uygun olması, değişik ekosistemlere uyum sağlayan türlerinin bulunması, odununun geniş kullanım alanının olması nedenleriyle, endüstriyel ağaçlandırmalarda önemli bir yere sahiptir.

Ülkemizde yabancı kavak kültürü çalışmaları, Sümerbank Selüloz ve Kağıt Sanayii (SEKA) tarafından 1946 yılında başlatılmıştır (Birler 2010). 1947 yılında Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) bünyesinde Uluslararası Kavak Komisyonu (International Poplar Commission – IPC) kurulmuş ve ülkemiz Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM) kararıyla 1955 yılında üye olmuş ve Türkiye Milli Kavak Komisyonu (TMKK) kurulmuştur. Sürecin devamında, Kavakçılık Araştırma Enstitüsü 24 Nisan 1962 yılında çalışmalara başlamıştır. 1960’lı yılların başında yıllık 600 bin m<sup>3</sup> olan kavak odunu üretimi (FAO, 1968), Enstitüsü’nün katkılarıyla, günümüzde 3,5 – 4 milyon m<sup>3</sup> düzeyine ulaşmıştır. Ancak, ülkemizde 1960’lı yılların başından beri endüstriyel ağaçlandırmala-

ra önem verilmesi gerektiği belirtilmesine rağmen, kavakçılık dışındaki alanlarda beklenen gelişme sağlanamamıştır.

Dünyadaki endüstriyel ağaçlandırmaların büyüklüğü toplam orman alanının %9’unu oluşturmasına rağmen, toplam odun üretimi içerisindeki payı %46 düzeyindedir (FAO, 2018). Kavak ağaçlandırmaları, kısa idare sürelerinde, yüksek büyüme gücüne sahip olması, değişik coğrafyalarda farklı türlerde yetiştiriciliğinin yaygın olması gibi nedenlerle, odun hammaddesi üretiminde önemli bir yere sahiptir.

Ülkemizdeki kavakçılık çalışmaları, halen 20. yüzyılın ikinci yarısındaki odun işleyen endüstrinin talep yapısına uygun yürütülmekte, kalın çaplı kavak odunu üretimini amaçlayan ve geniş dikim aralıklarının kullanıldığı üretim sistemi uygulanmaktadır. Bu tür kavak ağaçlandırmalarında istihsal edilen soymalık ve kerestelik tomruktan arta kalan ince çaplı odun kağıt ve levha sanayilerinde değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, ülkemizde, son yıllarda levha sektörünün ince çaplı odun hammaddesi talebi olağanüstü miktarlara ulaşmıştır. Lif levha sektörünün 2018 yılı içerisinde yaklaşık 700 bin ton kavak odunu tükettiği bildirilmektedir (Dedebaş, 2019). Bu nedenle, levha sektörünün talebinin karşılanmasında ve kağıt sektörünün yeniden canlandırılmasında, ince çaplı kavak odunun kitlesel üretimi önem kazanmıştır.

Türkiye’nin 2016 yılında orman ürünleri ithalat tutarı 4,1 milyar ABD doları kadardır. Bu ithalatın, yaklaşık 2,9 milyar doları kağıt ürünleri ve hamuru, 500 milyon doları levha ve 300 milyon doları kontrplak olmak üzere, toplam 3,7 milyar dolar kadardır (FAO, 2018). Bu miktar toplam ithalatın yaklaşık %90’ını oluşturmaktadır ve anılan ürünlerin hammaddeleri endüstriyel ağaçlandırmalardan elde edilebilecek niteliktedir.

Bu çalışmada, ince çaplı kitlesel kavak odunu üretiminin artırılması amacıyla; lif levha ve kağıt endüstrisinin talebine uygun kavak odunu üretim modelinin geliştirilmesi için, görece dar dikim aralıklarında tesis edilen endüstriyel kavak ağaçlandırmalarındaki artım ve büyüme ilişkilerini ortaya koymak hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Kavak türleri *Turanga*, *Leuce*, *Aigeiros*, *Tacamahaca* ve *Leucoides* olmak üzere 5 seksiyona ayrılmaktadır. *Aigeiros* seksiyonundaki kavak türleri ve bunların melezleri, ekonomik olarak büyük öneme sahip olup ağaçlandırmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyada kültürü yapılmakta olan ka-

vak türlerinin ve klonlarının %90'ı bu seksiyonda yer almaktadır. Seksiyonu temsil eden kavak türleri Avrupa ve Asya karakavakları (*Populus nigra* L.) ve Amerikan karakavaklarıdır (*Populus deltoides* Bartr.) (Tunçtaner, 2008). Avrupa ve Asya karakavakları ile Amerikan karakavakları arasındaki çaprazlamalardan elde edilen melez kültürleri, "*Populus x euramericana* (Dode) Guinier" olarak adlandırılmaktadır. Çalışmada kullanılan beş adet kavak klonundan, 89.M.060 klonu hariç, dördü ülkemizde ticari olarak tescil edilmiştir. Bu klonlardan I-214 ve I-45/51 klonları *P.x euramericana*, Samsun, İzmit ve 89.M.060 klonları *P. deltoides* melezleridir.

I-214 melez kavağı "dişi" bir klondur. Yüksek uyum yeteneği, hızlı büyümesi ve odunun kullanım alanının yaygın olması nedeniyle, II. Dünya savaşından sonra, birçok ülkede yetiştirilmeye başlanmıştır. I-214 klonu halen kavak ağaçlandırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. I-45/51 melez kavağı "erkek" bir klondur. I-45/51 klonu, I-214 ve SAMSUN klonuna nazaran, olumsuz yetiştirme ortamı koşullarına karşı daha dirençlidir ve toprak işleme ve sulama olanaklarının kısıtlı olan galeri kavakçılığında kullanılması daha uygundur.

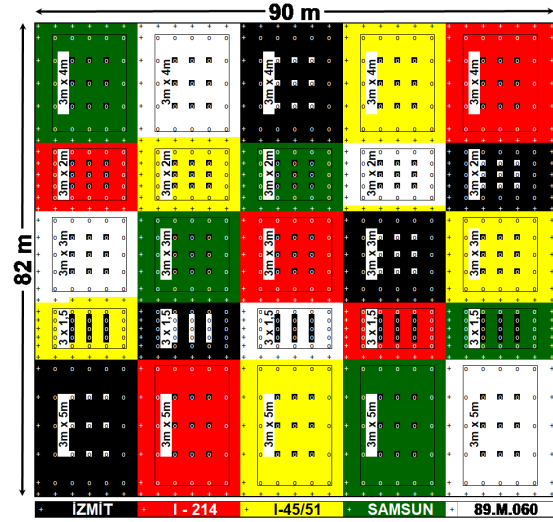
SAMSUN (I-77/51) klonu, *P. deltoides* melezlerinin çaprazlamaları sonucunda elde edilmiş "erkek" bir klondur. Ülkemizde I-214 klonuyla birlikte, kavak ağaçlandırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. İZMİT (S.307-26) klonu "erkek" bir klondur. Kocaeli yöresinde yürütülen çalışmalarda artım ve büyüme özellikleri bakımından başarılı olmuştur. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü'nün bulunduğu yer nedeniyle, İZMİT adıyla 2003 yılında tescili önerilmiş (Tunçtaner, 2003) ve 2004 yılında uluslararası tescili yapılmıştır. Ancak hem kamu hem de özel sektör için, başarılı bir tanıtımı ve fidanlıklara dağıtımını yapılamamış ve bu nedenle ağaçlandırmalarda yaygınlaşmamıştır.

89.M.060 klonu ARGE çalışmaları süren, ancak tescil potansiyeli yüksek klonlardan birisidir. 89.M.060 klonu, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü tarafından, 1989 yılında yapılan deltoides melezlerinin çaprazlamaları sonucunda selekte edilen "erkek" bir klondur (Tunçtaner ve ark. 1992). 89.M.060 diğer klonlarla birlikte ağaçlandırma çalışmalarında denenmiş ve başarılı artım ve büyüme göstermiştir (Tunçtaner, 2008).

## 2.1. Materyal

Kavak ağaçlandırmaları için uygun özelliklere sahip olan İzmit Orman Fidanlığı'nda ve Meriç Ka-

vak Ağaçlandırma Sahası'nda (Edirne) 2'şer adet deneme ağaçlandırmaları kurulmuştur. İzmit'teki denemeler 3m x 1,5m, 3m x 2m, 3m x 3m ve 3m x 4m dikim aralığında kurulmuştur. Meriç Kavak Ağaçlandırma Sahası'ndaki denemelerde 3 m x 5m dikim aralığı da kullanılmıştır. Deneme deseni Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Tesis edilen ağaçlandırmalara ait deneme deseni

Figure 1. Design of the experimental plantations

Kavak ağaçlandırmalarının tesisinde fidan veya sırtık çeliği kullanılmaktadır. Gövdede yer alan tomurcukların köklenme yetenekleri olduğu için, gövde çelikleri de ağaçlandırmalarda kullanılabilir. Hem kaliteli odun üretiminin amaçlanmaması ve hem de tesis maliyetlerinin azaltılması için, denemelerde 20 – 25 cm uzunluğunda ve üzerinde en az 3 – 4 tomurcuğun bulunduğu gövde çelikleri kullanılmıştır.

Deneme ağaçlandırmalarında, farklı klon ve değişik dikim aralıklarındaki her bir parselde 9 adet ölçüm ağacı bulunmaktadır. Ölçüm ağaçlarının göğüs çaplarının ortalaması alınarak meşcere orta ağacı belirlenmiştir. Meşcere orta ağacı çapına en yakın 2'şer ağaç örneklenmiş ve gövde analizi yapılmak üzere kesilmiştir. Diskler göğüs yüksekliğinden ve her 1 metredeki seksiyonlara göre alınmıştır. Ölçüm ağaçları içerisinde anormal yapıda ağaçların bulunması durumunda; meşcere orta ağacı, kalan ağaçlar ya da ağaç başına düşen yaşam alanını etkilemeyecek biçimde yalıtım zonundaki ağaçlar ölçümlere dahil edilerek belirlenmiştir.

Her bir klon için belirlenen kabuk faktörlerini kullanarak, gövde analiziyle kabuksuz olarak elde edilen çap verileri, kabuklu hale dönüştürülmüş ve hacim ve hasılat tablolarının düzenlenmesinde kul-

lanılan veriler zenginleştirilmiştir. Deneme ağaçlarının hacimlendirilmesinde Smalian formülü kullanılmış ve hesaplanan seksiyonların hacimleri toplanarak hacimlendirme yapılmıştır (Fırat, 1973; Kalıpsız, 1984; Birler, 1986; Birler ve ark., 1995).

## 2.2. Yöntem

I-214 melez kavak ağaçlandırmalarında, çap değerlerine ait çan eğrilerinin basıklık ölçülerinin 4,6 – 5,5 arasında ve varyasyon katsayılarının %8,7 – %11,4 arasında olduğu belirlenmiştir (Usta, 1982). Basıklık ölçüsünün üçten büyük olması halinde, dağılımın sivri tepeli olduğu kabul edilmektedir (Kalıpsız, 1988). I-262 melez kavak klonunda yapılan bir çalışmada, çap dağılımının çok az bir değişkenlik gösterdiği, 29 cm orta çapındaki kavak ağaçlandırmasının varyasyon katsayısının %3 olduğu, ağaçların %99'unun çaplarının 26,33 – 31,67 cm arasında olduğu belirlenmiştir (Acar ve Özdal, 1973). Bonitet sınıfı, sıklık, yaş, bakım işlemleri vb. aynı kaldığı takdirde, kavak ağaçlandırmalarında kullanılan dikim materyali, vejetatif yoldan üretildiği ve klonal saflıkta olduğu için, çap dağılımı sivri tepeli çan eğrisi şeklinde olmakta ve varyasyon katsayısı düşük elde edilmektedir.

Ağaç boyu, yetiştirme ortamı koşulları, yaş ve sıklığa göre değişmektedir. Dikimle yetiştirilen meşcerelerde dikim aralığının boy büyümesini önemli ölçüde etkilemediği ifade edilmektedir. Ayrıca Amerikan karakavağı ağaçlandırmalarında dikim sıklığının boy büyümesini etkilemediği Gascon ve Krinard'a (1976) atfen bildirilmiştir (Birler, 1986). Eşit yaşlı saf meşcerelerde, ağaçlar arasındaki boy farkı oransal olarak göğüs çapına nazaran daha az olduğu, ağaç boyunun komşuluk ilişkilerinden etkilenmediği belirtilmektedir (Kalıpsız, 1982). Kavak ağaçlandırmalarında dikim materyali, klonal saflıkta olduğu ve her ağaca yeterli yaşam alanı verildiği için, dikim aralığı ile ağaç boyu arasında önemli bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir (Usta, 1985).

### 2.2.1. Hacim tablosu düzenleme yöntemi

Ağaç hacim tabloları, kabuklu göğüs çapı ve ağaç tam boyuna göre kurulan istatistik bağıntı yardımıyla oluşturulmaktadır. İstatistik bağıntı grafik çizim veya matematik model yoluyla belirlenebilmektedir (Kalıpsız, 1984). Ağaç hacmini, yalnızca göğüs çapına göre veren tablolara tek girişli veya özel, göğüs çapı ve ağaç boyuna göre veren tablolara çift girişli hacim tabloları denilmektedir (Akalp, 1978). Hacim tabloları grafik analiz, katsayı, istatistik ve hat tabloları olmak üzere, 4 yönetime göre düzenlenmektedir (Birler, 1986).

Bazı hızlı gelişen ağaç türleri olarak; Sahil Çamı

(Birler ve Yüksel, 1983; Özcan 2003), Karakavak (Birler ve ark., 1983), I-214 Melez Kavağı (Birler, 1986), Kızılçam (Yeşil, 1992), *Eucalyptus camaldulensis* (Birler ve ark., 1995), Dişbudak (Yavuz ve Şentürk, 1998), Samsun Kavağı (Koçer ve ark., 2007a) ve I-45/51 Melez Kavağı (Koçer ve ark., 2007b) için düzenlenen hacim tablolarında istatistik yöntem kullanılmıştır.

Gövde hacim tablolarının düzenlenmesi, deneme ağaçlarının hacimlerinin belirlenmesi, kabuk kalınlıklarının hesaplanması ve hacim tablosu modelinin elde edilmesi aşamalarından oluşmaktadır.

Çalışmada dar dikim aralıkları uygulandığı için, ağaç dallarının çapları, levha ve kağıt endüstrisi tarafından kullanılabilir kalınlıkta değildir. Deneme alanı sınırı dışındaki ağaçlar hariç, gövdeden 1 metre uzaklıkta, çapı 5 cm'den kalın olan ve ticari olarak değerlendirilebilecek ağaç dalları elde edilememiştir. Bu nedenle örneklenen ağaçların hacimlerinin belirlenmesinde dal hacimleri dikkate alınmamıştır. Dolayısıyla, hazırlanmış olan gövde hacim tabloları aynı zamanda ağaç hacim tablolarına karşılık gelmektedir.

Gövde analizi yapılan ağaçlarda; ara yıllar için kabuksuz, son yıl için, kabuk kalınlıkları ile kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri belirlenmiştir. Kabuk kalınlığı değerlerinin, kabuklu ve kabuksuz yarıçap ile kesit yüksekliğine göre değiştiği görülmüştür. Gövde analizleriyle belirlenen kesit çapı ve yükseklikleri, serbest değişken olarak alınarak, kabuk kalınlıkları ve kabuklu çaplar belirlenmiştir.

Örneklenen ağaçların hacimleri, aşağıda verilen Smalian Formülü (Fırat, 1973) uyarınca seksiyonlama yöntemine göre belirlenmiştir.

$$V = l \left( \frac{g_0 + g_n}{2} + g_1 + g_2 + \dots + g_{n-1} \right) + v'$$

V : Gövde hacmi                       $g_i$  : Kesit yüzeyi

l : Seksiyon uzunluğu               $v'$  : Uç Hacmi

Kavak odunu kabuklu olarak ticarete konu olduğu için, hacimlendirme kabuklu çaplara göre yapılmış ve dolayısıyla kabuklu hacim tabloları düzenlenmiştir. Klonlara ait kabuklu gövde hacmi (V), kabuklu göğüs çapı (d) ve ağaç tam boyuna (h) göre regresyon analizleri yapılarak belirlenmiştir. İstatistik parametrelere göre, deneysel değerlere uygun ve ekstrem değerlere yatkın olan model seçilmiştir.

Dar dikim aralıkları kullanılan kavak ağaçlandırmalarında, sadece ince çaplı yongalık ve kağıtlık odun elde edilebilmektedir. Soymalık ve kerestelik tomruk ve benzeri kalın çaplı emval üretilememektedir. Bu nedenle, ürün çeşitleri hacim tablosu

düzenlenmediği için, yongalık odun oranlarının belirlenmesinde, önceki çalışmalarda elde edilen modeller kullanılmıştır. I-214 kavak klonu için Birler (1986), I-45/51 klonu için Koçer ve ark., (2007b) ve *Populus deltoides* klonları olan SAM-SUN, İZMİT ve 89.M.060 klonları için ise, SAM-SUN klonuna ilişkin Koçer ve ark., (2007a) tarafından düzenlenen ürün çeşitleri hacim tabloları ve denklemleri kullanılmıştır.

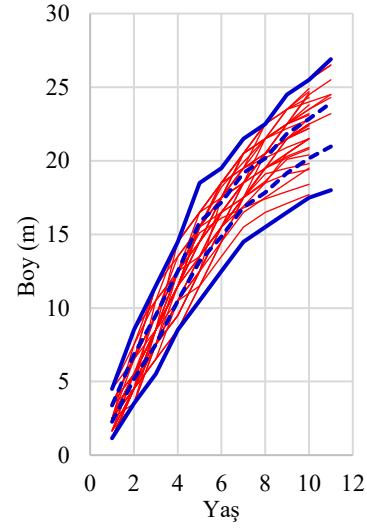
### 2.2.2. Bonitet tablosu düzenleme yöntemi

Bonitet tabloları, meşcere üst boyu ile yaş arasındaki bağıntıya dayanarak ve standart bir yaştaki üst boyu bonitet göstergesi olarak alan yöntemler, anamorfik ve polimorfik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Anamorfik yöntemde, üst boy ve yaş verilerine göre bir kılavuz eğrisi elde edilmekte ve bu eğriye dayanarak bonitet eğrileri türetilmektedir (Özcan, 2003). Polimorfik yöntemde, deneme alanlarından veya gövde analizlerinden elde edilen yaş ve boy verilerine dayanarak oluşturulan her bonitet grubu için, ana bonitet eğrisi elde edilmekte ve bonitet eğrileri buna göre türetilmektedir (Birler, 1986). Bu çalışmada gövde analizlerinden elde edilen veriler kullanılarak, bonitet eğrileri polimorfik yöntem uyarınca belirlenmiş ve bonitet tabloları düzenlenmiştir.

Normal sıklıkta ve eşit yaşlı saf meşcerelerde, hakim ağaçlara ait üst boy, komşuluk ilişkilerinden etkilenmediği için, bonitetin göstergesi olarak kullanılmaktadır (Kalıpsız, 1982; Birler, 1986; Birler ve ark., 1995). Kavak ağaçlandırmalarında, dikim materyalinin klonal safılıkta ve her ağacın idare süresi boyunca yeterli yaşam alanına sahip olması nedeniyle, galip ve mağlup ağaçlar şeklinde ayrım oluşmamaktadır. Bu nedenle endüstriyel kavak ağaçlandırmalarında üst boy söz konusu olmadığı için, orta boy meşcere boyunu temsil edecek nitelikte bulunmaktadır (Birler, 1986). Bu çalışmada, her bir kavak klonu için bonitet tablosunun düzenlenmesi amacıyla, deneme ağaçlandırmalarından örneklenen ağaçlara ait boy değerleri bağımlı değişken, boy değerinin alındığı yaşı serbest değişken kabul eden modeller oluşturulmuştur.

Her yaş kademesi için, boylara göre en üst ve en alt sınırlar belirlenmiş ve en iyi bonitete ait üst sınır ile en kötü bonitete ait alt sınırlar Baur Yöntemine göre elde edilmiştir. Veriler 3 bonitet sınıfı için gruplandırılmış ve polimorfik yöntemle göre ana bonitet sınıfı eğrileri belirlenmiştir. İstatistik analizlerde I-214, I-45/51, SAMSUN, İZMİT ve 89.M.060 klonları için, sırasıyla 258, 348, 366, 367 ve 368 adet ağaca ait yaş – boy verileri kullanılmıştır. Klonlara göre elde edilen yaş boy ilişkileri ve Baur Yöntemine göre belirlenen bonitet sınıfları,

89.M.060 klonu için Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. 89.M.060 klonu için ağaçların yaş boy ilişkileri ve Baur yöntemine göre oluşturulan bonitet sınıfları  
Figure 2. The height-age curves of the sample mean trees and equi-distant bands of height quality classes separated according to Baur’s method for 89.M.060 clone.

### 2.2.3. Hasılat tablosu düzenleme yöntemi

Hasılat tabloları, eşit yaşlı meşcerelerin birim alandaki hacimlerinin, artımlarının ve diğer meşcere özelliklerinin ağaç türü, bonitet sınıfı, yaş sınıfı ve meşcere sıklığına göre tablo halinde gösterilmesidir. Hasılat tabloları, kolay ölçülebilen çap, boy, dikim aralığı ve yaş değişkenlerine göre, meşcerelerin özelliklerini göstermektedir. Hasılat tabloları kullanılan bağımlı değişkenlere göre, normal, ampirik ve değişken sıklık hasılat tabloları olarak gruplandırılmaktadır. Normal hasılat tabloları, normal sıklıktaki meşcereler için düzenlenmektedir. Ampirik hasılat tablolarında normal sıklık yerine, yöresel ortalama sıklık değişken olarak alınmaktadır. Değişken sıklık hasılat tablolarında ise, meşcere sıklığı ayrı bir bağımsız değişken olarak alınmaktadır (Kalıpsız, 1982; Birler, 1986).

I-214 Melez Kavağı (Birler, 1986), Kızılçam (Usta, 1990; Yeşil, 1992) ve Okaliptüs (Birler ve ark., 1995) için hazırlanmış tablolar, değişken sıklık hasılat tablolarıdır.

Bu çalışmada meşcere sıklığı bağımsız değişken olarak alınmıştır. Dolayısıyla, her klon için bonitet sınıfı, yaş kademesi ve meşcere sıklığına göre, değişken sıklık hasılat tabloları düzenlenmiştir. Meşcere hacimleri, meşcere orta ağacı göğüs çapı ve boyuna göre elde edilen orta ağaç hacmi ile birim alandaki ağaç sayısı çarpılarak belirlenmiştir. Ge-

nel ortalama ve yıllık cari artımlar, meşcere hacmi ve yaş kademeleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Klonlara göre gövde hacim tablolarının düzenlenmesi

##### 3.1.1. Deneme ağaçlarının hacimlerinin belirlenmesi

Gövde analizleriyle elde edilen ara yıllara ait kabuksuz kesit çapları, belirlenen kabuk kalınlığı modeli uyarınca, kesit çapı ve yüksekliğine göre, kabuklu kesit çapları hesaplanmıştır. Yine Smalian formülü kullanılarak hesaplanan seksiyonların hacimleri toplanarak, ara yıllara ait kabuklu gövde hacim değerleri elde edilmiştir. I-214, I-45/51, SAMSUN, İZMİT ve 89.M.060 klonları için, sırasıyla 252, 340, 363, 365 ve 360 adet hacim tablosu verisi elde edilmiştir.

##### 3.1.2. Kabuk kalınlığı

Örneklenen ağaçların seksiyonlarının son yıla ait ölçümlerinde, seksiyon yüksekliği, kabuklu ve kabuksuz çapları elde edilmektedir. Kabuk kalınlığı gelişimini belirlemek amacıyla çoğul regresyon analizleri yapılmıştır. Tek kabuk kalınlığının (TKK) bağımlı değişken, kabuksuz yarıçapın ( $r_k$ ) ve kesit yüksekliğinin ( $h_k$ ) serbest değişken olarak kabul edildiği model uyarınca ( $TKK = f(r_k, h_k)$ ), çoğul regresyon analizleri yapılmıştır. 89.M.060 klonu için seçilen, kabuk kalınlığına ilişkin regresyon modeli katsayıları ve istatistik parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. 89.M.060 klonu için kabuk kalınlığı regresyon katsayıları ve bazı istatistikler  
Table 1. Coefficients and some statistics of the regression equation stem bark thickness for 89.M.060 clone

Regresyon Katsayıları	t Değeri	Bağımsız Değişkenler
a + 0,541154	+30,995	Sabite
b + 0,000263	+15,269***	$r^3$
c - 0,113132	- 19,274***	ln (h)
$R^2 = 0,745$	F = 1258,7***	n = 864
TKK = a + br <sup>3</sup> - c ln(h)		
*: p = 0,05    **: p = 0,01    ***: p = 0,001		

##### 3.1.3. Gövde hacim tablosu

Kabuklu gövde hacmi  $V = f(d,h)$  fonksiyonuna göre belirlenmiştir. Literatürde önerilen gövde hacim modelleri yanında, türetilen değişkenlere göre oluşturulan fonksiyonlar da denenmiştir. 89.M.060

klonu için seçilen modelin regresyon katsayıları ve bazı istatistik parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. 89.M.060 klonu için kabuklu gövde hacmi regresyon katsayıları ve bazı istatistikler  
Table 2. Coefficients and some statistics of the regression equation of the stem volume outside bark for 89.M.060 clone

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans
Regresyon	2	844,555	422,277
Hata	357	3,788	0,010 611 174
Toplam	359	848,343	
Regresyon Katsayıları		t Değeri	Bağımsız Değişkenler
$a_0$	- 2,941015	- 85,490	Sabite
$a_1$	+ 1,838300	+ 72,181***	ln (d)
$a_2$	+ 0,992347	+ 31,733***	ln ((h <sup>2</sup> /(h-1,3)))
F = 39795,528***		$R^2 = 0,996$	n = 360
Gövde Hacmi (V) = - $a_0$ + $a_1$ ln (d) + $a_2$ ln ((h <sup>2</sup> /(h-1,3)))			
*: p = 0,05    **: p = 0,01    ***: p = 0,001			

Kavak klonlarına ait gövde hacim modellerinde, regresyon varyanslarının hata varyanslarına oranı (F Oranı) çok büyüktür ve 0,001 düzeyinde önemlidir. Modellerin hepsinde  $R^2$  değerleri 0,99'dan büyük olup, regresyon eşitlikleri varyansların neredeyse tamamını üstlenmekte ve gövde hacmindeki değişikliklerin en az %99'u çap ve boya göre hesaplanan hacmin logaritmalarıyla açıklanabilmektedir. Geriye kalan %1'den az olan bölüm, çap ve boy dışında kalan ve modelde yer almayan nedenlerden kaynaklanmaktadır. Kavak klonları için seçilen tüm modeller, kabuklu gövde hacminin doğal logaritmasını vermektedir. Hesaplanan değerlerin antilogaritması alınarak, ağaçların kabuklu gövde hacim değerleri  $dm^3$  cinsinden elde edilmektedir.

Kavak klonlarının gövde hacim eşitliklerinin hesaplanmasında değişkenlerin logaritmik değerleri kullanıldığı için, logaritmik değerlerin gerçek sayılara dönüştürülmesinde, sistematik bir hata oluşmaktadır. Regresyon eşitliğinin çözülmesiyle hesaplanan değerler, düzeltme faktörüyle çarpılarak sistematik hata giderilmektedir. Düzeltme faktörü, logaritmik değerlere göre hesaplanan tahminin varyansına bağlı olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır (Akalp, 1978; Birlir, 1986; Özcan, 2003).

$$f = 2,7182818^{1,1513*s^2}$$

f = düzeltme faktörü     $s^2$  = tahminin varyansı

Tüm kavak klonlarına ait regresyon eşitliklerinin varyanslarına göre, düzeltme faktörleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. 89.M.060 klonu için düzeltme faktörü aşağıda verilmiştir.





### 3.2.2. Bonitet tabloları

Normal sıklıktaki eşit yaşlı saf meşcerelerde bonitet sınıfları oluşturulurken, yaş faktörünü sabit tutmak için standart yaştaki üst boy esas alınmaktadır.

ve bu boya bonitet endeksi denilmektedir (Kalıpsız 1982). Bu çalışmada dar dikim aralıkları uygulandığı için, genel ortalama artımın 6 – 10 yaş arasında en yüksek düzeye ulaşacağı öngörülerek, standart yaş 8. yıl olarak alınmıştır.

Tablo 5. 89.M.060 klonu için ana bonitet sınıfı eğrilerine ait regresyon katsayıları ve bazı istatistikler  
Table 5. Coefficients and some statistics of the regression equation for the three basic site quality curves for 89.M.060 clone

I. Bonitet				II. Bonitet					
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans	Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans		
Regresyon	1	192,728	192,728	Regresyon	1	284,135	284,135		
Hata	117	3,531	0,030179	Hata	168	3,877	0,023078		
Toplam	118	196,259		Toplam	169	288,012			
Regresyon Katsayıları			t Değeri	Bağımsız Değişkenler	Regresyon Katsayıları			t Değeri	Bağımsız Değişkenler
$a_0$	0,532004	17,882	Sabite	$a_0$	0,650673	36,966	Sabite		
$a_1$	0,036761	79,914***	$y^2$	$a_1$	0,040428	110,958***	$y^2$		
F = 6386,22***			R <sup>2</sup> = 0,982	n = 119	F = 12311,73***			R <sup>2</sup> = 0,987	n = 170
$h = y^2 / (a_0 + a_1 y^2)$				$h = y^2 / (a_0 + a_1 y^2)$					
III. Bonitet				*: p = 0,05    **: p = 0,01    ***: p = 0,001					
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans	Düzeltilme Katsayıları:					
Regresyon	1	160,118	160,118	I. Bonitet	: 0,9916144				
Hata	77	2,673	0,034718	II. Bonitet	: 0,9865884				
Toplam	78	162,791		III. Bonitet	: 1,0077326				
Regresyon Katsayıları			t Değeri	Bağımsız Değişkenler					
$a_0$	0,835069	29,721	Sabite						
$a_1$	0,046230	67,912***	$y^2$						
F = 4612,00***			R <sup>2</sup> = 0,984	n = 79					
$h = y^2 / (a_0 + a_1 y^2)$									

Her bir klon için, seçilen regresyon eşitliklerini kullanarak, bonitet sınıflarına ait standart yaştaki, yani ağaçlandırmanın 8. yılındaki boylar elde edilmiş ve bonitet sınıfları arasındaki boy farkları hesaplanmıştır. Klonlara göre ana bonitet eğrileri arasındaki boy farkları standart yaşta değişik olmaktadır. Bonitet sınıfları arasındaki boy farkları I-214, I-45/51, SAMSUN, İZMİT ve 89.M.060 klonları için, sırasıyla 2,33 m, 2,45 m, 2,65 m, 2,54 m ve 2,66 m olmak üzere, ortalama yaklaşık 2,5 m olarak hesaplanmıştır. Bonitet endekslerini eşit aralıklar ile (2,5 m) oluşturmak amacıyla, regresyon eşitliği ile belirlenen ana bonitet eğrileri, standart yaştaki boy değerlerine kaydırılmıştır. Daha sonra, ana bonitet sınıfı eğrilerini bonitet endeks değerlerinden geçmelerini sağlamak için, orantı yolu ile her bir kavak klonu için düzeltme katsayıları hesaplanmıştır (Birler, 1986, Birler ve ark. 1995). 89.M.060 klonuna ait düzeltme katsayıları yine Tablo 5'te verilmiştir.

Her bir kavak klonu için, bonitet sınıflarına göre hesaplanmış düzeltme katsayıları kullanılarak, ana bonitet eğrilerininin yaşa göre boy değerleri düzeltil-

miştir. Düzeltmiş değerlere göre her kavak klonu için bonitet sınıflarına ait eğriler belirlenmiştir. 89.M.060 klonu için elde edilen bonitet eğrileri Şekil 3'te ve bonitet tablosu Tablo 6'da verilmiştir.

İnsan etkisi ile oluşan yetişme ortamı bonitetine aktüel bonitet denilmektedir (Eraslan 1982). Kavak ağaçlandırmalarında bakım ve kültürel işlemlerin uygulama düzeyi, yetişme ortamı verimliliğini etkilemektedir. Dolayısıyla düzenlenmiş olan bonitet tabloları, aktüel yetişme ortamı bonitetini göstermektedir.

### 3.3. Klon ve sıklıklara göre hasılat tablolarının düzenlenmesi

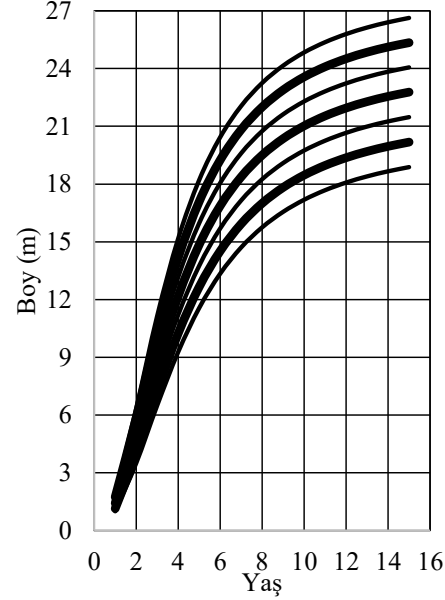
Hasılat tabloları, I-214, I-45/51, SAMSUN, İZMİT ve 89.M.060 klonları için, 3 bonitet sınıfı ve 5 değişik dikim aralığına göre 3 – 12 yaş kademesi için düzenlenmiştir. Hasılat tabloları 3m x 1,5m (4,5 m<sup>2</sup>/ağ), 3m x 2m (6,0 m<sup>2</sup>/ağ), 3m x 3m (9,0 m<sup>2</sup>/ağ), 3m x 4m (12,0 m<sup>2</sup>/ağ) ve 3m x 5m (15,00 m<sup>2</sup>/ağ) dikim aralıkları için elde edilmiştir. 5 farklı kavak klonu, 3 bonitet sınıfı ve 5 değişik dikim aralığına

göre toplam 75 adet hasılat tablosu düzenlenmiştir. Hasılat tablolarında, Tablo 4'teki klon ve göğüs çapına göre değişen yongalık odun oranlarıyla meşcere hacmi ile çarpılarak yongalık odun miktarları

Tablo 6. 89.M.060 klonu için bonitet tablosu  
Table 6. Site index table for 89.M.060 clone

Yaş	Bonitet Endeksleri (m)						
	23,25	22,00	20,75	19,50	18,25	17,00	15,75
	Bonitet Sınıfları						
	I		II		III		
1	1,90	1,74	1,59	1,43	1,29	1,14	1,00
2	6,33	5,84	5,35	4,86	4,40	3,95	3,50
3	11,14	10,34	9,55	8,75	8,00	7,25	6,50
4	15,16	14,16	13,16	12,17	11,20	10,24	9,28
5	18,20	17,08	15,97	14,85	13,75	12,65	11,56
6	20,43	19,24	18,05	16,86	15,69	14,52	13,34
7	22,05	20,82	19,60	18,37	17,15	15,93	14,71
8	23,25	22,00	20,75	19,50	18,25	17,00	15,75
9	24,15	22,89	21,62	20,36	19,09	17,82	16,56
10	24,84	23,56	22,29	21,02	19,74	18,46	17,18
11	25,37	24,09	22,82	21,54	20,25	18,97	17,68
12	25,79	24,51	23,23	21,95	20,66	19,37	18,08
13	26,13	24,85	23,56	22,28	20,99	19,69	18,40
14	26,40	25,12	23,84	22,55	21,26	19,96	18,66
15	26,63	25,34	24,06	22,77	21,48	20,18	18,88

hesaplanmıştır. 89.M.060 klonu, 1. bonitet sınıfı ve 4,5 m<sup>2</sup>/ağaç (2222 ağaç/ha) için elde edilen hasılat tablosu Tablo 7'de verilmiştir.



Şekil 3. 89.M.060 klonu için bonitet sınıfları  
Figure 3. The site quality curves for 89.M.060 clone

Tablo 7. 89.M.060 klonu için hasılat tablosu (Bonitet Sınıfı:1 - Dikim Sıklığı: 4,5 m<sup>2</sup>/ağaç)  
Table 7. Yield table for 89.M.060 clone (Site Class: 1 - Spacings: 4,5 m<sup>2</sup>/tree)

Yaş	Orta Ağaç				Meşcere				Yaş
	Göğüs Çapı (cm)	Ağaç Boyu (m)	Ağaç Hacmi (dm <sup>3</sup> )	Göğüs Yüzeği (m <sup>2</sup> /ha)	Ağaç Hacmi (m <sup>3</sup> /ha)	Yon. Od. Hacmi (m <sup>3</sup> /ha)	Ortalama Artım (m <sup>3</sup> /ha/yıl)	Cari Artım	
	3	9,5	10,3	39,3	15,91	87,276	77,872	29,092	
4	12,1	14,2	80,0	25,60	177,809	167,450	44,452	90,533	4
5	14,0	17,1	124,0	34,30	275,473	264,007	55,095	97,664	5
6	15,4	19,2	165,1	41,60	366,791	354,163	61,132	91,318	6
7	16,5	20,8	201,1	47,64	446,919	433,171	63,846	80,128	7
8	17,4	22,0	232,0	52,65	515,532	500,756	64,441	68,613	8
9	18,0	22,9	258,3	56,85	573,974	558,275	63,775	58,442	9
10	18,6	23,6	280,8	60,44	623,946	607,425	62,395	49,972	10
11	19,1	24,1	300,2	63,54	667,020	649,767	60,638	43,074	11
12	19,5	24,5	317,1	66,26	704,509	686,600	58,709	37,488	12

### 3.4. Klonlara göre artım ve büyüme ilişkileri

#### 3.4.1. Meşcere orta çap gelişimleri

Meşcere orta ağacı göğüs çapı ( $d_{1,3}$ ) ağaç boyu (h), ağaç yaşı (y) ve bir ağaca düşen yaşam alanına (s) göre değişmektedir. Klonlara göre meşcere orta ağacı göğüs çapını belirlemek amacıyla,  $d = f(h, y, s)$  modeli uyarınca regresyon analizleri yapılmıştır. 89.M.060 klonu için seçilen regresyon eşitliğine ait bazı istatistik parametreler Tablo 8'de verilmiştir. Seçilen regresyon eşitlikleri çözdürülerek, meşcere

re orta çapları belirlenmiş ve hasılat tablolarında gösterilmiştir. Hasılat tablolarından alınan meşcere orta çapı gelişimleri, 89.M.060 klonu için, bonitet sınıfı, dikim aralığı ve yaşa göre Şekil 4'te gösterilmiştir.

Meşcere orta çap gelişimi ile dikim aralığı arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmakta, ağaç başına düşen yaşam alanı genişledikçe, meşcere orta çap değerleri de büyümektedir. Bunun yanında, dikim aralıklarına göre meşcere orta çapları arasındaki farklar bonitet sınıfı iyileştikçe artmaktadır. Şe-

kil 4'te görüldüğü üzere, en dar ve en geniş dikim aralıkları arasındaki çap farkları I. bonitette daha fazla iken III. bonitette daha az olmaktadır.

Tablo 8. 89.M.060 klonu için meşcere orta ağacı göğüs çapı regresyon eşitlikleri ve istatistik parametreleri  
Table 8. Coefficients and some statistics of the regression equation for estimating stand mean diameter for 89.M.060 clone

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans
Regresyon	4	12823,735	3205,934
Hata	363	863,318	2,378287
Toplam	367	13687,053	

Regresyon Katsayıları	t Değeri	Bağımsız Değişkenler
$a_0$	+ 3,827	Sabite
$a_1$	+ 5,305***	h
$a_2$	- 3,163**	$h^2$
$a_3$	+ 5,643***	$\ln(y)$
$a_4$	+ 13,300***	$h^2s$

F = 1348,001\*\*\*       $R^2 = 0,937$       n = 368

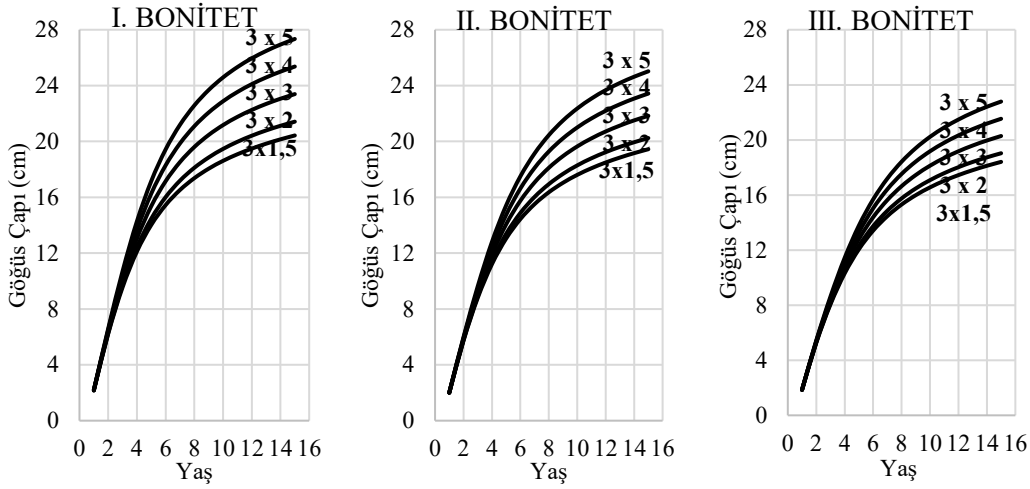
Çap (n) =  $a_0 + a_1 h - a_2 h^2 + a_3 \ln(y) + a_4 h^2s$

### 3.4.2. Meşcere boy gelişimi

Meşcere boyu dikim aralığından etkilenmediği için sadece bonitet sınıfı ve yaşa göre farklılık göstermekte ve meşcerede üst boy – orta boy farklılaşması olmamaktadır. Dolayısıyla elde edilen bonitet eğrileri, meşcereyi orta boy yönünden temsil etmektedir. Bu nedenle, ana bonitet eğrilerinin kestirilmesinde kullanılan regresyon eşitliklerini kullanarak; meşcere orta boyları, her bir klon için ayrı ayrı olmak üzere, yaş ve bonitet sınıflarına göre belirlenmiştir.

### 3.4.3. Meşcere hacim gelişimi

Ağaç veya meşcere hacimleri, gövde odunu ile dal odunu hacimlerinin toplamından oluşmaktadır. Bu çalışmada, görece dar dikim aralıklarında tesis edildiğinden, dal odunları ticari olarak değerlendirilebilecek kalınlıkta olmadığı için ıskarta odun niteliğindedir. Bu nedenle, meşcere hacminin hesaplanmasında sadece gövde hacimleri dikkate alınmıştır.



Şekil 4. 89.M.060 klonu için bonitet, yaş ve sıklığa göre meşcere orta çapı gelişimi  
Figure 4. Stand mean diameter growth curves according to spacings, age and site classes for the 89.M.060 clone.

Meşcere hacimleri klon, bonitet sınıfı, dikim aralığı ve yaşa göre değişmektedir. Her bir yaştaki çap ve boy değerlerine göre, klonlara göre ayrı ayrı belirlenen regresyon eşitlikleri yardımıyla meşcere orta ağacı hacimleri belirlenmiştir. Meşcere orta ağacı hacmi ile birim alandaki ağaç sayıları çarpılarak, meşcere hacimleri hesaplanmış ve hasılat tablolarında verilmiştir.

89.M.060 klonu için, hasılat tablolarından alınan 8. yaşa ait meşcere hacmi değerleri, bonitet sınıfı ve dikim aralığına göre, Tablo 9 ve Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 5'te görüldüğü üzere, dikim aralığı arttıkça, meşcere orta çapı azalmasına rağmen

meşcere hacmi giderek artmaktadır. Dikim aralıklarına göre meşcere hacimleri arasındaki farklar, bonitet sınıfı iyileştikçe de artmaktadır.

Dikim aralıkları aynı olmakla birlikte, bonitet sınıfı iyileştikçe, meşcere orta çapı kalınlaştığı ve ağaç boyu arttığı için, meşcere hacmi de artmaktadır. Aynı bonitet sınıfında, dikim aralığı daraldıkça, meşcere orta çapı azalmasına rağmen ağaç sayısı arttığı için, meşcere hacimleri giderek artmaktadır.

### 3.4.4. Meşcere hacim artımları gelişimi

5 kavak klonu, 3 bonitet sınıfı ve 5 değişik dikim

aralıkları için düzenlenmiş olan hasılat tablolarında, meşcere hacimlerine göre yıllık cari artım ve genel ortalama artım miktarları yer almaktadır. I-214, I-45/51, SAMSUN, İZMİT ve 89.M.060 klonlarına göre, yıllık cari artımın ve genel ortalama artımın en yüksek düzeye ulaştığı yıllar ve miktarları Tablo 10 – 14’te verilmiştir. 89.M.060 klonu için yıllık cari artım ve genel ortalama artım gelişimleri Şekil 6’da gösterilmiştir.

Yıllık cari hacim artımı (YCA), birbirini izleyen her yaş basamağına ait meşcere hacimleri arasındaki farka denilmektedir. YCA, “S” eğrisi şeklinde gelişim gösteren meşcere hacminin, alt bölümünde yer alan iç bükey noktada en yüksek değere ulaşmaktadır.

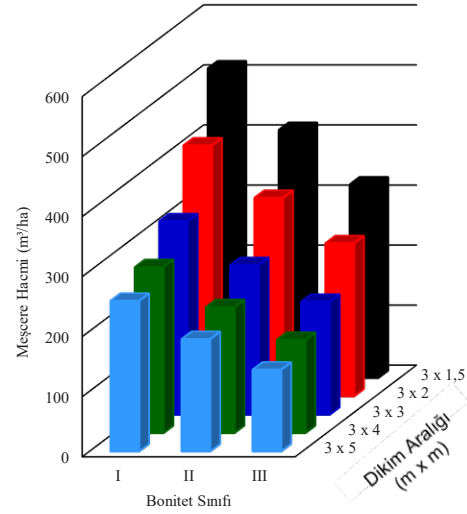
Genel ortalama hacim artımı (GOA), dikili ağaçların hacimleri ile o güne kadar meşcereden ayrılmış ağaçların hacimleri toplamının, ait olduğu meşcerenin yaşına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Kavak ağaçlandırmalarında, işletme amacına göre meşcere sıklığı başlangıçta oluşturulduğu için, aralama veya herhangi bir nedenle ayrılan meşcere söz konusu değildir. Genel ortalama artım, “S” eğrisinin üst bölümünde yer alan dış bükey noktada en yüksek düzeye ulaşmakta ve yıllık cari artım eğrisiyle kesişmektedir.

Tablo 10 – 14’te ve Şekil 6’da görüldüğü üzere, YCA ve GOA; bonitet sınıfı iyileştikçe daha yüksek değerlere çıkmakta ve dikim aralığı daraldıkça daha erken yaşlarda en yükseğe ulaşmaktadır.

Tablo 9. 8. yaşta bonitet ve sıklığa göre meşcere hacimleri

Table 9. Stand volumes for poplar clones according to site classes and spacings at 8th age

Klon Adı	Bonitet Sınıfı	Meşcere Hacmi (m <sup>3</sup> /ha)				
		Ağaç Sayısı (ağaç/ha) ve Dikim Aralığı				
		2222 3 x 1,5	1667 3 x 2	1111 3 x 3	833 3 x 4	667 3 x 5
I-214	I	355,1	301,4	251,7	231,0	222,1
	II	308,4	255,5	204,8	181,7	169,8
	III	257,2	208,6	161,1	138,5	126,0
I-45/51	I	292,9	248,7	205,3	183,8	170,8
	II	233,0	199,6	167,0	151,2	141,6
	III	184,0	159,0	135,0	123,5	116,6
SAMSUN	I	400,1	329,4	260,4	228,6	212,0
	II	320,4	259,1	199,1	170,5	154,8
	III	243,2	193,8	145,1	121,5	108,0
İZMİT	I	384,6	324,8	269,0	245,3	234,6
	II	353,2	290,6	230,2	202,3	187,7
	III	309,2	249,0	189,9	161,5	145,5
89.M.060	I	515,5	417,8	321,9	276,1	250,6
	II	412,9	330,4	249,0	209,4	186,8
	III	322,3	254,8	187,9	155,0	135,9



Şekil 5. 89.M.060 klonu için bonitet ve sıklığa göre 8. yaşta meşcere hacmi gelişimleri

Figure 5. Stand volumes for 89.M.060 clone at 8th age

#### 4. Tartışma ve Sonuç

20. yüzyıldaki dünya savaşları sonrasında, ülkelerin hızlı büyüme istekleri ve nüfus artışı odun hammaddesi tüketimini giderek artırmıştır. Artan talebin doğal ormanlardan karşılanmasının sürdürülebilir olmadığı öngörülmüş ve başta kavak olmak üzere söğüt, okaliptüs, çam türleri gibi bazı hızlı gelişen orman ağacı türleriyle, kitlesel üretime yönelik endüstriyel ormancılığın ve ağaçlandırmaların geliştirilmesi önem kazanmıştır. Dünyadaki odun işleyen sanayiler, doğal ormanlardan istihsal edilen “kalın çaplı ve kaliteli” emvale dayalı teknolojilerini, “ince çaplı ve kitlesel” oduna dayalı teknolojiye dönüştürmüşlerdir.

Türkiye’de 1950’li yıllarda başlayan yabancı kavak klonu kültür çalışmaları, o zamanki teknolojiye ve kavak odununa olan talep yapısına göre şekillenmiştir. Kavak ağaçlandırmalarında kalın çaplı ve kaliteli kavak odunu üretimi amaçlandığı için, geniş dikim aralıklarının uygulandığı üretim sistemi yaygınlaşmıştır. Son yıllarda ülkemizde, özellikle levha sektörünün yaptığı yatırımlarla, ince çaplı odun hammaddesi talebi olağanüstü miktarlara ulaşmıştır. Bu talebi karşılamada ve kağıt sektörünün canlandırılmasında, ince çaplı kavak odunu üretimi önem kazanmıştır. Kitlesel kavak odunu üretim miktarını artırmak için, görece dar dikim aralıklarında tesis edilen ve daha kısa idare süreli kavak ağaçlandırmalarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, beş kavak klonu için; gövde hacim tabloları, bonitet endeksleri, üç bonitet sınıfı ve

Tablo 10. I-214 klonunda en yüksek genel ortalama artım ve yıllık cari artım miktarları ve yılları  
Table 10. The maximum mean and current annual increments amounts and years in the I-214 clone

m <sup>2</sup> /ağ	En Yüksek Genel Ortalama Artım						En Yüksek Yıllık Cari Artım					
	I. Bonitet		II. Bonitet		III. Bonitet		I. Bonitet		II. Bonitet		III. Bonitet	
	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl
4,5	44,871	7	38,765	9	33,879	10	70,104	4	60,747	5	53,033	6
6,0	37,746	7	32,396	9	28,090	11	59,210	5	50,679	6	43,593	7
9,0	31,468	8	26,569	10	22,656	12	49,297	5	41,361	6	35,033	7
12,0	28,917	9	24,155	11	20,314	13	45,035	5	37,182	6	31,107	8
15,0	28,006	9	23,142	11	19,240	13	43,081	5	35,837	7	29,687	8

Tablo 11. I-45/51 klonunda en yüksek genel ortalama artım ve yıllık cari artım miktarları ve yılları  
Table 11. The maximum mean and current annual increments amounts and years in the I-45/51 clone

m <sup>2</sup> /ağ	En Yüksek Genel Ortalama Artım						En Yüksek Yıllık Cari Artım					
	I. Bonitet		II. Bonitet		III. Bonitet		I. Bonitet		II. Bonitet		III. Bonitet	
	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl
4,5	36,616	8	29,215	9	23,107	9	53,714	4	44,650	5	35,674	5
6,0	31,087	8	25,076	9	20,018	9	44,877	4	38,031	5	30,794	6
9,0	25,660	8	21,076	9	17,073	9	37,015	5	31,575	5	26,353	6
12,0	22,990	9	19,153	9	15,685	9	33,254	5	28,736	6	24,335	6
15,0	21,449	9	18,012	9	14,874	9	31,004	5	27,295	6	23,223	6

Tablo 12. SAMSUN klonunda en yüksek genel ortalama artım ve yıllık cari artım miktarları ve yılları  
Table 12. The maximum mean and current annual increments amounts and years in the SAMSUN clone

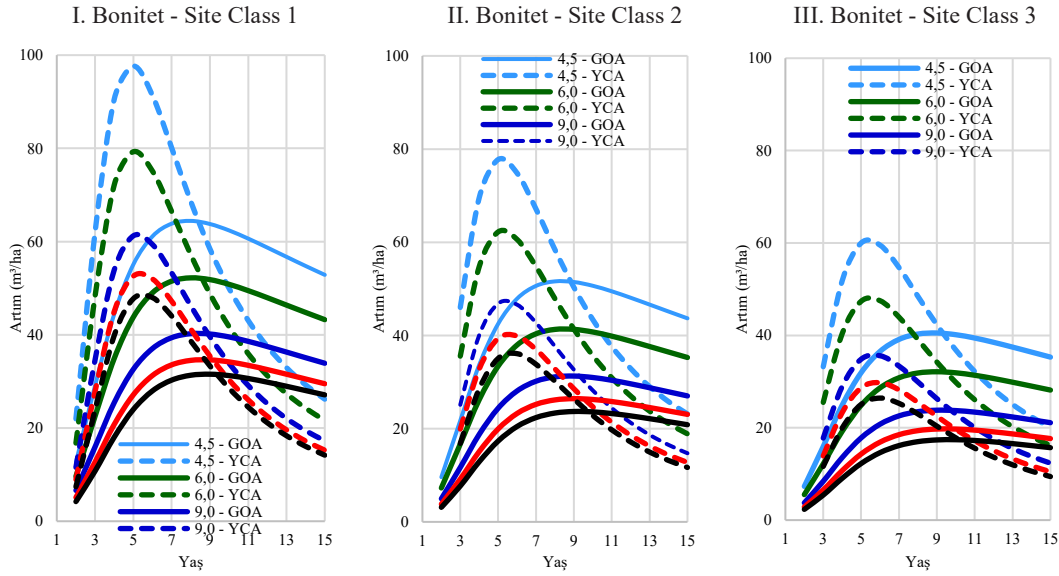
m <sup>2</sup> /ağ	En Yüksek Genel Ortalama Artım						En Yüksek Yıllık Cari Artım					
	I. Bonitet		II. Bonitet		III. Bonitet		I. Bonitet		II. Bonitet		III. Bonitet	
	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl
4,5	50,361	7	40,044	8	30,560	9	81,211	5	64,067	5	48,063	6
6,0	41,179	8	32,383	8	24,482	9	66,257	5	51,488	5	38,581	6
9,0	32,553	8	24,885	8	18,496	9	51,667	5	39,092	5	29,231	6
12,0	28,648	9	21,457	9	15,684	10	44,788	6	33,593	6	24,709	6
15,0	26,795	9	19,621	9	14,127	10	42,268	6	30,933	6	22,146	6

Tablo 13. İZMİT klonunda en yüksek genel ortalama artım ve yıllık cari artım miktarları ve yılları  
Table 13. The maximum mean and current annual increments amounts and years in the IZMIT clone

m <sup>2</sup> /ağ	En Yüksek Genel Ortalama Artım						En Yüksek Yıllık Cari Artım					
	I. Bonitet		II. Bonitet		III. Bonitet		I. Bonitet		II. Bonitet		III. Bonitet	
	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl
4,5	50,509	6	44,580	7	38,647	8	81,975	4	69,508	5	60,476	5
6,0	41,754	6	36,383	7	31,220	9	66,969	4	57,004	5	48,284	5
9,0	33,952	7	28,778	8	24,059	9	52,317	4	44,824	5	36,775	6
12,0	30,658	8	25,337	9	20,739	10	47,475	5	39,090	5	31,771	6
15,0	29,330	8	23,685	9	18,965	10	45,474	5	35,975	5	29,006	6

Tablo 14. 89.M.060 klonunda en yüksek genel ortalama artım ve yıllık cari artım miktarları ve yılları  
Table 14. The maximum mean and current annual increments amounts and years in the 89.M.060 clone

m <sup>2</sup> /ağ	En Yüksek Genel Ortalama Artım						En Yüksek Yıllık Cari Artım					
	I. Bonitet		II. Bonitet		III. Bonitet		I. Bonitet		II. Bonitet		III. Bonitet	
	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl	m <sup>3</sup> /ha	yıl
4,5	64,441	8	51,614	8	40,509	9	97,664	5	77,757	5	59,993	5
6,0	52,221	8	41,311	9	32,119	9	79,282	5	62,225	5	47,504	6
9,0	40,239	8	31,290	9	23,796	9	61,236	5	46,858	5	35,587	6
12,0	34,617	9	26,442	9	19,720	9	52,588	5	39,883	6	29,766	6
15,0	31,548	9	23,689	9	17,408	10	47,982	6	36,102	6	26,415	6



Şekil 6. 89.M.060 klonu için bonitet sınıflarına göre genel ortalama artım ve yıllık cari artım gelişimi  
Figure 6. Mean and current annual increments curves for 89.M.060 clone by and different site classes spacings

beş değişik dikim aralığına göre, değişken sıklık hasılat tabloları düzenlenmiştir. Ağaç ve meşcere unsurları, denemelerden elde edilen veriler kullanılarak, alometrik yöntemler yardımıyla istatistik fonksiyonlar halinde elde edilmiştir. Hasılat tablolarında, meşcere hacmi ve yıllık cari artım ile genel ortalama artımın en yüksek olduğu yıllar belirlenmiştir.

Çalışmada, tescil edilmiş I-214, I-45/51, SAMSUN (I-77/51) ve İZMİT (S.307-26) klonları ile henüz tescil edilmemiş 89.M.060 klonu olmak üzere, 5 farklı kavak klonu kullanılmıştır. İzmit Orman Fidanlığı ve Meriç Kavak Ağaçlandırma Sahası'nda tesis edilen denemelerde 3m x 1,5m (4,5 m<sup>2</sup>/ağaç), 3m x 2m (6,0 m<sup>2</sup>/ağ), 3m x 3m (9,0 m<sup>2</sup>/ağ), 3m x 4m (12,0 m<sup>2</sup>/ağ) ve 3m x 5m (15,0 m<sup>2</sup>/ağ) genişliğinde olmak üzere, 5 değişik dikim aralığı uygulanmıştır.

Her klon için tek kabuk kalınlığı (TKK = f (Kesit Çapı, Kesit Yüksekliği)) fonksiyonunu kullanarak, ara yaşlara ait kabuklu kesit çapları hesaplanmış, her bir ağaç için yaş sayısı kadar kabuklu çap verileri elde edilmiştir.

Denemelerde gözlemlenen ve örneklenen ağaçlarda, istisnai durumlar hariç, gövdeden 1m uzaklıkta, çapı 5 cm'den kalın olan ve ticari olarak değerlendirilebilecek ağaç dalları elde edilemediği için, ağaçlardaki dal hacimleri ihmal edilmiştir. Dolayısıyla gövde hacmi aynı zamanda ağaç hacmine karşılık gelmektedir.

Gövde hacim tablosu düzenlemek amacıyla, tüm klonlar için, Gövde Hacmi = f (Çap, Boy) fonksiyonu uyarınca çoğul regresyon analizleri yapılmış-

tır. Elde edilen model Sahil Çamı (Özcan, 2003) ve I-45/51 ile SAMSUN kavak klonları için (Koçer ve ark., 2007a; Koçer ve ark., 2007b) gövde hacim tablolarının düzenlenmesinde de kullanılmıştır.

Çalışmada, ince çaplı ve kitlesel kavak odunu üretimi amaçlandığı için, dar dikim aralığındaki kavak ağaçlandırmalarından sadece yongalık odun ürün çeşidi elde edilebileceği kabul edilmiştir. Bu nedenle, çalışma kapsamında yongalık ve iskar-ta odun miktarlarını belirlemek amacıyla, önceki yıllarda yapılan çalışmalardan yararlanılmıştır (Birler, 1986; Koçer ve ark., 2007a; Koçer ve ark., 2007b).

Tüm kavak klonları için üç bonitet sınıfına göre, ağaç boyu (h) bağlı değişken, ağaç yaşı (y) serbest değişken kabul edilerek, h = f (y) modeli uyarınca çoğul regresyon analizleri yapılmıştır. En yüksek boy büyümesi 89.M.060, en az boy büyümesi I-45/51 klonunda olmuştur.

Standart yaş, I-214 melez kavak ağaçlandırmaları için 15 (Birler, 1986), *Eucalyptus. camaldulensis* ağaçlandırmalarında ise 12 yıl alınmıştır (Birler ve ark., 1995). Bu çalışmada genel ortalama artımın 6 – 10 yaş arasında en yüksek düzeye ulaşması öngörüldüğü için, bonitet tablosunun düzenlenmesinde standart yaş 8 olarak alınmıştır.

Göğüs çapı gelişimi, klon ve dikim sıklıkları için, Çap = f (Boy, Sıklık, Yaş) fonksiyonu uyarınca ayrı ayrı belirlenmiştir. En yüksek çap gelişimi 89.M.060, en az çap gelişimi I-45/51 klonunda olmuştur.

Tüm kavak klonlarına ait meşcere orta ağaç hacmi; bonitet sınıfı, dikim aralığı ve yaşa göre seçilmiş modeller yardımıyla belirlenmiştir. Ağaç hacmi ile birim alandaki ağaç sayısı çarpılarak, meşcere hacimleri ve yongalık odun miktarları hesaplanmıştır. Hasılat tablolarında meşcere hacimlerine göre genel ortalama artım (GOA) ve yıllık cari artımlar (YCA) ve bunların en yüksek düzeye ulaştığı yaşlar belirlenmiştir.

Klonlar, artım ve büyüme bakımından genel olarak değerlendirildiğinde; *P. deltoides* klonları (89.M.060, SAMSUN, İZMİT), *P.x euramericana* klonlarına (I-214, I-45/51) nazaran daha iyi gelişim göstermişlerdir.

En yüksek GOA ve YCA değerlerine I. bonitet sınıfında ve 4,5 m<sup>2</sup>/ağaç (2222 ağaç/ha) dikim aralığında ulaşılmıştır. Klonlar arasında GOA ve YCA miktarları en yüksek 89.M.060 klonunda, en düşük ise I-45/51 klonunda elde edilmiştir. En yüksek YCA, 89.M.060 klonunda, 5. yaşta, I. bonitet sınıfında ve 3m x 1,5m dikim aralığında 97,8 m<sup>3</sup>/ha/yıl olarak belirlenmiştir. I-45/51 klonunda en yüksek YCA, 53,7 m<sup>3</sup>/ha/yıl ile 4. yaşta elde edilmiştir. En yüksek GOA değerine, 89.M.060 klonunda 64,4 m<sup>3</sup>/ha/yıl, I-45/51 klonunda ise 36,6 m<sup>3</sup>/ha/yıl ile 8. yaşta ulaşılmaktadır.

Çalışmada en dar dikim sıklığı olarak 4,5m<sup>2</sup>/ağaç (3m x 1m – 2222ağaç/ha) uygulanmış, en yüksek artımlara ve meşcere servetlerine bu sıklıkta ulaşılmıştır. Benzer sonuçlar endüstriyel Kızılçam ağaçlandırmalarında da elde edilmiştir (Erkan ve Aydın, 2016). Daha dar dikim sıklığı uygulanmış olsaydı, büyüme kanuniyetlerine göre, meşcere hacmi daha yüksek elde edilebilirdi. Ancak 6 – 8 yıllık bir idare süresi sonunda artımları ve elde edilen emvalin niteliği ve kullanım alanı konusunun ayrıca irdelenmesi gerekmektedir.

İdare süreleri, genellikle biyolojik, teknik, fiziki ve ekonomik şeklinde gruplandırılmaktadır. İdare süreleri ağaç türü, yetiştirme ortamı koşulları ve işletme amaçlarına (ürün çeşidi, en yüksek odun hasılatı, en yüksek karlılık vb.) göre değişmektedir (Eraslan, 1982; Türker, 2008; Daşdemir, 2013).

Genel ortalama artımın (GOA) en yüksek olduğu yaşa “en yüksek odun hasılatını veren idare süresi” denilmektedir (Fırat, 1971; Birler, 1986). En yüksek odun hasılatının sağlanması amacıyla idare süreleri belirlenirken, çoğunlukla GOA miktarları ve bunların en yüksek olduğu yaşlar üzerinde durulmaktadır. Ancak yıllık cari artımın (YCA) en yüksek olduğu yaş da idare sürelerini etkilemektedir. Toplam meşcere hacmi, YCA’ların toplamından oluşmaktadır ve doğrusal değildir. YCA meş-

cere hacminin türevidir.

Ekonomi bilimindeki toplam üretim fonksiyonu, “S” eğrisi biçiminde gelişim göstermekte, ortalama üretim, toplam üretimin kullanılan üretim faktörüne bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Marjinal üretim ise, üretim faktörlerindeki artışa karşılık, toplam üretimde oluşan değişime denilmektedir (Geray, 1991). Bu tanımlamaya göre; toplam üretim, ortalama üretim ve marjinal üretim, sırasıyla ormancılıkta toplam meşcere hacmi, GOA ve YCA’ya karşılık gelmektedir.

Endüstriyel ağaçlandırmalar, kitlesel odun hammaddesi üretimine yönelik hızlı gelişen ağaç türleriyle kurulan ticari amaçlı yatırımlardır (Koçer, 2006). Endüstriyel ağaçlandırmalarda, çıktıları (gelirleri) artırmak için yoğun kültür teknikleri ve girdileri (maliyetleri) azaltmak için mekanizasyon kullanılmakta, bir başka deyişle sermaye yoğun teknolojiler uygulanmaktadır.

Kavak ağaçlandırmaları, sulanabilir tarım arazilerinde özel kişiler tarafından yapılan ve odun üretimini amaçlayan işletmelerdir. Bu nedenle, kavak ağaçlandırmalarında odun üretiminin yapılabilirliği ve sürdürülebilirliği, ticari açıdan sağlanacak başarıya, bir başka deyişle, karlılık düzeyine bağlıdır. Kavak ağaçlandırmalarında idare sürelerinin fiziki değişkenlerle, yani genel ortalama ve yıllık cari artımlara göre karar vermek yeterli değildir. Bu nedenle, kavak yetiştiricisinin (girişimcinin) değişik işletme amaçlarına göre farklılık gösteren üretim modellerinin seçimi için ekonomik analizlerin yapılması gerekmektedir. Dolayısıyla kavak ağaçlandırma işletmelerinde idare sürelerine karar vermede ekonomik ölçütler kullanılmalıdır.

Kavak ağaçlandırmaları, karlılığı amaçlayan yatırımlar olduğu için, üretim modeline ve idare sürelerine karar vermede, ticari karlılık analiz ölçütleri kullanılmalıdır. Bu çalışma kapsamında yer alan 5 kavak klonu ve 5 değişik dikim aralığına ve 3 bonitet sınıfı için, İç Karlılık Oranı (İKO) ve Net Bugünkü Değer (NBD) ölçütlerine ticari karlılık analizleri yapılmıştır. İdare sürelerinin GOA’ya göre değil, İKO ölçütüne göre karar verilmesi önerilmiştir (Koçer ve Kara, 2021).

Endüstriyel kavak ağaçlandırmalarında, işletme amaçlarına göre değişik dikim aralığı uygulanabilirdiği için, farklı idare sürelerinin belirlenmesi söz konusu olmaktadır. Soymalık ve kerestelik tomruk üretimini amaçlayan ve geniş dikim aralığı (16 m<sup>2</sup>/ağaç – <) uygulanan modelde; idare süreleri değişik bonitet sınıfı ve dikim aralıklarına göre 8 – 15 yıl arasında değişmektedir (Birler, 1986; Koçer, 1999). Bu çalışmanın konusunu oluşturan ve levha



ile kağıt sektörünün talebine uygun odun üretimi modelinde, görece daha dar dikim aralığı (4,5 – 15,0 m<sup>2</sup>/ağaç) uygulandığı için, idare süreleri değişik bonitet sınıfı ve dikim aralıklarına göre 5 – 12 yıl arasında belirlenmiştir.

Teorik biyoetanol verimi, üretim miktarı ve idare süreleri dikkate alındığında, kavak ağacının performansının yüksek olduğu ve biyoetanol üretimi için uygun bir materyal olduğu ortaya konulmuştur (Gürboy ve ark., 2008). Odunun *tüketim mali* (ısınma ve pişirme) olarak değil, enerji üretiminde katma değer yaratan *ara mali* şeklinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Enerji sektörünün talebine uygun kavak odunu üretiminin amaçlanması durumunda; dikim aralıklarını daha da daraltarak (1,0 – 4,5 m<sup>2</sup>/ağaç) idare sürelerini 2 – 5 yıl aralığına indirmek mümkün olabilecektir.

Kavak ağaçlandırmalarında kullanılan klonlar, girişimcinin talep ve beklentilerine göre değişmekte, daha hızlı büyüyen ve daha çok gelir getiren veya karlılık sağlayan klonlara yönelmektedir (Bozkurt ve ark., 2018). Dolayısıyla yeni kavak klonlarının geliştirilmesi, tescilli ve yaygınlaştırılması gerekmektedir. 89.M.060 klonu, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü tarafından, 1989 yılında yapılan *P. deltoides* melezlerinin çaprazlamaları sonucunda ülkemizde selekte edilmiştir (Tunçtaner, 2008; Tunçtaner ve ark., 1992). Bu çalışma kapsamında incelenen 89.M.060 klonu, diğer tescilli klonlara göre daha hızlı büyüme ve karlılık düzeyine sahiptir (Koçer ve Kara 2021). Ayrıca diğer klonlara göre zararlılara karşı daha dirençli (Uluer ve ark., 2008) ve teknolojik özellikler bakımından tatminkar (Akkılıç, 2019) olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, *89.M.060 klonunun* ulusal ve uluslararası tescilli yapılmalıdır.

#### Açıklama

Bu makale; OGM, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından 2002 – 2019 yılları arasında yürütülen İZT – 357 (5306) numaralı “Dar Dikim Aralıklarında Kurulan Kavak (*P.x euramericana* ve *P. deltoides* Klonları) Ağaçlandırmalarının Hasılatı ve Ekonomisi” adlı araştırma projesi sonuç raporunun bir bölümünün özetinden oluşmaktadır. Tüm klonlara ait özgün hasılat tabloları, şekil ve diğer tablolar, araştırma projesi sonuç raporundan elde edilebilir.

#### Kaynakça

Acar, O., Özdal, M. H., 1973. Ağır Topraklarda Yetişen Üç Melez Kavak Klonu Üzerinde Verim Araştırmaları. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yayını, Yıllık Bülteni No: 8, İzmit.

Akalp, T., 1978. Türkiye’deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. İ.Ü. Yayın No: 2843, Orman. Fak. Yayın No: 261, İstanbul.

Akkılıç, H., 2019. Farklı bölgelerde, farklı dikim aralıkları ile tesis edilmiş bazı kavak klonlarının teknolojik özellikleri. TMKK IX. Genel Kurul Toplantısı, 17 – 18 Nisan 2019, Afyonkarahisar.

Birler, A. S., 1986. “I-214” Melez Kavağı Ağaçlandırmalarında Hasılat Araştırmaları. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, İzmit.

Birler, A. S., 2010. Türkiye’de Kavak Yetiştirme. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yayını, İzmit.

Birler, A. S., Koçar, S., Avcıoğlu, E., Diner, A., Gürses, K., Gülbaba, G., 1995. Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Ağaçlandırmalarında Hacim ve Kuru Madde Hasılatı. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No: 171, İzmit.

Birler, A.S., Yüksel, Y., 1983. Sahil Çamı Ağaçlandırma Meşcerelerinde Hasılat Araştırması. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yayını, Yıllık Bülteni No: 19, İzmit.

Birler, A. S., Usta, H., Yüksel, Y., 1983. Karakavaklar (Asya servi kavağı) İçin Hacim Tablosu. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yayını, Yıllık Bülteni No: 19, İzmit.

Bozkurt, A., Daşdemir, İ., Karakaya, S., Şahin, H. A., 2018. Sakarya İli Kavak Üreticilerinin İş Doyumunu Etkileyen Faktörler. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Proje Sonuç Raporu, İzmit.

Daşdemir, İ., 2013. Ormanlık İşletme Ekonomisi. ISBN: 978-605-60882-8-5, Bartın Ü. O.F. Yayın No: 10/6, Bartın.

Dedebaş, T., 2019. Ağaç bazlı panel sektörü, tespit ve çözüm yolları. TMKK IX. Genel Kurul Toplantısı, 17 – 18 Nisan 2019, Afyonkarahisar.

Eraslan, 1982., Orman Amenajmanı. İ. Ü. Yayın No: 3010, Orman Fak. Yayın No: 318, İstanbul.

Erkan, N.; Aydın, A. C., 2016. Effects of spacing on early growth rate and carbon sequestration in *Pinus brutia* Ten. plantations. Forest Systems, Volume 25 (2), e064. <http://dx.doi.org/10.5424/fs/2016252-09290>

FAO, 1968. Institut du Peuplier Turquie. Rapport Generale, Volume 1, Rome

FAO, 2018. Yearbook of Forest Products, 2012 – 2016. ISBN 978-92-5-130642-0, ISSN: 1020-458X, Rome.

Fırat, F., 1971. Orman İşletme İktisadı. İ. Ü. Yayın No: 1541, Orman Fak. Yayın No: 156, İstanbul.

Fırat, F., 1973. Dendrometri. İ. Ü. Yayın No: 1800, Or-

man Fak. Yayın No: 195, İstanbul.

Gascon, R. J., Krinard, R. M., 1976 (Aktaran: Birler, 1986). Biological Response of Plantation Cottonwood to Spacing, Pruning, Thinning. Proceedings: Symposium on Eastern Cottonwood and Related Species. Louisiana State University, Baton Rouge, 70803 Louisiana.

Geray, U., 1991. Ekonomi. İ. Ü. Yayın No: 3633, Orman Fak. Yayın No: 408, ISBN 975-404-209-8, İstanbul.

Gürboy, B., Bayramoğlu, M., Koçer, S., 2008. Türkiye’de lignoselülozik biyokütle kaynağı olarak kavağın biyoetanol potansiyelinin değerlendirilmesi. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES’2008 17-19 Aralık 2008, İstanbul.

Kalıpsız, A., 1982. Orman Hasılat Bilgisi, İ. Ü. Yayın No: 3052, Orman Fak. Yayın No: 328, İstanbul.

Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İ.Ü. Yayın No: 3194, Orman Fak. Yayın No: 354, İstanbul.

Kalıpsız, A., 1988. İstatistik Yöntemler. İ.Ü. Yayın No: 3522, Orman Fak. Yayın No: 394, İstanbul.

Koçer, S., 1999. Ülkemizde Kavakçılığın Geliştirilmesinde Yeni Finansman Olanakları. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No: 190, İzmit.

Koçer, S., 2006. Endüstriyel ağaçlandırma yatırımlarının önemi, gerekliliği ve mali analizi (Sahil Çamı Örneği). Ormancılıkta Sosyo – Ekonomik Sorunlar Kongresi, 26 – 28 Mayıs 2006, Çankırı.

Koçer, S., Diner, A., Şener, G., 2007a. Samsun Kavağı (*Populus deltoides* Bartr.) İçin Hacim Tablosu Düzenlenmesi ve Yoğunluk Değerlerinin Belirlenmesi. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 204, İzmit.

Koçer, S., Kara, M. S., 2021. Dar dikim aralıklarında kurulan kavak (*P.x euramericana* ve *P. deltoides* klonları) ağaçlandırmalarının ekonomisi. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv., Türkiye Ormancılık Dergisi*, 2021 (22(3): 257-270.

Koçer, S., Şener, G., Diner, A., 2007b. I-45/51 (*P. x Euramericana* (Dode) Guinier Cv. “I-45/51”) Melez Kavağı İçin Hacim Tablosu Düzenlenmesi Ve Yoğunluk Değerlerinin Belirlenmesi. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten

No: 205, İzmit.

Özcan, B. G., 2003. Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ağaçlandırmalarında Artım ve Büyüme Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yayını, Teknik Bülten No: 195, İzmit.

Tunçtaner, K., 2003. Amerikan Karakavağı (*Populus deltoides* Bartr.)’nın Türkiye Kavakçılığındaki Yeri. TMKK VII. Olağan Kurulu, İzmit.

Tunçtaner, K., 2008. Kavaklarda Genetik Islah ve Seleksiyon. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Çeşitli Yayınlar Serisi No: 19, İzmit.

Tunçtaner, K., Tulukçu, M., Toplu, F., 1992. Kavaklarda Yapay Melezleme Çalışmaları (1987 – 1990). Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 1992-2/156, İzmit.

Türker, M. F., 2008. Ormancılık İşletme Ekonomisi. ISBN: 978-605-602-95-0-9, Derya Kitabevi, Trabzon.

Uluer, U., Selek, F., Özay, F. Ş., Karakaya, A., 2008. Bazı Kavak Klonlarının Pas Mantarına (*Melampsora alii – populina* Kleb.) Karşı Dirençlerinin Araştırılması. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No: 207, İzmit.

Usta, H. Z., 1982. Melez kavak *Populus x euramericana* (Dode) Guinier cv “I-214” klonu ile kurulmuş bazı kavaklıklarda göğüs çapı dağılımı. Yayınlanmamış rapor. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, İzmit.

Usta, H. Z., 1985. *Populus x euramericana* (Dode) Guinier cv “I-214” melez kavak klonunda dikim aralıkları denemeleri. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülten No: 21, s. 135 – 179, İzmit.

Usta, H. Z., 1990. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Ağaçlandırmalarında Hasılat Araştırmaları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 219.

Yavuz, H., Şentürk, N., 1998. Dişbudak ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Cumhuriyetimizin 75. Yılında Ormancılığımız Sempozyumu, s. 413 – 421, İstanbul.

Yeşil, A., 1992. Değişik Sıklık ve Bonitetdeki Kızılcım Meşcerelerinin Yaşa Göre Gelişimi, İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, basılmamış Doktora Tezi, İstanbul.

## Çap-boy modelleri için örnek ağaç seçim ölçütlerinin geliştirilmesi

### Development of sample tree selection criteria for diameter-height models

Niyazi ÖZÇANKAYA<sup>1</sup>

Serdar CARUS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü  
Müdürlüğü, İzmir

<sup>2</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Orman Fakültesi, Isparta

**Sorumlu yazar** (Corresponding author)

Niyazi ÖZÇANKAYA

niyaziozchankaya@ogm.gov.tr

**Geliş tarihi** (Received)

16.08.2022

**Kabul Tarihi** (Accepted)

02.11.2022

**Sorumlu editör** (Corresponding editor)

Neşat ERKAN

nesaterkan@yahoo.com

**Atıf** (To cite this article): Özçankaya, N. & Carus, S. (2023). Çap boy modelleri için örnek ağaç seçim ölçütlerinin geliştirilmesi . Ormanlık Araştırma Dergisi , 10 (1) , 61-79 . DOI: 10.17568/ogmoad.1162142

### Öz

Bu çalışmada plan ünitesi kapsamında kullanılacak çap-boy denklemlerinin düzenlenmesi için seçim yöntemi başarısı ve işlem süresi faktörleri gözeticilerle en uygun örnek ağaç seçim yöntemlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için aynıyaşlı ve saf kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinden seçilen 47 örnek alanda 1408 örnek ağaç ölçülmüştür. Örnek ağaçların seçimine ilişkin 54 farklı yöntem kurgulanmıştır. Her bir seçim yöntemi regresyon analizleri, başarı ölçüt setleri ve bağıl puanlama metotları ile değerlendirilmiş ve puanlarına göre sıralanmıştır. Seçim yöntemlerinin örnek alanlarda uygulanma süreleri en kısa yol optimizasyonları ve regresyon analizi yöntemleriyle hesaplanmıştır. En başarılı sonucu veren ve aynı zamanda uygulamadaki işlem süreleri en az olan seçim yöntemlerini belirlemek için Pareto optimal yöntem kullanılmıştır. Sonuç olarak, seçim yöntemleri içerisinde en başarılı yöntemin 16 numaralı, uygulama süresi en kısa olan ise 1 numaralı yöntem olduğu tespit edilmiştir. Her iki faktör de dikkate alındığında ise 07, 14, 15, 16, 51, 08, 43 ve 49 numaralı seçim yöntemlerinin optimal çözüm kümesini oluşturduğu ortaya konulmuştur. İdeal noktaya en yakın çözümün Weise orta ağacı ve ona en yakın konumdaki iki adet ağaçla çalışan 14 numaralı yöntem olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Orman envanteri, Hacim tabloları, Çap-boy modelleri, İş ölçümleri, Pareto optimal yöntem

### Abstract

In this study it is aimed to determine the optimal sample tree selection methods based on the success of the selection method and the processing time factors for the arrangement of the diameter-height equations within the scope of the plan unit. For this study, from the even-aged and pure red pine stands 1408 sampling trees were measured in the 47 sample areas. The selection of sample trees was designed by 54 different methods. The each selection method was evaluated with regression analysis, success criteria sets and relative scoring methods and ranked according to their scores. The processing times of the selection methods in the sample areas were calculated with the shortest path optimizations and regression analysis methods. The Pareto optimal method was used to determine the selection methods that gave the most successful results and at the same time have the shortest processing time. As a result, it was determined that method number 16 was the most successful method in scoring among the selection methods, while method number 1 was the shortest according to the processing time. When these two factors were both considered the 07, 14, 15, 16, 51, 08, 43 and 49 numbered selection methods constitute the optimal solution set. It has been determined that the nearest solution to the ideal point is the method number 14, which works with the Weise middle tree and the two trees closest to it.

**Keywords:** Forest inventory, Volume tables, Diameter-height models, Work measurements, Pareto optimal method



Creative Commons Atıf -  
Türetilemez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

## 1. Giriş

Orman işletmeleri sermayesinin temel unsurlarından birisi de meşcerelerde dikili halde bulunan ağaçların toplamı olarak tanımlanan dikili ağaç servetidir (Kalıpsız, 1984; Kapucu, 2004; Yavuz, 1999). Planlama, yönetim, üretim ve pazarlama çalışmaları için önemli bir meşcere parametresi olan dikili ağaç serveti (Kalıpsız, 1984; Yavuz, 1999; Sakıcı ve ark., 2018), uygulamada plan üniteleri kapsamında hazırlanan hacim tabloları ile hesaplanmaktadır.

Hacim tabloları ağaç türleri için, ağacın kolay biçimde ölçüm değerlerinin elde edilebileceği kısımlarının (çap ve boy gibi) birer bağımsız değişken olarak kullanıldığı denklemler ile üretilmektedir (Kalıpsız, 1984). Denklemler içeriğindeki değişken sayısına (Loetsch ve ark., 1973; Kalıpsız, 1984) ve kullanıldıkları alan büyüklüğüne göre (Köhl ve ark., 2006; Sakıcı ve ark., 2018) sınıflandırılmaktadır.

Göğüs çapı, kolay ölçülebilen ve başta hacim olmak üzere ağacın diğer özellikleri ile yüksek düzeyde ilişkili bir değişkendir (Vanclay, 1994; Şenyurt, 2012). Bu özellikleri sebebiyle ormancılık uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Orman amenajman planları çalışmalarında da göğüs çapının bir fonksiyonu olarak hacim değerini tahmin eden tek girişli dikili kabuklu gövde hacim tablosu (DKGHT) kullanılmaktadır. Doğru ve güvenilir hacim tablolarının kullanımı sürdürülebilir bir orman yönetimi ve uygulanabilir planlama açısından önemlidir.

Geçmiş plan içeriklerinde seksiyon yöntemiyle (örnek ağaçların kesilip bölümlere ayrılarak hacimlerinin hesaplandığı yöntemler) düzenlenmiş, gerek görüldüğü şartlarda revize edilmiş hacim tablolarına rastlamak mümkündür. Ancak güncel uygulamada hacim tabloları plan yapıcı tarafından plan ünitesi veya üniteleri için çift girişli hacim tablolarının tek girişliye dönüştürülmesi ile elde edilmektedir (OGM, 2017). Bu işlem çalışma alanı için geliştirilen “kabuklu göğüs çapı ( $d_{1,3}$ )-ağaç boyu ( $h$ )” (çap-boy denklemleri) denklemlerinin çift girişli hacim denklemlerine entegre edilmesi ile gerçekleşir.

Çap-boy denklemleri genellikle çapın bir fonksiyonu olarak ağaç boyunu tahmin edebilmek amacıyla kullanılmaktadır. Çap-boy denklemlerinin kullanım amaç ve yerleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Erkan ve ark., 2010; Özçelik ve Çapar, 2014; Carus ve Çatal, 2017):

- Büyüme ve hasılat tahminleri
- Simülasyonlar

- Orman amenajman planlarının düzenlenmesi
- Bonitet endeksi
- Meşcere yapısal analizi
- Zararların ortaya konması
- Büyüme dinamiklerinin belirlenmesi
- Biyokütle tahminleri
- Dikili satış işlemlerinde hacim tahminleri.

Literatürde farklı ağaç türleri ve meşcere yapıları için farklı formlarda modellerin geliştirildiği çok sayıda çalışma mevcuttur (Wykoff ve ark., 1982; Wang ve Hann, 1988; Huang ve ark., 1992; Colbert ve ark., 2002; Castedo Dorado ve ark., 2006; Lootens ve ark., 2007). Ülkemizde ise az sayıda rastlanan çap-boy denklemleri düzenlenmesine ilişkin çalışmalar (Özçelik ve Çapar, 2014) son yıllarda daha sık gözlenmektedir (Sönmez, 2009; Mısır, 2010; Çatal, 2012; Ercanlı ve ark., 2012; Aylak Özdemir, 2013; Carus ve Çatal, 2017; Ercanlı, 2020; Seki ve Sakıcı, 2022).

Çap-boy modellerinin aynı ağaç türü için bile türün tüm yayılış alanında geçerli olduğu söylenebilir. Bu nedenle ağaç boyundaki varyasyonu açıklamak için göğüs çapının yanında meşcere yaşı ve bonitet endeksi gibi parametrelerin de bağımsız değişken olarak modele dahil edildiği denklemler geliştirilmekte ve “genelleştirilmiş çap-boy modelleri” olarak adlandırılmaktadır (Larsen ve Hann, 1987; Soares ve Tome, 2002; Sharma ve Zhang, 2004). Meşcere parametrelerinin daha ayrıntılı çözümlendiği ve oldukça önemli bu modelleme çalışmaları birden fazla değişken ölçülmesi gerekliliği ve zorluğu göz önüne alındığında; pratik olması açısından sadece çapın bir fonksiyonu olarak boyu tahmin edecek “yöresel” çap-boy modellerinin geliştirilmesi de uygulama için ayrıca önem kazanmaktadır (Kalıpsız, 1984; Knowe, 1994; Carus ve Çatal, 2017). Plan üniteleri kapsamında düzenlenen çap-boy modelleri yöresel modeller içerisinde değerlendirilir.

Çap-boy denklemlerinin doğru sonuçlar vermesi özellikle ekonomik değeri yüksek ağaç türlerimiz için büyük önem taşımaktadır. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ekonomik ve ekolojik özellikleri ile ülkemiz için önemli asli ağaç türlerimiz başında gelmektedir. Kızılcım ormanları toplam 5.215.292 hektar yüzölçümü ile ülkemiz ormanlık alanlarının %22,74’ünü oluşturmaktadır (OGM, 2021). Ülkemizde Akdeniz ikliminin hâkim olduğu Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgelerinde özellikle kıyıya bakan yamaçlarda geniş ve saf ormanlar kurmaktadır (Neyişçi, 1987).

Orman planlama çalışmaları “Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Dü-

zenlenmesine Ait Usul ve Esaslar” isimli 299 no’lu tebliğ (OGM, 2017) doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Çap-boy denklemlerinin düzenlenmesine ilişkin örnek alan içerisinden alınacak örnek ağaçların sayısı ve ölçütleri, 299 sayılı tebliğin 5.4.1.3. alt başlığının f bendinde “Çap-boy eğrisi çizilebilir için örnek alan merkez kazığına en yakın ve olabildiğince değişik çaplarda en az 2 ağacın boyları ölçülür.” şeklinde tarif edilmektedir.

Çap-boy denklemlerinin geliştirilmesine ilişkin çalışmalar ağaç hacim tahminlerinin daha kısa sürede ve daha doğru yapılmasına yardımcı olacaktır (Jayaraman ve Zakrzewsk, 2001; Özçelik ve Çapar, 2014). Daha doğru ve hızlı tahminler modelleme çalışmaları yanında örnek ağaç seçim stratejilerinin geliştirilmesi ile de mümkündür. Tür çeşitliliğinin değerlendirilmesi, biyokütle tahmini ve yöreselleştirme (calibrate/localize) amaçlı çap-boy denklemleri üretmek için örnek ağaçların nasıl ve ne miktarlarda seçilmesi gerekliliği üzerine çalışmalar literatürde gözlenmektedir (Lappi, 1991; Arabatzis ve Burkhart, 1992; Gimaret-Carpentier ve ark., 1998; Sullivan ve ark., 2018; Dutca ve ark., 2020).

Ülkemizde orman envanter yöntemlerine ilişkin çalışmalar (Günel, 1973; Özer ve Uğurlu, 1976; Sakıcı, 2009; Güneş, 2015) sınırlı sayıdadır. Hacim ve çap-boy modellerinin geliştirilmesi kapsamındaki çalışmalarda seçilen örnek ağaçlar için, değişik çap değerlerini temsil etmeleri, ağaçların çatal, tepesi kırık ve gövde formlarının bozuk olmaması gibi ölçütlere dikkat edildiği genel olarak belirtilmektedir. Ancak örnek ağaç seçim stratejileri özelinde bir çalışmaya rastlanamamıştır.

Bu çalışmada gerçeğe daha yakın hacim değerleri elde edebilmek için yapılan çalışmalara örnek ağaç seçim ölçütleri üzerinden katkıda bulunmak hedeflenmiştir. Modeller farklı meşcere yapıları için değil, yöresel olarak değerlendirilebilecek “plan ünitesi” kapsamında ve kızılçam ağaç türü için düzenlenmiştir.

Çalışmada “Plan ünitesi genelinde kullanılabilecek

en uygun çap-boy denklemini üretmek için örnek alanlardaki hangi ağaçlarda ölçüm yapılmalı?” sorusuna yanıt aranmıştır. Nihai amaç plan ünitesindeki ağaç türleri için gerçeğe daha yakın, daha küçük hata miktarları ile kestirim yapan tek girişli gövde hacim tabloları elde edebilmektir. Bu amaçla 299 sayılı tebliğdeki yöntem alternatif olarak, örnek ağaçların nasıl seçileceğine ilişkin farklı ölçütlerle kurgulanan 54 yöntem istatistik test ve analizlerle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışma alanı olarak İzmir Orman Bölge Müdürlüğü, İzmir Orman İşletme Müdürlüğü, Gaziemir Orman İşletme Şefliği (OİŞ) seçilmiştir. Seçim yapılırken araştırma kapsamında değerlendirilecek değişkenlerin plan ünitesinde yeterli düzey ve dağılımda olması yanında ulaşım koşulları ve maliyeti dikkate alınmıştır.

Çalışmanın ana materyalini aynıyaşlı saf kızılçam meşcerelerinden seçilen 47 adet örnek alan içerisindeki ağaçlar oluşturmaktadır. Örnek alanlara ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler Tablo 1’de verilmiştir. Çalışma alanının coğrafi konumları ve örnek alanların plan ünitesi içerisindeki dağılımı ise Şekil 1’de görülmektedir.

Örnek alanların belirlenmesine yönelik yapılan ön çalışmada plan ünitesine ait orman amenajman planı ve meşcere haritasından (OGM, 2015) yardımcı materyal olarak yararlanılmıştır. Ekipman olarak Garmin eTrex GPS (Global Positioning System), Haglöf marka çapölçer ve Haglöf Vertex IV elektronik boyölçer kullanılmıştır. Ağaç konumları tripodla sabitlenen Suunto marka pusula ve Leica DISTO D3aBT model lazer mesafe ölçer ile belirlenmiştir.

Çalışma materyali içerisinde “Rastgele Sayılar Tabloları” (URL-1, 2018) da bulunmaktadır. Tüm istatistik analizler R istatistik yazılımı (URL-2, 2018) ile yapılmış, bazı grafikler için MS Office

Tablo 1. Örnek alanlara ilişkin bazı betimsel istatistikler  
Table 1. Some descriptive statistics of sampling plots

Örnek alan ve veri seti değişkenleri özellikleri	Adet	En küçük	En büyük	Ortalama	Standart sapma	Varyasyon yüzdesi (%)
Örnek alan büyüklüğü (m <sup>2</sup> )	47	200,0	1040,0	531,06	180,12	33,92
Aritmetik orta ağaç göğüs çapı (cm)	47	11,97	49,94	26,08	10,38	39,80
Göğüs yüzeyi orta ağacı göğüs çapı (cm)	47	12,47	50,78	26,90	10,53	39,13
Weise orta ağacı göğüs çapı (cm)	47	11,70	52,15	27,94	11,37	40,69
Örnek alanlardaki ağaç sayıları	1408	17	94	30,04	13,88	46,21
Ağaç boyu (m)	1408	2,70	27,80	12,24	4,71	38,48
Göğüs çapı (cm)	1408	8,00	69,20	23,30	11,63	49,91

Excel, ön çalışmalar, en kısa yol optimizasyonları ve harita çıktıları içinse ArcGIS 10.3. (URL-3, 2018) programı kullanılmıştır.



Şekil 1. Coğrafi konum ve örnek alanların plan ünitesindeki yerleri  
Figure 1. Geographical location and locations of sampling plots in the plan unit

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Örnek alanların seçimi ve ölçümler

Örnek alanlar, plan ünitesi sayısal meşcere haritası üzerinde yapılan analizlerle, gelişim çağları, yaş sınıfları, bonitet ve kapalılığa ilişkin farklı değerleri temsil edebilecek şekilde, başlangıçta 30 adet olmak üzere tabakalı rastgele örnekleme yöntemiyle dağıtılmıştır. Çalışma boyunca düzenli yapılan değişken değerlerinin dağılım kontrolleri ile varyasyonlarındaki eksik alanlar tamamlanacak biçimde yeni örnek alanlar belirlenerek ölçülmüş, 47. örnek alanda varyasyonları temsil açısından yeterli örnek alan sayısına ulaşılmış olduğuna karar verilmiştir.

Örnek alanlar daire şeklinde alınmıştır. Genel olarak 1 kapalı meşcerelerde 800 m<sup>2</sup>, 2 kapalı meşcerelerde 600 m<sup>2</sup>, 3 kapalı meşcerelerde 400 m<sup>2</sup> ve çok sık bazı genç meşcerelerde 200 m<sup>2</sup> izdüşümsel yüz ölçüme sahiptirler. Bununla birlikte her bir örnek alanda en az 17 adet ağaç sayısına ulaşılması

hedeflenmiştir (Çatal ve Güneş, 2016). Bu nedenle yüz ölçümlerinin 1040 m<sup>2</sup>'ye kadar genişletildiği örnek alanlar mevcuttur.

Örnek alan merkez koordinatları GPS cihazı yardımı ile arazide bulunmuş ve sabitlenmiştir. Ağaçlar merkez üzerine kurulan tripoda bağlı pusula ve lazer mesafe ölçer ile semt açısı değerleri yanında merkeze mesafeleri ölçülerek konumlandırılmıştır. Ağaçların numaralandırılması ve göğüs çapı ölçümleri kuzeyden başlayarak saat yönünde bir tam tur dönülerek gerçekleştirilmiştir. Göğüs çapları çift taraflı ölçümle mm, boylar ise 10 cm hassasiyetinde ölçülerek kaydedilmiştir.

### 2.2.2. Analiz süreci

Her seçim yöntemi (SY) için, örnek alanlar içerisinden yöntem ölçütleri ile seçilen örnek ağaçlar ile 54 farklı örnekleme grubu oluşturulmuştur. Her grup, seçim yöntemine özgü farklı çap ve boy değerlerinden oluşan veri seti biçimindedir.

Bağımlı değişkenin boy, bağımsız değişkenin çap değerleri ile oluşturulduğu veri setlerine (örnekleme gruplarına) regresyon analizi uygulanmış, istatistik modeller bir başarı ölçüt seti (SCI) ile değerlendirilmiştir. En başarılı seçilen modellere, bu kez seçim yöntemlerini değerlendirmek üzere seçim yöntemini temsil hakkı kazandırılmıştır.

Her bir seçim yöntemi modeli, örnek alanlardaki başlangıçtaki örnekleme gruplarına alınmamış ağaçlar ile test edilmiştir. Seçim yöntemi modellerinin tahmin ettiği boy değerleri ile ölçülen boy değerleri farklı bir başarı ölçüt seti (SC2) ile değerlendirilmiştir.

Her seçim yöntemi için uygulamada harcanacak zamanın belirlenmesi için iş ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Son aşamada ise seçim yöntemleri toplam başarı puanları ve uygulama süreleri açısından Pareto optimal yöntem ile değerlendirilmiştir.

### 2.2.3. Seçim yöntemlerinin kurgulanması

Çalışmada, farklı örnekleme yöntemleri ve kombinasyonları ile beraber, farklı örnek sayıları ile oluşturulan her bir yöntem "SY" olarak ifade edilmektedir. Meşcere içerisindeki ağaçlardan mümkün olduğunca farklı özellik ve kombinasyonlarda örnekleme yapılarak test edilebilmesi amacıyla toplam 54 adet SY kurgulanmıştır. Kurgulanan seçim yöntemlerini; (i) örnek alan merkezine mesafenin, (ii) rastlantısallığın, (iii) Weisse orta ağacının, (iv) göğüs çapı değerleri ile ilgili sınıflamaların ve (v) çap dağılımlarındaki konumları özellikleri (mod,

ortanca vd.) ile bazı ağaçların ana öge olduğu gruplar şeklinde sınıflandırmak mümkündür.

Seçim yöntemleri için her örnek alandan seçilen ağaç sayısı 1 ile 15 adet arasında değişmektedir. Örnek ağaçların her bir örnek alan içerisinde hangi ölçütler ile kaç adet seçildiği Ek Tablo 1'de açıklanmaktadır.

## 2.2.4. Modelleme süreci

### 2.2.4.1. İstatistik modellerin belirlenmesi

Literatürdeki benzer çalışmalardan (Prodan, 1965; Ratkowsky, 1989; Lappi, 1991; Arabatzis ve Burkhart, 1992) derlenmiş modeller içerisinde, yapılan ön çalışma sonucu 5 adedi doğrusal (linear) formülü, 5 adedi ise doğrusal olmayan (non-linear) toplam 10 adet model değerlendirilmek üzere seçilmiştir (Denklemler 1-10).

$$h = \beta_0 + \beta_1 d_{1,3} + \varepsilon \quad (1)$$

$$h = \beta_0 + \beta_1 \ln d_{1,3} + \varepsilon \quad (2)$$

$$h = \beta_0 + \beta_1 d_{1,3} + \beta_2 \ln d_{1,3} + \varepsilon \quad (3)$$

$$h = \beta_0 + \beta_1 d_{1,3} + \beta_2 d_{1,3}^2 + \varepsilon \quad (4)$$

$$h = \beta_0 + \beta_1 d_{1,3} + \beta_2 d_{1,3}^2 + \beta_3 d_{1,3}^3 + \varepsilon \quad (5)$$

$$h = \alpha + d_{1,3}^\beta + \varepsilon \quad (6)$$

$$h = e^{\left(\alpha + \frac{\beta}{d_{1,3}}\right)} + \varepsilon \quad (7)$$

$$h = \alpha + \beta d_{1,3} + \gamma \ln d_{1,3} + \varepsilon \quad (8)$$

$$h = \alpha + d_{1,3}^\beta + \gamma \ln d_{1,3} + \varepsilon \quad (9)$$

$$h = 1,3 + \left(\frac{d_{1,3}^2}{\alpha + \beta d_{1,3} + \gamma d_{1,3}^2}\right) + \varepsilon \quad (10)$$

Burada,  $h$ : ağaç boyu (m),  $d_{1,3}$ : göğüs çapı (cm),  $\beta_{0,1,2,\dots,n}$ : doğrusal formülü modeller için parametre katsayıları,  $\alpha, \beta, \gamma$ : doğrusal olmayan modellerdeki farklı parametre değerleri,  $\ln$ :  $e$  tabanlı doğal logaritma,  $e$ : Euler sabiti ( $\approx 2,7183$ ) ve  $\varepsilon$ : hata miktarını ifade etmektedir.

### 2.2.4.2. En başarılı modellerin seçimi

Model seçimi aşamasında Akaike bilgi ölçütü ( $AIC$ ), Bayes bilgi ölçütü ( $BIC$ ), hata kareleri ortalamalarının karekökü ( $RMSE$ ), düzeltilmiş belirtme katsayısı ( $\bar{R}^2$ ), ortalama mutlak hata ( $MAE$ ), ortalama mutlak hata yüzdesi ( $MAPE$ ) ve regres-

yon modelinin standart hatası ( $s$ ) olmak üzere yedi adet başarı ölçütünden oluşan bir set ( $SCI$ ) kullanılmıştır (Denklemler 11-17).

$$AIC = n \ln(2\pi) + 1 + \ln\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - y'_t)^2\right) + 2(p + 1) \quad (11)$$

$$BIC = n \ln(2\pi) + 1 + \ln\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - y'_t)^2\right) + \ln(n)(p + 1) \quad (12)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - y'_t)^2} \quad (13)$$

$$\bar{R}^2 = 1 - \left\{1 - \left\{1 - \left(\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - y'_t)^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y}_t)^2}\right)\right\}^*\right\}^{\frac{n-1}{n-p-1}} \quad (14)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |y_t - y'_t| \quad (15)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - y'_t|}{y_t} \quad (16)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - y'_t)^2}{n - p}} \quad (17)$$

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

### 2.2.4.3. Tek ölçüt ve tümleşik değerlendirmeler

Modellerin ve SY'nin her bir başarı ölçütü için aldığı değer (tek ölçüt değerleri) 1 ile 100 puan aralığında dağıtılmıştır. En küçük puan en iyi değeri ifade edecek şekilde düzenlenmiş ve yapılan bağlı puanlama işlemi için Denklem 18 kullanılmıştır.

$$BPi_{TÖj} = 1 + \frac{99(D_{ij} - D_{jmin})}{(D_{jmax} - D_{jmin})} \quad (18)$$

Burada,  $BPi_{TÖj}$ :  $i$ . modelin  $j$ . tek ölçüt başarı puanını,  $i$ : 1, 2, 3, ...  $n$  adet model numarasını ( $n$ : test edilen model sayısı),  $D_{ij}$ :  $i$ . model için  $j$ . başarı ölçütü değerini ve  $j$ . 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 birlikte değerlendirileceği bir başarı sıralaması yapılması gerekmektedir. Bu tümleşik değerlendirme puanları ise Denklem 19 ile hesaplanmıştır.

$$BP_{TDi} = \sum_{j=1}^m BPi_{TÖj} \quad (19)$$

Burada,  $BP_{TDi}$ :  $i$ . yöntemin tümleşik başarı ölçütleri puanını,  $BPi_{TÖj}$ :  $i$ . yöntem için  $j$ . tek ölçüt başarı puanını,  $i$ : 1, 2, 3, ...  $n$  adet yöntem numarasını,  $j$ : 1, 2, 3, ...  $m$  adet başarı ölçütü numarasını ifade etmektedir.

### 2.2.5. Seçim yöntemlerinin değerlendirilmesi

Seçim yöntemlerinin değerlendirilmesi işlemlerinde örnek ağaç olarak seçilmemiş diğer ağaçlar test grubu olarak kullanılmıştır. Seçilen uygun modeller ile tahmin edilen ağaç boyları, ölçülen boylar ile karşılaştırılmıştır. Değerlendirme *SCI*'de yer alan *RMSE*, *MAE* ve *MAPE* (Denklem 13; 15 ve 16) ölçütlerine ek olarak toplam hata (*bias*), ortalama toplam hata yüzdesi (*percent bias*), açıklanan varyasyon katsayısı (*PVE*) ve standart hata (*SE*) ile kurgulanan başarı ölçüt seti (*SC2*) ile yapılmıştır (Denklem 20-23).

$$bias = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (y_t - y'_t) \quad (20)$$

$$percent\ bias = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{(y_t - y'_t)}{|y_t|} \quad (21)$$

$$PVE = 1 - \left\{ 1 - \left\{ 1 - \left( \frac{\sum_{t=1}^N (y_t - y'_t)^2}{\sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y})^2} \right) \right\} \right\} \quad (22)$$

$$SE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (y_t - y'_t)^2}{N}}}{\sqrt{N}} \quad (23)$$

Burada,  $y_t$ : ölçülen değer,  $y'_t$ : tahmin değeri,  $\bar{y}$ : ölçülen değer aritmetik ortalaması,  $t$ : ölçüm sırası ve  $N$ : karşılaştırılan değer çiftlerinin sayısını ifade etmektedir.

### 2.2.6. Tek girişli DKGHT elde edilmesi

Her seçim yöntemi için; elde edilen çap-boy modelleri ile Çatal (2009)'ın kızılçam çift girişli DKGHT (Denklem 24) kullanılarak, tek girişli DKGHT oluşturulmuştur.

$$v = d_{1,3}^2 (\beta_0 + \beta_1 h) \quad (24)$$

Burada,  $v$ : ağaç hacmini ( $m^3$ ),  $d_{1,3}$ : göğüs çapını (cm) ve  $h$ : ağaç boyunu (m) ifade etmektedir.  $\beta_0$ : 0,0000366463 ve  $\beta_1$ : 0,0000279378 dir.

### 2.2.7. Seçim yöntemlerinin zaman ölçümleri

Test edilen seçim yöntemleri içinde başarılı olarak değerlendirilen kimi yöntemlerin arazide uygulanması, harcanacak yoğun emek ve zaman kaybı ile mümkün olmayabilir. Bununla beraber bazı yöntemler eşit başarı derecesinde olsa da farklı sürelerde uygulanabiliyor olabilirler. Bunu test edebilmek, en uygun yöntem veya yöntemler kümesini rasyonel biçimde belirlemek üzere yapılacak optimizasyon için her seçim yönteminde harcanan sürenin bilinmesi gereklidir. İş ölçümü, belli bir işin nitelikli bir işçi tarafından belirlenen bir performans (çalışma hızı) düzeyinde yapılabilmesi için gereken zamanın saptanmasına yarayan tekniklerin uygulanması şeklinde tanımlanmaktadır (MPM, 1974; Şirin, 1989).

İş etüdüne ilişkin çalışmalar çok sayıda parametre ile ilişkili, kapsamlı ve yoğun emek isteyen çalışmalardır. Bu araştırmadaki iş ölçümlerinin amacı 54 farklı seçim yöntemini işlemler için harcanacak zaman değerleri ile basit biçimde ölçekli olarak sıralayabilmektir. Ölçüm ve değerlendirme sonucu belirlenen zamanlar yalnızca bu çalışma kapsamında kullanılacağından "standart zaman" saptanması hedeflenmemiş, yaklaşık "temel zaman" olarak adlandırılabilir bir süre belirlenmesinin yeterli olacağı düşünülmüştür. İş ölçümü yöntemi olarak zaman etüdü seçilmiş ve doğrudan ölçme tekniği kullanılmıştır.

İş dilimlerinin çalışma zamanları video kayıt cihazı kullanılarak kaydedilmiştir. Daha sonra elde edilen bu video kayıtları büroda incelenerek her bir iş diliminin zaman etüdü gerçekleştirilmiştir.

Hacim tablosu elde edebilmek amacıyla ölçülen iş süreleri ise " $IS_{HT}$ " biçiminde sembolize edilmiştir. Her bir SY için, Denklem 25'te açıklandığı gibi hesaplanmıştır.

$$IS_{HT} = IS_{HZ} + (IS_{BOY} * k_{eky}) \quad (25)$$

Burada,  $IS_{HT}$ : hacim tablosu oluşturma işlemleri için gereken toplam süre,  $IS_{HZ}$ : hazırlık süresi,  $IS_{BOY}$ : ağaç sayısına bağlı olarak toplam ağaç boyu ölçme süresini (ilk ağaç için uygun konum alma, boy ölçümü ve boy değerini kayıt etme),  $k_{eky}$ : en kısa yol (konumlanma) katsayısını ifade etmektedir.

Hesaplamalarda, taksasyon ekibinin bir taksatör ve iki işçiden oluştuğu kabul edilmiştir. Ekibin bir örnek alanda standart yaptığı işler (merkez kazığın çakılması, alanın çevrilmesi, örnek ağaçların numaralanması, göğüs çaplarının ölçülmesi vb.) ile ilgili herhangi bir ölçme yapılmamıştır. Yalnızca tek girişli hacim tablosunun hazırlanabilmesine yöne-



lik yapılması gereken işlemler için süre ölçümleri yapılmıştır. Örnek alandaki ağaçlara ait bazı orta ağaç değerlerini ve istatistikleri otomatik hesaplayabilen sayısal bir ortamda kayıt alındığı, boy ölçümünün Haglöf Vertex-IV boyölçer ile yapıldığı varsayılmıştır.

### 2.2.7.1. Hazırlık aşaması süresi

Hazırlık aşaması, ekibin örnek alan merkezinde toplanması, ölçü araçlarının hazır hale getirilmesi ve ölçülecek örnek ağaç numaralarının kısmen tespiti ile ilk örnek ağaç konumunun belirlenmesi işlemleri olarak kurgulanmıştır. Bu süre her SY için sabit kabul edilmiştir.

### 2.2.7.2. “Yol-zaman” ilişkisi modeli

Örnek alan içerisinde, seçim yöntemlerine bağlı olarak farklı sayı ve konumda seçilen örnek ağaçlara ulaşım için harcanacak bir zaman söz konusudur. Bu süreyi belirleyebilmek için mesafenin bir fonksiyonu olarak zaman bağımlı değişkenini tahmin edecek bir regresyon modeli geliştirilmiştir. Süreyi etkileyebilecek eğim, taşlılık, diri örtü yoğunluğu gibi değişkenler yadsınmıştır. Bu analiz için kullanılan veriler, örnek alanlarda kaydedilen, konumları belli olan ağaçlara merkez noktadan gidiş-geliş eylemlerinin video analizlerinden elde edilmiştir. Bu çalışma için yeterli görülen doğrusal (Denklem 26) ve ikinci dereceden polinom formunda (Denklem 27) iki adet model test edilmiş,  $\bar{R}^2$ ,  $AIC$  ve  $RMSE$ 'den oluşan başarı ölçüt seti ile değerlendirilmiştir.

$$y = \beta_0 + \beta_1x + \varepsilon \quad (26)$$

$$y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2 + \varepsilon \quad (27)$$

### 2.2.7.3. “Boy ölçümü yapılan ağaç sayısı-zaman” ilişkisi modeli

Seçim yöntemlerine bağlı olarak farklı sayılarda seçilecek örnek ağaçların boy ölçme işlemleri için harcanan bir zaman söz konusudur. Bu zamanı belirleyebilmek için öncelikle boyu ölçülen ağaç sayısının bir fonksiyonu olarak zaman bağımlı değişkenini tahmin edecek bir regresyon modeli geliştirilmiştir. Bu amaçla farklı meşcerelerde yapılan boy ölçmeleri video kamera ile kaydedilmiş, veriler büro aşamasında video analizleri ile elde edilmiştir.

Bu çalışma için yeterli görülen iki adet model (26 ve 27) test edilmiş,  $\bar{R}^2$ ,  $AIC$  ve  $RMSE$  başarı ölçüt seti ile değerlendirilmiştir.

Seçilen model tek bir ağaç içindir ve  $n$ . sıradaki örnek ağacın ne kadar sürede ölçüleceğini tahmin

eder. Ancak toplam örnek ağaç sayısı için birikimli toplam işlem süresi verecek bir denkleme ihtiyaç vardır. Bu yüzden birikimli zaman değerleri kullanılarak boy ölçüm işlemlerinde harcanan kümülatif zaman için Denklem 27 kullanılmıştır.

Uygun konum alma işlemi süresi birinci ağaç için her zaman diğerlerinden yüksek değere sahiptir. Bu yüzden ilk ağaç için aritmetik ortalama değer kullanılmış, seçilen modelin ürettiği 2.'den 10. ağaca kadar ölçüm süresi değerleri birbirlerine eklenecek kümülatif denklem oluşturulmuştur.

### 2.2.7.4. En kısa yolun hesaplanması ve $k_{eky}$

Kurgulanan her bir SY için örnek olarak seçilen ağaçlar sayı ve konum olarak farklılık göstermektedir. Uygulayıcı, ölçüm yapılacak bu örnek ağaçlara birçok farklı yol üzerinden ulaşılabilir. Ancak ulaşım için kullanılacak toplam süreyi belirleyecek toplam yolun standart biçimde tanımlanması, seçim yöntemlerini karşılaştırabilmek için zorunludur. Bunun için örnek alan merkezinden başlayarak tüm örnek ağaçlardan geçen, sonra tekrar merkeze dönen “en kısa yolun” kullanılması uygun görülmüştür.

En kısa yol hesapları, 54 seçim yöntemi ve 47 örnek alan için ArcGIS programının “*Network Analyst*” modülüyle yapılmıştır. Örnek alan merkez noktasından başlayıp son olarak yine merkez noktaya dönüşü içeren 2538 (54x47) farklı konumda, tüm örnek ağaçların dolaşılacağı en kısa yollar belirlenmiş, yürünmesi gereken toplam en kısa mesafeler hesaplanmıştır. Her SY için belirlenen 47 ayrı en kısa yolun aritmetik ortalaması hesaplanmış, toplam ulaşım sürelerinin hesaplanmasında kullanılacak değerler elde edilmiştir.

Ağaç boyu ölçme işlemi yapacak kişinin, hem göğüs çapı yüksekliğine takılan boyölçer cihazının aktarıcı (transponder) parçasını, hem de ağacın tepe noktasını görebileceği bir konum alması gerekmektedir. Örnek alanlardaki örnek ağaçların sayı ve konumları, seçim yöntemlerine göre farklılık gösterir. Bazı ağaçlar farklı sayılarda merkez noktaya ya da orta ağaca en yakın konumda iken bazıları rastgele dağılmış olarak tespit edilecektir. Boy ölçen kişi bu farklı durumlar için farklı sürelerde konum değiştirmek durumundadır. Birbirlerine yakın ağaçların seçildiği seçim yöntemlerinde daha az, rastgele dağılmış ağaçların seçildiği yöntemlerde de daha sık konum değiştirmesi gerekecektir. Dolayısıyla bu işlem için gerekli toplam süre farklılık gösterecektir.

Seçim yöntemlerine göre farklı sayı ve konumdaki örnek ağaçlar arasındaki en kısa yol, ağaç ko-

numlarının dağılımı ile ilişkilidir. Her bir SY için hesaplanmış ortalama en kısa yol uzunluklarının, boy ölçme süreleri ile çarpılacak bir katsayıya ( $k_{eky}$ ) dönüştürülmesi kararlaştırılmıştır. Bu yöntemle, seçim yöntemlerinin sadece sayıya ilişkin hesaplanan toplam boy ölçümü sürelerine nazaran, ölçekli bir sıralama için daha rasyonel bir değer üretilecektir. Denklem 28’de görüldüğü gibi formüle edilmiştir.

$$k_{i,eky} = \left(1 + \frac{x_{i,eky} - x_{eky(min)}}{x_{eky(max)} - x_{eky(min)}}\right) \quad (28)$$

Burada  $k_{i,eky}$ :  $i$ . seçim yöntemi için boy ölçüm süresi ölçeklendirme katsayısı,  $x_{i,eky}$ :  $i$ . seçim yöntemi için hesaplanan en kısa yol değeri ortalaması,  $x_{eky(min)}$ : girdi setindeki (seçim yöntemleri için hesaplanan 54 adet en kısa yol uzunluklarının aritmetik ortalamaları) en küçük değer ve  $x_{eky(max)}$ : girdi setindeki en büyük değeri ifade etmektedir.

### 2.2.8. Optimizasyon

Seçim yöntemleri için toplam başarılarının en yüksek olması, aynı zamanda uygulama için harcanacak iş süresi değerlerinin de en az olması istenmektedir. Genel olarak daha iyi bir sonuç buluncaya kadar, olası tüm çözümlerin amaç işlevine göre aranması ve karşılaştırılması işlemi “optimizasyon” olarak tanımlanır (Ergül, 2010).

Pareto optimal yöntemi, çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümünde birden fazla amacın eş zamanlı biçimde en iyilenmesi yöntemlerinden biridir. Çok amaçlı optimizasyon problemlerinin asıl amacı, Pareto cephesini bulmak veya yaklaşmak, bu cephe üzerinde düzgün bir dağılım sağlayarak karar vericiye alternatif karar seçenekleri sunmaktır. Yakın zamanda yapılan çalışmalar, Pareto optimalin çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümünde en etkili yöntem olduğunu ve diğer yöntemlere üstünlüklerini göstermiştir (Kaya ve Fırlı, 2016).

Bu çalışmadaki optimizasyon işleminde iki amaç fonksiyonu bulunmaktadır. Birincisi seçim yöntemlerinin başarı puanlarının en küçüklenmesidir. Seçim yöntemleri başarı ölçüt setleri ile puanlanarak kendi aralarında sıralanmıştır. Sıralamada seçim yönteminin başarısı başarı puanı artarken azalmaktadır. En küçük puana sahip yöntem uygun yöntemdir. İkinci amaç fonksiyonu uygulama süresinin en küçüklenmesidir. Yöntemler hesaplanan uygulanma süreleri ile aynı biçimde derecelendirilmiş, en kısa sürede uygulanan yöntem en uygun yöntem olarak belirlenmiştir. İstenen her iki amaç fonksiyonunun da en küçüklenmesidir. Son olarak hesaplanan tüm değerler çok amaçlı

optimizasyon yöntemlerinden Pareto optimal ile değerlendirilmiştir.

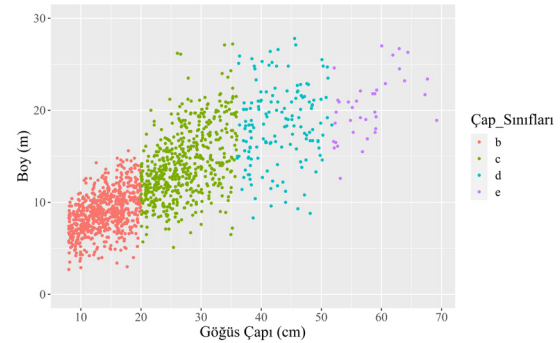
Optimizasyon öncesinde seçim yöntemlerinin toplam başarı puanları ile iş süreleri değerlerine normalizasyon işlemi (Denklem 29) uygulanmıştır. İstatistiksel normalleştirme veriler arasındaki farklılığın çok fazla olduğu durumlarda verileri tek bir düzen içerisinde ele almanın yanında farklı ölçeklendirme sisteminde bulunan verilerin birbirleri ile karşılaştırılabilecek bir forma taşınmasıdır (Öztemel, 2016).

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (29)$$

Burada  $x$ : girdi değeri,  $x'$ : girdi değerinin ölçeklendirilmiş hali,  $x_{min}$ : girdi setindeki en küçük değer ve  $x_{max}$ : girdi setindeki en büyük değeri ifade etmektedir.

### 3. Bulgular

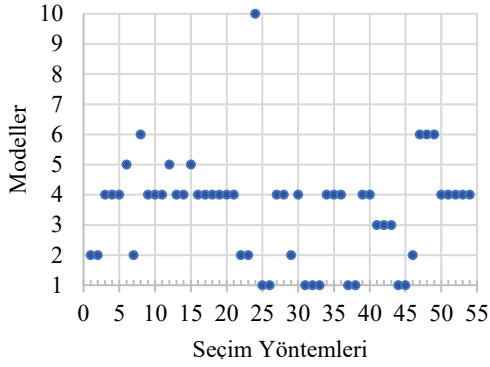
Örnek alanlar içerisindeki 1408 adet kızılçam ağacına ait çap ve boy değerlerinin çap sınıflarına göre dağılım grafiği Şekil 2’de verilmiştir. Grafikte göğüs çapı artarken, giderek azalan biçimde artan boy değerlerinin doğal kanuniyetlere uygun biçimde hareket ettikleri gözlenmektedir. Noktaların birbirlerine yakınlık dereceleri ile anlamlı bir korelasyondan bahsetmek mümkündür.



Şekil 2. Çap ve boy değerlerinin dağılımı  
Figure 2. Distribution of diameter and height values

### 3.1. Çap-boy modellerinin değerlendirilmesi

Test edilen 10 adet çap-boy modelinin seçim yöntemlerine göre başarı durumları Şekil 3’te görülmektedir. 4 numaralı model toplam 27 seçim yöntemi için en başarılı olmuştur. Dokuz kez model 1, yedi kez model 2, dört kez model 6 seçilerek bunu takip etmiş, 3 ve 5 numaralı modeller üçer kez ve bir kez de model 10 en iyi seçilmiştir. Model 7, 8 ve 9 hiçbir seçim yöntemi örneğinde başarılı olmamıştır.



Şekil 3. Başarılı çap-boy modellerinin dağılımları  
Figure 3. Distributions of successful diameter-height models

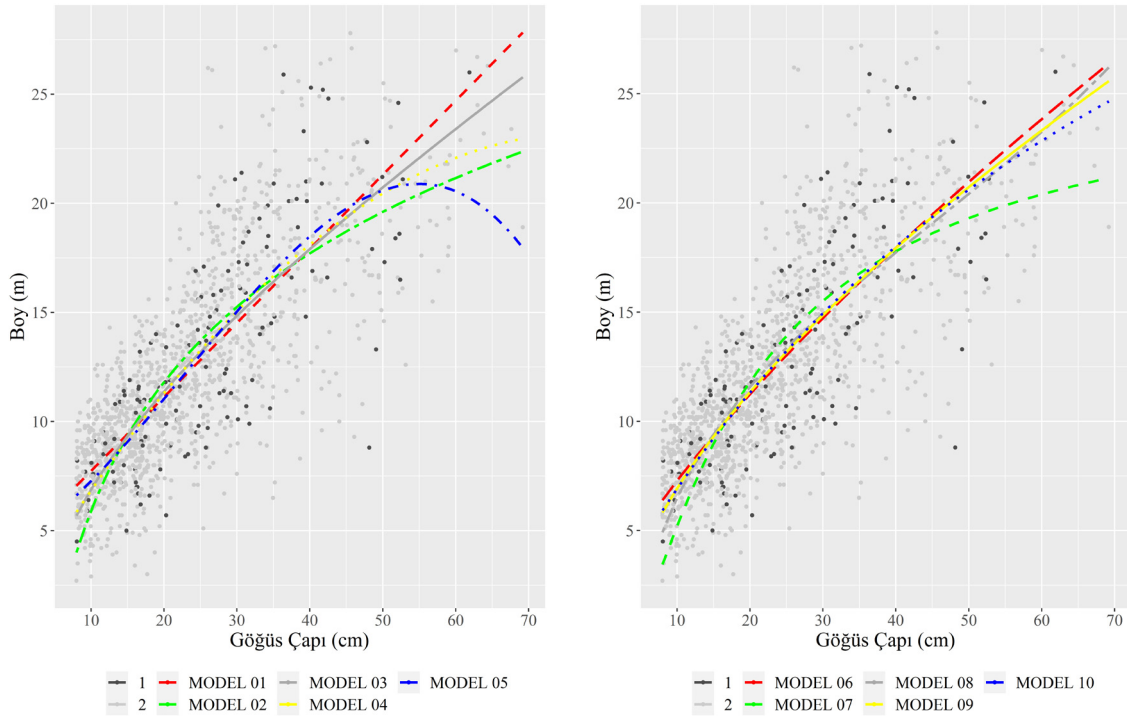
Tüm seçim yöntemleri ve 10 model için yapılan regresyon çözümlerinde toplam 540 adet denklem elde edilmiştir. Ek Tablo 2’de, modellerin *SCI* ile hesaplanan ölçüt değerleri ve puanları yer kısıtı nedeniyle yalnızca SY14 örneği için verilmiştir. Örnek olarak SY14’ün seçilmesinin nedeni yöntemin çözüm kümesi içerisinde ideal noktaya en yakın olarak tespit edilmesidir.

Tüm seçim yöntemleri için en başarılı seçilen 54 modele ait bazı *SCI* ölçüt değerlerinin istatistikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Başarılı modellere ilişkin bazı istatistikler  
Table 2. Some statistics of successful models

	<i>RMSE</i>	$\bar{R}^2$	<i>MAE</i>	<i>MAPE</i>	<i>s</i>
En büyük	3,705	0,662	2,934	107,35	3,745
En küçük	2,648	0,466	2,086	17,944	2,702
Ortalama	3,126	0,584	2,432	28,456	3,155
<i>Sd</i>	0,213	0,037	0,173	25,100	0,214
Aralık	1,057	0,196	0,849	89,409	1,043
Basıklık	1,041	2,982	1,109	6,556	1,087
Çarpıklık	0,403	-1,29	0,666	2,877	0,624

Model grafikleri, örnek olarak SY14 için örneklem değerleri üzerinde görülecek biçimde Şekil 4’te model eğrilerinin net gözlenebilmesi amacıyla iki parça olarak verilmiştir. SY14 ile seçilen ağaçlar için Model 4 en iyi TBP olarak seçilmiştir. Siyah noktalar (1) SY14 ile seçilmiş, gri renkli noktalar (2) ise tüm ağaçlara ait değerlerin dağılımlarıdır. Model eğrileri (ya da doğrular) farklı renk ve çizgi tipleri ile gözlenmektedir.



Şekil 4. Test edilen modellerin SY14 örnekleme üzerinde gösterimleri  
Figure 4. Demonstrations of the tested models on the SY14 sample

### 3.2. Seçim Yöntemleri için değerlendirmeler

Test grubu ağaçları üzerinde, farklı seçim yöntemlerinin tahmin ettiği boy değerleri ile gerçek boy

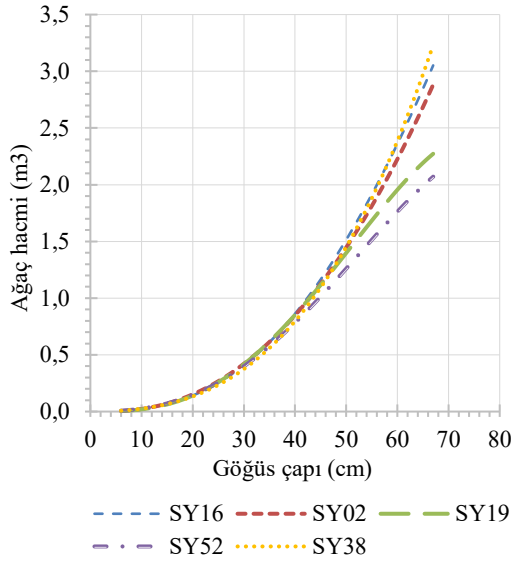
değerlerinin karşılaştırılması sonucu elde edilen *SC2* değerleri Ek Tablo 3’te görülmektedir. Tablo yer kısıtı nedeniyle en başarılı ilk 20 SY için düzenlenmiştir.

Seçim yöntemlerinin kendi aralarındaki değerlendirilmede en yüksek başarı puanına sahip ilk beş yöntem SY16, SY27, SY15, SY14 ve SY09 olarak sıralanmaktadır.

### 3.3. Elde edilen tek girişli hacim tablolarına ilişkin değerlendirmeler

Seçim yöntemleri ile elde edilen farklı çap-boy modellerinin hacim tabloları üzerindeki etkileri gözlenmek istenmiş, her bir yöntem ile Denklem 24 (Çatal, 2009) kullanılarak tek girişli hacim tabloları oluşturulmuştur.

Göğüs çapı 8-67 cm arasındaki tüm değerler için en yüksek (SY38), en düşük (SY52) ve ara miktarlarda hacim değeri üreten bazı yöntemler (SY16, SY02, SY19) için oluşturulan göğüs çapı ile ağaç hacim ilişkisi grafiği Şekil 5'te verilmiştir. Diğer yöntemlerle oluşturulan eğriler grafikteki bu eğriler arasında dağılmaktadır. Son çap değeri 67 cm için en düşük hacim değerini 2,071 m<sup>3</sup> ile SY52, en büyük hacim değerini ise 3,233 m<sup>3</sup> ile SY38 üretmektedir. Aynı örnek alanlardan alınmalarına rağmen değişik ölçütlerle seçilen örnek ağaçlar ile elde edilen hacim değerlerinin nasıl farklı olabileceği Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5. Farklı SY'ler ile elde edilen kabuklu gövde hacim değerleri grafiği  
Figure 5. Graph of bark tree volume values obtained with different SY's

Grafikte, denklemlerinin 40 cm'den itibaren artan göğüs çapları için giderek farklılaşan biçimlerde hacim değerleri ürettikleri görülmektedir. Plan ünitelerinde göğüs çapı büyük ağaçların oranları azaldıkça hata oranı yüksek hacim tablolarının fark edilmesinin de güçleşeceği ifade edilebilir.

## 3.4. İş ölçümlerinin değerlendirilmesi

### 3.4.1. Hazırlık aşaması süresi

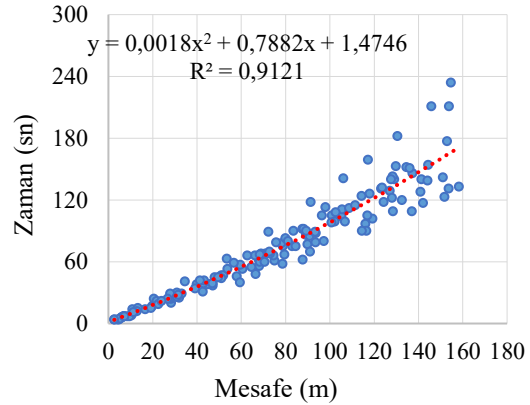
Hazırlık aşaması süresi ( $\bar{I}S_{HZZ}$ ) ortalama değeri 11,53 sn olarak belirlenmiştir. Hazırlık sürelerine ilişkin bazı istatistikler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Hazırlık süreleri için bazı istatistikler  
Table 3. Some statistics for preparation times

Ortalama	11,53	Ölçüm sayısı	47
Standart hata	0,418	En büyük	19
Standart sapma	2,87	En küçük	7

### 3.4.2. "Yol-zaman" ilişkisi modeli

Örnek alanların 15 adedinde, ilk ağaçtan başlayarak ortalama onuncu ağaca kadar sırayla merkez noktasına gidilip gelinmiş, ulaşım süreleri kaydedilmiştir. İşlemin video dosyalarının çözümlenmesi ile elde edilen verilerin dağılımı Şekil 6' da görülmektedir.



Şekil 6. Yürünen yol ile zaman değerleri dağılımları  
Figure 6. Distribution of time values with the path taken

İkinci derece bir polinom olarak uygun seçilen model (Denklem 30), varyasyonun yaklaşık yüzde doksan birini mesafe bağımsız değişkeni ile açıklamaktadır. Modelin ANOVA sonuçları  $\alpha=0,05$  için F istatistikleri açısından anlamlıdır [ $F(2, 148)=767,4271, p<0,001^{***} (p=7,45E-79)$ ].

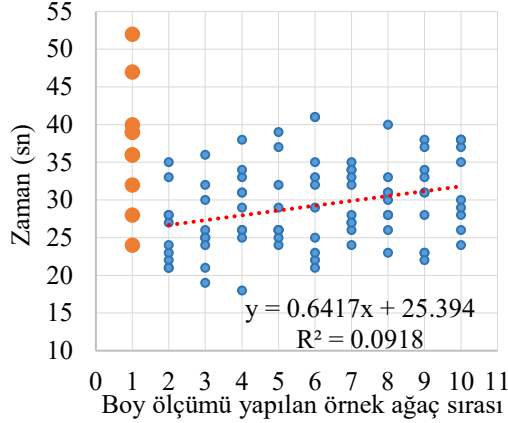
$$t = 1,4746 + 0,7882l + 0,0018l^2 \quad (30)$$

Burada  $t$ : zamanı (sn),  $l$ : yürünecek yolu (m) ifade etmektedir.

### 3.4.3. "Boy ölçümü yapılan ağaç sayısı-zaman" ilişkisi modeli

Dağılım grafiği Şekil 7'de görüldüğü üzere, farklı renkle (turuncu) gösterilen birinci sırada ölçülen örnek ağaçlar için harcanan süre genel olarak di-

ğerlerinden fazladır. Bunun nedeni, merkezden hareketle uygun konum alma işleminin başlangıçta daha uzun sürede gerçekleşmesidir. Bu yüzden ilk ağaçlar için işlem süresi aritmetik ortalama hesabı ile belirlenmiş ve sabit alınmış, 2. ve sonrası ağaçlar için regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

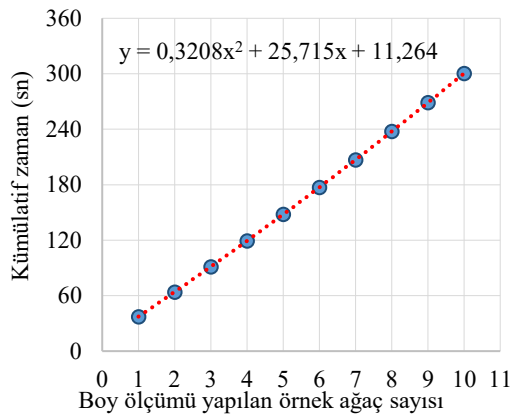


Şekil 7. Örnek ağaç sırası ile işlem sürelerine ait verilerin dağılımı

Figure 7. Distribution of data of processing times with sampling tree order

Seçilen doğrusal model, varyasyonun yaklaşık yüzde dokuzunu örnek ağaç sırası bağımsız değişkeni ile açıklamaktadır. Modele ait ANOVA sonuçları  $\alpha=0,05$  için F istatistikleri açısından anlamlıdır [F(1, 89)=8,896644,  $p<0,01^{**}$  ( $p=0,003696$ )]. Bu değerler, model kullanımı ile yapılan tahminin, ortalamaları kullanmaktan %95 güvenle daha iyi sonuç vereceği anlamını taşır.

Çalışmada ilk örnek ağaç için uygun konum alma süresi, ilgili değerlerin aritmetik ortalaması 37,3 sn olarak hesaplanmış ve kümülatif model (Şekil 8) bu değerler kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 8. Örnek ağaç sayıları için boy ölçümü-zaman grafiği  
Figure 8. Height measurement-time graph for sampling tree numbers

Bu veriler ile hazırlanan ve “ $\dot{I}S_{BOY}$ ” olarak sembolize edilen kümülatif denklem (Denklem 31),  $k_{eky}$  katsayısı ile çarpılıp hazırlık süresinin ( $\dot{I}S_{HT}$ ) eklenmesi sonucu; seçim yöntemleri için kullanılan ve her zaman tam sayı olmayan ortalama örnek ağaç sayılarının bir fonksiyonu olarak harcanacak sürenin ( $\dot{I}S_{HT}$ ) hesaplanmasında kullanılmıştır.

$$\dot{I}S_{BOY} = 11,264 + 25,715n + 0,3208n^2 \quad (31)$$

Burada  $n$ : boy ölçümü yapılan toplam ağaç sayısını ifade etmektedir.

#### 3.4.4. En kısa yol, $k_{eky}$ ve $\dot{I}S_{HT}$

Her SY için ayrı ayrı hesaplanan ve her biri 47 adet örnek alandan elde edilen ortalama en kısa yol (OEKY) uzunlukları (m), standart sapmaları (sd) ve iş süreleri ( $\dot{I}S_{HT}$ ) Ek Tablo 4’te verilmiştir. Yöntemler, uygulanmalarındaki iş süreleri açısından değerlendirildiklerinde en iyi ilk beş yöntem SY01, SY13, SY07, SY52 ve SY51 şeklinde sıralanmaktadır.

Ek Tablo 4’te örnek ağaçların (i) merkez noktasına ve (ii) Weise orta ağacına yakınlık ölçütleri ile çalışan seçim yöntemlerinde yürünen en kısa yolların, (iii) rastlantısallığın genel bir ölçüt olarak kullanıldığı seçim yöntemlerindeki en kısa yollardan daha küçük değerlere sahip oldukları da okunabilmektedir.

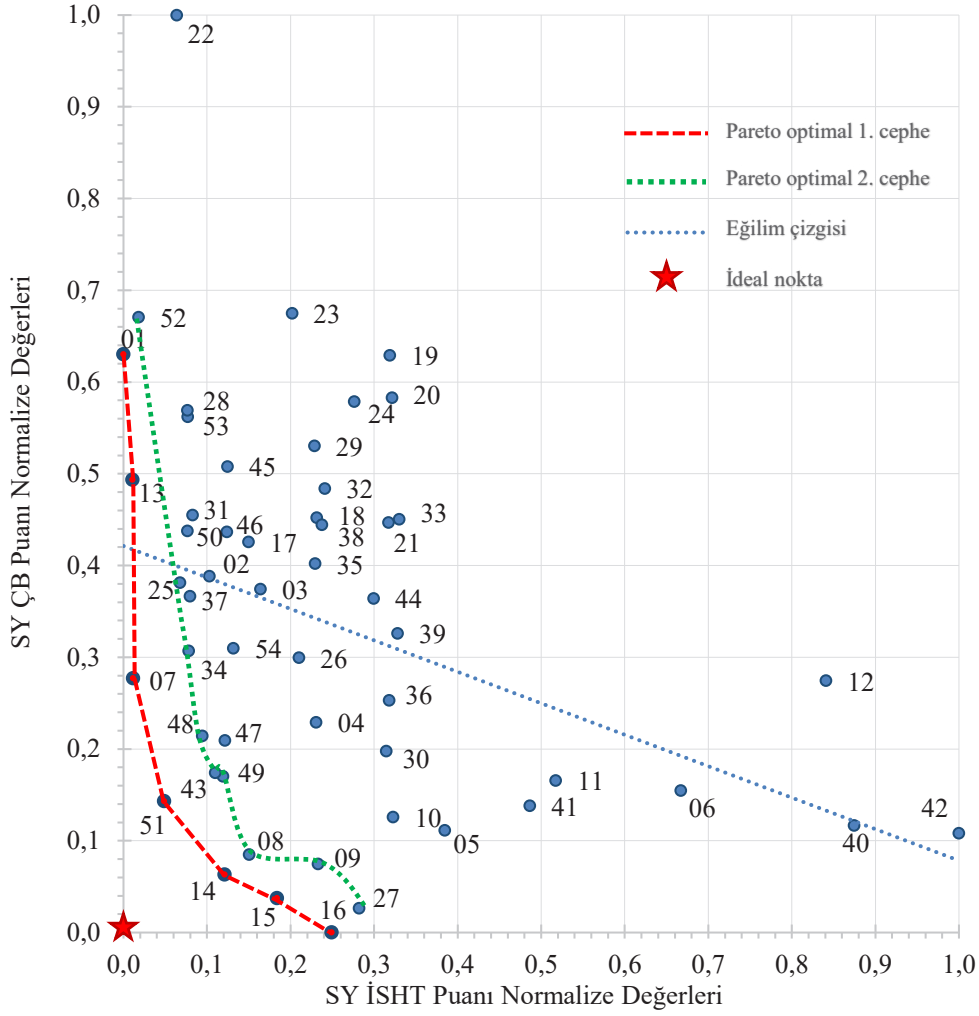
#### 3.5. Optimizasyon değerlendirmeleri

Seçim yöntemleri için kullanılan  $\dot{I}S_{HT}$  ile çap-boy (ÇB) denklemleri toplam başarı puanlarının normalize edilmiş değerlerinin dağılımları Şekil 9’da düzenlenmiştir. Pareto optimal küme 1. cephe grafikte kesikli kırmızı çizgi kullanılarak, 2. cephe ise noktalı yeşil renkteki çizgi ile belirtilmektedir.

Grafikte mavi noktalı doğrusal gösterimi tercih edilen “eğilim çizgisi”, işlem süresi ile seçim yöntemlerinin başarılarının ilişkisini ifade eder. İşlem süresi çoğunlukla örneklem büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Genel olarak boy ölçümüne ilişkin işlem süresi artarken (örneklem büyürken) seçim yönteminin başarısı iyileşmektedir.

İşlem süresi artarken 1. cephe Pareto optimal çözüm kümesini oluşturan seçim yöntemleri de 01, 13, 07, 51, 14, 15 ve 16 şeklinde sıralanır. Pareto optimal 2. cephe ise 52, 25, 34, 48, 43, 49, 08, 09 ve 27 numaralı seçim yöntemlerinden oluşur.

Çap-boy denklemleri ve işlem süreleri ( $\dot{I}S_{HT}$ ) optimizasyonu ile elde edilen Pareto optimal çözüm kümesinde en yüksek başarı puanına sahip olan SY16’dır. SY16, Weise orta ağacı ve ona en



Şekil 9. “ÇB-İS<sub>HT</sub>” optimizasyonu ve Pareto optimal cepheler  
Figure 9. “ÇB-İS<sub>HT</sub>” optimization and Pareto optimal fronts

yakın mesafedeki dört adet ağaç ölçütüyle çalışmaktadır. Yöntemin pratikte kullanımının zaman alıcı olduğu söylenebilir. Bu yöntemi, kullanılan örnek ağaç sayısının azalış sırası ile SY15, SY14, SY51 ve SY07-SY13-SY01 takip etmektedir.

SY13, SY14 ve SY15 sırasıyla Weise orta ağacının kendisi, beraberinde en yakın mesafedeki iki ve üç adet ağaç ile çalışmaktadır. SY16’ya göre daha küçük örneklem ile çalıştıklarından daha pratiktirler. Örnek alan içerisinde Weise orta ağacı ve ona en yakın konumdaki ağaçların seçildiği yöntemler grubunun en başarılı olduğu gözlenmektedir.

Örnek alandaki ağaçların göğüs çaplarına göre ortancası bir veya iki adet ağaç seçimi ile SY51 de başarılı bir yöntemdir. Rastgele bir ağaç seçimi ile oluşturulan SY07 için ise kullanımı en pratik seçim yöntemi olduğu söylenebilir.

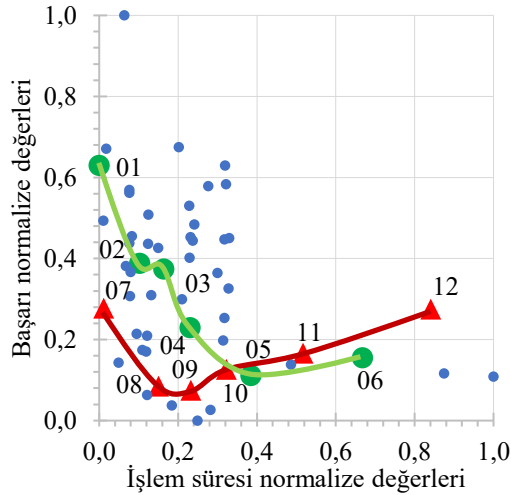
Pareto optimal 2. cephede yer alan SY08, SY43

ve SY49, orijine (0;0) yakın konumları ile başarılı olarak yorumlanabilecek yöntemlerdir. Seçim yöntemi grafik konumlarının orijin noktasına mesafelerinin (Öklid mesafesi) küçük olması ütöfik ve ideal optimale yakınlık anlamı taşımaktadır. SY43 örnek alandaki n adet çap sınıfı içerisinde rastgele seçilen birer adet (nx1) ağaç ile çalışır. SY49’un seçim ölçütü ise yine çap sınıfları içerisinde seçilen, Weise orta ağacına en yakın konumdaki birer adet (nx1) ağaçtır. Çap sınıflarından seçilen örnek ağaçlar ile çalışan yöntemlerin genel olarak başarılı oldukları gözlenmektedir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Güncel uygulamada kullanılan yöntem ile en çok örtüşen seçim yöntemleri SY02, SY03 ve SY04’tür. Örnek alan merkezine en yakın konumda seçilen 3,4 ve 5 adet ağaç ile çalışırlar. Bu grup, seçim yöntemleri içerisinde belirgin bir başarı düzeyine

ulaşamamıştır. Rastgele 1, 3, 4 ve 5 ağaç ile çalışan yöntemler genel olarak merkeze en yakın ağaçlar ile çalışan yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar vermiştir (Şekil 10). Merkeze en yakın 7 ve 10 ağaç ile çalışan yöntemler (SY05 ve SY06) ise rastgele 7 ve 10 ağaçla çalışan yöntemlerden (SY11 ve SY12) daha başarılı olmuştur.



Şekil 10. Merkeze en yakın ile rastlantısal yöntemlerin karşılaştırılması

Figure 10. Comparison of the methods closest to the center and random methods

Teorik olarak sistematik dağıtılan örnek alanlarda, rastgele seçilen bir ağaç ile merkeze en yakın seçilen ağaç arasında rassal açıdan bir fark yoktur. Ancak çalışma sonucunda SY01 ile SY07 arasındaki başarı farkı büyüktür. Bu rassallığı engelleyen davranışın taksatörün alışkanlık ile merkez kazığını örnek alan bilgilerini gövdesine yazabileceği kalın çaplı bir ağaca yakın yere sabitlemesi olduğunu düşünmek mümkündür. Yine de rastlantısal seçilen örnek ağaçlarla elde edilen başarının rastlantısal olmadığı da yöntemler birçok kez tekrarlanmadığı için net olarak söylenemez. Daha sağlıklı karşılaştırmalar açısından ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Optimizasyon grafiğinde SY01 ve SY13 Pareto 1. cephede yer alsalar da baskın oldukları diğer yöntemlerin sayısı çok azdır. Bu nedenle her ne kadar pratik olsalar da başarılı oldukları söylenemez. Pareto 2. cephede yer alan SY8, SY43 ve SY49 ideal noktaya yakınlıkları ile başarılı olarak değerlendirilen yöntemlerdir.

Pareto optimal 1. cephe ve Pareto optimal 2. cephe içerisinde en uygun çap-boy denklemini elde eden seçim yöntemleri, bazı hata değerleri ve uygulanma süreleri ile Tablo 4'te düzenlenmiştir. Tablodaki hata değerleri test grubuyla yapılan karşılaştırmalar ile elde edilen rakamlardır.

Tablo 4. Çözüm kümesi ve seçim yöntemlerine ilişkin bazı hata değerleri  
Table 4. Some error values for solution set and selection methods

SY	(BIAS) Toplam hata	(PBIAS) Toplam hata yüzdesi (%)	(MAE) Mutlak hata	(MAPE) Mutlak hata yüzdesi (%)	RMSE	(SE) Standart hata	Ölçüm işlemi süresi (dakika/örnek alan)	Öklid mesafesi
07	0,111	-4,6	2,308	21,2	2,972	0,081	0,94	0,277
14	0,115	-3,9	2,209	20,2	2,893	0,081	2,13	0,136
15	0,093	-4,8	2,173	19,8	2,879	0,082	2,81	0,188
16	0,056	-4,7	2,163	19,8	2,853	0,083	3,51	0,249
51	0,216	-3,0	2,262	20,5	2,937	0,080	1,35	0,151
*08	0,137	-5,3	2,201	20,2	2,902	0,081	2,44	0,173
*43	0,349	-3,7	2,227	20,0	2,942	0,081	2,11	0,208
*49	0,312	-4,4	2,216	20,1	2,943	0,082	2,00	0,206

SY sütununda \* ile gösterilen seçim yöntemleri Pareto optimal 2. cephede yer almaktadır.

Çözüm kümesi içerisinde ideal noktaya en yakın yöntemler Öklid mesafesi değerlerine göre 14, 51, 08, 15, 49, 43, 16 ve 07 numaralı yöntemler biçiminde sıralanmaktadır.

Ortalama Öklid mesafeleri ( $OÖM$ ) ile grup olarak değerlendirildiklerinde  $W_{oA}$  ve ona en yakın mesafedeki 2; 3 ve 4 ağaçla çalışan yöntemler (SY14, SY15 ve SY16) ilk sırada yer almaktadır ( $OÖM=0,191$ ). İkinci başarılı grup çap sınıfları içerisinde; (i) rastgele seçilen birer ağaç (SY43) ve (ii)  $W_{oA}$ 'na en yakın mesafede seçilen birer adet ağaçla çalışan (SY49) yöntemlerdir ( $OÖM=0,207$ ). Örnek

alan içerisinde rastlantısal çekilen bir (SY07) ve 3 (SY08) adet ağaçla çalışan yöntem grubu ise 3. sırada başarılıdır ( $OÖM=0,225$ ).

Bu çalışma ülkemizde yapılan orman planlama faaliyetlerindeki envanter yöntemleri üzerine uygulanmıştır. Bu nedenle uluslararası literatürdeki çalışmalar ile yapılacak bir karşılaştırma; çalışmaların (i) farklı amaç ve (ii) amaç fonksiyonlarına sahip olmaları, (iii) tam örtüşmeyen örnekleme stratejileri, (iv) farklı başarı ölçütleri ve (v) çözümleme yöntemleriyle elde edilen sonuçlar için pek mümkün olmamaktadır. Kısmen yapılabilecek

karşılaştırmalar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Arabatzis ve Burkhart (1992), çap boy eğrisinin modellenmesinde yerine koymadan basit rastgele örnekleme yönteminin etkili biçimde kullanılabilir olduğunu, tabakalı rastgele örneklemenin ise maliyet ve zaman bakımından olumsuz özellikleri olsa da model tahmin performansını artırdığını belirtmektedir. Bu çalışmada da benzer sonuçlar sayısal zaman değerleri ile birlikte ayrıntılı biçimde ortaya koyulmuştur.
- Sullivan ve ark. (2018), boy ve toprak üstü biyokütle tahmini modelleri için örnek büyüklüğünü 50 ağaç olarak tavsiye etmektedir. Ayrıca denen 5 farklı örnek ağaç seçme yöntemi içerisinde tutarlı olarak öne çıkan bir yöntemin bulunmadığı belirtilmektedir. Bu çalışmada da 47 örnek ağaçla çalışan ve optimal çözüm kümesinde yer alacak düzeyde başarıya ulaşmış SY07 mevcuttur. Ancak 50 ağaçtan daha fazla örnekleme boyutları ile çalışan seçim yöntemleri genel olarak daha başarılıdır. Başarılı tek bir yöntem grubundan bu çalışmada da bahsetmek mümkün değildir. Pareto optimal çözüm kümesinde üç farklı örnekleme yöntem grubu yer almaktadır.
- Ducca ve ark. (2020), biyokütle tahmin modelleri için örnekleme büyüklük ve dağılımını önemli bulmuş, örneklemedeki çap değerlerinin üniform (tekdüze/düzensiz) dağılımda olmasının modelleme için optimal durum olduğu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da başarılı seçim yöntemleri için örnekleme çap değerlerinin üniform bir dağılımla gözlendiği yöntemler olduğu söylenebilir. Çalışmada örnek alanlar plan ünitesi bazında çap kademeleri gözetilerek seçildiğinden, alanlar için genel olarak üniform çap dağılımı beklenen bir durumdur. Ancak plan ünitesine “sistemik” dağıtılan örnek alanlardan elde edilen örneklemler üniform dağılımdan uzaklaşabilir. Plan yapıcı bu süreci kontrollü bir şekilde yürütülmelidir.

Bu çalışmanın karşılaştırıldığı çalışmalara göre daha kapsamlı olduğunu, içeriğindeki çok sayıda seçim yöntemini test etmesi, daha fazla başarı ölçütü ile yapılan değerlendirmeler, işlem sürelerinin ölçümü ve çok amaçlı optimizasyon çözümleri gibi özellikleriyle söylemek mümkündür.

### Öneriler

Çalışma sonucunun ormancılık uygulamalarında ve benzer içerikli çalışmalar için araştırmacılara yardımcı olabileceği düşünülen önerileri şunlardır:

- Orman amenajman planı yapıcısı ile uygulayıcı-

şı, öncelikle plan yapımında kullanılacak ağaç hacim tablosunun yenilenip yenilenmeyeceğine (dolayısıyla çap-boy modeli istenip istenmediğine) ilişkin ortak kararı almalıdır. Devamında plan yapıcısı (i) iş programının yoğunluğunu, (ii) programı tamamlamak için sahip olduğu zaman ve iş gücünü, (iii) plan ünitesinde ayrılan işletme sınıflarını boyutları, dağılımları ve oranları ile değerlendirmelidir. Koşullar ortaya koyulduktan sonra hangi “hata miktarları” ile çalışabileceğini netleştirerek, Tablo 4’te sunulan çözümler içerisinden en uygun olduğuna karar vereceği örnek ağaç seçim yöntemini kullanabilecektir.

Böylece, odun üretiminin işletme amacı olduğu alanların daha büyük oranlarda yer aldığı plan ünitelerinde hata miktarları küçük seçim yöntemlerini, koruma amaçlı orman alanlarının yoğun olduğu ünitelerde de nispeten daha büyük hata oranlarını göze alarak pratik, kısa sürelerde uygulanabilecek seçim yöntemlerini tercih edilecektir.

- Plan ünitelerindeki meşcereler gelişim çağları ve bonitet sınıfları itibariyle genellikle üniform dağılım göstermez. Bununla birlikte farklı büyüklüklerde yüz ölçümlere sahip meşcere yapılarını da içeren plan ünitelerinde, sistematik biçimde dağıtılmış örnek alanlardan elde edilen veriler analiz sürecinde problem oluşturabilir. Bu yüzden gerçekleştirilecek regresyon analizi sürecinde yapılacak veri önleme, regresyon varsayımlarının testi, varsayımların sağlanmadığı durumlar için uygun çözüm yöntemleri denenmesi oldukça önemlidir (Aydın, 2014; Alpar, 2017; Özçankaya ve Batur, 2022). Plan yapıcı düzenlenen denklemin doğal kanuniyetlere uygunluğunu kontrol etmeli, gerektiğinde uzman yardımı almaktan çekinmemelidir.
- Çalışmada test edilen çap-boy modelleri içerisinde başarısını en fazla sayıda (%50) tekrarlayan 2. dereceden polinom (kuadratik) modeldir (Denklemler 4). Basit formu, çözümlemede özel bir yazılıma ihtiyaç duyulmaması ve kullanım kolaylığı özellikleri ile plan yapıcının test edeceği modeller içinde yer alması uygun olacaktır.
- Hasılat çalışmalarında “Çapraz doğrulama” yönteminin 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.
- Çalışma sürecinde modellenen ve hesaplanan iş sürelerinin, daha kapsamlı bir çalışma ile yeni-



den düzenlenene dek gereken şartlarda kullanılmasında ciddi bir sakınca olmayacağı söylenebilir. Gerek duyulan araştırma ve uygulama çalışmalarında, örnek alanda yapılan işler için yürünecek mesafenin ne kadar zaman süreceği Denklem 30, ağaç sayısına bağlı olarak boy ölçümleri için ne kadar süre gerekeceği Denklem 31 ile tahmin edilebilir.

- Model seçiminde kullanılan başarı ölçütleri ve optimal kombinasyonlarının belirlenmesi, ölçütleri değerlendirme yöntemleri ve süreç algoritmalarının oluşturulması gibi teorik çalışmalara ihtiyaç olduğu gözlenmektedir.

### Teşekkür

Bu makale, Orman Genel Müdürlüğü, Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü 15.3501/2017-2019-2020 numaralı projesi sürecinde elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile hazırlanmıştır. Çalışmada emeği geçen Dr. Mustafa BATUR, Dr. Alper VAHAPLAR, Prof. Dr. H. Oğuz ÇOBAN ve Prof. Dr. Yılmaz ÇATAL'a teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

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

Arabatzis, A.A., Burkhart, H.E., 1992. An evaluation of sampling methods and model forms for estimating height-diameter relationships in loblolly pine plantations. *Forest Science* 38(1): 192-198.

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

Aylak Özdemir, G., 2013. Trakya Meşe Ormanlarında Artım ve Büyüme İlişkileri. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Carus, S., Çatal, Y., 2017. Ağlasun yöresi kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlandırmaları için bazı çap-boy modellerinin kıyaslanması. *Türkiye Ormanlık Dergisi* 18(2): 94-101.

Castedo-Dorado, F., Diéguez-Aranda, U., Barrio Anta, M., Sánchez Rodríguez, M., Gadow K.V., 2006. A generalized height-diameter model including random components for radiata pine plantations in northwestern Spain. *Forest Ecology and Management* 229: 202-213.

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.

Colbert, K.C., Larsen, D.R., Lootens, J.R., 2002. Height-diameter equations for thirteen Midwestern bottomland hardwood species. *Northern Journal of Applied Forestry* 19: 171-176.

Çatal, Y., 2009. Batı Akdeniz Bölgesi Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Çatal, Y., 2012. Göller yöresinde yalancı akasya, Anadolu karaçamı ve Toros sediri ağaç türleri için çap-boy modeli. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 13(2): 92-96.

Çatal, Y., Güneş, S., 2016. Isparta yöresi kızılçam meşcerelerinde çap dağılımının örnek alan ağaç sayısına göre modellenmesi. *Türkiye Ormanlık Dergisi* 17(2): 166-173.

Dutca, I., Mather, R., Ioraş, F., 2020. Sampling trees to develop allometric biomass models: How does tree selection affect model prediction accuracy and precision? *Ecological Indicators* 117: 106553.

Ercanlı, İ., Kahriman, A., Yavuz, H., 2012. Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü doğu ladini-sarıçam karışık meşcereleri için karışık etkili doğrusal olmayan regresyon denklemleri ile doğu ladini çap-boy modellerinin geliştirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 13(2): 75-84.

Ercanlı, İ., 2020. Artificial intelligence with deep learning algorithms to model relationships between total tree height and diameter at breast height. *Forest Systems* 29(1): e013

Ergül, E.U., 2010. *Çok Amaçlı Genetik Algoritmalar: Temelleri ve Uygulamaları*. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Erkan, N., Aydın, A.C., Birkan, M.B., 2010. Dikili satış uygulamalarında hacim belirlenmesinde çift girişli hacim tablosunun kullanımı. *Orman Mühendisliği Dergisi* 47: 20-25.

Gimaret-Carpentier, C., Pelissier, R., Pascal, J.P., Houllier, F., 1998. Sampling strategies for the assessment of tree species diversity. *Journal of Vegetation Science* 9(2): 161-172.

Günel, H.A., 1973. Ağaç Serveti Miktarının Tayininde Kullanılabilecek Metodlar Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Güneş, S., 2015. Isparta Yöresi Kızılçam Meşcerelerinde Çap Dağılımının Örnek Alan Ağaç Sayısına Göre Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Huang, S., Titus, S.J., Wiens, D.P., 1992. Comparison of nonlinear height-diameter functions for major Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research* 22: 1297-1304.

Jayaraman, K., Zakrzewski, W.T., 2001. Practical approaches to calibrating height-diameter relationships for natural sugar maple stands. *Forest Ecology and Management* 148: 169-177.

Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi

Orman Fakültesi, Yayın No: 3149/354, İstanbul.

Kapucu, F., 2004. Orman Amenajmanı. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No:215/33, Trabzon.

Kaya, S., Fiğlalı, N., 2016. Çok amaçlı optimizasyon problemlerinde Pareto optimal kullanımı. *Sosyal Bilgiler Araştırma Dergisi* 5(2): 12-18.

Knowe, S.A., 1994. Effect of competition control treatments on height-age and height-diameter relationships in young Douglas-fir plantations. *Forest Ecology and Management* 67: 101-111.

Köhl, M., Magnussen, S., Marchetti, M., 2006. Sampling Methods, Remote Sensing and GIS Multiresource Forest Inventory. Springer, Berlin.

Lappi, J., 1991. Calibration of height and volume equations with random parameters. *Forest Science* 37(3): 781-801.

Larsen, D.R., Hann, D.W., 1987. Height–Diameter Equations for Seventeen Tree Species in Southwest Oregon. Oregon State University Papers, Corvallis.

Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K.E., 1973. Forest Inventory. Vol.2 BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, Germany.

Lootens, J.R., Larsen, D.R., Shifley, S.R., 2007. Height-diameter equations for 12 upland species in the Missouri Ozark Highlands. *Northern Journal of Applied Forestry* 24(2): 149-152.

Mısır, N., 2010. Generalized height-diameter models for *Populus tremula* L. stands. *African Journal of Biotechnology* 9: 4348- 4355.

MPM, 1974. İş Etüdü. Milli Produktivite Merkezi Yayınları, Ankara.

Neyişçi, T., 1987. Kızılcıdamın doğal yayılışı. Öktem, E. (Ed.), Kızılcıdam, Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara, pp. 15-22.

OGM, 2015. İzmir Orman Bölge Müdürlüğü, İzmir Orman İşletme Müdürlüğü, Gaziemir Orman İşletme Şefliği, Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Amenajman Planı. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

OGM, 2017. Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar, Tebliğ No:299. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

OGM, 2021. 2020 Türkiye Orman Varlığı. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

Özçankaya, N., Batur, M., 2022. İzmir Orman Bölge Müdürlüğü fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcerelerinde kütük çapı–göğüs çapı ilişkisinin modellenmesi. *Ormançılık Araştırma Dergisi* 9(1): 44-60.

Özçelik, R., Çapar, C., 2014. Antalya yöresi doğal kızılçam meşcereleri için geliştirilmiş çap-boy modellerinin geliştirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi*

*Orman Fakültesi Dergisi* 15: 44-52.

Özer, E., Uğurlu, S., 1976. Ormançılıkta Ağaç Servetinin İstenen Doğrulukta Elde Edilmesinde Uygun Örnek Alan Büyüklüğü ve Sıklığının Saptanması. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara.

Prodan, M., 1965. Holzmesselehre. J. D. Sauerlander's Verlag. Frankfurt AM Main, Germany.

Ratkowsky, D.A., 1989. Handbook of Nonlinear Regression Models. Marcel Dekker INC., New York.

Sakıcı, O.E., 2009. Ağaç Serveti Envanterinde Kullanılan Çeşitli Örnekleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

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.

Seki, M., Sakıcı, O.E., 2022. Ecoregion-based height-diameter models for Crimean pine. *Journal of Forest Research* 27(1): 36-44.

Sharma, M., Zhang, S.Y., 2004. Height–diameter models using stand characteristics for *Pinus banksiana* and *Picea mariana*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19: 442-451.

Soares, P., Tomé, M., 2002. Height–diameter equation for first rotation eucalypt plantations in Portugal. *Forest Ecology and Management* 166: 99-109.

Sönmez, T., 2009. Generalized height-diameter models for *Picea orientalis* L. *Journal Environmental Biology* 30: 767-772.

Sullivan, M.J.P., Lewis, S.L., Phillips, O.L., 2018. Field methods for sampling tree height for tropical forest biomass estimation. *Methods in Ecology and Evolution* 9(5): 1179-1189.

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.

Şirin, G., 1989. Doğu Karadeniz Yöresindeki Ağaçlandırmaya İşlerine İlişkin İş Analizleri ve Standart Zamanlar. Ankara, Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.

URL-1, 2018. National Institute of Standards and Technology. *Appendix B. Random Number Tables*. <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/2017/04/28/AppenB-HB133-05-Z.pdf/> (Ziyaret tarihi: 09.04.2018).

URL-2, 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> (Ziyaret tarihi: 10.11.2018).

URL-3, 2018. Esri, geographic information system (GIS) software, ArcGIS Version 10.3., <https://www.esri.com/>.

---

Vanclay, J.K., 1994. Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests. CAB International, Wallingford, UK.

Wang, C.H., Hann, D.W., 1988. Height-Diameter Equations Sixteen Tree Species in The Central Western Willamette Valle of Oregon. Oregon State Universty Papers, Corvallis.

Wykoff, W.F., Crookston, N.L., Stage, A.R., 1982. User's guide to the Stand Prognosis Model. USDA Forest Service. General Technical Report. INT-133, Utah.

Yavuz, H., 1999. Taşköprü yöresinde karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. *Turkish Journal of Agriculture ad Forestry*, 23: 1181-1188.

Ek Tablo 1. Seçim yöntemleri için ölçütler  
Annex 1. Criteria for selection methods

Seçim yöntemi numarası	Seçim yöntemine göre örnek alanda seçilecek ağaç ölçütü	Örnek alanda seçilen ağaç sayısı	Örneklem grubunu oluşturan ağaç sayısı
01; 02; 03; 04; 05; 06	$M$ 'e en yakın	1; 3; 4; 5; 7; 10	47; 141; 188; 235; 329; 470
07; 08; 09; 10; 11; 12	$Rs$	1; 3; 4; 5; 7; 10	47; 141; 188; 235; 329; 470
13; 14; 15; 16	$W_{OA}$ ve en yakın mesafedeki	1+0; 1+2; 1+3; 1+4	47; 141; 188; 235
17; 18; 19	$W_{OA}$ ve azalan en yakın çaptaki	1+2; 1+3; 1+4	141; 188; 235
20; 21	$W_{OA}$ , en yakın azalan ve artan çaplı	1+3+1; 1+2+2	235; 235
22; 23; 24	$M$ 'e en yakın ve en ince çaplı	1+1; 2+2; 3+2	94; 188; 235
25; 26; 27	$M$ 'e en yakın ve en kalın çaplı	1+1; 2+2; 3+2	94; 188; 235
28; 29; 30	$Rs$ ve en ince çaplı	1+1; 2+2; 3+2	94; 188; 235
31; 32; 33	$Rs$ ve en kalın çaplı	1+1; 2+2; 3+2	94; 188; 235
34; 35; 36	$W_{OA}$ ; $W_{OA}$ azalan ve en ince çaplı	1+0+1; 1+1+2; 1+2+2	94; 188; 235
37; 38; 39	$W_{OA}$ ; $W_{OA}$ azalan ve en kalın çaplı	1+0+1; 1+1+2; 1+2+2	94; 188; 235
40	$ÇB_2$ 'den $Rs$ seçilen	$n \times 1$	482
41; 42	$ÇB_4$ 'ten $Rs$ seçilen	$n \times 1$ ; $n \times 2$	311; 532
43; 44	$ÇS$ 'dan $Rs$ seçilen	$n \times 1$ ; $n \times 2$	121; 223
45	$ÇS$ 'daki en kalın çaplı	$n \times 1$	121
46	$ÇS$ 'daki en ince çaplı	$n \times 1$	121
47	$ÇS$ 'daki Weisse orta çaplarından	$n \times 1$	121
48	$ÇS$ 'daki $M$ 'e en yakın	$n \times 1$	121
49	$ÇS$ 'daki $W_{OA}$ 'na en yakın	$n \times 1$	121
50	$\bar{d}$ alt ve üst değeri	1+1	94
51	$ÇD$ 'nin "Ortanca" değerini temsil eden	$m$	76
52	$ÇD$ 'nin "Mod" değerini temsil eden	$m$	56
53	$d_g$ 'nin alt ve üst çap değerinde	1+1	94
54	$d_g$ ile $\bar{d}$ arasındaki	$m$	131

Bu tabloda,  $M$ : örnek alan merkez noktası,  $Rs$ : rastgele,  $W_{OA}$ : Weisse orta ağacı,  $ÇB_2$  ve  $ÇB_4$ : örnek alandaki 2 cm ve 4 cm'lik çap basamakları,  $ÇS$ : çap sınıflarını (a:<8, b:8-20,c:20-36, d:36-52, e:>52),  $ÇD$ : çap dağılımı,  $\bar{d}$ : aritmetik orta ağacı,  $d_g$ : göğüs yüzeyi orta ağacı,  $n$ : örnek alanlardaki çap basamağı ile çap sınıfı sayısı ve  $m$ : ölçüte bağlı olarak seçilen ağaç sayısı sembolü olarak kullanılmıştır.

Ek Tablo 2. En başarılı model seçimleri için  $SCI$  değerleri (SY14 örneği)  
Annex 2.  $SCI$  values for most successful model selections (SY14 example)

Model	AIC	P	BIC	P	RMSE	P	$\bar{R}^2$	P	MAE	P	MAPE	P	$s$	P	TBP
1	729,8	29,3	738,7	27,2	3,15	46,6	0,610	36,4	2,502	14,0	0,208	1,1	3,174	36,9	191,4
2	732,4	55,7	741,3	54,4	3,18	66,4	0,602	59,8	2,567	57,2	0,219	2,4	3,203	60,3	356,2
3	729,3	24,5	741,1	53,1	3,12	27,9	0,614	23,5	2,501	13,8	0,209	1,2	3,157	23,9	167,9
4*	727,0	1,0	738,8	28,9	3,10	10,6	0,620	3,3	2,493	8,6	0,208	1,2	3,132	3,4	57,1
5	727,7	8,2	742,5	67,1	3,08	1,0	0,621	1,0	2,482	1,0	0,206	1,0	3,129	1,0	80,3
6	727,3	3,8	736,1	1,0	3,12	27,7	0,616	14,3	2,495	9,7	1,058	100	3,146	14,5	171,0
7	736,8	100	745,6	100	3,23	100	0,590	100	2,632	100	1,044	98,3	3,253	100	698,3
8	731,3	44,5	743,1	73,7	3,15	42,8	0,608	41,1	2,516	23,2	1,056	99,8	3,180	41,5	366,7
9	728,9	19,8	740,7	48,3	3,12	24,5	0,615	19,5	2,499	12,4	1,057	99,8	3,152	19,8	244,1
10	727,8	9,0	739,6	37,2	3,11	16,5	0,618	10,2	2,495	9,5	1,056	99,7	3,140	10,4	192,6

Bu tabloda P: tek ölçüt puanı, TBP: tümleşik başarı puanı kısaltması olarak kullanılmış olup \* en başarılı seçilen modeldir.

Ek Tablo 3. Çap-boy ilişkilerinin açıklanmasında en başarılı ilk 20 seçim yönteminin SC2 değerleri  
Annex 3. SC2 values of the top 20 most successful selection methods in explaining diameter-height relationships

BS	BIAS	P	PBIAS	P	MAE	P	MAPE	P	RMSE	P	PVE	P	SE	P	<i>n</i>	TBP	SY
1	0,056	5	-0,047	32	2,163	19	0,198	7	2,853	31	61,77	17	0,0833	30	1173	141,7	16
2	0,356	38	-0,034	24	2,149	14	0,197	6	2,826	24	61,06	28	0,0819	20	1173	153,5	27
3	0,093	9	-0,048	33	2,173	22	0,198	8	2,879	37	61,27	25	0,0824	24	1220	158,3	15
4	0,115	12	-0,039	27	2,209	34	0,202	16	2,893	41	61,29	24	0,0812	15	1267	169,8	14
5	0,264	28	-0,038	27	2,202	32	0,200	12	2,888	40	62,01	14	0,0824	23	1220	175,0	09
6	0,137	14	-0,053	36	2,201	31	0,202	17	2,902	43	61,53	21	0,0815	17	1267	179,5	08
7	0,217	23	-0,043	30	2,109	1	0,202	18	2,737	1	61,19	26	0,0923	92	876	189,9	42
8	-0,106	11	-0,070	48	2,177	23	0,209	33	2,833	25	62,85	1	0,0862	50	1079	191,4	05
9	-0,016	1	-0,066	45	2,123	6	0,208	31	2,758	6	61,34	24	0,0907	81	926	193,6	40
10	0,171	18	-0,047	33	2,197	30	0,202	17	2,893	41	61,42	22	0,0844	37	1173	197,8	10
11	0,140	15	-0,054	37	2,175	23	0,205	24	2,838	27	60,77	32	0,0856	46	1097	203,2	41
12	0,216	23	-0,030	21	2,262	52	0,205	24	2,937	52	61,21	26	0,0803	9	1332	205,4	51
13	-0,164	17	-0,075	51	2,127	7	0,209	33	2,788	14	62,54	6	0,0909	82	938	210,7	06
14	0,265	28	-0,038	26	2,187	27	0,201	15	2,877	37	61,16	26	0,0872	57	1079	215,5	11
15	0,349	37	-0,037	26	2,227	40	0,200	12	2,942	53	60,77	32	0,0815	17	1287	217,6	43
16	0,312	33	-0,044	30	2,216	36	0,201	14	2,943	54	60,65	34	0,0816	18	1287	219,4	49
17	-0,258	27	-0,085	58	2,217	37	0,208	33	2,863	33	62,08	13	0,0833	30	1173	229,9	30
18	0,433	46	-0,031	22	2,229	41	0,200	11	2,956	57	60,21	41	0,0815	17	1287	234,9	47
19	-0,183	19	-0,093	63	2,223	38	0,213	45	2,889	40	61,45	22	0,0804	10	1287	237,1	48
20	-0,166	17	-0,074	50	2,221	38	0,210	37	2,896	42	61,48	22	0,0844	38	1173	243,8	04

Bu tabloda BS: başarı sırası, P: tek ölçüt puanı, TBP: tümleşik başarı puanı, *n*: test grubundaki ağaç sayısı kısaltması olarak kullanılmıştır.





Ek Tablo 4. Seçim yöntemleri için OEKY, *key* ve  $\dot{I}S_{HT}$  değerleri  
Annex 4. OEKY, *key* and  $\dot{I}S_{HT}$  values for selection methods

SY no.	OEKY ±sd	$k_{key}$	$\dot{I}S_{HT}$ (dak)	BS	SY no.	OEKY ±sd	$k_{key}$	$\dot{I}S_{HT}$ (dak)	BS	SY no.	OEKY ±sd	$k_{key}$	$\dot{I}S_{HT}$ (dak)	BS
01	04,14±01,8	1,00	0,81	1	19	47,31±13,6	1,65	4,27	43	37	30,16±10,6	1,39	1,68	12
02	13,41±04,4	1,14	1,93	15	20	48,02±14,3	1,66	4,29	44	38	44,21±11,2	1,61	3,39	34
03	17,78±05,9	1,21	2,59	25	21	46,83±13,1	1,65	4,25	41	39	50,00±12,8	1,69	4,37	46
04	21,71±07,0	1,27	3,31	31	22	19,33±07,5	1,23	1,50	6	40	67,63±19,3	1,96	10,28	53
05	29,76±09,0	1,39	4,98	48	23	31,40±10,1	1,41	3,00	27	41	57,49±18,0	1,81	6,08	49
06	41,56±12,5	1,57	8,04	51	24	34,92±09,9	1,47	3,80	37	42	70,20±18,8	2,00	11,64	54
07	17,59±07,5	1,20	0,94	3	25	22,12±06,4	1,27	1,55	7	43	33,35±14,4	1,44	2,11	17
08	35,80±11,9	1,48	2,44	23	26	34,40±10,2	1,46	3,09	28	44	47,10±15,9	1,65	4,06	39
09	42,54±11,2	1,58	3,34	33	27	36,65±10,6	1,49	3,87	38	45	36,30±13,8	1,49	2,16	21
10	48,45±11,8	1,67	4,31	45	28	28,13±10,5	1,36	1,65	9	46	35,82±13,5	1,48	2,15	20
11	57,27±12,9	1,80	6,42	50	29	40,99±11,8	1,56	3,29	29	47	34,44±14,2	1,46	2,13	19
12	66,36±14,7	1,94	9,92	52	30	46,05±11,1	1,63	4,22	40	48	20,03±11,4	1,24	1,84	14
13	16,74±07,7	1,19	0,93	2	31	32,01±11,7	1,42	1,71	13	49	28,18±11,7	1,36	2,00	16
14	22,00±08,5	1,27	2,13	18	32	45,47±14,2	1,63	3,42	35	50	28,09±09,5	1,36	1,65	10
15	24,99±08,7	1,32	2,81	26	33	50,53±14,7	1,70	4,39	47	51	23,21±11,4	1,29	1,35	5
16	27,09±08,6	1,35	3,51	36	34	29,06±11,4	1,38	1,66	11	52	14,61±14,7	1,16	1,01	4
17	35,49±13,4	1,47	2,44	24	35	41,33±13,7	1,56	3,30	30	53	27,97±10,1	1,36	1,64	8
18	42,06±14,3	1,57	3,32	32	36	47,02±14,8	1,65	4,26	42	54	33,07±11,1	1,44	2,24	22

Bu tabloda OEKY: Ortalama en kısa yol (metre),  $\dot{I}S_{HT}$ : İşlem süresi (dakika), BS: başarı sırası kısaltması olarak kullanılmıştır.

## Morphogenetic variations of *Pinus sylvestris* L. seedlings depending on altitude

Yükseltiye bağlı olarak *Pinus sylvestris* L. fidanlarının morfogenetik varyasyonları

Deniz GÜNEY<sup>1</sup>   
Fahrettin ATAR<sup>1</sup>   
İbrahim TURNA<sup>1</sup>   
Ali BAYRAKTAR<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman  
Fakültesi, Trabzon

**Sorumlu yazar (Corresponding author)**  
Fahrettin ATAR  
fatar@ktu.edu.tr

**Geliş tarihi (Received)**

14.09.2022

**Kabul Tarihi (Accepted)**

01.12.2022

**Sorumlu editör (Corresponding editor)**

Fatma FEYZİOĞLU  
fatmafeyzioglu@ogm.gov.tr

**Atıf (To cite this article):** Güney, D. , Atar, F. ,  
Turna, İ. & Bayraktar, A. (2023). Morphogenetic  
Variations of *Pinus sylvestris* L. Seedlings Depend-  
ing on Altitude . Ormanlık Araştırma Dergisi  
, 10 (1) , 80-89 . DOI: 10.17568/ogmoad.1175340



Creative Commons Atıf -  
Türetilemez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

### Abstract

Scotch pine is a primary species that spreads from sea level to very high altitudes in Turkey and has a very wide distribution area in the world. For this reason, it is important to investigate the variations of the species depending on the altitude. The research aims to determine the morphogenetic variations of the seedling characters in populations representing the vertical distribution area of Scotch pine and to reveal the within and among population variations in the vertical distribution areas. In the study, seedlings (three, four and five-year-old) grown from the seeds collected from five populations in the altitudinal zones up to 2,250 m from sea level in the natural distribution area of Scotch pine in Trabzon region were used. The seedling's height, root collar diameter, the number of side branches and crown buds and sturdiness quotient were determined. As a result of the study, it was determined that there were statistically significant differences ( $p<0.01$ ) among populations in different altitude zones. The average seedling heights increase in the transition from the 4<sup>th</sup> altitude zone to the 5<sup>th</sup> altitude zone in Zigana, while the height of the seedlings decreases in all three growth periods due to the increase in altitude in general. Also, in the transition from the 2<sup>nd</sup> elevation zone in Maçka to the 3<sup>rd</sup> elevation zone in Zigana, the mean root collar diameters increased. On the other hand, in seedlings at altitudes other than these, the root collar diameter averages decreased as the altitude increased.

**Keywords:** Morphology, Scotch pine, sturdiness quotient, variation

### Öz

Sarıçam Türkiye'de deniz seviyesinden çok yüksek rakımlara kadar yayılan bir asli tür olup, dünyada da çok geniş yayılış alanına sahiptir. Bu nedenle, türün yükseltiye bağlı varyasyonlarının araştırılması önem arz etmektedir. Araştırma, sarıçam türünün dikey yayılış alanını temsil eden populasyonlardaki fidan karakterlerinin morfogenetik varyasyonlarını belirlemeyi ve dikey yayılış alanlarında populasyon içi ve populasyonlar arası varyasyonları ortaya koymayı amaçlamaktadır. Çalışmada Trabzon yöresinde doğal yayılış gösteren sarıçam türünün deniz seviyesinden 2.250 m yüksekliğe kadar olan bölgelerdeki beş populasyondan toplanan tohumlardan yetiştirilen (üç, dört ve beş yaşında) fidanlar kullanılmıştır. Fidanların boyu, kök boğazı çapı, yan dal ve tepe tomurcuğu sayısı ve gürbüzlük indisi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, farklı yükseltilere ait populasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ( $p<0,01$ ) olduğu tespit edilmiştir. Zigana'da ikinci yükseltiden beşinci yükseltiye geçişte ortalama fidan boyları artmış, genel olarak yükselti artışına bağlı olarak her üç büyüme döneminde de fidan boyları azalmıştır. Ayrıca Maçka'da ikinci yükseltiden Zigana'da üçüncü yükseltiye geçişte ortalama kök boğazı çapları artmıştır. Bunun dışındaki yükseltilere ait fidanlarda ise yükselti arttıkça kök boğazı çap ortalamaları azalmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Morfoloji, sarıçam, gürbüzlük indisi, varyasyon

---

## 1. Introduction

Seeds and seedlings with superior genetic qualities should be used to ensure the future of forest establishment and forestation studies, which cover long periods and have high costs, and to minimize risks. In order to reveal the genetic quality of a seedling, it is necessary to know the genetic variations of the population and the trees in the population, which are the source of the material from which it is produced generatively or vegetatively. The resistance of plants to biotic and abiotic damage and their adaptation to changing climatic conditions are directly related to intraspecies genetic diversity (Filiz et al., 2011; Güney et al., 2014; Güney et al., 2019; Koç 2022a).

Forest tree populations are faced with a number of dangers due to the global climate change that has taken place in recent years. Therefore, the importance of gene protection studies is increasing and it is necessary to develop protection strategies in light of these effects. In this way, it will be an important option to identify populations with higher genetic diversity as an option against future needs (Tekin et al., 2022; Varol et al., 2022; Zeren Çetin et al., 2022, Key et al., 2022; Koç 2022b; Koç 2021).

Intraspecies genetic diversity studies are emphasized at the beginning of breeding programs (Ledig, 1986). As a genetic resource in tree breeding, primarily natural stands are used, and it is stated that the best way to determine the genetic variation in a species is by comparing the populations in different habitats (Chmura and Rozkowski, 2002). According to selection theory in breeding, species with a large gene pool and therefore rich in genetic diversity have a wide natural distribution area, and these species can adapt more easily to different habitats (Yahyaoglu and Genç, 2007; Kurz et al., 2022). Heterogeneity of biotic and abiotic factors in habitats and temporal and spatial changes of ecological characteristics affect the vital characteristics of plants (Işınkaralar et al., 2022; Çobanoğlu et al., 2022; Atar and Güney, 2021; Matesanz et al., 2010; Herrera and Bazaga, 2013).

The variables in the forest ecosystem change the morphological, physiological and anatomical features of the plants, and also affect the adaptation characteristics in the areas where plants are used (Nascimbene and Marini, 2015). Altitude is one of the most important factors among ecological variables, and depending on the change in altitude, many ecological features also differ. It is stated that the variations in ecological characteristics, especially climate variables, due to the increase in altitude are related to the advanced life history and evolution-

ary responses of plants (Turna and Güney, 2009; Aragon et al., 2012; Leingartner et al., 2014; Güney et al., 2019; Atar and Güney, 2021).

The developments seen in forest establishment studies (afforestation or reforestation) have also accelerated the studies in the field of tree breeding. At this stage, determining the breeding values of populations for seed tree selection is a very important phenomenon in terms of growing forests that are suitable for their growing environment and have high yield strength. In addition, the percentage of quality seedlings to be grown in nurseries primarily depends on the quality of the seed used. The most critical problems in this regard are from which region, altitude, and trees the quality seeds will be obtained. For this reason, it will be possible to determine the populations in which superior trees are found and to reach increasingly superior values by breeding these populations. Rational use of existing forest areas in terms of quality and quantity should be increased (Ürgeç, 1982; Şimşek, 1993; Turna and Güney, 2009).

Widespread species have a great deal of geographic variation and local races (Hume and Cavers, 1982). The rugged geographical structure and changing climate and soil characteristics of Türkiye in short distances encourage the formation of local races in forest tree populations even at short distances (Işık, 1988).

The fact that Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) has a very wide distribution, both horizontally and vertically, is an indication that it may have genetic variations. Especially in Türkiye, the extreme distribution of this species in altitude and its vertical distribution from sea level to 2700 m altitude makes it even more important to determine the variations it will show depending on the altitude. In breeding studies that are started with populations with a large genetic base, it is easier to find suitable breeding material and risk-free, and therefore the chance of success is higher (Turna and Güney, 2009; Şevik et al., 2010; Bilgen et al., 2011, Güney et al., 2014; Güney et al., 2019).

Scotch pine, which has the widest geographical distribution among the existing pine species, has a vast natural distribution area of approximately 3700 km in width and 14700 km in length in Europe and Asia. The northern border forms the forest border of conifers together with the *Larix sibirica* Ldb. in the Siberian steppes, in the north of Scotland, Norway, Sweden and Finland up to the 70th degree of latitude. Its southern border is in the high parts of the Pyrenees in Spain, in the Alps, in the Carpathians, in former Yugoslavia and Bulgar-

ia as scattered, in Anatolia, Crimea, and the Caucasus. Scotch pine starts from Yeşildağ in the west of Eskişehir in our country and covers the high parts of the North Anatolian mountains towards the east, passing through Kars-Sarıkamış to the Caucasus. Kayseri-Pınarbaşı is the last place where the species descends to the south. The vertical distribution of Scotch pine, which has such a wide distribution in Türkiye, rises from sea level near Trabzon-Sürmene (Çamburnu) and Artvin-Arhavi to 2700 meters in Kars-Sarıkamış. In addition, it spreads purely and mixed with other species on average between 1000-2500 meters (Anşın and Özkan, 1997; Anonymous, 2001; Turna, 2003).

In this study, it was aimed to determine the mor-

phogenetic variations of the seedling characters in populations representing the vertical distribution area of Scotch pine in Trabzon and to reveal the within and among population variations in the vertical distribution areas.

## 2. Material and Method

### 2.1. Material

In the study, seedlings grown from the seeds collected from five populations in the altitudinal zones up to 2250 m from sea level (0 m) in the natural distribution area of Scotch pine in Trabzon region were used. Some characteristics of the populations are given in Table 1, and their geographical locations are given in Figure 1.

Table 1. Description of the Scotch pine populations sampled  
Tablo 1. Örneklenen sarıçam populasyonlarına ait tanımlayıcı bilgiler

Population Name	Altitudinal Zone (Spacing)	Latitude	Longitude
Çamburnu	1 (0-450 m)	4531000-4530000	603000-602000
Maçka	2 (450-900 m)	4527500-4527000	557250-556750
Zigana-1	3 (900-1350 m)	4498500-4496000	529500-527000
Zigana-2	4 (1350-1800 m)	4502750-4501000	535500-534000
Zigana-3	5 (1800-2250 m)	4501000-4499000	535000-533000

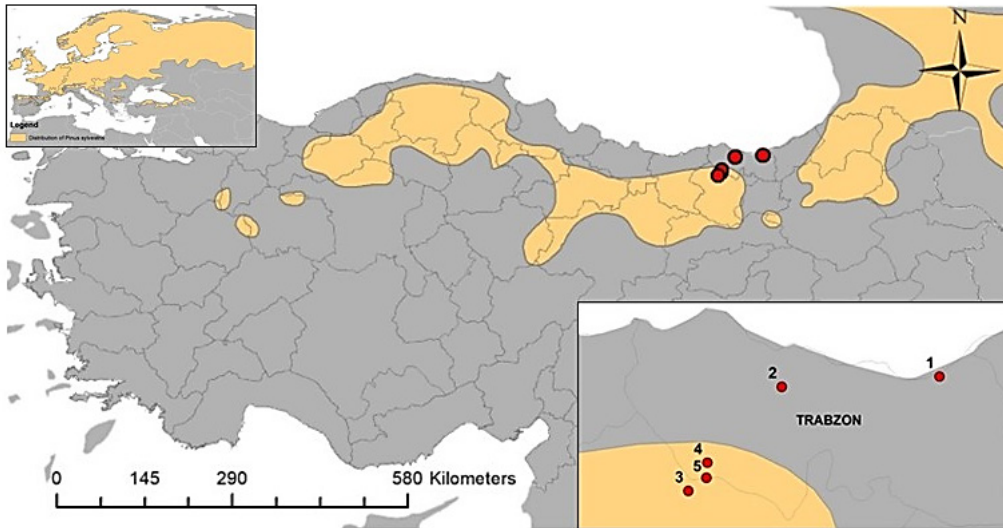


Figure 1. Geographic locations of populations at different altitudes  
Şekil 1. Farklı yükseltilerdeki populasyonların coğrafi konumları

### 2.2. Method

Seeds were collected from a total of 150 trees (5 altitude levels × 30 trees) and separated on a tree-by-tree basis with the labels of the sampled trees. Seeds of each tree and population were sown using the line sowing method by a randomized block design in outdoor nursery seedbeds in the Research and Application Greenhouse, Faculty of Forestry,

Karadeniz Technical University in Trabzon.

Morphological characteristics of three, four and five-year-old seedlings were measured on a total of 4500 seedlings to be 5 populations × 30 trees × 30 seedlings at the end of each growth period. Seedling height (SH), root collar diameter (RCD), number of side branches (NSB), and number of crown buds (NCB) were measured. Also, the sturdiness



quotient (SQ), which expresses the ratio of seedling height (cm) to root collar diameter (mm), was determined (Aphalo and Rikala, 2003). The sturdiness quotient expresses the vigor and robustness of the seedling. The seedlings were classified as quality seedlings (SQ<50), medium-quality seedlings (50<SQ<60) and low-quality seedlings (SQ>60) by using the SQ values (Yahyaoglu and Genç, 2007). In addition, the coefficient of variation of seedling morphological characteristics was also evaluated depending on the altitude. The coefficient of variation (CV) was calculated as follows (Bland and Altman, 1996):

$$CV\% = (\sigma/\mu) \times 100$$

In this equation,  $\sigma$  is standard deviation and  $\mu$  is the overall mean.

### 2.3. Statistical analysis

The obtained data were analyzed using the SPSS 26.0 statistical software program. In the study, variance analysis (one-way ANOVA) was performed to reveal the statistical significance ( $p<0.05$ ) of the differences in the morphological characteristics of seedlings among and within populations depending on different altitudes. In case of significant differences as a result of analysis of variance, the groups formed by the altitudes were determined by Duncan's test (Özdamar, 1999).

### 3. Results

The mean values for the morphological characteristics of three, four- and five-year-old seedlings, and the results of the analysis of variance and Duncan's test are given in Table 2. It was determined that there were statistically significant ( $p<0.01$ ) differences among populations in different altitude zones depending on the morphological characteristics measured in the seedlings of three different ages. The values of SH varied between 20.3-35.5 cm in 3-year-old seedlings, 28.6-47.4 cm in 4-year-old seedlings, and 36.8-65.2 cm in 5-year-old seedlings. Considering the change in the height of the seedlings according to the altitude, it is understood that the average SH increase in the transition from the 4th altitude zone (1350-1800 m) to the 5th altitude zone (1800-2250 m) in Zigana, while the height of the seedlings decreases in all three growth periods due to the increase in altitude in general.

The RCD of Scotch pine seedlings varied between 5.0-6.1 mm at 3 years old, 8.1-10.4 mm at 4 years old, and 10.0-13.1 mm at 5 years old. When the change of RCD according to the altitude is examined, in the transition from the 2nd elevation zone (450-900 m) in Maçka to the 3rd elevation zone (900-1350 m) in Zigana, the mean RCD increased. On the other hand, in all the 3-, 4-, and 5-year-old seedlings at altitudes other than these, it was de-

Table 2. The results of mean, variance analysis and Duncan's test for seedling characters  
Tablo 2. Fidan karakterlerine ait ortalama değerler, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Population	Seedling Age	SH (cm)	RCD (mm)	SQ	NSB	NCB
1st Altitude	3	35.5±7.1 a	6.1±1.7 a	60.6±13.7 b	4.3±1.8 b	3.8±1.1 ab
	4	47.4±10.0 a	10.4±2.2 a	46.4±10.6 b	6.3±2.5 b	5.0±2.1 a
	5	65.1±12.2 a	13.1±2.9 a	51.0±10.4 b	9.3±3.1 bc	5.5±2.5 a
2nd Altitude	3	33.5±7.4 b	5.4±1.5 c	64.7±15.9 a	3.8±1.8 a	3.9±1.2 a
	4	44.1±10.6 b	9.1±2.0 c	49.7±10.2 a	6.0±2.6 bc	5.3±2.2 a
	5	59.3±12.4 b	11.3±2.8 b	54.4±12.6 a	9.9±3.9 ab	5.6±2.6 a
3rd Altitude	3	22.3±6.3 d	5.6±1.6 bc	40.7±10.1 d	4.6±2.2 ab	3.6±1.1 bc
	4	35.8±8.2 c	9.9±2.2 b	37.2±7.9 d	7.0±2.2 a	4.9±2.0 a
	5	41.2±9.5 c	11.2±2.6 b	37.7±8.6 c	10.1±3.4 a	5.0±2.4 b
4th Altitude	3	20.3±5.1 e	5.0±1.3 e	42.1±10.5 cd	4.8±1.7 a	3.0±1.0 d
	4	28.6±6.1 c	8.1±1.8 e	36.2±7.2 d	6.1±2.3 bc	4.3±1.7 b
	5	36.8±9.7 d	10.0±2.3 c	37.5±7.7 c	9.2±3.2 c	4.1±2.1 c
5th Altitude	3	24.1±4.9 c	5.7±1.5 b	44.1±10.1 c	3.9±1.7 a	3.6±0.9 c
	4	33.6±6.7 d	8.4±1.9 d	40.6±7.1 c	5.8±2.4 c	4.5±1.7 b
	5	38.5±8.9 d	10.1±2.4 c	38.9±7.2 c	9.3±3.2 bc	4.7±2.3 b
Mean	3	27.1±8.6	5.5±1.5	50.7±15.9	4.3±1.9	3.6±1.1
	4	37.9±10.9	9.1±2.2	42.3±10.2	6.2±2.5	4.8±1.9
	5	47.6±15.6	11.1±2.8	43.7±11.9	9.5±3.4	5.0±2.4
F	3	349.9**	21.6**	253.2**	16.2**	31.8**
	4	202.2**	56.2**	117.8**	9.8**	11.2**
	5	356.0**	54.8**	173.5**	3.8**	14.8**

\*\* (There is a statistically significant difference at 99% confidence level)

Letters (a, b, c, etc.) represent the groups formed as a result of the Duncan test.

terminated that the RCD averages decreased as the altitude increased.

SQ values ranged between 40.7 and 64.7, 36.2 and 49.7, and 37.5 and 54.4, respectively, in 3-, 4- and 5-year-old seedlings. It was determined that the SQ values of the seedlings of all three ages, which were measured, generally decreased with the increase in altitude, and that the populations located at high altitudes had a better SQ value. The average values of NSB and NCB increased depending on

the age of the seedlings.

There were also statistically significant differences between trees within the populations regarding morphological characteristics in all measured characters, except for RCD in 4-year-old seedlings, and the results are given in Table 3. These differences emerged in all three growth periods, and different groups ranging from 3 to 12 occurred depending on Duncan's test.

Table 3. Variance analysis results for seed and seedlings within populations  
Tablo 3. Populasyonlar içi tohum ve fidanlara ilişkin varyans analizi sonuçları

Seedling Age	Morphological Characters		1st Altitude	2nd Altitude	3rd Altitude	4th Altitude	5th Altitude
3	SH	F-value	3.404	12.649	10.539	5.383	4.733
		p-value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Gn	7	11	7	9	9
	RCD	F-value	3.434	2.166	2.961	2.309	3.936
		p-value	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
		Gn	8	4	6	5	9
	SQ	F-value	4.927	5.552	4.447	6.583	3.458
		p-value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Gn	8	10	8	7	10
	NSB	F-value	4.927	4.669	2.866	1.525	3.673
		p-value	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
		Gn	8	11	5	3	7
NCB	F-value	4.927	2.667	1.877	3.149	1.745	
	p-value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
	Gn	8	7	4	7	5	
4	SH	F-value	4.479	6.715	6.408	3.652	4.778
		p-value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Gn	7	12	9	6	10
	RCD	F-value	1.480	1.798	3.505	3.565	2.262
		p-value	ns	0.00	0.00	0.00	0.00
		Gn	2	5	8	4	5
	SQ	F-value	4.553	9.372	6.720	5.030	1.773
		p-value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
		Gn	7	12	9	7	6
	NSB	F-value	2.150	1.919	1.529	2.421	2.520
		p-value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Gn	5	7	4	4	6
NCB	F-value	2.775	2.032	3.298	2.149	2.174	
	p-value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Gn	6	3	8	6	5	
5	SH	F-value	2.632	6.814	5.654	3.088	3.729
		p-value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Gn	4	11	8	8	9
	RCD	F-value	1.745	1.911	2.955	2.075	2.902
		p-value	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
		Gn	3	4	5	4	4
	SQ	F-value	3.785	5.092	4.521	4.427	3.308
		p-value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Gn	6	9	7	7	8
	NSB	F-value	1.588	3.538	2.785	3.233	2.972
		p-value	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
		Gn	3	7	4	7	8
NCB	F-value	1,954	2.246	1,972	2.116	1.654	
	p-value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	
	Gn	3	4	4	4	4	

Gn: Number of groups formed according to Duncan's test, ns: No significance between trees in the population

The coefficients of variation determined for each age and altitude zone depending on the morphological characters measured in Scotch pine seedlings are given in Figure 2. Accordingly, the highest coefficient of variation generally appeared in the

populations in the 3rd altitude zone in 3-year-old seedlings. However, the coefficients of variation in the 2nd altitude zone were higher in 4- and 5-year-old seedlings.

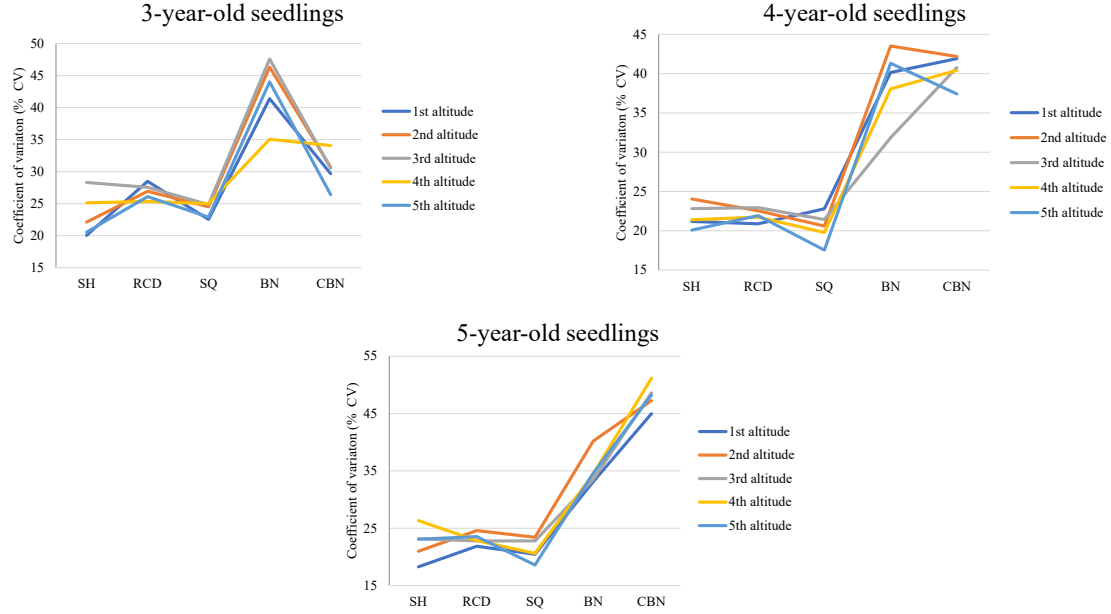


Figure 2. Coefficients of variation (%CV) in three-, four- and five-year-old seedlings  
Şekil 2. Üç, dört ve beş yaşındaki fidanlara ait varyasyon katsayıları

The relationships between the SH and the RCD obtained by taking the general average of all populations in Scotch pine seedlings were evaluated separately for each of the three seedling ages. Ac-

cordingly, the correlation coefficient between SH and RCD was determined as  $R^2 = 0.22$ ,  $R^2 = 0.35$  and  $R^2 = 0.37$  for seedlings aged 3, 4, and 5 years, respectively (Figure 3).

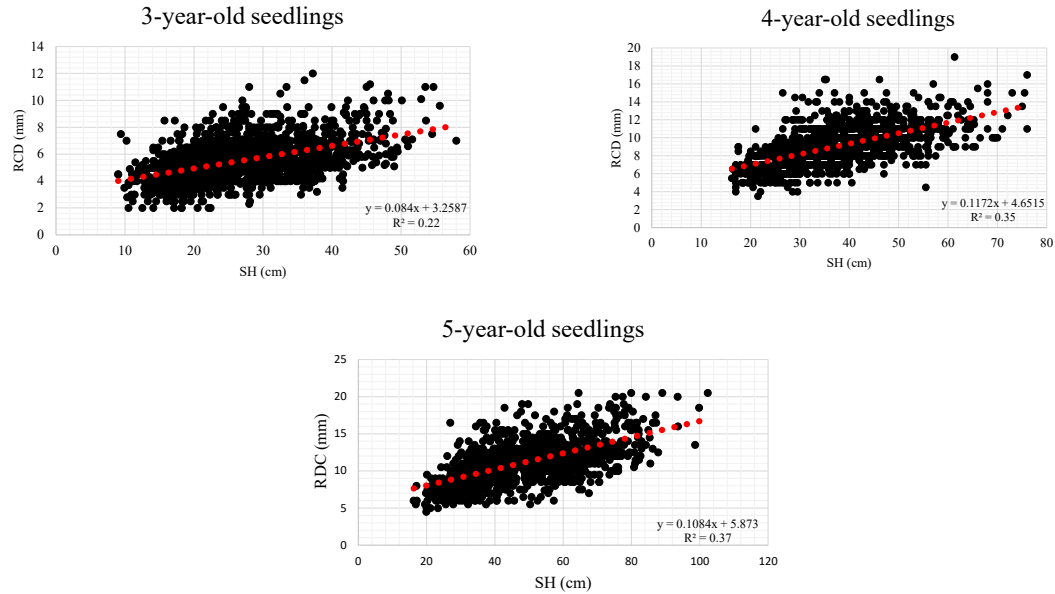


Figure 3. The relationship between RCD-SH in Scotch pine seedlings  
Şekil 3. Sarıçam fidanlarında kök boğaz çapı-fidan boyu arasındaki ilişki

#### 4. Discussion and Conclusion

SH, RCD, NSB, and NCB were measured and the SQ was determined in the seedlings, which were examined in three growth periods on the basis of population and tree, depending on the altitude. Considering the average of all populations, it was determined that the average height of the seedlings was 27.1, 37.9, and 47.6 cm in 3-, 4-, and 5-year-old seedlings, respectively. It is seen that the annual height increments of the seedlings are close to each other.

In a study conducted on Scotch pine, Turna and Güney (2009) reported that the average hypocotyl length in the seedling measured 45 days after germination was 1.8 cm, and the average 1-year-old SH was 6.4 cm. Considering the annual growth rate of Scotch pine after the age of three, it can be said that the seedlings of Scotch pine show a rapid growth course at young ages. However, depending on the results of our study, it is understood that the average SH decreased in general due to the increase in altitude on Scotch pine seedlings.

The average RCD were determined as 5.5, 9.1 and 11.1 mm for seedlings aged 3, 4, and 5 years, respectively. In a study carried out on Scotch pine, the average RCD of 1-year-old seedlings was 2.7 mm (Turna and Güney, 2009). Similar to the height of the seedlings, the RCD also tended to decrease due to the increase in altitude. The seedlings obtained from the populations in the 1st (0-450 m) and the 2nd (450-900 m) altitude zones had the highest averages in terms of both SH and RCD. In terms of the NCB, the populations in the 2nd and 1st altitudes, respectively, had the highest values at all three seedling ages. Although there are statistical differences in the NSB, a change parallel to the altitude was not observed.

Morphogenetic characters can vary at the level of origin and clone, as well as within families, and the determination of these variations is important for the success of plantation and artificial regeneration studies as well as the adaptability of the species (Tunçtaner, 2007). In the present study, there were variations depending on statistical analyzes both between the populations and the trees within the populations in all three different age groups of the seedlings grown from five different altitude zones in the distribution area represented from sea level to 2250 m altitude belt. Similarly, there are studies that determine the variations according to the populations in species such as Turkish pine (*Pinus brutia*: Işık, 1986; Işık, 1994; Işık and Kara, 1997), oriental spruce (*Picea orientalis*: Atasoy, 1996; Güney et al., 2019), Kazdağı fir (*Abies nordmanni-*

*ana* spp. *equi-tojani*: Velioğlu et al., 1999), maritime pine (*Pinus pinaster*: Şimşek et al., 1985), umbrella pine (*Pinus pinea*: Yahyaoğlu et al., 2012), oriental beech (*Fagus orientalis*: Güney et al., 2016), common hornbeam (*Carpinus betulus*: Güney et al., 2015; Atar et al., 2017; Atar, 2021), and oriental hornbeam (*Carpinus orientalis*: Güney et al., 2013; Atar et al., 2014; Atar and Güney, 2021).

In our study, considering the coefficients of variation determined based on morphological characteristics, the highest coefficients of variation were found in the 3rd altitude zone in 3-year-old seedlings and the 2nd altitude zone in 4- and 5-year-old seedlings. When geographic variation is evaluated with respect to altitude, an altitude difference of 1000 meters will often bring more variation than the variation in climate that can occur in a few hundred kilometers of a flat country. As a result of this, such a natural selection occurs that the individuals of the high and the low region are completely different from each other. Studies on Scotch pine in Sweden and ponderosa pine (*Pinus ponderosa*) in California, USA can be given as examples to reveal altitude-related differences. In both tree species, genetic structures change with the changes in altitude levels (Ürgenç, 1982; Şimşek, 1993).

Altitudinal variations have been revealed in some studies carried out on Scotch pine (Turna, 2003; Turna and Güney, 2009; Şevik et al., 2010; Bilgen et al., 2011). Along with these, in Scotch pine, variations have been studied on the needle, pollen, cone, seed, seed wing, the number of cotyledons, seedling characteristics (Eliçin, 1971; Lučić et al., 2012), anatomical seed maturity (Harju et al., 1996), isoenzyme and DNA analysis (Prus-Głowacki and Stephan, 1994; Vidyakin et al., 2015; Tereba et al., 2021; Tikhonova et al., 2021) made by using seed samples.

Scotch pine with a wide vertical distribution showed significant variations at different altitude zones. For this reason, it is important for success to use seedlings to be obtained from altitude zones suitable for the desired characteristics in both breeding and genetic studies. The genetic structures of forest trees contain all kinds of information necessary for them, and it is extremely important to know the genotypic characteristics in tree breeding studies. Forest trees are sometimes affected by natural or artificial environmental changes, and as a result, genotypic reductions occur in the stands formed by these trees. All biological, ecological and technical measures should be taken to protect genetic resources in forestry, and the genetic diversity of forest trees should be transferred to future generations (Yahyaoğlu and Genç, 1990; Yahyaoğlu et al., 1993).

## References

- Anonymous, 2001. Sarıçam El Kitabı Dizisi:7, Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi:67, Ankara.
- Anşın, R., Özkan, Z.C., 1997. Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar. 2. Baskı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No:167, Fakülte Yayın No:19, Trabzon.
- Aphalo, P., Rikala, R., 2003. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume. *New Forests* 25: 93-108.
- Aragon, G., Martínez, I., García, A., 2012. Loss of epiphytic diversity along a latitudinal gradient in southern Europe. *Science of The Total Environment* 426: 188-195.
- Atar, E., Atar, F., Güney, D., Turna, İ., Seyis, E., 2014. Doğu Gürgeni'nde (*Carpinus orientalis* Miller) Yaprak Karakterlerine Ait Bazı Morfolojik Özelliklerin Yükseltiye Bağlı Olarak Değişimi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Isparta, Türkiye, 22-24 Ekim ss. 870-876.
- Atar, F., Bayraktar, A., Atar, E., Turna, İ., 2017. Morphological Diversity of Common Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) Seeds in the Eastern Black Sea Region of Turkey. *International Forestry and Environment Symposium, Trabzon, Turkey, 7-10 November p. 203.*
- Atar, F., 2021. Effects of altitude on some seedling quality characteristics of *Carpinus betulus* L. (Common hornbeam) and *Carpinus orientalis* Mill. (Oriental hornbeam). *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 22(2): 257-265.
- Atar, F., Güney, D., 2021. Doğu gürgeni (*Carpinus orientalis* Mill.) fidanlarında farklı önışlem ve yükseltiye bağlı olarak klorofil içeriğinin değişimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 23(1): 236-243.
- Atasoy, H., 1996. Doğu Ladininde (*Picea orientalis* (L.) Link) Tohum ve Fidan Özellikleri Bakımından Populasyonlar Arası ve İçi Genetik Çeşitlilik. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No:261, Ankara.
- Bilgen, B.B., Güney, D., Kaya, N., 2011. Estimation of Altitudinal Genetic Variation in *Pinus sylvestris* L. Populations in Trabzon by RAPD Markers. VI. International Symposium on Ecology and Environmental Problems, Antalya 17-20 November.
- Bland, J.M., Altman, D.G., 1996. Statistics notes: measurement error proportional to the mean. *British Medical Journal* 313: 106.
- Chmura, D.J., Rozkowski, R., 2002. Variability of beech provenances in spring and autumn phenology. *Silvae Genetica* 51: 2-3.
- Çobanoğlu, H., Şevik, H., Koç, İ., 2022. Havadaki Ca konsantrasyonunun tespitinde ve trafik yoğunluğu ile ilişkisinde yıllık halkaların kullanılabilirliği *Icontech International Journal* 6(3): 94-106.
- Eliçin, G., 1971. Türkiye Sarıçam (*Pinus silvestris* L.)'larında Morfogenetik Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları Yayın No, 1662, 180, İstanbul.
- Filiz, E., Çiçek, E., Aydın, Y., 2011. Forest genetics and biotechnology. *Turkish Journal of Forestry* 12: 155-162, Isparta.
- Güney D., Hatipoğlu E., Atar F., Turna İ., Kulaç Ş., 2013. Changes of Some Morphological Characteristics of Oriental Hornbeam (*Carpinus orientalis* Miller) Seeds Depending on Altitude. *International Caucasian Forestry Symposium, Artvin, Turkey, 24 - 26 October pp. 97-102.*
- Güney, D., Yahyaoglu, Z., Turna, İ., Müller-Strack, G., 2014. Genetic variation in *Pinus brutia* in Turkey. *Frese-nius Environmental Bulletin* 23(5): 1249-1254.
- Güney, D., Atar, F., Atar, E., Turna, İ., Kulaç, Ş., 2015. The effect of pre-treatments and seed collection time on the germination characteristics of common hornbeam (*Carpinus betulus*) seeds in the Eastern Black Sea region, Turkey. *Seed Science and Technology* 43(1): 1-9.
- Güney, D., Turna, H., Turna, İ., Kulaç, Ş., Atar, F., Filiz, E., 2016. Variations within and among populations depending on some leaf characteristics of oriental beech *Fagus orientalis* Lipsky. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma* 9(2): 1-9.
- Güney, D., Yahyaoglu, Z., Turna, İ., Bayraktar, A., Atar, F., 2019. Genetic variation in *Picea orientalis* (L.) Link populations located in different regions of Turkey. *Su-mariski List* 11-12: 539-547.
- Harju, A.M., Karkkainen, K., Ruotsalainen, S., 1996. Phenotypic and genetic variation in the seed maturity of scots pine. *Silvae Genetica* 45(4): 205-211.
- Herrera, C.M., Bazaga, P., 2013. Epigenetic correlates of plant phenotypic plasticity: DNA methylation differs between prickly and nonprickly leaves in heterophyllous *Ilex aquifolium* (Aquifoliaceae) trees. *Botanical Journal of the Linnean Society* 171: 441-452.
- Hume, L., Cavers, P.B., 1982. Geographic variation in a widespread perennial weed, *Rumex crispus*. The relative amounts of genetic and environmentally induced variation among populations. *Canadian Journal of Botany* 60(10): 1928-1937.
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., Şevik, H., 2022. Determining the 180-year change of Cd, Fe, and Al concentrations in the air by using annual rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution* 233(7): 1-13.
- Koç, İ., 2021. The Effect of global climate change on some climate parameters and climate types in Bolu. *Journal of Bartın Faculty of Forestry* 23(2): 706-719.
- Koç, İ., 2022a. Determining the near-future biocomfort zones in Samsun province by the global climate change scenarios. *Kastamonu University Journal of Forestry*

Faculty 22(2): 181-192.

Koç, İ., 2022b. Determining the biocomfort zones in near future under global climate change scenarios in Antalya. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences* 8 (1): 6-17.

Kurz, M., Koelz, A., Gorges, J., Carmona, B. P., Brang, P., Vitasse, Y., Kohler, M., Rezzonico, F., Smits, T.H.M., Bauhus, J., Rudow, A., Hansen, O.K., Vatanparast, M., Şevik, H., Zhelev, P., Gömöry, D., Paule, L., Sperisen, C., Csillery, K., 2022. Tracing the origin of oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech-implications for assisted gene flow. *bioRxiv*. doi: 10.1101/2022.07.25.501368

Işık, K., 1986. Altitudinal variation in *Pinus brutia* Ten.: seed and seedling characteristics. *Silvae Genetica* 35(2/3): 58-67.

Işık, K., 1988. Orman ağacı türlerimizde lokal ırkların önemi ve genetik kirlenme sorunları. *Orman Mühendisliği Dergisi* 25(11): 25-30.

Işık, F., 1994. Kızılcıam (*Pinus brutia* Ten.) Populasyonlarında Denizden Uzaklık ve Yüksekliğe Göre Değişen Genetik Çeşitlilik. Batı Akdeniz Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Antalya.

Işık, K., Kara, N., 1997. Altitudinal variation in *Pinus brutia* Ten. and its implication in genetic conservation and seed transfers in Southern Turkey. *Silvae Genetica* 46(2-3): 113-120.

Işınkaralar, K., Koc, I., Erdem, R., Şevik, H. 2022. Atmospheric Cd, Cr, and Zn deposition in several landscape plants in Mersin, Türkiye. *Water, Air, and Soil Pollution* 233(4): 1-10.

Ledig, F.T., 1986. Conservation strategies for forest gene resources. *Forest Ecology and Management* 14:77-90.

Leingartner, A., Hoiss, B., Krauss, J., Dewenter, I.S., 2014. Combined effects of extreme climatic events and elevation on nutritional quality and herbivory of alpine plants. *PLoS one* 9(4).

Lučić, A., Isajev, V., Rakonjac, L., Mataruga, M., Popović, V., Nevenić, R., Mladenović-Drinić, S., 2012. Analysis of inter-population variability Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) using morphometric markers. *Genetika* 44(3): 689-699.

Matesanz, S., Gianoli, E., Valladares, F., 2010. Global change and the evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1206: 35-55.

Nascimbene, J., Marini, L., 2015. Epiphytic lichen diversity along elevational gradients: biological traits reveal a complex response to water and energy. *Journal of Biogeography* 42: 1222-1232.

Özdamar, K., 1999. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi SPSS MINITAP, Dördüncü Baskı, Kaan Kitapevi, Eskişehir.

Prus-Glowacki, W., Stephan, B.R., 1994. Genetic variation of *Pinus sylvestris* from Spain in relation to other European populations. *Silvae Genetica* 43(1): 7-14.

Şevik, H., Ayan, S., Turna, İ., Yahyaoğlu, Z., 2010. Genetic diversity among populations in Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) seed stands of Western Black Sea Region in Turkey. *African Journal of Biotechnology* 9(43): 7266-7272.

Şimşek, Y., 1993. Orman Ağaçları Islahına Giriş. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi No:65, Ankara.

Şimşek, Y., Tulukçu, M., Toplu, F., 1985. Türkiye’de Tesis Edilen Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) Orijin Denemelerinde Büyüme ve Kalite Özelliklerindeki Varyasyonlar Üzerine Araştırmalar, Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Seri No: 149, Ankara.

Tekin, O., Cetin, M., Varol, T., Ozel, H.B., Şevik, H., Zeren Cetin, I., 2022. Altitudinal migration of species of Fir (*Abies* spp.) in adaptation to climate change. *Water, Air, & Soil Pollution* 233(9): 1-16.

Tereba, A., Konecka, A., Fyalkowska, K., 2021. A set of 20 single nucleotide polymorphism markers as a tool in genetic diversity study of Scots pine. *Sylwan* 165(7): 509-518.

Tikhonova, I.V., Ekart, A.K., Kravchenko, A.N., Tikhonova, N.A., 2021. Genetic variability in *Pinus sylvestris*, *Picea obovata*, and *Abies sibirica* populations and in felling in the Southern Taiga of Central Siberia. *Russian Journal of Genetics* 57(3): 297-310.

Tunçtaner, K., 2007. Orman Genetiği ve Ağaç Islahı. Türkiye Ormançılar Derneği Eğitim Dizisi: 4, Ankara.

Turna, İ., Güney, D., 2009. Altitudinal variation of some morphological characters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Turkey. *African Journal of Biotechnology* 8(2): 202-208.

Turna, İ., 2003. Variation of morphological and electrophoretic characters of 11 populations of Scots pine in Turkey. *Israel Journal of Plant Sciences* 51(3): 223-230.

Ürgeç, S., 1982. Orman Ağaçları Islahı, İ.Ü. Yayın No:2836, Orman Fakültesi Yayın No:293, İstanbul.

Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H.B., Şevik, H., Zeren Cetin, I., 2022. Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology* 150(1): 637-647.

Velioglu, E., Çiçek, F. F., Kaya, Z., Çengel, B., 1999. Kaz Dağlarındaki Doğal Kazdağı Gökarnı (*Abies equitrojani* Aschers. Et. Sint.) Populasyonlarında Genetik Çeşitliliğin Yapılanması, Orm. Ağaçları ve Tohumları Islah Araş. Müd., Teknik Bülten No: 3, Orm. Bak. Yayın No:074, Müd. Yayın No:10, 31, Ankara.

Vidyakin, A.I., Boronnikova, S.V., Nechayeva, Y.S., Pryshnivskaya, Y.V., Boboshina, I.V., 2015. Genetic va-

---

riation, population structure, and differentiation in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from the northeast of the Russian plain as inferred from the molecular genetic analysis data. *Russian Journal of Genetics* 51(12): 1213-1220.

Yahyaoğlu, Z., Genç, M., 1990. Orman Ağaçlarında Gen Kaynaklarının Korunması, Çevre Biyolojisi Sempozyumu, Ankara 17-19 Ekim.

Yahyaoğlu, Z., Genç, M., Üçler, A.Ö., 1993. Türkiye'de Ağaç Islahının Amacı Yeni Politika ve İlkelerinin Belirlenmesi, I. Ormancılık Şurası, Tebliğler ve Ön Çalışma Grubu Raporları, Orman Bakanlığı Yayını, Yayın No: 13/006, 1993, Ankara, Cilt I, 661-667.

Yahyaoğlu, Z., Genç, M., 2007. Fidan Standardizasyonu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No 75, Isparta.

Yahyaoğlu, Z., Güney, D., Turna, İ., Atar, F., 2012. Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)'nda bazı morfolojik özelliklere bağlı varyasyonların belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi* Özel sayı: 234-239.

Zeren Cetin, I., Varol, T., Ozel, H.B., Şevik, H., 2022. The effects of climate on land use/cover: a case study in Turkey by using remote sensing data. *Environmental Science and Pollution Research* 1-12.

## Orman yakma suçuna ilişkin Yargıtay kararları üzerine bir inceleme

A review on the decisions of the Supreme Court of Appeals regarding the crime of forest burning in Türkiye

İlknur CESUR<sup>1</sup>   
Alper BULUT<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kastamonu

**Sorumlu yazar (Corresponding author)**  
Alper BULUT  
abulut@kastamonu.edu.tr

**Geliş tarihi (Received)**  
26.10.2022

**Kabul Tarihi (Accepted)**  
30.01.2023

**Sorumlu editör (Corresponding editor)**  
Nur DİKTAŞ BULUT  
nurdiktasbulut@ogm.gov.tr

**Atıf (To cite this article):** Cesur, İ. & Bulut, A. (2023). Orman yakma suçuna ilişkin Yargıtay kararları üzerine bir inceleme. Ormanlık Araştırma Dergisi, 10 (1), 90-104. DOI: 10.17568/ogmoad.1194840



Creative Commons Atıf -  
Türetilemez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

### Öz

Orman yakma suçu ve uygulanacak yaptırımlar, 6831 sayılı Orman Kanunu'nda düzenlenmiştir. Özellikle son yıllarda iklim değişikliğinden kaynaklanan etkilerin daha yoğun hissedilmesi ve Türkiye'de terör amaçlı yangın çıkarma eylemi de sıklıkla başvurulan bir suç olmasından dolayı orman yangınlarına ilişkin kanundaki düzenlemelerin önemi gittikçe artmaktadır. Yangının başlaması için gerekli olan yanıcı, yakıcı ve tutuşturucu unsurların bir araya gelmesiyle ortaya çıkan orman yangınları, kuraklık ve rüzgârın etkisiyle kısa sürede çok geniş alanlara yayılabilmektedir. Türkiye'de yaşanan orman yangınlarının yalnızca %2'si yıldırım düşmesi gibi doğal yollarla meydana gelmektedir. Geriye kalan %98'lik kısmında, insan faktörünün etkili olduğu bilinmektedir.

Bu çalışmada, öncelikle Orman Kanunu uyarınca orman yakma suçu ve unsurları ile 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu (TCK)'ndaki yangına sebebiyet verme suçu, taksir ve kasit ile işlenen orman yakma suçu ve 6098 sayılı Türk Borçlar Kanunu (TBK)'nin ilgili hükümleri bir arada değerlendirilecektir. Ardından orman yangınlarına sebebiyet verme şeklinde ortaya çıkan uyuşmazlıklara ilişkin yargı kararları incelenerek, orman yangınlarının ardından ortaya çıkan uyuşmazlıklara ilişkin yargısal süreç analiz edilmeye çalışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Orman yangını, yargısal denetim, orman yangınına sebebiyet verme, orman suçu

### Abstract

The crime of burning forests and the sanctions to be applied are regulated in Forest Law No. 6831. The importance of the regulations in the law regarding forest fires is increasing, due to the fact that the effects of climate change have been felt more intensely in recent years and the act of setting fires for terrorist purposes in Türkiye is also a frequently resorted crime. Forest fires, which are caused by the combination of combustible, caustic and igniting elements necessary for the start of the fire, can spread to very large areas in a short time with the effect of drought and wind. Only 2% of forest fires in Türkiye occur naturally, such as lightning strikes. It is known that the human factor is effective in the remaining 98%.

In this study, first of all, the crime of causing a forest fire in accordance with the Forest Law and its elements, the crime of causing a fire in the Turkish Penal Code, the crime of causing a forest fire by negligence and intention, and the relevant provisions of the Turkish Code of Obligations will be evaluated together. Then, by examining the Judicial decisions regarding the disputes arising in the form of causing forest fires, the judicial process regarding the disputes arising after the forest fires will be analyzed.

**Keywords:** Forest fires, judicial review, causing forest fire, forest crime



## 1. Giriş

Orman yangınları dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de yaşam koşullarını olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle son yıllarda sıklığında ve şiddetinde artış gözlenen orman yangınları nedeniyle orman alanlarının yanı sıra yerleşim yerlerine sirayet eden yangın sayılarında da artış gözlenmektedir (Avcı ve Korkmaz, 2021). Orman Genel Müdürlüğü 2021 yılı verilerine göre, 1988 ve 2021 yılları arasında yanan orman alanı miktarları içerisinde 139.503 ha alan ile dönemin en fazla yanan alan miktarı 2021 yılında ortaya çıkmaktadır (OGM, 2021). Yanan alan miktarında yaşanan bu artış, binlerce hayvanın telef olmasına ve insanların yerlerinden edilmelerine de sebep olmaktadır (Bozok ve Bozok, 2022).

OGM’nin her yıl yayınladığı ormancılık istatistik verilerine göre, 2021 yılında Türkiye’de yaşanan orman yangını nedenleri, %4 oranında kasit, %35 oranında ihmal, %13 oranında doğal, %48 oranında ise sebebi bilinmeyen olarak hesaplanmıştır. 1997 ve 2021 yılları arasında yaşanan toplam 54.808 orman yangınının %9’u kasten, %48’i ihmal, %11’i doğal, %32’si bilinmeyen sebeplerden kaynaklanmıştır. Yine aynı yıllar arasında yanan orman alanı miktarlarının nedenleri arasındaki dağılım incelendiğinde toplam 351.122 ha yanan alan miktarının %19’u kasit, %51’i ihmal, %2’si doğal ve %28 sebebi belli olmayan nedenlerden oluşmaktadır. 1997-2020 yılları arasında ortalama yanan alan miktarı 9.201 ha iken 2021 yılında bu miktar 14.630 hektara ulaşmıştır. 2021 yılı yanan alan miktarı açısından en yüksek yıl olmuştur. (OGM, 2021).

Orman yangını mevsiminin uzunluğu, atmosferde bulunan CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve hava sıcaklıklarında gözlenen artışla orantılı olarak, Kanada’da ortalama otuz gün civarında artmaktadır (Wotton ve Flanigan 1993; Gillet ve ark., 2004). Yükselen sıcaklıklar, artan radyasyon ve rüzgâr hızı ile bir araya geldiğinde buharlaşmanın artmasına neden olmaktadır. Artan buharlaşma tabiat kurummasına ve dolayısıyla uzun süren kuraklıkların yaşanmasına sebebiyet vermektedir. Bu nedenle ortaya çıkan buhar basıncı açığı yükselmektedir (Abram ve ark., 2021). Artan sıcaklık ve uzun süre devam eden kuraklıklar orman yangınlarının sıklığında, şiddetinde ve yayılma hızında da artışlara neden olmaktadır. Böylece iklim değişikliği nedeniyle yüksek rakımlarda yer alan ormanlar, tahmin edilenden daha kısa sürede tehlike altına girmiştir (Beckage ve ark., 2008). Aynı zamanda kuzey ormanlarındaki yağış miktarındaki azalma ile kuzey ve güney yarı kürelerinde yangın rejimi nedeniyle

ekosistemler üzerinde ciddi hasarların oluşması beklenmektedir.

Hızla artan nüfus yoğunluğu nedeniyle ormanlara yönelik insan baskısında artış gözlenmektedir. İnsan nüfusunun artması, ormanlar üzerinde insan kaynaklı baskının daha yoğun yaşanmasına neden olmaktadır (Güloğlu ve ark., 2021). İklim değişikliği koşulları ile insan faktörünün bir araya gelmesi nedeniyle büyük çaplı orman yangınları meydana gelmektedir. Orman yangınlarının önlenmesi açısından toplumda yaşayan bireylere yönelik eğitim ve bilinçlendirme çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Ancak bunun dışında toplumsal yaşama zarar verici eylemlerin önlenmesi için hukuk kuralları önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (Erdoğan, 2012). Hukuksal kurallar, doğal felaketlerin önlenmesi ve onlarla mücadele edilmesine ilişkin tedbirleri kapsayan insan davranışlarının düzenlendiği kuralları oluşturabilme potansiyeline sahiptir. (Gökalp Alica, 2019). Orman yangınına ait süreçler de dâhil olmak üzere toplumsal düzenin korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için oluşturulan hukuk kurallarına aykırı hareket edilmesi neticesinde uygulanacak müeyyideler yine mevzuat hükümleri ile oluşturulmuştur.

Türkiye Cumhuriyeti’nin yürürlükte olan 1982 tarihli Anayasası’nın 169. maddesinin birinci ve üçüncü fıkralarında, “Devlet, ormanların korunması ve sahalarının genişletilmesi için gerekli kanunları koyar ve tedbirleri alır. Yanan ormanların yerinde yeni orman yetiştirilir, bu yerlerde başka çeşit tarım ve hayvancılık yapılamaz.....

..... Ormanlara zarar verebilecek hiçbir faaliyet ve eyleme müsaade edilemez. Ormanların tahrip edilmesine yol açan siyasi propaganda yapılamaz; münhasıran orman suçları için genel ve özel af çıkarılamaz. Ormanları yakmak, ormanı yok etmek veya daraltmak amacıyla işlenen suçlar genel ve özel af kapsamına alınmaz.” hükümleri yer almaktadır.

Anayasa, yangın gören ormanların yerinde yeniden orman yetiştirileceği ve amaç dışı kullanımlarına izin verilmeyeceğini düzenlemektedir. Aynı madde hükmünde orman yakma, yok etme, daraltma amacıyla gerçekleştirilen suçların genel ve özel af kapsamına sokulamayaacağı da kesin olarak ifade edilmiştir. OK orman yakma suçunu, 76. ve 110. maddelerinde düzenlenmektedir. Anılan kanunun 68. ve 76. maddeleri arasında orman yangınlarına ilişkin yasaklanan eylemler ve yangının söndürülmesine ilişkin düzenlemelere yer verilmiştir. 110. madde orman yakma suçunu işleyenlere yönelik uygulanacak yaptırımları düzenlemektedir.

Bu çalışmada, orman yakma suçuna ilişkin yargının denetiminden geçen uyuşmazlıkların çözümünde yargı organının orman yangınlarına dair mevzuatı yorumlanmasına dair eğiliminin tespiti amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda orman yakma suçuna ilişkin mevzuatta bulunan hukuksal boşlukların doldurulması hususunda yargı organına tanınan takdir yetkisinin hangi doğrultuda işlerlik gösterdiği tespit edilecektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın materyalini orman yakma suçuna ilişkin yargı denetiminden geçmiş uyuşmazlıklara ilişkin kararlar oluşturmaktadır. Bu kararların yanı sıra çalışma konusu olarak belirlenen suça ilişkin düzenlenen mevzuat hükümleri de materyal olarak değerlendirilmiştir. Öncelikle 1982 Anayasası, 6831 sayılı OK, 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu (TCK) ve 6098 sayılı Türk Borçlar Kanunu (TBK) orman yangınları açısından incelenmiştir. Orman yangınları ve orman yakma suçuna ilişkin karar taraması gerçekleştirilmiştir. Orman Genel Müdürlüğü'nün istatistik verilerinden (OGM, 2021) de yararlanılmıştır.

Literatür taramasının yanı sıra Corpus Web Hukuk Mevzuat ve İçtihat Programı ve Yargıtay Karar Arama web sitesi üzerinden taranan yargı kararlarının bir arada değerlendirilmesi ile orman yangınlarının neredeyse tamamına sebebiyet veren insan faktörünün, yangın nedenleri arasındaki payının azaltılmasına yönelik öneriler geliştirilmeye çalışılmıştır.

## 3. Bulgular

### 3.1. Orman suçlarına ilişkin hukuki çerçeve

Anayasa'nın 5. maddesinde "*insanın maddi ve manevi varlığının gelişmesi için gerekli şartları hazırlamaya çalışmak*" devletin temel amaçları ve görevlerinin arasında sayılmıştır. 44. madde "*Devlet, toprağın verimli olarak işletilmesini korumak ve geliştirmek, erozyonla kaybedilmesini önlemek*" ile toprağın korunması görevi devlete yüklenmiştir. 169. maddede yer alan "*Devlet, ormanların korunması ve sahalarının genişletilmesi için gerekli kanunları koyar ve tedbirleri alır. Yanan ormanların yerinde yeni orman yetiştirilir. Bütün ormanların gözetimi Devlete aittir.*" hükmü ile de ormanların korunması, genişletilmesi ve gözetimi görevi devlete yüklenmiştir. Devlet Anayasa'nın gerektirdiği görev ve sorumlulukları yerine getirmek için ilgili idari yapının oluşturulmasından da (md. 123) sorumludur.

Çalışma konusunun temel hukuksal dayanağı olan

Anayasa'nın 169. maddesinde "*Yanan ormanların yerinde yeni orman yetiştirilir, bu yerlerde başka çeşit tarım ve hayvancılık yapılamaz.*" denilmektedir. Maddenin devam eden fıkralarında, "*Ormanlara zarar verebilecek hiçbir faaliyet ve eyleme müsaade edilemez. Ormanların tahrip edilmesine yol açan siyasi propaganda yapılamaz; münhasıran orman suçları için genel ve özel af çıkarılamaz. Ormanları yakmak, ormanı yok etmek veya daraltmak amacıyla işlenen suçlar genel ve özel af kapsamına alınmaz.*" ifadelerine yer verilmiştir.

Orman suçlarının genel ve özel af kapsamına alınmaması, ormanların korunması adına oldukça büyük öneme sahiptir. 1950 yılına kadar uzanan süreçte kanunda yer verilen bütün orman suçları af kapsamında tutulmakta iken, ormanlarda büyük tahribata neden olan kasten orman yakma ve yüksek sayıda ağaç kesme gibi suçlar 1950 yılından itibaren af kapsamı dışında bırakılmıştır. Orman suçlarına ilişkin af hususu, 1961 tarihli Anayasa'da kısmen yer almıştır. 1982 tarihli Anayasa'da ise bu suçlara yönelik af çıkarılamayacağı kesinlik kazanmıştır (Güneş, 2004).

Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk OK olan 1937 tarihli 3116 sayılı OK'nda bazı suçlara ilişkin hükümler, 1956 tarihli 6831 sayılı OK'na göre daha ayrıntılı düzenlenmiştir. 1995 yılına kadar uzanan süreçte 6831 sayılı Kanun içerisinde orman suçlarına ve yaptırımlarına ilişkin etkili yeni düzenlemeler bulunmamaktadır. 1995 tarihinden önce orman yakma suçuna ilişkin düzenlemeler ise tamamen TCK kapsamında ele alınmakta iken; 1995 tarihli ve 4114 sayılı kanun ile 6831 sayılı OK'nın 76. ve 110. maddelerinde değişiklik yapılarak orman yangınlarına ilişkin düzenlemeler TCK'ndan ayrılmış ve tamamen OK kapsamına alınmıştır. Ayrıca orman yakma suçuna uygulanacak yaptırımlar da artırılmıştır. Yapılan yeni düzenleme ile orman suçlarına uygulanacak cezalar içerisinde ilk kez "*müebbet ağır hapis*" ve "*ölüm cezası*" yer almıştır. Buna göre orman yakma suçu neticesinde can kaybının yaşanması halinde faile "*müebbet ağır hapis*" cezası yaptırımı öngörülmektedir. Terör amacı doğrultusunda orman yakma suçunun işlenmesi halinde ise fail için ölüm cezası öngörülmüştür (Güneş, 2004).

2004 yılında Türkiye'nin, Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi (AİHS)'nin 6 No'lu Protokolü'ne benzer nitelik taşıyan "*barış zamanı-savaş zamanı*" ayırımını öngörerek ölüm cezasını "*barış zamanı*" bakımından kaldıran Ek Seçimlik 2 No'lu protokolü imzalaması ile iç hukuk, AİHS'ne uygun olacak şekilde düzenlenmiştir (Demirdal, 2018). Dolayısıyla terör amaçlı orman yakma suçuna ilişkin getirilen ölüm cezası, müebbet hapis cezası olarak

değiştirilmiştir (Orm. K. 110, Değişik: 23/1/2008-5728/217 md.).

Orman suçlarına yönelik cezaların ağırlaştırılmasına rağmen orman suçları işlenmeye devam etmiştir. Hatta bazı bölgelerde cezaların arttırılmasının ormanlara yönelik tahribatı arttırdığı tespit edilmiştir (Gümüş, 1992). Ormanların halka ait olduğunun düşünülmesi, bu nedenle yasaklanan eylemlerde bulunarak suç işlemediğine inanılması ve aslında ilk sırada yer alan ekonomik sıkıntılardan (Ayanoglu ve ark., 1993) dolayı orman suçlarının işlenmesi her dönemde devam etmektedir (Yüksel ve ark., 2009). Cezaların arttırılmasından ziyade eğitim ve gelir düzeyinin artması ile toplumun bilinçlendirilmesi ve eğitiminin daha etkili olduğu analiz edilmiştir (Borazan ve Görücü, 2017; Birben ve ark., 2019).

Orman yangınlarına ilişkin mevzuat hükümleri ağırlıklı olarak orman yangınlarının meydana gelmesinin ardından uygulanacak iş ve işlemleri konu etmektedir. Elvan ve ark., (2021) tarafından Türk hukuk sistemindeki orman yangınlarına ilişkin hukuksal araçların, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (fao.org) "*Orman Yangınları ve Yasa*" başlıklı rehberi ile belirlediği kriterlere %78,1 uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Orman yangınlarında kullanılan ve literatüre yerleşmiş tanımların kanun ve yönetmeliklerde bulunmaması ile katılcılık kriterine mevzuat hükümlerinde yeterince yer verilmemesi, Türk hukukundaki orman yangınlarına ilişkin mevzuatın zayıf ve desteklenmesi gerekli görülen hususları olarak değerlendirilmiştir (Elvan, 2021).

### 3.2. OK'nda orman yangınına sebebiyet vermeyle ilişkin hükümler

Türk Dil Kurumu "*yakmak*" fiilini "*Yanmasını sağlamak veya yanmasına yol açmak, tutuşturmak*" ve "*yangın*" kelimesini "*Zarara yol açan büyük ateş*" şeklinde tanımlamaktadır (TDK, 2022). Orman yangını ise, 285 sayılı "*Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları Tebliği*" nde; "*Serbest yayılma eğiliminde olan ve ormanda yaşama birliği içinde bulunan canlı ve cansız bütün varlıkları yakarak yok eden ateş*" olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlar doğrultusunda orman yakma eylemi, ormanlarda zarara neden olan ateşi yakmak, yanmasına sebep olmak olarak tanımlanabilir.

Orman yangınına sebebiyet verenlere uygulanacak iş ve işlemler ayrıntılı olarak 6831 sayılı OK'nda yer almaktadır. OK'nın 76. maddesinde orman yangınına sebebiyet verilmesine ilişkin şekiller, yasaklanan fiiller ile dolaylı olarak belirlenmiştir.

Buna göre; "*Devlet ormanlarında;*

- a) *Orman İdaresince belirlenen konak yerlerinden başka yerlerde geceleme,*
- b) *Ormanlarda izin verilen ve ocak yeri olarak belirlenen yerler dışında ateş yakmak veya izin verilen yerlerde yakılan ateşi söndürmeden mahalli terk etmek,*
- c) *Ormanlara sönmemiş sigara veya yangına dolaylı olarak yol açabilecek madde atmak,*
- d) *Ormanlara dört kilometre mesafede veya bu Kanunun 31. ve 32. maddeleri kapsamına giren köyler hudutları içinde anız veya benzeri bitki örtüsü yakmak*" eylemleri yasaktır. İlgili kanun maddesi hükümlerinde ormanlarda yasaklanan fiiller ile orman yangınlarının önlenmesinin amaçlandığı anlaşılmaktadır.

OK'nın 83. maddesi, orman suçlarına ilişkin davalarda görevli mahkemeleri belirlemektedir. Buna göre,

- a) Anılan kanunun 110'ncü maddesinin üçüncü fıkrasında yer verilen "*dikkat ve özen yükümlülüğüne aykırı olarak orman yakma suçu*" na ilişkin davalarda görevli mahkeme, Asliye Ceza Mahkemesidir.
- b) Dördüncü fıkrada yer verilen "*Kasten orman yakma suçu*" na ilişkin davalar için Ağır Ceza Mahkemesi görevli mahkeme olarak belirlenmiştir.
- c) Beşinci fıkrada değinilen "*Devletin güvenliğine karşı suç işlemek amacıyla kurulmuş bir örgütün faaliyeti çerçevesinde devlet ormanlarını yakma suçu*" na ilişkin davalarda görevli mahkeme ise Ceza Muhakemesi Kanunu (CMK)'nın 250. maddesi kapsamında görevli addedilen Ağır Ceza Mahkemesi'dir.

Ceza mahkemeleri, 5235 sayılı "*Adli Yargı İlk Derece Mahkemeleri ile Bölge Adliye Mahkemelerinin Kuruluş, Görev ve Yetkileri Hakkında Kanun*" da asliye ceza, ağır ceza mahkemeleri ve özel kanunlar uyarınca oluşturulan diğer ceza mahkemeleri olarak ifade edilmiştir (Mad. 8). Ağır Ceza Mahkemesi'nin görevleri anılan kanunun 12. maddesinde "*Kanunların ayrıca görevli kıldığı hâller saklı kalmak üzere, Türk Ceza Kanununda yer alan yağma (m. 148), irtikâp (m. 250/1 ve 2), resmî belgede sahtecilik (m. 204/2), nitelikli dolandırıcılık (m. 158), hileli iflâs (m. 161) suçları, Türk Ceza Kanununun İkinci Kitap Dördüncü Kısımının Dört, Beş, Altı ve Yedinci Bölümünde tanımlanan suçlar (318, 319, 324, 325 ve 332 nci maddeler hariç) ve 12/4/1991*

tarihli ve 3713 sayılı Terörle Mücadele Kanununun kapsamına giren suçlar dolayısıyla açılan davalar ile ağırlaştırılmış müebbet hapis, müebbet hapis ve on yıldan fazla hapis cezalarını gerektiren suçlarla ilgili dava ve işlere bakmakla ağır ceza mahkemeleri görevlidir. Anayasa Mahkemesi ve Yargıtay'ın yargılayacağı kişilere ilişkin hükümler, askerî mahkemelerin görevlerine ilişkin hükümler ile çocuklara özgü kovuşturma hükümleri saklıdır.” olarak sıralanmıştır.

5235 sayılı Kanun'un 11. maddesinde ise Asliye Ceza Mahkemeleri'nin görevleri tanımlanmıştır. Buna göre sulh ceza hâkimliği ve ağır ceza mahkemelerinin kanunda tanımlanan görevlerinin dışında kalan dava ve işler asliye ceza mahkemelerinin görev alanı içerisinde kalmaktadır.

Asliye ceza mahkemeleri tek hâkimli olup ağır ceza mahkemeleri ise bir başkan ile yeterli sayıda üyeden oluşmaktadır. Ağır ceza mahkemesinin toplanması için bir başkan ve iki üye gerekmektedir (mad.9). Dolayısıyla ağır ceza davalarının asliye ceza davalarına kıyasla ağır nitelikte suçları kapsadığı anlaşılmaktadır.

Anılan kanunun 83. maddesinde orman suçlarına ilişkin davaların görüleceği mahkemeler belirlenmiş ve bu davaların mahkemeler tarafından acele mevaddan sayılması gerektiği düzenlenmiştir. Dolayısıyla orman suçlarına ilişkin davalar acele işlerden sayılmakta ve adli tatil günlerinde dahi bu davalar görülmektedir (Hukuk Muhakemeleri Kanunu, 103). OK'nın 110. maddesinde, orman yakma suçu şekillerine göre uygulanacak yaptırımlar yer almaktadır. Düzenlemeye göre, anılan kanununun 76. maddesinin b, c, d fıkraları ile yasaklanan eylemleri gerçekleştirenler için bir yıldan üç yıla kadar uzanabilen hapis cezası ve adli para cezası hükmedilebilir.

Orman yakma eylemi, OK'na göre, “Dikkat ve özen yükümlülüğüne aykırı olarak” ve “Kasten” olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. “Dikkat ve özen yükümlülüğüne aykırı olarak orman yakma suçu” nu işleyenler için iki yıldan yedi yıla kadar hapis cezası verilir. Fakat suçu işleyenin yangın söndürme ve yangının etkisinin azaltılması çalışmalarına yönelik katkısı ve yangın neticesinde ortaya çıkan zararın az olması dikkate alınarak, ceza %50 oranına kadar indirilebilir.

“Kasten orman yakma suçu” nu işleyen kişilere ise on yıldan daha az olmamak kaydıyla hapis ve on bin güne uzanabilen adli para cezası verilir. “Devletin güvenliğine karşı suç işlemek amacıyla kurulmuş bir örgütün faaliyeti çerçevesinde devlet ormanlarını yakma suçu” nu işleyenlere müebbet

hapis cezası ve yirmi bin güne varan adli parası cezası hükmedilir. Ayrıca yukarıda sıralanan suçlar nedeniyle ölüm ve/veya yaralanmanın meydana gelmesi halinde faile, bu suçlardan dolayı da ayrıca ceza verilir.

OK'nın 114. maddesinde ayrıca, yakılan orman sahaları için, kanunda düzenlenen tazminat hariçinde, ağaç cinslerine göre cari yıl içerisinde, alan için belirlenen birim saha ağaçlandırma gideri esas alınarak ağaçlandırma masraflarının da hükmolünacağı düzenlenmiştir.

Orman, sadece ağaçlardan ibaret olmayıp, içinde barınan yabani hayvanlar, bitkiler ve diğer tüm canlılar ile birlikte bir ekosistemdir (Güloğlu ve ark., 2018). Dolayısıyla yangın nedeniyle, tamamen ve kısmen yanan ağaç ve/veya ağaççıkların mevcut değerlerinde ortaya çıkan azalmanın, bitki örtüsü, alt tabakadaki diri örtü, tohum ve şüeyratın yanması nedeniyle meydana gelen zararın, yangının orman sahasındaki organik maddelerin mikroorganizmaların ve minerallerin yok olmasının, humuslu toprak tabakasının yanmasından dolayı verim gücünde ortaya çıkan azalmanın ve diğer canlıların yok olmasıyla bağlantılı olarak ortaya çıkan zararların, zarar tespiti esnasında dikkate alınması beklenmektedir (Yargıtay 3.C.D. E. 2010/795, K.2011/12647).

### 3.3. Orman yangınlarının önlenmesi ve söndürülmesinde sorumluluk

6831 sayılı OK'nın 69. maddesinde, orman yangınlarının söndürülmesi hususunda görevli birimin Orman İdaresi olduğu belirtilmektedir. Orman İdaresinin bu ödevini yerine getirebilmesi adına, orman yangınlarını önleme ve yangınlar ile mücadele çalışmalarında harcanmak üzere, OGM'nin katma bütçesine gerekli ödenek yatırılmaktadır (OK, 75). 69. maddenin devam eden fıkralarında orman yangınlarının söndürülmesi çalışmalarında bölgenin en yetkili mülki idare amirliği tarafından verilen talimatlar doğrultusunda diğer kamu kurum ve kuruluşlarının da yangın söndürme çalışmalarına katılacağını düzenlemektedir. Maddenin dördüncü fıkrasında da orman yangını gönüllülerinden de yangın söndürme çalışmaları esnasında istifade edilebileceğine yer verilmiştir. 1976 tarihli “Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Görevlilerin Görecekları İşler Hakkında Yönetmelik” orman yangınlarının söndürülmesinde görevli olanların yapacakları işleri düzenlemektedir. Aynı zamanda 285 sayılı “Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları” başlıklı tebliğde de orman yangınlarının söndürülmesinde görevli olan Orman İdaresinin yapacağı işler ayrıntılı olarak yer almaktadır.

OK'nın 71. maddesinde ise, orman yangınının söndürülmesi çalışmalarına bizzat katılanlarda ölüm ve engellilik halinin oluşması durumunda ödenecek tazminat miktarları belirlenmiştir. Buna göre, yangın söndürme çalışmaları esnasında hayatını kaybedenlerin yasal miras hakkı sahipleri ve yaşamlarını tek başına idame ettirme kabiliyetinden mahrum olanlara ek gösterge dâhil edilerek en yüksek devlet memurunun brüt maaşının yüz katı tutarında tazminat ödenecektir. Diğer engellilik hallerinde ise belirlenen engellilik derecesi temel alınarak, yukarıda belirtilen engellilik hali ölçüsünde tazminat ödemesi yapılacaktır. Yangın söndürme çalışmaları esnasında yaralananlara da yapılacak tazminat ödemesi yine anılan kanun maddesi hükmünde ayrıntılı olarak düzenlenmiştir. Ödemelerin yapılacağı kişilerin tespiti, engellilik derecesi ölçüsünde belirlenecek tazminat oranları, ödemenin yapılmasına ilişkin usul ve esaslar ile diğer uygulama esasları Maliye Bakanlığı'nın uygun görüşü alınarak Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından çıkarılan 2004 tarihli "*Orman Yangınlarını Söndürme Çalışmaları Esnasında Ölenlere ve Sakatlananlara Ödenecek Tazminata İlişkin Yönetmelik*" ile düzenlenmektedir.

OK'nın 72. maddesinde orman yangınlarını söndürme işlerinde çalıştırılan işçilerin, orman yangını ekiplerine ait bina ve yangın gözetleme kulelerindeki lojman ve sosyal tesislerde çalışma saatleri kapsamı dışında geçirdikleri sürelerin, 4857 sayılı İş Kanunu (İK)'nin 63. maddesinde haftalık en fazla kırk beş saat olarak belirlenen çalışma süresinden sayılmayacağı belirtilmiştir. Bu hususta ayrıntılı düzenleme, "*Orman Yangınlarıyla Mücadele Hizmetlerinde Görevli İşçi Personelin Çalışma Esasları İle İlgili Yönetmelik*" te yer almaktadır (Resmi Gazete (RG), 30916, 12.10.2019).

OK'nın 74. maddesi, Orman İdaresi'nin gerekli görmesi halinde bölgelerin mülki idari amirliklerinin, kuraklık gözlenen ve henüz söndürülmüş yangın nedeniyle çevresini yangın açısından tehdit eden orman sahalarına girişleri ve o yerlerde yapılan her türlü işleri erteleme yetkisine sahip olduğunu düzenlemektedir. Son yıllarda ve özellikle yaz aylarında Türkiye genelinde şiddetli kuraklığın baş göstermesi nedeniyle orman yangını sezonunda ülkenin nerdeyse her bölgesinde temmuz ve ağustos ayları içerisinde ormanlara giriş yasaklanmaktadır. Son olarak Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (afad.gov.tr) tarafından 20/07/2022 tarihinde yayınlanan "*Orman Yangınlarına Karşı Alınacak Tedbirler*" başlıklı genelge ile orman yangını tehlikesi bulunan bölgelerde ormanlara yakın mesafede ateş yakılması ve ormanlara giriş yapılması 30.08.2022 tarihine kadar yasaklanmıştır.

Ayrıca anılan kanunun 68. maddesi, ormanı tehdit eden ateş ya da yangının görülmesi halinde, durumun acilen Orman İdaresi, muhtarlık, jandarma veya mülki idari amirliğine ihbar edilmesini zorunlu tutmaktadır. Kanun ile vatandaşa yüklenen bu sorumluluk, Anayasa'nın 12. maddesinde yer verilen "*Temel Hak ve Hürriyetler*" in niteliği olarak "*kişinin topluma, ailesine ve diğer kişilere karşı ödev ve sorumlulukları*" ndan biridir. Anayasa'nın başlangıç metninde de ifade edildiği üzere, Türk milletinin her bir vatandaşı ile "*milli gurur ve iftiharlarda, milli sevinç ve kederlerde, milli varlığa karşı hak ve ödevlerde, nimet ve külfetlerde ve millet hayatının her türlü tecellisinde ortak olduğu*" kabul edilmektedir. Dolayısıyla özellikle son yıllarda Türkiye'de milli kedere yol açan orman yangınlarında, Türk milletinin birlik, beraberlik ve dayanışma içerisinde hareket etmesi hem anayasal hem de vicdani bir sorumluluktur. Ayrıca orman yangını ihbar etmemek suç teşkil etmektedir (Güloğlu ve ark., 2017).

#### 3.4. Suçun unsurları

Suçun varlığının kabulü, onu ortaya çıkaran genel unsurlarla incelenmesini gerektirir. Orman yakma suçu, 6831 sayılı OK'nın 76. ve 110. maddelerinde açıkça suç sayılmaktadır. Anılan kanun hükümleri orman yakma suçunun kanuni unsurunu teşkil etmektedir. 76. maddede sıralanan orman yangınına sebebiyet verme şekilleri de anılan suçun aynı zamanda maddi unsurunu oluşturmaktadır.

76. maddede sıralanan hareket şekilleri, suçun oluşmasına neden olan hareketlerdir ve kanunda açıkça gösterilmiştir. Kanunun suça konu fillin niteliğine önem verdiği ve mutlaka kanunda gösterilen hareket ile suçun işlenmesinin arandığı suçlar bağlı hareketli suçlardır (Donay, 1970). Dolayısıyla suçun kanunda belirtilen hareketler kapsamında işlenmesinin öngörüldüğü bu düzenleme, orman yakma suçunun bağlı hareketli suçlardan olduğunu göstermektedir. 110. maddenin 3'ncü ve 4'ncü fıkralarında değinilen dikkat ve özen yükümlülüğüne aykırı şekilde ve kasten olarak nitelendirilen orman yakma suçu, kanunda açıkça gösterilmeyen hareketler nedeniyle ortaya çıkan suçu işaret ederek, serbest hareketli suç tanımına uyum göstermektedir. Serbest hareketli olan bu suç aynı zamanda suçun manevi unsurunu oluşturmaktadır. Kusur yeteneği bulunan failin, fiili kasıtlı ya da kanunda açıkça gösterilen hallerde taksirle işlemesi ve işlendiği bu fiilde kusurluluğunu yok edecek herhangi bir unsurun olmaması durumunda suçun manevi unsurunun varlığı söz konusu olmaktadır (Karakehya ve Usluadam, 2015). 110. maddenin 5. fıkrasında yer verilen "*Devletin güvenliğine karşı*

*suç işlemek amacıyla kurulmuş bir örgütün faaliyeti çerçevesinde devlet ormanlarını yakma suçu*” da bağlı hareketli suç niteliğindedir. Uygulanacak yatırımlar yine anılan kanununun 110. maddesi ile düzenlenmiştir. Aynı zamanda OK’nda suç olarak belirtilen eylemlere ilişkin TCK’nın genel hükümleri uygulanabilecektir (TCK, 5).

### **3.5. TCK ve özel hukukun genel hükümleri ile orman yakma suçu**

5237 sayılı TCK’nın 2. maddesinde “*Kanunun açıkça suç saymadığı bir fiil için kimseye ceza verilemez ve güvenlik tedbiri uygulanamaz. Kanunda yazılı cezalardan ve güvenlik tedbirlerinden başka bir ceza ve güvenlik tedbirine hükümlenemez.*” denilmektedir.

TCK’nın 5. maddesinde belirtildiği üzere “*ceza kanunlarını bilmemek mazeret sayılmaz*”. Ceza Kanunu’nun uygulanması hususunda kişiler arasında hiçbir yönden ayırım yapılamaz ve ayrıcalık tanınmaz (TCK, 3). Dolayısıyla orman yakmanın ve orman yangınına sebebiyet vermenin suç olduğunu bilmemek mazeret olarak kabul edilemez. 6098 sayılı TBK’nın 49. maddesi, hukuka aykırı ve kusurlu bir fiili gerçekleştirerek bir başkasına zarar veren kişinin oluşturduğu zararı gidermesini hükmetmektedir. Bu durumda zarara uğrayan, zararını ve zarara neden olanın kusurunu ispat etmekle yükümlüdür. Ancak zararın miktarı net olarak ispatlanamıyorsa, bu durumda hâkimin olağan halleri ve zarara uğrayan tarafından alınan önlemleri göz önünde bulundurarak, hakkaniyetli şekilde zararın miktarını belirleme yetkisi vardır (TBK, 50).

TCK’nın 20. maddesinde cezanın bireysel olduğu ve hiç kimsenin başkasının işlediği bir suçtan dolayı sorumlu tutulamayacağı ifade edilmiştir. Anayasanın 38. maddesinde “*Ceza sorumluluğu şahsidir.*” hükmü ile bir kişinin başkasının eylemlerinden dolayı cezalandırılmayacağı düzenlenmiştir (Güloğlu ve Suran, 2021).

Yargıtay 3. Hukuk Dairesi (HD)’nin E. 2021/5624 ve K. 2021/9596 sayılı içtihat metninde, on altı yaşındaki çocuğun taksirle orman yakma suçunda, ev başkanı olan anne ve/veya babanın kusursuz sorumlu tutulması gerektiğine yer verilmiştir. 4721 sayılı Türk Medeni Kanunu (TMK)’nin “*Sorumluluk*” başlıklı 369. maddesinde, ev başkanının hane halkından olan kısıtlının, akıl hastalığı ya da akıl zayıflığı olanın ve küçüğün neden olduğu zarardan, olağan akışa uygun şekilde, şartların gerektirdiği özen ve dikkat ile gözetildiğini ya da özen ve dikkatli davranırsa dahi oluşan zararın ortaya çıkmasına engel olunamayacağını ispat etmediği sürece sorumlu tutulacağını düzenlemektedir. Ayrıca akıl

zayıflığı ya da akıl hastalığı olan hane üyelerinin kendilerini veya başkalarını zarara uğratmamaları için gereken önlemleri alma sorumluluğu, anılan kanun maddesi hükmü ile ev başkanına yüklenmektedir.

Suç olan eylemi gerçekleştirdiği esnada on iki yaşını doldurmamış olan çocuklar için ceza uygulanamayacağı ve ceza kovuşturması yapılamayacağı ancak güvenlik tedbirlerinin uygulanabileceği TCK’nın 31. maddesinde düzenlenmiştir. Madde-nin ikinci fıkrasında da suç işlediği esnada 12 yaşını doldurmuş ancak 15 yaşını doldurmamış olanların gerçekleştirdikleri eylemin hukuksal manasını ve sonuçlarını kavrayamamaları ve davranışlarını yönlendirme yeteneklerinin yeterince gelişmemesinden dolayı ceza sorumluluklarının olmadığı belirtilmektedir. 4721 sayılı TMK’nın 14’ncü maddesi, ayırt etme gücüne sahip olmayan kısıtlıların ve küçüklerin fiil ehliyetlerinin olmadığını bildirmektedir. “*İşlediği fiilin hukuki anlam ve sonuçlarını algılayabilme*”, “*anlama ve isteme yeteneği*” dir. Dolayısıyla, bu kavram “*işlenen fiilin haksızlık oluşturduğunun bilincinde olmak*” şeklinde kabul edilmelidir (Yenisey, 2007).

TCK’nın 31. maddesinin ikinci fıkrasında anılan çocuklar ve 15 yaşını dolduran ancak 18 yaşını doldurmamış sağır ve dilsizlerin gerçekleştirdikleri eylemin hukuksal manasını ve sonuçlarını kavrama kabiliyetinin ve bu eylemle ilişkili olarak davranışlarını yönetme yeteneğinin bulunup bulunmadığının takdiri açısından sosyal inceleme yaptırılması zorunlu tutulmaktadır. Sosyal inceleme bilirkişisi hazırlamış olduğu raporda çocuğun ceza sorumluluğu taşıyıp taşımadığına dair görüş bildiremez. Fiilin hukuksal anlamını ve sonuçlarını kavrayabilme ve davranışlarını yönlendirebilme yeteneğinin olup olmadığının takdiri mahkemeye aittir (Çocuk Koruma Kanunu (ÇKK)’nin Uygulanmasına İlişkin Usulü ve Esaslar Hakkında Yönetmelik, 20/2-3).

Ayırt etme yeteneğine sahip olan küçük ve kısıtlılar haksız fiillerinden sorumlu tutulmaktadır (TMK, 16). TCK’nın 20. maddesinde de tüzel kişiler için ceza yaptırımının uygulanmayacağı ancak kanun ile öngörülen güvenlik tedbirlerinin saklı tutulacağı belirtilmiştir.

Kast ve taksir ile suç işleme TCK’nın 21. ve 22. maddelerinde açıklanmıştır. Suçun, ilgili kanundaki tanımının ve unsurlarının bilinmesi ve istenerek işlenmesi halinde kastın varlığı kabul edilmektedir. Gerçekleştirilen eylem ile suçun tanımındaki unsurları oluşturacağını öngörmesine rağmen suçun işlenmesi halinde ise olası kasıttan söz edilerek uygulanacak cezalarda kanunda belirlenen

şekillerde indirim yapılmaktadır. Taksir ise dikkat ve özen yükümlülüğüne aykırı davranış neticesinde suçun yasal tanımındaki unsurların ortaya çıkması durumunda kabul edilmektedir. Failin ortaya çıkması muhtemel olan neticeyi arzu etmemesine rağmen, neticenin yaşanması halinde bilinçli taksirden söz edilmektedir.

Toplumsal yaşamın sağlık ve düzen içerisinde devamlılığının sağlanması ve belirli faaliyetleri gerçekleştirenlerin başkalarına zarar vermelerinin önlenmesi için getirilen kurallara aykırı davranılması halinde taksirli suç oluşmaktadır. Burada fail tedbirli, dikkatli ve öngörülü hareket etmediği için cezalandırılmaktadır. Taksirle işlenen suçlarda, Yargıtay Ceza Genel Kurulu (CGK) tarafından aranan başlıca hususlar, “*failin taksirle işlenebilen bir suç olması, hareketin iradi olması, sonucun istenmemesi, hareket ile sonuç arasında nedensellik bağının bulunması, sonucun öngörülebilir olmasına rağmen öngörülmemiş olması*” olarak kabul edilmiştir (Y. CGK, E.2017/363, K.2018/686, 25.12.2018, (URL-1)).

Taksir ile gerçekleştirilen suçlar için failin kusur oranına göre ceza yaptırımını uygulanmaktadır. Birden fazla failin bulunduğu taksirle işlenen suçlarda ise her fail kendi kusurunda sorumlu tutulmaktadır.

6098 sayılı TBK'nın 61. maddesi, birden fazla kişinin birlikte zarara neden oldukları ya da zarara ilişkin çeşitli sebeplerden dolayı sorumlu tutuldukları takdirde müteselsil sorumluluk hükümlerinin uygulanması gerektiğini bildirmektedir. Tazminatın ödenmesi hususunda ise zarara karşı müteselsil borçlu olanlar arasında ödemenin paylaşılmasında durum ve koşulların bir arada değerlendirilmesi, borçluların her birine verilebilecek kusur ağırlıkları ve neden oldukları tehlikenin şiddeti göz önünde bulundurulmaktadır (TBK, 62). İşlenen bir fiil nedeniyle birden fazla zararın meydana gelmesi halinde ise kişi en ağır cezayı gerektiren suç ile cezalandırılmaktadır (TCK, 44).

Ortaya çıkan neticeden dolayı fail özellikle kişisel ve ailevi açıdan ceza verilmesini gereksiz kılacak ölçüde mağdur olmuşsa ceza uygulanmayacaktır; bilinçli taksir halinde ise verilecek cezanın yarısından altıda biri oranına kadar indirim uygulanabilecektir (TCK, 22). Maddenin uygulanabilmesi için ortaya çıkan sonuçtan dolayı failin mağdur konumuna gelmesi ve ailevi mağduriyetin de yaşanması gerekmektedir. Failin neticeden dolayı yalnızca mağdur durumuna geldiği durumlarda anılan kanun maddesi uygulanamayacaktır. Ailevi mağduriyetin yaşandığının kabulü için ise aile üyesi sayılan kişi ya da kişilerin de neticeden dolayı mağdur

olması gerekmektedir. Ailevi mağduriyet ise “*altsoy, üstsoy ve evlilikle kurulan ilişki*” kapsamında değerlendirmeyi gerektirmektedir (Üzülmez 'den aktaran Dağoğlu, 2015).

Taksirle işlenen suç nedeniyle hükmedilen cezanın uzun süreli hapis cezası olması halinde dahi, kanunda belirtilen diğer koşulların oluşması durumunda, kısa süreli hapis cezalarında öngörülen, failin kişiliği, sosyal yaşamı ve ekonomik durumu, yargılama süresi boyunca yaşadığı pişmanlık ve suçun işleniş şeklinin özelliklerine göre adli para cezasına çevrilebilmektedir (TCK, 50).

İşlenmek istenen suç için gerekli koşulların oluşturulduğu ancak öngörülemeyen nedenlerden dolayı suçun unsurlarının tamamlanamadığı durumlarda ise kişi, suça teşebbüsten sorumlu tutulmaktadır (TCK, 35).

Genel güvenliğin kasıt ile tehlikeye düşürülmesi şekillerinden yangın çıkarma suçunun işlenmesi halinde faile, altı aydan üç yıla kadar hapis cezası verilir. Yangın tehlikesine sebebiyet veren kişi de üç aydan bir yıla kadar hapis ya da adli para cezası yaptırımını uygulanır. Taksir ile genel güvenliği tehlikeye düşürecek yangına sebebiyet verme ile başkalarının sağlıkları, hayatları ya da mal varlıkları açısından tehlikenin oluşmasına neden olan faile, üç aydan bir yıla kadar hapis cezası verilir (TCK, 170-171).

### 3.6. Orman yangınlarına ilişkin yargı kararları

#### 3.6.1. OK'nın 110. maddesi uyarınca orman yangınına sebebiyet verme

Y. 3. CD, E.2012/13620, K.2012/29779, 13.09.2012, (URL-1) sayılı kararında; 6831 sayılı OK'nın 110. maddesinin üçüncü fıkrasında yer alan dikkat ve özen yükümlülüğüne aykırı davranış nedeniyle orman yakma suçunda, failin yangının söndürülmesinde ve etkisinin azaltılmasında çaba göstermesi ya da yangın sonucunda meydana gelen zararın az olması halinde cezada indirim yapılabileceğine değinilmiştir. Ancak anılan kararda sanığın yangının söndürülmesi ve etkisinin azaltılması hususunda gayretinin bulunmaması nedeniyle oluşan zararın tespit edilmesi ile uygulanacak cezada indiriminden değerlendirilmesi gerektiği yönünde karar verilmiştir.

Y. 3. CD, E.2010/795, K.2011/12647, 22.09.2011, (URL-1) sayılı kararında; 6831 sayılı OK'nın 110. maddesinin üçüncü fıkrasında değinilen yangın sonucu ortaya çıkan zararın orman sahasındaki gerçek zararı ifade etmesi gerektiğine değinilmiştir. Ayrıca yangın nedeniyle, tamamen ve kısmen yanan ağaç ve/veya ağaççıkların mevcut değerle-

rinde ortaya çıkan azalmanın, bitki örtüsü, alt tabakadaki diri örtü, tohum ve şüceyratın yanması nedeniyle meydana gelen zararın, yangının orman sahasındaki organik maddelerin mikroorganizmaların ve minerallerin yok olmasının, humuslu toprak tabakasının yanmasından dolayı verim gücünde ortaya çıkan azalmanın ve diğer canlıların yok olmasıyla bağlantılı olarak ortaya çıkan zararların, zarar tespiti esnasında dikkate alınması gerektiğine vurgu yapılmıştır. Dava konusu olayda, bilirkişi raporunda belirtilen, orman sahasında ekonomik açıdan değerli olmayan orman emvalinin zarar görmesi nedeniyle tazminat hesabının yapılamayacağına bildirilmesine karşılık fiili duruma aykırı şekilde hesaplanan zararın göz önünde bulundurulması ile hüküm kurulması kararın bozulmasını gerektirmiştir. Aynı zamanda 5237 sayılı TCK'nın 50. maddesinin 4. fıkrasında yer verilen koşulların oluşması halinde uzun süreli hapis cezasının para cezasına çevrilmesi ile ilgili olarak ceza açısından koşulların tamamlanmaması nedeniyle değerlendirme yapılamayacağına karar verilmiştir.

Y. (CGK), E. 2005/2-120, K. 2005/124, 15.11.2005, (URL-1) sayılı kararında, orman içerisine kurulan naylon çadırda yarı açık şekilde bırakılan tüpün bir ağacın tamamen ve iki ağacın kısmen yanmasına neden olduğu suçlamaya ilişkin yasal dayanağın suçun işlendiği yerin orman olup olmamasına göre değişeceği üzerinde durulmuştur. Suçun orman sayılan alan içerisinde işlenmiş olması halinde 1995 tarihli ve 4114 sayılı yasa ile değişik 6831 sayılı OK'nın 110. maddesinin 2. ve 3. fıkralarına dayanılarak Asliye Ceza Mahkemesi'nde yargılama yapılacaktır. Aksi takdirde Sulh Ceza Mahkemesi görev alanı içerisinde Türk Ceza Yasası'nın 526 ve 566. maddeleri uygulanacaktır. Sanığın taksirle yangına sebebiyet verme eylemi sabit görülerek olayın gerçekleştiği yerin araştırılması zorunlu görülmüştür.

Y. 19. CD, E.2016/9371, K.2018/268, 17.01.2018, (URL-1) sayılı kararında, sanığın husumet taşıdığı kişinin aracını orman içerisinde yakması neticesinde yangının ormana sıçraması ve 1.2 hektar büyüklüğünde ormanın yanmasına taksirle sebebiyet vermesi incelenmiştir. Söz konusu suçta TCK'nın 151. maddesinin birinci fıkrası ile 152. maddesinin ikinci fıkrasının a bendi hükümlerine uygun olarak yakma suretiyle mala zarar vermenin gerçekleştiği anlaşılmıştır. Aynı zamanda 6831 sayılı OK'nın 110. maddesinin üçüncü fıkrasına uygun şekilde taksirle orman yakma suçunun da meydana geldiği görülmektedir. Bir fiille birden fazla suçun ortaya çıkması TCK'nın 44. maddesi gereğince en ağır cezayı gerekli kılan taksirle orman yakma suçu için TCK'nın 3. ve 61. maddesinin birinci fıkrasına

göre alt ceza sınırından uzaklaşarak mahkûmiyet kararı verilmesi gerektiği bildirilmiştir.

Y. 19. CD, E.2016/15073, K.2017/11000, 13.12.2017, (URL-1) sayılı kararında, 6831 sayılı OK'nın 110. maddesinin üçüncü fıkrasına uygun olan taksirle orman yakma suçuna yönelik ceza uygulamasında TCK'nın 53. maddesinin uygulanmaması hukuka uygun bulunmuştur. TCK'nın 53. maddesinde, kasten işlenen suçtan dolayı kişinin mahkûm edildiği hapis cezasının kanuni sonuçları düzenlenmektedir. Dolayısıyla anılan kanun maddesinin taksirle işlenen suça öngörülen ceza için uygulanmamasında hukuka aykırılık tespit edilmemiştir. Ancak orman yangınına sebebiyet veren kişinin yangının söndürülmesi ve etkisinin azaltılmasına yönelik çaba göstermesi ya da oluşan zararın az olması hallerinde öngörülen cezada indirim yapılmasının göz önünde bulundurulması gerektiğine değinilmiştir.

### 3.6.2. Orman yangınına sebebiyet veren çocuk

Y. 4. HD, E.2011/4749, K.2012/6566, 08.11.2012, (URL-1) sayılı kararında; orman yangınına sebebiyet veren küçüğün neden olduğu zararın karşılanması hususunda Orman İdaresi tarafında açılan davada, TMK'nın 369. maddesinin yasal dayanak oluşturması nedeniyle davanın genel mahkemede görülmesinin bozmayı gerektirdiğine karar verilmiştir. Söz konusu davada sunulan davacı dilekçesinde, küçüğün haksız eyleminin nedeni olarak, ev başkanının çocuğun yetiştirilmesi hususunda gerekli özeni göstermediğinin sunulması, ev başkanının sorumluluklarının düzenlendiği ilgili kanun maddesi hükmünün yasal dayanak olarak dikkate alınmasını gerektirmiştir.

Y. 4. HD, E.2017/453, K.2019/3667 sayılı içtihat metni, davalının 18 yaşından küçük çocuklarının yaktıkları mangal ateşinden sıçrayan kıvılcımların orman yangınına sebebiyet vermesi nedeniyle maddi tazminat istemine ilişkindir. Yargıtay, anılan davada davanın tarafları arasında hüküm kurulması gerektiği üzerinde durmuştur. Kanuni temsilcilerin davaya taraf sıfatı ile katılmasının mümkün olmadığı vurgulanmıştır. Davalı sıfatı ile haksız fiili işleyen çocukların kanuni temsilcilerine dava dilekçesinin gönderilmesi, davanın çocukların velayetine sahip olan babaya yöneltilmesi ve TMK'nın ev başkanının sorumluluğunu düzenleyen 369. maddesine gönderme yapılmaması göz önünde bulundurulmuştur. Davada babanın hasım olarak gösterilmesi kabul edilerek, yargılama esnasında 18 yaşını doldurmuş olanlara yargılama usulüne uygun şekilde delilgat gönderilerek davaya katılımlarının ve adil yargılanma haklarını kullanmalarının sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Dolayısıyla hukuki dinlenme ve adil yargılanma hak-



larını kullanmayan asıl davalılar hakkında, hasım olarak gösterilen babanın davalı sıfatı ile hüküm kurulmasının doğru olmadığı ifade edilmiştir.

### 3.6.3. Orman yangınına sebebiyet veren çalışan ve adam çalıştırmanın sorumluluğu

Y. 4. HD, E.2012/1310, K.2013/2641, 18.02.2013, (URL-1) sayılı kararını içeren dava, davacı tarafından, taksirle orman yangınına sebebiyet veren kişilerin ve bağlı olduğu kooperatifin 6098 sayılı TBK'nda düzenlenen "Adam Çalıştırmanın Sorumluluğu" kapsamında sorumlu tutularak meydana gelen zararın karşılanmasının istenmesine ilişkindir. Asliye Ceza Mahkemesi'nin E. 2007/330 ve K. 2008/781 sayılı kararı ile davalıların orman yakma suçundan cezalandırılmasına karar verilmiş olsa da, dosyanın davalılar tarafından temyize gönderilmesi ve kararın kesinleşmemiş olması nedeniyle, zararın tazmin edilebilmesi için kararın kesinleşmesinin beklenmesi gerektiğine karar verilmiştir. Kararda ayrıca, 818 sayılı Borçlar Kanunu'nun 53. maddesinde belirtildiği üzere, hukuk hâkimi, ceza mahkemesinin beraat kararına bağlı olmadığına değinilmiş ancak ilim ve köklü yargı kararlarında ceza mahkemesi tarafından belirlenen maddi olgunun hukuk hâkimi için bağlayıcılık taşıdığı kabul edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Y. 4. HD, E.2013/7784, K.2013/10089, 28.05.2013, (URL-1) sayılı içtihat metnini içeren dava, orman yangını nedeniyle meydana gelen zararın karşılanması istemine ilişkindir. Yüksek gerilim hattındaki izolatörün patlaması nedeniyle 10 hektar büyüklüğündeki orman alanının yanmasına neden olan davalının taksirle orman yangınına sebebiyet verdiği iddia edilmektedir. Davacının zararına ilişkin dava 2. Asliye Hukuk Mahkemesi'nin E. 2011/43, K. 2011/533 sayılı kararı ile kabul edilmiş ancak zararın davalıdan tahsil edilmesi talebi, davacının hukuki yararının bulunmadığı gerekçesiyle reddedilmiştir. Yargıtay, söz konusu zararın haksız eylemden kaynaklandığını ve 818 sayılı Borçlar Kanunu'nun 50. ve 51. maddeleri gereği davacıya karşı müteselsil sorumluluğun oluştuğunu vurgulamıştır. Alacaklı olan davacının Borçlar Kanunu'nun 142. maddesi uyarınca alacağını müteselsil olarak borçlu olanların tamamından ya da birinden borcunun tamamının veya bir kısmının ödenmesini talep edebileceğine atıfta bulunulmuştur. Dolayısıyla davalıdan borcun tahsilin istenmesinde hukuki yararın bulunmadığı gerekçesi ile davanın reddi yönünde karar verilmesi hukuka aykırı bulunmuştur.

Y.4. HD, E.2017/3943, K. 2017/7143, 20.12.2017, (URL-1) sayılı kararında, su ürünleri ile alakalı bir limited şirketinde sigortalı olarak çalışan davalının

taksirle orman yangınına sebebiyet vermesi nedeniyle bağlı bulunduğu şirketinde müteselsilen ve müştereken sorumlu tutulmasına yönelik kararın, temyiz edilmemesinden dolayı kesinleştiğine yer verilmiştir. Yargılama sonucunda, davacı tarafından talep edilen ağaçlandırma giderleri ile yangın söndürme masraflarını içeren maddi tazminatın davalı tarafların müteselsilen karşılamasına karara verilmiştir.

### 3.6.4. Orman yangını neticesinde oluşan zarara karşın tazminat hesabı (Orm. Kanunu, 114)

Y. 4. HD, E.2013/11233, K.2013/13849, 09.09.2013, (URL-1) sayılı kararını içeren dava dosyası, diri orman örtüsünün temizlenmesi ile açma suçunun işlenmesi ve ardından çalı, çırpıların yakılması suretiyle orman yangınına sebebiyet verilmesi neticesinde oluşan zararın istemine ilişkindir. Bilirkişi raporunda belirtildiği üzere orman ağaçlarının yangından zarar görmemesi nedeniyle ağaçlandırma giderleri hesaplanmamış yalnızca açmadan kaynaklanan ağaçlandırma giderleri hesaplanmıştır. Davalının işgal ve faydalanma ile birlikte orman yangınına sebebiyet verme suçlarından cezalandırılmasına karar verilerek, açmadan kaynaklanan zarar olarak belirlenen miktarın davacıya faizi ile ödenmesi neticesinde davanın konusuz kaldığı gerekçesiyle karar verilmemesi, Yargıtay tarafından kararın bozulmasını gerektirmiştir. Davacının, 6831 sayılı OK'nın 114. maddesine dayanarak, yangın söndürme masrafları ile orman örtüsünde meydana gelen zararın ödenmesi talebi için uğranılan zararın belirlenen sonucuna göre karar verilmesi gerektiği bildirilmiştir.

Y. 4. HD, E.2018/36, K.2020/1262, 11.03.2020, (URL-1), sayılı içtihat metni, davalının yakmış olduğu ateş nedeniyle orman yangınına sebebiyet vermesi suçundan mahkûm edilmesi ile ortaya çıkan zararın tanzimine ilişkindir. Davalının orman yakma suçunu kabul etmemesine rağmen bu suçtan dolayı mahkûmiyet kararının verilmiş olması nedeniyle zararın davalıdan teminine ilişkin dava Yargıtay tarafından kabul edilmiştir. Davacı tarafından yangına müdahale esnasında kullanılmış olan araçların giderlerinin de talep edildiği davada, Yargıtay kullanılan araçlara ilişkin ücretlerin ne şekilde belirlendiğinin ve zararın hangi açılardan oluştuğunun açıkça belirtilmesi gerektiği üzerinde durmuştur. Ayrıca yangın söndürme işçilerine ödenen işçilik prim ücretinin, işçilere ödenen sabit ücretin dışında ekstra ödeme yapıp yapılmadığı araştırılmadan, yangın gideri olarak kabul edilmesinin doğru olmadığı belirtilmiştir.

Y. 4. HD, E.2020/3675, K.2021/501, 29.09.2021, (URL-1), sayılı kararı, mangal ateşinden sıçrayan

kıvılcımların neden olduğu orman yakma suçunda, ortaya çıkan zarara ilişkin maddi tazminat istemine ilişkindir. Mangal ateşinin ölü ve diri örtüye sıçraması ve tutuşturması sonucunda bozuk diğer yapraklı ormada meydana gelen yangında, dikili kabuklu yapraklı ağaçların yalnızca dış kabuklarının yandığı, öz odununun az zarar gördüğü, değer kaybının %10 olduğu ve satılabilir durumda olduğu, toplam ağaç zararın 120,10 TL olduğu, fidan kaybı ve verim gücünde azalmanın meydana gelmediği, biyolojik dengenin bozulmasına neden olunmadığı bilirkişi raporunda belirtildiği halde 6831 sayılı OK'nın 114. maddesine dayanılarak ağaçlandırma gideri olarak tazminat istenmesi uygun görülmemiştir.

Y. 4. HD, E.2016/9356, K.2018/6531, 24.10.2018, (URL-1), sayılı kararı koyunlarını otlattığı esnada yaktığı ateşin ormana sıçraması suretiyle 5 hektar büyüklüğünde orman alanının yanmasına sebebiyet veren davalıya yöneltilen ağaçlandırma giderlerinin tazminine ilişkindir. Yanan alan üzerinde bilirkişi tarafından hesaplanan zarara ağaçlandırma giderinin dâhil edilmemesi nedeniyle OK'nın 114. maddesi dayanak gösterilerek ağaçlandırma giderleri davalı taraftan talep edilmiştir. Orman yakma suçundan mahkûmiyetine karar verilen davalının, bilirkişi tarafından tespit edilen zararı ödemesi nedeniyle hükmün açıklanmasının geriye bırakılmasının hukuk hâkimini bağlamadığı ifade edilmiştir. Bu doğrultuda yanan orman sahasında keşif yapılmasına ve bilirkişiden alınacak rapor kapsamında zararın belirlenmesine karar verilmiştir.

Y. 4. HD, E.2016/8536, K.2018/4193, 16.05.2018, (URL-1), sayılı kararı, ormanlık alan içerisinde arıcılık yapan ve arıların uzaklaştırılması amacıyla kullandığı tütsü makinesinden yayılan kıvılcıklar nedeniyle orman yangınına sebebiyet veren davalıya yöneltilen maddi tazminat istemine ilişkindir. Ağaçlandırma giderleri ve yangın söndürme giderlerinin yanı sıra yangın söndürmede kullanılan helikopter giderleri de davalıdan talep edilmektedir. Yargılama sonucunda dava konusu olan orman yangını nedeniyle, helikopter kullanılmasının gerçek bir zarara neden olup olmadığı ve olduysa zararın miktarının tespit edilmesine karar verilmiştir.

### **3.6.5. Orman yangının ortaya çıkış şekilleri-“şüpheden sanık yararlanır” ilkesi**

Y. CGK, E.2017/227, K.2019/691, 05.12.2019, (URL-2) sayılı kararında, traktöre takılı metal aksamın taşa sürtünmesi ile ortaya çıkan kıvılcıkların, sıcaklık ve şiddetli rüzgârın etkisi ile toplam 5 hektar orman alanının yanmasına neden olabileceği kabul edilmiştir. Fiğ bitkisinin (*Vicia sativa*)

biçilmesi esnasında traktöre takılı olan metal aksamın taşıdığı toprağa çarpması ile ortaya çıkan kıvılcıkların fiğ bitkisini tutuşturması, açık hava, yüksek sıcaklık ve kuvvetli rüzgâr ile birlikte değerlendirildiğinde hayatın olağan akışına uygun bulunmuştur. Bu konuda yapılan tespit için teknik ve özel bilgi gerekmeksizin hâkimliğin gerekli kıldığı genel bilgiler ve çözümün mümkün olduğuna kanaat getirilmiştir. Olayın oluş şeklinin belirlenmesinin hâkimin görevi olduğuna değerlendirilerek, bilirkişi raporunun yalnızca tarafların taksirlerinin ve kusurlarının neler olduğuna dair hâkime yardımcı olmak amacı taşıdığı ve aradan uzun zaman geçmesi nedeniyle bilirkişi incelemesi ile etkin sonucun elde edilemeyeceği ifade edilmiştir. Ancak taksirle orman yangınının oluşmasına sebebiyet verme suçuna ilişkin unsurların oluşup oluşmadığına ilişkin değerlendirme yapılmasına karar verilmiştir.

Y. CGK, E.2017/363, K.2018/686, 25.12.2018, (URL-1), sayılı kararında, orman işçilerinin çalışma saatleri içerisinde yaktıkları ateşi tam olarak söndürmedikleri gerekçesi ile iki dönüm orman sahasının yanması hususunda suçlamayı kabul etmemeleri ve suçtan dolayı cezalandırılabilmeleri için şüpheye mahal bırakılmaksızın suçu kişilerin işlediğinin ispat edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ceza muhakemesinin evrensellik taşıyan en önemli ilkelerinden biri olan “*şüpheden sanık yararlanır*” ilkesi göz önünde bulundurulduğunda, olayın oluş şekli şüpheli olan ve netlik kazanmamış olaylarda ileri sürülen iddiaların sanığın aleyhine yorumlanması suretiyle hüküm kurulamayacağına karar verilmiştir.

Yargıtay 19. CD'nin E. 2017/6213, K. 2018/8556 sayılı kararında da, orman içerisinde tarla açma amacıyla alanda bulunan ağaçların kesilmesi ve yerine fındık dikilmesi suretiyle işgal ve faydalanma suçunu işledikleri sabit görülen sanıkların mahkûmiyetlerine karar verilirken, taksirle orman yakma suçu için yeterli delilin bulunmaması nedeniyle beraat kararı verilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Tarla açma amacıyla gerçekleştirilen işgal ve faydalanma suçunun eylemlerine uyduğu ancak taksirle orman yangınına sebebiyet verdiklerine ilişkin yeterli delilin bulunmaması nedeniyle bu suçtan dolayı hüküm kurulamayacağı belirtilmiştir.

### **3.6.6. Orman yangınına sebebiyet verme ve ağaç kesme suç**

Y. 19. CD, E.2018/6627, K.2018/13621, 20.12.2018, (URL-1), sayılı kararında, ağaç kesme ve taksirle orman yakma suçunu işlediği iddia edilen kişi için hazırlanan iddianame ile yalnızca taksirle orman

yakma suçu için açılmış olan kamu davasında, ağaç kesme suçu için mahkûmiyetin kurulamaya-  
cağına karar verilmiştir. Ayrıca taksirle yapılabilen suçta, olası kasıt için atıfta bulunularak cezada indirim gidilemeyeceğinin gözetilmemesi aleyhe yönelik temyiz bulunmadığı için bozma nedeni olarak görülmemiştir.

### 3.6.7. Orman yangınına sebebiyet veren kamu idaresinin kusursuz sorumluluğu

Danıştay 10. Dairesi'nin E.1997/6956, K.1999/738, 10.03.1999, (URL-1), sayılı kararında, idari hizmetlerin yerine getirilmesi esnasında, görev ve sorumluluklar haricinde oluşan zararların, görülen iş ve ortaya çıkan zarar arasında nedensellik bağının bulunması halinde objektif sorumluluk esasına dayanılarak hizmeti gerçekleştiren idare tarafından tanzim edilmesi gerektiğine vurgu yapılmaktadır. ... Komutanlığı Askeri Alan içerisinde gerçek mermi kullanılarak yapılan atış esnasında rüzgârın mermi yönünü değiştirmesi suretiyle taksirle orman yangınına sebebiyet verdiği şeklinde hazırlanan suç tutanağına karşın yangın sicil fişinde yangın sebebinin ve failin meçhul olarak belirtilmesi ve komutanlık tarafından gönderilen yazıda da ilgili tarihte atış yapılmadığının ifade edilmesi nedeniyle maruz kalınan zarar ve olay arasında nedensellik bağının bulunmadığına hükmedilmiştir. Dolayısıyla idarenin orman yakma suçundan dolayı kusursuz sorumlu tutulamayacağına karar verilmiştir.

D. O10. D, E.2017/3045, K.2021/2513, 24.05.2021, (URL-1), sayılı kararında, Anayasa'nın 125. maddesi gereği idarenin bütün işlem ve eylemlerine karşı yargı yolunun açık olması orman yangınına sebebiyet verme hususunda incelenmiştir. Anılan karar metninde, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları Genel Müdürlüğü (TCDD)'ne ait trenin bakımının yapılmamış olmasından dolayı fren sisteminin bozuk olması nedeniyle demir tekerleğin dönme esnasında kıvılcım çıkardığı ve böylece demiryolu yakınındaki kuru otların yanmasına ve taksirle orman yangınına neden olduğu ifade edilmiştir. Danıştay ilgili dairesi tarafından bilirkişi raporu ile ortaya konulan orman yakma suçunda idarenin (TCDD) hizmet kusuru bulunduğu yönündeki tespitte hukuki isabetsizlik bulunmadığına hükmedilmiştir.

D. 10. D, E.2005/894, K.2007/5653, 26.11.2007, 25.12.2018, (URL-1), sayılı kararında da hareket halindeki trenin kızgın balatasının yerinden fırlayarak kuru otları ve ibreleri tutuşturması suretiyle orman yangınına sebebiyet verdiğinin kaydedildiği suç tutanağı dikkate alınarak idarenin ortaya çıkan zararı tazmin etmesine karar verilmiştir. Kararda

aynı zamanda olay ve zarar arasında nedensellik bağının bulunması gerektiği üzerinde durulmuştur. Ayrıca bünyesinde tehlike barındıran bir kamu hizmetinin gerçekleştirilmesi esnasında ortaya çıkan zararın kusursuz sorumluluk kapsamında ilgili idare (TCDD) tarafından giderilmesine hükmedilmiştir.

D. 10. D, E.1987/2096, K.1990/230, 12.02.1990, 25.12.2018, (URL-1), sayılı kararında da, Türkiye Elektrik Kurumu'na ait elektrik nakil hattında ortaya çıkan kıvılcımın orman yangınına sebebiyet vermesinden dolayı Anayasa'nın 125. maddesi gereği ilgili idarenin ortaya çıkan zararı tazminine karar verilmiştir.

### 4. Tartışma ve Sonuç

Türkiye'deki orman yangınlarının %98'inde insan faktörünün etkili olduğu göz önünde bulundurulduğunda devlete yüklenen anayasal ve diğer hukuki sorumlulukların yerine getirilebilmesi adına kanunlar ve yönetmelikler adli makamlarca etkin olarak kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda ülke genelinde milli kedere yol açan orman yangınlarına karşı hukuksal araçların etkin kullanımının yanı sıra halkın orman yangınları hususunda bilinçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Son yıllarda ortaya çıkan orman yangınları iklimsel faktörlerin de etkisiyle daha geniş alanlara yayılarak tarım arazilerini ve yerleşim yerlerini tehdit etmektedir. Orman yangını yaşanmadan tedbirlerin alınması, yangın neticesinde ortaya çıkan zararların giderilmesinden daha az maliyete sahiptir. Dolayısıyla yangınların çıkış nedenlerinin tespiti ve yangın faktörlerinin etkililik oranlarının azaltılması önem taşımaktadır.

Türk hukuk sisteminde orman yangınlarının önlenmesi ve söndürülmesine ilişkin düzenlemelere yer verilmiştir. Orman yakma suçuna ilişkin hareketler de kanun hükümlerine işlenmiştir. Ancak Yargıtay kararlarına yansıyan uyuşmazlıklarda ağırlıklı olarak orman yangınına sebebiyet veren fail hakkında yeterli delile ulaşılamadığından dolayı anılan suçun faile isnat edilmeyeceği yönündedir. Bu noktada özellikle yangın mevsimlerinde orman giriş çıkışlarının kısıtlanması yönünde uygulanan işlemin yanı sıra sürekli devriyede olan kolluk kuvvetlerinin görevlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca nüfusun yoğun olduğu ve yaz aylarında daha da arttığı ormanlık alanlara yakın yerlerde, orman giriş ve çıkışlarının denetim altında tutulabileceği foto kapanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sayede orman yangınına sebebiyet veren failin tespiti esnasında mahkemeye delil sağlanabilecektir.

Orman ve halk ilişkilerinin uyum içerisinde yürütülebilmesi adına orman yangınlarının güncel potansiyeli, etkileri ve ortaya çıkabilecek olumsuzluklar hakkında yöre halkı ve tatil amacıyla yörede bulunanlar bilgilendirilmelidir. Bu konuyla ilgili olarak hazırlanacak broşür ve/veya afişler ile halkın dikkatinin çekilmesi sağlanabilir. Aynı zamanda OGM ile Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından görevlendirilecek bir ekip aracılığıyla yöre merkezlerinde eğitim ve bilgilendirme toplantılarının düzenlenmesi fayda sağlayacaktır. Özellikle son yıllarda sosyal medya kullanım oranında yaşanan artış, orman yangınları hakkında halkın bilgilendirilmesi adına araç olarak etkin şekilde kullanılabilir. Bu uygulamalar hedef kitleye uygun görseller ile sunulabilir.

Yargısal denetim içerisinde orman yangınına sebebiyet veren çocuklara ilişkin kararlar da yer almaktadır. Küçüğün işlediği suçta TMK aile başkanını da sorumlu tutmaktadır. Çocukların oyun olarak düşündükleri ateş yakma eylemi ciddi boyutta orman yangınına neden olabilmektedir. Aile başkanı olan annenin/babanın çocukların gözetiminden ve eğitiminden sorumlu oldukları göz önünde bulundurularak çocuklara orman yangını hakkında korku hissi uyandırmadan görseller ve küçük çaplı uygulamalarla bilinçlendirilmesi sağlanabilir. Ayrıca orman ekosistemi ve iklim konularının ilkökul eğitim seviyesinden başlanması farkındalığı yüksek bireylerin topluma kazandırılması adına faydalı olacaktır.

Diğer bir husus ise orman yangınına sebebiyet veren herhangi bir şirket çalışanının ortaya çıkan zararın tazmini hususunda işveren ile birlikte müteselsilen sorumlu tutulması gereğiğidir. TBK'nun 66. maddesi gereği "*Adam çalıştıran, çalışanın kendisine verilen işin yapılması sırasında başkalarına verdiği zararı gidermekle yükümlüdür.*" Dolayısıyla çalışanın iş sözleşmesi kapsamında ve belli bir ücret karşılığında kendisine gördürülen işi, icra ettiği esnada sebebiyet verdiği orman yangını neticesinde meydana gelen zararın karşılanması hususunda işvereni ile müteselsilen sorumlu tutulması gerekmektedir. Aksi takdirde zararın tamamının çalışana yüklenmesi hakkaniyet ve nefaset ilkelere aykırılık oluşturacaktır.

Aynı şekilde kamu idaresi tarafından kamu yararı adına yürütülen bir kamu hizmetinin gerçekleştirildiği esnada orman yangınına sebebiyet verilmesi halinde idare, Anayasa'nın 125. maddesi gereği neden olduğu zararı gidermek hususunda kusursuz sorumluluk taşımaktadır. Olayın, idarenin yerine getirdiği faaliyet neticesinde zarara neden olması idarenin kusursuz sorumlu tutulması için yeterli görülmektedir. Gereken tüm önlemleri almış olsa

dahi gerçekleştirilen kamu hizmetinin tehlike taşınması halinde de idare tehlike sorumluluğu ile sorumlu tutulmalıdır.

Yargıtay kararlarında ağırlıklı olarak yer alan bir başka husus da orman yangını neticesinde ortaya çıkan zarara karşın tazminat hesaplarına ilişkindir. Yargıtay, talep edilen tazminatın incelenmesi noktasında yangının söndürülmesi amacıyla harcanan giderlere ilişkin ayrıntılı delil talep etmektedir. Ortaya çıkan zararların yaşanan orman yangınından kaynaklandığının ispatı (illiyet bağı) da tazminat hesaplarında gerekli görülmektedir. Dolayısıyla Yargıtay içtihatlarında tazminat hesaplarının objektif ve hakkaniyete uygun olarak hesaplanması gerektiği ön plana çıkmaktadır.

OK'nın 114. maddesi uyarınca hesaplanan tazminat miktarının da bilirkişi aracılığıyla hesaplanması gerekmektedir. Ormanın yalnızca ağaçtan ibaret olmadığı ve içerisinde barınan tüm canlı varlıklar ile toprak ve su gibi ekosistem öğeleri üzerinde meydana gelen zararların da ispatlanarak tazminat hesaplarına dâhil edilmesi gerektiği üzerinde durulmaktadır. Ormanların ekonomik fonksiyonunun yanı sıra ekolojik, sosyal, klimatolojik faktörlerinin de göz önünde bulundurularak tazminat hesabının yapılması gerekli görülmektedir. Kıymetlendirilebilen orman değerleri, kıymetlenilemeyen orman değerlerine göre daha çok göz önündedir. Dolayısıyla ortaya çıkan zararların hesaplanmasında ağırlıklı olarak göz önünde bulunan zararlar dikkate alınmaktadır. Orman yangınının neden olduğu tür kayıpları, toprak özelliklerindeki değişim, yaban hayatına olan zararlar, su ve hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkiler gibi zararların da tazminat hesaplarına dâhil edilmesi gereklidir.

Yargıtay'ın OK'nın 110. maddesine atıf yaptığı kararlar, yangına sebebiyet veren failin yangının söndürülmesi esnasında emek ve gayret göstermesi halinde uygulanacak ceza yaptırımında indirimle gidilmesi yönündedir. Böylece taksirle yangına sebebiyet veren failin, iyi hal ve pişmanlık gösterdiğinin ispatı olarak kabul edilerek cezada indirim yapıldığı düşünülmektedir. Yangının devlet güvenliğini tehlikeye atmak amacıyla çıkarılması durumunda ise yangının söndürülmesinde emek sarf etmenin herhangi bir hükmünün olmayacağı açıktır. Ayrıca başka bir amaçla çıkarılan yangının ormana sirayet etmesi sonucu orman yangınına sebebiyet verilmesi halinde TCK'nda yer verilen mala zarar verme suçunun ve orman yakma suçunun iki ayrı suç olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu araştırmada orman yangınlarına ilişkin yargı kararları sorumluluk, adam çalıştıranın sorumluluğu, tazminat hesapları, idarenin kusursuz so-

rumluluğu, orman yangını ile beraber işlenen bir başka suç, şüpheden sanık yararlanır ilkesi, orman suçunun işleniş şekilleri açısından ele alınmıştır. Yangının orman sınırları içerisinde ortaya çıkması halinde 6831 sayılı OK hükümleri dikkate alınmaktadır. Orman yangına sebebiyet verenin kişisel özelliklerinin önemli olduğu ya da orman yangını ile birlikte orman sınırları dışında da suç olarak tanımlanan eylemin gerçekleştiği durumlarda bağlantılı kanun hükümleri uygulanmaktadır.

Orman yakma suçunun kesinlik kazandığı ancak fail hakkında yeterli delile ulaşılmadığı gerekçeyle suçun muhatabının bulunamaması, suçun cezasız kalmasına neden olmaktadır. Orman yangınlarının neticesinde ortaya çıkan bu uyuşmazlıkların giderilmesinde en etkili yöntem olan hukuksal araçlar yerinde ve yeterli görülmektedir. Dolayısıyla, Orman Kanunu'nun 110. maddesinin 3. fıkrasına "...Ayrıca failin, en az yanan alan kadar bir alanda fiilin işlendiği Orman İşletme Şefliği tarafından gerçekleştirilecek ağaçlandırma çalışmalarına katılması ve Orman Genel Müdürlüğü tarafından yılın belirli dönemlerinde düzenlenecek orman suçlularına yönelik rehabilitasyon çalışmalarına katılması zorunludur." ifadesinin eklenmesi önerilebilir.

## Kaynaklar

Abram, N. J., Henley, B.J., Sen Gupta, A., Lipmann, T. J. R., Clarke, H., Dowdy, A. J., Boer, M. M., 2021. Connections of climate change and variability to large and extreme forest fires in southeast Australia. *Commun Earth Environ.* 2: 8.

Avcı, M., Korkmaz, M., 2021. Türkiye'de orman yangını sorunu: Güncel bazı konular üzerine değerlendirmeler. *Türkiye Ormanlık Dergisi* 2021, 22(3), 229-240.

Ayanoğlu, S., Güneş, Y., Aydın, A., 1993. Ormanı işgal ve faydalanma suçu. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 43 (3-4): 95-104.

Beckage, B., Osborne, B., Gavin, G. D., Pucko, C., Siccamo, T., Perkins, T., 2008. A rapid upward shift of a forest ecotone during 40 years of warming in the Green Mountains of Vermont. *PNAS* (11): 4197-4202.

Birben, Ü., Ünal, H. E., İmal, U., 2019. Orman suçlarında toplumsal algı: Kırıkkale il merkezi örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 21(2): 495-505.

Borazan, M. A., Görücü, Ö., 2017. Adıyaman Orman İşletme Müdürlüğü'nde orman suçlarının ormancılık hukuku açısından incelenmesi. *Turkish Journal of Forest Science* 1(2): 112-133.

Bozok, M., Bozok, N., 2022. Ormanlara, sıcaklara ve yangınlara dair: 2021 Köyceğiz orman yangınlarının sosyolojik izdüşümleri. *Vira Verita E-Dergi: Disiplinler arası Karşılaşmalar* 15:77-104.

Dağoğlu, Y., 2015. Taksirli suçlarda şahsi cezasızlık sebebi/cezada indirim yapılmasını gerektiren şahsi sebep. *İzmir Barosu Dergisi*, 2: 141-173.

Demirdal, M. B., 2018. Uluslararası İnsan Hakları Hukuku'nda ölüm cezasının kaldırılması ve Türkiye'deki süreç. *Politik Ekonomik Kuram* 2018, 2(1): 57-72.

Donay, S. 1970. Eser Tahlil ve Tenkitleri. *Journal of Istanbul University Law Faculty*, 36(1-4): 708-719. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iuhfm/issue/9126/114326>

Elvan, O. D., 2021. Orman Yangınlarının Hukuksal Analizi. Orman Yangınları; Sebepleri, Etkileri, İzlenmesi, Alınması Gereken Önlemler ve Rehabilitasyon Faaliyetleri. Türkiye Bilimler Akademisi, Ankara, ss. 365-399, Doi: 10.53478/TUBA.2021.054.

Elvan, O.D., Birben, Ü., Özkan, U.Y., Yıldırım, H.T., Türker, Y.Ö. 2021. Forest fire and law: an analysis of Turkish forest fire legislation based on Food and Agriculture Organization criteria. *Fire Ecology*, 17(1):1-15.

Erdinç, B., 2012. İdari yaptırımların kavramsal çerçevesi ve cezai yaptırımlarla karşılaştırılması. *Ankara Barosu Dergisi* 2012/2: 241-276.

Gillett, N. P., Weaver, A. J., Zwiers, F. W., Flannigan, M. D., 2004. Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. *Geophysical Research Letters* 31, L18211.

Gökalp Alica, S. S., 2019. İdari Yargı Kararları Kapsamında Çevresel Etki Değerlendirmesi; Mevzuat ve Uygulamaya İlişkin Sorunlar ile Çözüm Önerileri. Adalet Yayınevi, Ankara. ISBN-13: 978-6053009306.

Güloğlu, Y., Belkayalı, N., Bulut, A., 2017. Is it legally possible to set forest fires for scientific purposes. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 17(3): 491-501.

Güloğlu, Y., Belkayalı, N., Akchabaiev, S., 2018. Contribution of compensation for wild animal attacks to wild life conservation. *Indian Journal of Science and Technology* 11(48).

Güloğlu, Y., Suran, S., 2021. Maden idari para cezaları ve yargısal denetimi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23 (2): 24-48.

Güloğlu, Y., Bulut, A., Altunel, A. O. Bayram, M. M., 2021. The effect of population shift on land cover change and illegal forest activities. *Environ Monit Assess.* 193, 99.

Gümüş, C., 1992. Amasya Orman Bölge Müdürlüğünde Orman Suçlarının Nedenleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.

Güneş, Y., 2004. Orman suçlarının ceza hukuku açısından incelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 54(1): 143-164.

Karakehya, H., Usluadam, A. K., 2015. Türk ceza huku-

---

ku öğretisinde suçun manevi unsuru bağlamında suç genel teorisine ilişkin görüşler. *Journal of Penal Law and Criminology* 3(2): 1-24.

OGM, 2021. Orman Genel Müdürlüğü. Ormanlık İstatistikleri 2021. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler> (Ziyaret Tarihi: 10.09.2022).

TDK, 2022. Türk Dil Kurumu Başkanlığı sözlüğü. (sozluk.gov.tr; Ziyaret Tarihi: 10.10.2022).

URL-1. Corpus Web Hukuk Mevzuat ve İçtihat Programı (corpus.com; Ziyaret tarihi 10.08.2022)

URL-2. Yargıtay karar arama web sitesi (karararama.yargitay.gov.tr; Ziyaret tarihi 11.08.2022)

Yenisey, F., 2007. Mukayeseli Hukuk Açısından Ceza

Sorumluluğu Yaşı ve Ceza Sorumluluğu Olmayan Çocuklar ve Gençler için Ceza Hukukunda Uygulanan Alternatif Yaptırımlar. *Ord. Prof. Dr. Sulhi Dönmezer Armağanı*, Türk Ceza Hukuku Derneği ve Atatürk Araştırma Merkezi Başkanlığı, Ankara, Şubat 2008. [https://cocukhaklari.barobirlik.org.tr/dokuman/egitim-basvuru\\_basvuru/mukayeseli hukukta.pdf](https://cocukhaklari.barobirlik.org.tr/dokuman/egitim-basvuru_basvuru/mukayeseli hukukta.pdf) (Ziyaret Tarihi: 10.10.2022).

Yüksel, B., Akbulut, S., İpek, A., Baysal, İ., 2009. Türkiye’de orman kaçakçılık suçları ve kaçakçı profilinin değerlendirilmesi: Akyazı ve Hendek örneği. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 59(1): 1-14.

Wotton, M., Flannigan, M., 1993. Length of the fire season in a changing climate. *Forestry Chronicle* 69(2):187-192.

## **Plumilus grandicollis (Ménétriés, 1832) (Coleoptera: Anobiidae: Ptilininae): a new pest of ash wood (*Fraxinus angustifolia* Vahl, 1804) (Lamiales: Oleaceae) and locality report in Türkiye**

Plumilus grandicollis (Ménétriés, 1832) (Coleoptera: Anobiidae: Ptilininae): yeni bir dişbudak odunu (*Fraxinus angustifolia* Vahl, 1804) (Lamiales: Oleaceae) zararlısı ve Türkiye için yeni bir lokalite kaydı

Beşir YÜKSEL<sup>1</sup>   
Çağlar AKÇAY<sup>1</sup>   
Mesut YALÇIN<sup>1</sup>   
Ayhan KARAKAYA<sup>2</sup>   
Ali EKŞİ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Duzce University, Forest Faculty, Duzce, Türkiye

<sup>2</sup> Izmit Poplar and Fast Growing Forest Trees Research Institute, Kocaeli, Türkiye

<sup>3</sup> Marmara Forestry Research Institute Directorate, Istanbul, Türkiye

**Sorumlu yazar (Corresponding author)**  
Çağlar AKÇAY  
caglarakcay@duzce.edu.tr

**Geliş tarihi (Received)**  
18.05.2023

**Kabul Tarihi (Accepted)**  
28.06.2023

**Sorumlu editör (Corresponding editor)**  
Mustafa AVCI  
mustafaavci@isparta.edu.tr

**Atıf (To cite this article):** Yüksel, B. , Akçay, Ç. , Yalçın, M. , Karakaya, A. & Ekşi, A. (2023). Plumilus grandicollis (Ménétriés, 1832) (Coleoptera: Anobiidae: Ptilininae): a new pest of ash wood (*Fraxinus angustifolia* Vahl, 1804) (Lamiales: Oleaceae) and locality report in Türkiye . Ormanlık Araştırma Dergisi , 10 (1) , 105-111 . DOI: 10.17568/ogmoad.1298764



Creative Commons Atıf -  
Türetilemez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

### **Abstract**

This study was carried out in the Suleymaniye floodplain forests within the area of Hendek Forestry Enterprises in Sakarya province between the years of 2020-2021. Nine pheromone traps and 12 trap woods were placed in two different areas. In addition, the region's monthly temperature and relative humidity were recorded by a data logger that was placed in the study area. The pheromone traps and trap woods were checked every 20 days period and the insects were collected and identified in the laboratory. In addition, overturned ash woods were broken in the field and insects were collected and identified. In addition, boles and branches of the overthrown ash trees that were in the study area were cut into pieces in the field and developing insects were collected and identified. In this study, *Plumilus grandicollis* (Ménétriés, 1832) (Coleoptera: Anobiidae: Ptilininae) was detected with locality in Türkiye and as a new pest species for ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl, 1804) (Lamiales: Oleaceae) wood

**Keywords:** Suleymaniye floodplain forests, new record, insect, ash wood, pest

### **Öz**

Bu çalışma 2020-2021 yılları arasında Sakarya ili Hendek Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki Süleymaniye Subasar Ormanında yapılmıştır. İki farklı alana 9 adet feromon ve 12 tuzak odunu yerleştirilmiştir. Ayrıca alana veri kaydedici (data logger) yerleştirilerek yöenin aylık sıcaklık ve bağıl nemi belirlenmiştir. Feromon ve ağaç tuzakları her 20 günde bir kontrol edilmiş ve böcekler toplanarak laboratuvarında teşhis edilmiştir. Ayrıca sahadaki devrik dişbudak ağaçları parçalanarak zarar yapan böcekler teşhis edilmiştir. Çalışmada *Plumilus grandicollis* (Ménétriés, 1832) (Coleoptera: Anobiidae: Ptilininae) hem Türkiye'de lokalite ile yeni bir kayıt hem de dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl, 1804) (Lamiales: Oleaceae) ağacı için yeni bir zararlı tür olarak ilk kez tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Süleymaniye subasar ormanı, yeni kayıt, böcek, dişbudak odunu, zararlı

## 1. Introduction

With the developing technology in recent years, transportation networks are expanding both between countries and within the country, and forest and forest products can be easily transported from one point to another. Insect species that are harmful in a certain region are also transported together with the transported products (Lowe et al., 2000). As a result, insects can reproduce by adapting to their environments. Insects which constitute the most crowded living group in the world are in balance with many factors in their natural ecosystems. However, due to changing environmental conditions and nutritional deficiencies, they reproduce in a short time in the environment they are transported and cause significant damage until they are noticed (Hızal et al., 2015).

Ptilininae insects are included in the superfamily Bostrichoidea and the family Anobiidae, including the Bostrichidae, and Lyctidae. Little is known about the biology of insects belonging to the subfamily Ptilininae family. However, beetles and larvae of insects of the family Anobiidae are generally associated with living or decaying tree species (Belles, 2009). The larvae of the subfamily Ptilininae insects reach a length of 6-10 mm before pupae, and the adults reach a length of 2-8 mm. The larvae open 1-4 mm galleries in the wood (Martin and Lopez, 2023). In addition to causing significant damage to products stored in warehouses, larvae can develop on branches, roots, trunks and cones of trees (Zahradnik and Háva, 2022). Insects belonging to the Anobiidae family, which is the closest to the subfamily Ptilininae, are an important family that causes economic losses in wood material (Kaygin et al., 2008).

The family Anobiidae is described and represented over 1000 species worldwide (Cabrera, 2011). Although insects belonging to this family are more common in hot and semi-arid regions, they are widespread in a large part of the world. It was reported that *P. grandicollis* spread without specifying locality in Armenia, Azerbaijan, Georgia, Germany (introduced), Iran, Israel, Romania, Russia, Turkmenistan and Turkey (Zahradnik, 2007).

In the present study, the adults of *P. grandicollis* were detected with locality in ash wood (*F. angustifolia*) in Süleymaniye Floodplain Forest, Hendek district of Sakarya province, Türkiye. In addition, the ash tree appeared for the first time among the hosts of the insect in this study.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Study area

The study area consists of ash forest (*Fraxinus angustifolia* Vahl) (Süleymaniye floodplain forests) within the Pasakoy and Sukenarı quarters of Hendek district of Sakarya province, Türkiye. Coordinates of the study area are 40°48'-53'N, 30°34'38' E. The slope of the studied forest is 0-2%, it is 25 m asl, and at a horizontal distance of about 33 km from the Black Sea.

It has been reported that the annual average temperature of the study area is 14,2 °C and the annual total precipitation is 798 mm. When the climatic characteristics are examined, it is seen that the Marmara maritime climate and the Black Sea climate are in the transition zone. Groundwater in the area can rise to the soil surface between January and May. Tree taxa of the study area are *Ulmus laevis* Pall., *U. minor* Mill., *Acer campestre* L. and *Quercus robur* L., as well as ash (Carus and Çiçek, 2007). There is a total of 1371.1 hectares of ash forest at the location of the study area, and it consists entirely of floodplain forest. In the past years, the groundwater rose by 1,0-1,5 meters with spring rains between January and May, but as a result of the drainage arrangements made in recent years, the water rise does not occur as much as before (Çiçek, 2002). The protection of the habitat of this forest has great importance for the region since these forests are a rare natural value for both Turkey and Europe (Toker et al., 2021). The map of the study area is given in Figure 1.

Insect collection cages that were integrated into 9 Scandinavian-type pheromone traps were installed at 300 meters intervals in the area. Data loggers that record the region's temperature and relative humidity data were recorded during the study period. Alpha pinene, ipsdienol, ipsenol, 2 methyl 3 butanol and ethyl alcohol were used as pheromone attractants. Trap woods were also prepared from ash together with pheromone traps and placed on the field.

The site was visited and pheromone and trap woods were checked in 20-day periods in 2020 and 2021. Overthrown and holding wood (old wooden materials) (Figure 2) in the field were cut into pieces by a cutter and adult and larval insects were investigated. In addition, the trunk parts of the trees planted and weakened trees in the field were controlled and harmful insects were collected. The caught insects were placed in plastic boxes and brought to the Forest Protection and Entomology Laboratory, Forestry Faculty of Düzce University.



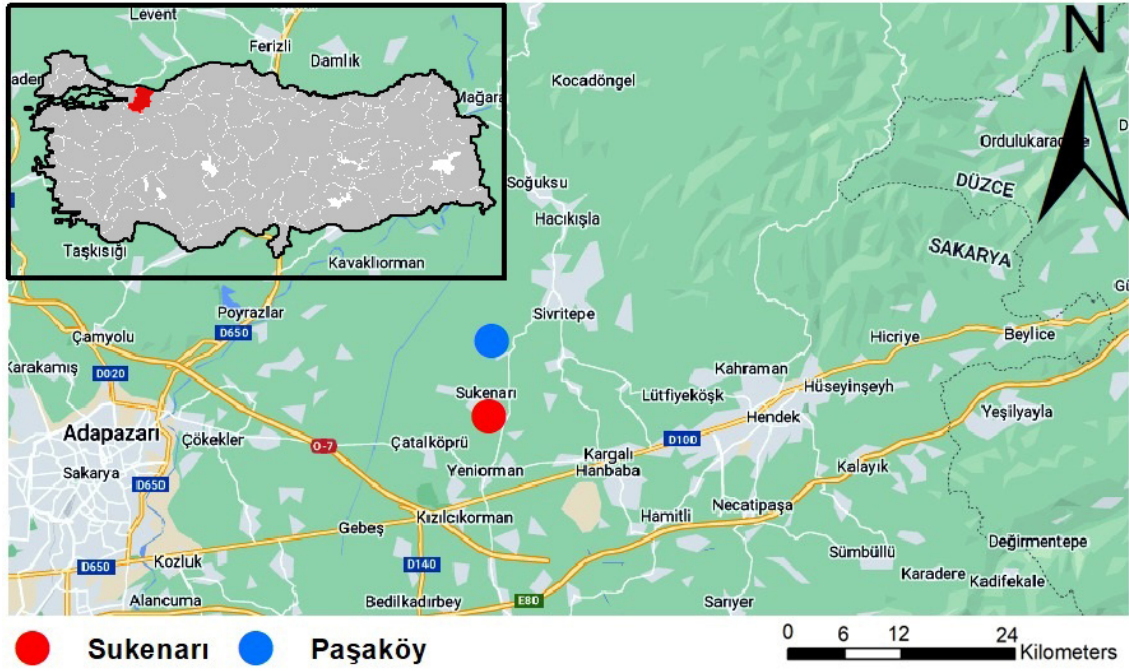


Figure 1. Map of the study area  
Şekil 1. Çalışma alanı haritası

The male genitalia (aedeagus) were used for the species identification. To be able to identify insect species, genital organs were prepared. The insect sample was softened with hot water and ethanol

then the genitalia were extracted. Insects were identified using identification keys (Logvinovsky, 1985). Insect identifications were carried out under a stereo microscope.



Figure 2. a) Ash trees, b) exit holes of *Plumilus grandicollis* beetle (Photograph: Çağlar Akçay).  
Şekil 2. Dişbudak ağaçları (a) ve *Plumilus grandicollis* böceğinin çıkış delikleri (b) (Fotoğraf: Çağlar Akçay).

### 3. Results and discussion

As a result of the investigations, male and female adults of *Plumilus grandicollis* (Ménétriés, 1832) (Coleoptera: Anobiidae: Ptilininae) were deter-

mined in overthrown ash woods, monumental ash trees and pheromone traps. According to Nikitsky et al. (2008), the *P. grandicollis* beetle has been detected in the literature on fig (*Ficus* sp. and beech (*Fagus* sp.) trees. However, in this study, it

was determined for the first time that it caused damage to ash woods. In a recently published study, Farashiani et al. (2022) detected saproxylic beetles (Coleoptera) in Hyrcanian forests (Iran). In addition, Zahradnik (1998) and Zahradnik (2007) stated that *P. grandicollis* spread in Armenia, Azerbaijan, Georgia, Germany (introduced), Iran, Israel, Romania, Russia and Turkmenistan. He states that it spreads in Türkiye without specifying the locality. In this study, *P. grandicollis* was detected in Türkiye by giving the exact locality (Süleymaniye Floodplain Forest, Paşaköy and Sukenarı quarters, Hendek district of Sakarya province, Türkiye). *Plu-*

*milus grandicollis* and *Ptilinus grandicollis* are synonyms of the insect (Zahradnik and Háva, 2014). Table 1 shows monthly average temperature and relative humidity data of the study area in 2021. When the average monthly temperature and relative humidity data at the Sukenarı and Paşaköy points where the insect found were examined, it was seen that the average temperature was 19 - 23 °C and the relative humidity was around 83% in June and July when the insect was detected. Temperature and relative humidity in the area reach highest point in summer and then decrease.

Table 1. Monthly average temperature and relative humidity data of the study area  
Tablo 1. Çalışma alanının aylık ortalama sıcaklık ve bağıl nem verileri

Months	Sukenarı		Paşaköy	
	Temperature (°C)	Relative humidity (%)	Temperature (°C)	Relative humidity (%)
April	16.1	69.8	16	71.5
May	17.2	74.7	17.4	76.12
Jun	19.2	83.2	19.6	83.3
July	23.2	83	23.5	83.97
August	22.6	79.2	23.2	81.3
September	18.3	74.8	18.3	80.6
October	15.8	77.2	15.7	84.9

It was determined that the age of 15 ash trees, whose age was measured in the area where the study was carried out, ranged from 103 to 211 (Gürsu, 1971). Approximately 150 exit holes have been detected in an area of 1 m<sup>2</sup> in the trees which has insect damaged in the Sukenarı location on 26<sup>th</sup> of Jun, 2020. The diameters of the exit holes were measured between approximately 2 mm and 5 mm (Figure 2). Adults of the beetle were detected in pheromone traps in Paşaköy area on the 6<sup>th</sup> of July, 2020.

Lateral view, dorsal view, male and female of *P.*

*grandicollis* is given in Figure 3, Figure 4 and Figure 5). When the lengths of the adult insects were examined, it was seen that they were between 2.5-4 mm. The adults have a cylindrical body and their color is between dark reddish and dark brown. Antennas have 11 segments. In the dorsal view of the female beetles, as in the *Anobium punctatum* (De Geer, 1774) (Coleoptera: Anobiidae) beetle, the head is not visible since the pronotum covered head from above. Dotted structures are present on the pronotum and elytra (Figure 5)



Figure 3. *Plumilus grandicollis* lateral view (Photograph: Beşir Yüksel).  
Şekil 3. *Plumilus grandicollis* lateral görünüş (Fotoğraf: Beşir Yüksel).



Figure 4. *Plumilus grandicollis* male (Photograph: Beşir Yüksel).  
Şekil 4. *Plumilus grandicollis* erkek (Fotoğraf: Beşir Yüksel)

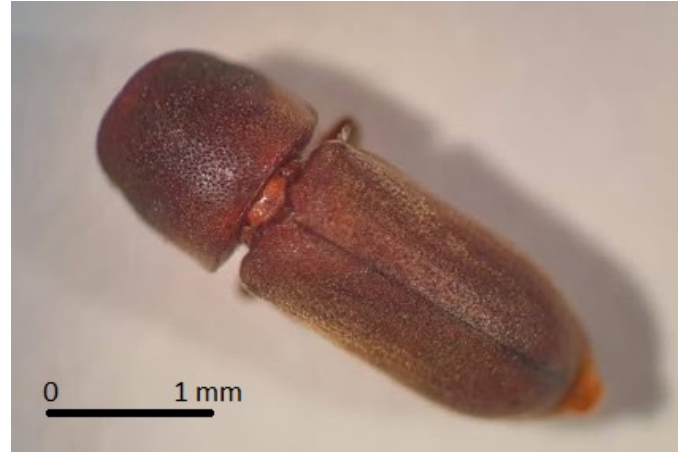


Figure 5. *Plumilus grandicollis* female (Dorsal view) (Photograph: Beşir Yüksel).  
Şekil 5. *Plumilus grandicollis* dişi (Dorsal görünüş) (Fotoğraf: Beşir Yüksel)

Genital organ of the male individual, aedeagus, extracted in the current study and literature is given in Figure 6 and Figure 7. Paramere, phallobase,

basal strut in the images of the genital organ in the current study match the drawing by Logvinovsky (1985).

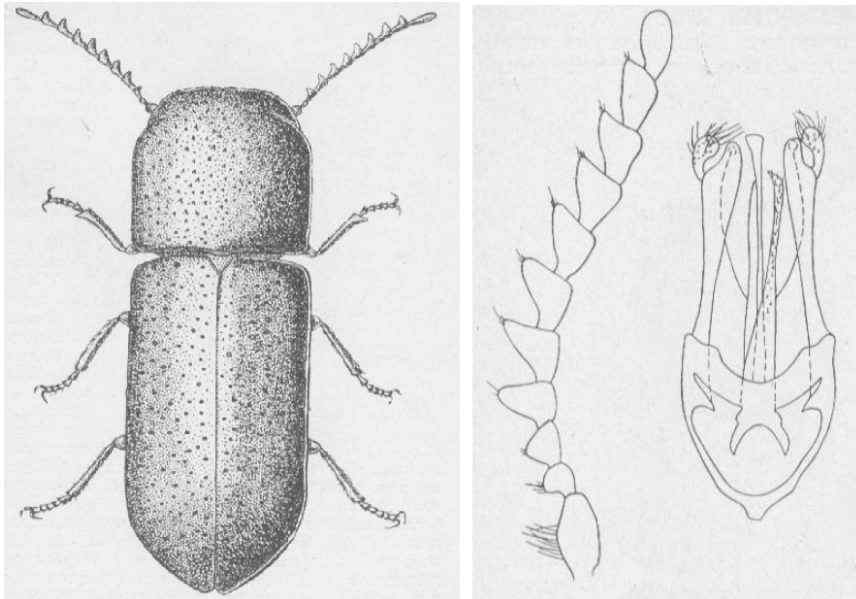


Figure 6. *Left: the adult, right: antennae and aedeagus of Plumilus grandicollis* (Logvinovsky, 1985).  
Şekil 6. *Plumilus grandicollis*'e ait ergin, anten ve erkeklik üreme organı (Logvinovsky, 1985).

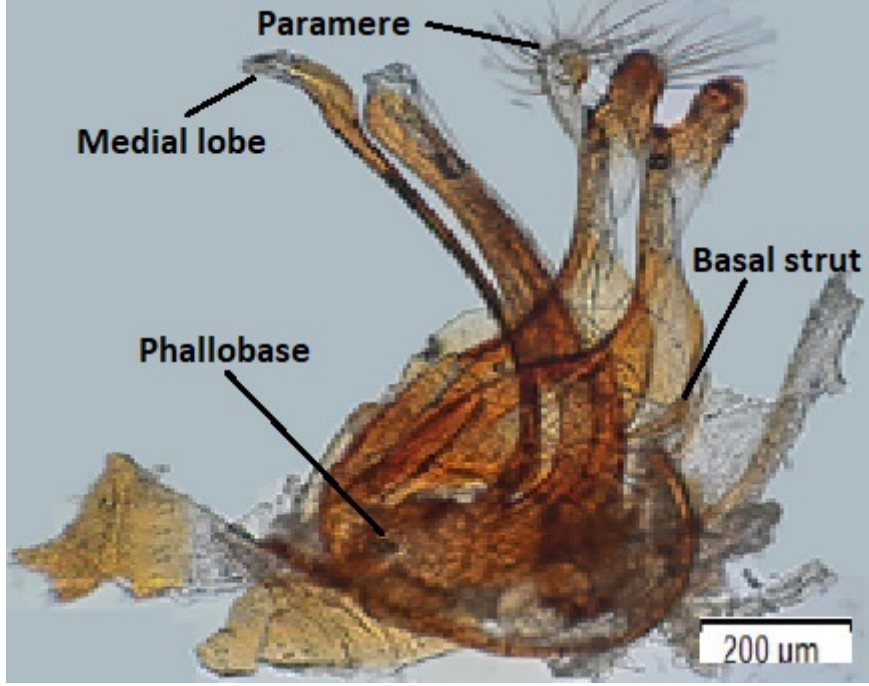


Figure 7. The aedeagus of *Plumilus grandicollis* detected in the current study (Photograph: Beşir Yüksel).  
Şekil 7. Mevcut çalışmada tespit edilen *Plumilus grandicollis*'e ait erkeklik üreme organı (Fotoğraf: Beşir Yüksel).

#### 4. Conclusion

In conclusion, this study was carried out in the Süleymaniye Floodplain Forest of Hendek district, Sakarya province between the years of 2020-2021. According to the current study, *P. grandicollis* was reported with locality in Türkiye and new pest for the ash wood (*Fraxinus angustifolia* Vahl.).

#### Acknowledgments

This study was supported by Izmit Poplar and Fast Growing Forest Trees Research Institute Project No. İZT-409 (3437) 2018-2021

#### References

- Bellés, X. 2009. Spider beetles (Coleoptera, Ptinidae) from the Socotra archipelago. *Fauna of Arabia* 24: 145-154.
- Carus, S., Çiçek, E., 2007. Adapazarı-Süleymaniye dış-budak plantasyonlarında (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) tek ağaçlar için bir çap artım modeli. *Turkish Journal of Forestry* 8(1): 34-48. doi:10.18182/tjf.10108
- Çiçek, E., 2002. Adapazarı-Süleymaniye Subasar Ormanında Meşcere Kuruluşları ve Gerekli Silvikültürel Önlemler. İstanbul Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. İstanbul.
- Farashiani, M. E., Varandi, H. B., Kazerani, F., Yarmand, H., Babae, M., Thorn, S., Amini, S., 2022. A preliminary checklist of saproxylic beetles (Coleoptera) in the

Hyrcanian forests of Iran, with distributional data. *Check List* 18(5): 1053-1120. doi. org/10.15560/18.5.1063

Gürsu, I. 1971. Süleymaniye Ormanı Sivri Meyveli Dış-budakları (*Fraxinus oxycarpa* Willd.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ve Değerlendirme İmkanları Hakkında Araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 47, Ankara.

Cabrera, B. J., 2001. *Cigarette Beetle, Lasioderma serricorne* (F.) (Insecta: Coleoptera: Anobiidae). University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, EDIS.

Hızal, E., Arslangündoğdu, Z., Göç, A., Ak, M., 2015. The new record for Turkish invasive alien insect fauna *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 65: 7-10 DOI: 10.17099/jffiu.48469

Kaygin, A.T., Yıldız, Y., Umit, Ç., Yıldız, Y., Onat, S.M., Ozkazanc, N.K., Kaygin, B., Celikyay, S., 2008. An Important Wood Destroying Beetle: *Anobium punctatum* (De Geer) (Coleoptera: Anobiidae) and Distribution of Western Black Sea region. 39<sup>th</sup> International Research Group in Wood Preservation Annual Meeting, Istanbul, May 2008.

Logvinovsky V. D, 1985. Фауна СССР. Насекомые жесткокрылые. Точильщики-семейство Anobiidae: монография. (Fauna of the USSR. Coleoptera Insects. Grinders-family Anobiidae: monograph). Editör: Scarlato O.A. Leningrad: Nauka, 1985. Cilt: XIV, sayı 2. 177 sayfa. [https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/pdf/fauna\\_ssr\\_anobiidae\\_opt.pdf](https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/pdf/fauna_ssr_anobiidae_opt.pdf). (access date: December 2022). In Russia.

- 
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., Poorter, M. De, 2000. De Poorter, M. 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. By ISSG of IUCN. Auckland, New Zealand.
- Martin, J. A, Lopez, R., 2023. Biological Deterioration and Natural Durability of Wood in Europe. *Forests* 14(2): 283. <https://doi.org/10.3390/f14020283>
- Nikitsky, N. B., Bibin, A. R., Dolgin, M. M., 2008. *Xylophilous beetles* (Coleoptera) of the Caucasian State Natural Biosphere Reserve and adjacent territories. *Syktivkar*: 452 pp. [in Russian]. Institute of Biology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. UDC 595 76 (1-924.72/76)
- Toker, M., Çolak, E., Sunar, F., 2021. Spatiotemporal Change Analysis of the Protected Areas: A Case Study–İğneada Floodplain Forests. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 43: 735-740.
- Zahradník, P., 2007. Ptinidae (excluding Gibbiinae and Ptininae). In: Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 4. Elateroidea- Derodontoidea- Bostrichoidea- Lymexyloidea- Cleroidea- Cucujoidea. Löbl, I., Smetana, A. (Eds.). Stenstrup: Apollo Books, Denmark, p. 339-362
- Zahradník, P., Háva, J., 2014. Catalogue of the world genera and subgenera of the superfamilies Derodontoidea and Bostrichoidea (Coleoptera: Derodontiformia, Bostrichiformia). *Zootaxa* 3754 (4): 301–352. doi.org/10.11646/zootaxa.3754.4.1
- Zahradnik, P., 1998. Anobiidae of Turkey (Coleoptera). *Klapalekiana* 34: 263-286, ISSN 1210-6100

## 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/ogmoad/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 ormanlık 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