

**T.C.**  
**KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**ÖLÜ AĞACIN SARIÇAM DOĞAL GENÇLİĞİ ÜZERİNDEKİ  
ETKİSİ**

**YAVUZ KOCADEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DOÇ. DR. OSMAN TOPAÇOĞLU**

**NİSAN - 2025**

**KASTAMONU**

## TEZ ONAYI

**Yavuz KOCADEMİR** tarafından hazırlanan “**ÖLÜ AĞACIN SARIÇAM DOĞAL GENÇLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **18.04.2025** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

<b>Danışman</b>	Doç. Dr. Osman TOPAÇOĞLU Kastamonu Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	Prof. Dr. Ahmet SIVACIOĞLU Kastamonu Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	Prof. Dr. Nuri ÖNER Çankırı Karatekin Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü Doç. Dr. Selçuk MEMİŞ .....

## TAAHHÜTNAME

*Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.*

**Yavuz KOCADEMİR**

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### ÖLÜ AĞACIN SARIÇAM DOĞAL GENÇLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

YAVUZ KOCADEMİR

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI  
DANIŞMAN:DOÇ. DR. OSMAN TOPAÇOĞLU

Biyolojik çeşitlilik, genetik, tür ve ekosistem düzeyindeki çeşitliliği ifade eden ve doğal kaynakların korunmasında kritik bir kavramdır. Özellikle orman ekosistemlerinde bu çeşitlilik, ekosistem süreçlerinin sürdürülebilirliği için temel teşkil eder. Ormanlar, karbon depolama, oksijen üretimi ve su döngüsü düzenleme gibi ekosistem hizmetleri sağlayarak ekolojik ve ekonomik açıdan hayati roller oynar. Türkiye ormanları bu açıdan dikkat çekici bir zenginlik sunar; ancak bu çeşitliliğin sürdürülebilirliği için ölü ağaçların önemi giderek daha çok vurgulanmaktadır. Ölü ağaçlar, karbon ve azot döngüsüne katkıda bulunmanın yanı sıra toprak nemini artırır, mikroorganizmaların yaşam alanlarını genişletir ve erozyonu önler. Kalın çaplı ölü ağaçlar, barındırdığı kovuklar aracılığıyla birçok hayvana yaşam alanı sunarken, çimlenme ve genç bitkilerin büyümesi için uygun mikroklimatik koşulları sağlar. Çamkoru Dr. Fuat Adalı Araştırma Ormanında toplam 5 farklı bölgede gerçekleştirilen bu çalışma elde edilen veriler ölü ağaçların gençleşme süreçlerinde belirleyici bir etkisi olduğunu göstermektedir. Ölü ağaç varlığının fidan yoğunluğunu ve gelişimini olumlu yönde etkilediğini, ayrıca sürdürülebilir ormancılık uygulamalarında dikkate alınması gerektiğini ortaya koymuştu. Sonuç olarak, ölü ağaçların korunması, yalnızca biyolojik çeşitliliğin devamlılığını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda orman ekosistemlerinin ekolojik dengesine ve sürdürülebilir yönetimine önemli katkılar sunar.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Ölü Ağaç, Sariçam, Doğal Gençlik

Nisan 2025, 51 Sayfa

## **ABSTRACT**

### **MSC THESIS**

## **INFLUENCE OF COARSE WOODY DEBRIS ON SCOTS PINE NATURAL REGENERATION**

**YAVUZ KOCADEMİR**

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING  
SUPERVISOR:ASSOC. PROF. DR. OSMAN TOPAÇOĞLU**

Biological diversity is a critical concept in conserving natural resources, and it refers to diversity at the genetic, species, and ecosystem levels. Especially in forest ecosystems, this diversity is fundamental for the sustainability of ecosystem processes. Forests play vital ecological and economic roles by providing ecosystem services such as carbon storage, oxygen production, and water cycle regulation. Turkey's forests offer a remarkable richness in this respect; however, the importance of dead trees for the sustainability of this diversity is increasingly emphasized. In addition to contributing to the carbon and nitrogen cycle, dead trees increase soil moisture, expand the habitats of microorganisms, and prevent erosion. The thick-diameter dead trees provide habitats for many animals through the hollows they harbor while providing suitable microclimatic conditions for the germination and growth of young plants. The data obtained in this study in 5 different compartments in Çamkoru Dr. Fuat Adalı Research Forest show that dead trees have a determining effect on rejuvenation processes. It was revealed that the presence of trees killed positively affects sapling density and development and should be considered in sustainable forestry practices. In conclusion, the conservation of dead trees ensures the continuity of biodiversity and makes essential contributions to the ecological balance and sustainable management of forest ecosystems.

**KEYWORDS:** Coarse Woody Debris, Scots pine, Natural Regeneration

April 2025, 51 Page

## TEŞEKKÜR

Ölü Ağacın Sarıçam Doğal Gençliği Üzerindeki Etkisi” isimli bu çalışma, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle, tezimin hazırlanmasında rehberliğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimleriyle beni yönlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Osman Topaçoğlu'na en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Bu çalışmayı, yaşamımın her anında bana ilham veren, sevgisiyle kalbimde hep var olan, öğütleri, emeği ve manevi desteği ile hayatım boyunca bana yol göstererek bugün burada olmamı mümkün kılan rahmetli babam Hasan Kocademir'e ithaf ediyorum.

Hayatımın her anında desteğini hissettiğim, güç kaynağım ve yol arkadaşım, eşim Derya Kocademir'e, bu süreç boyunca bana gösterdiği sabır, anlayış ve sevgisi için ne kadar teşekkür etsem azdır. Her zaman yanımda olduğun ve bana inandığın için sana minnettarım.

Arazi çalışmalarında sunmuş oldukları imkânlardan dolayı Orman Genel Müdürlüğü, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Çamkoru Dr. Fuat Adalı Araştırma Ormanı Mühendisliğinin idari ve teknik personeline teşekkürü borç bilirim.

Bu çalışmanın ülkemiz ormancılığına faydalı olmasını temenni ederim.

YAVUZ KOCADEMİR

Kastamonu, 2025

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>TEZ ONAYI</b> .....	<b>ii</b>
<b>TAAHHÜTNAME</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	<b>3</b>
2.1 Ölü Ağaçla İlgili Temel Kavramlar .....	3
2.1.1 Ölü Ağaçlara Yönelik Yaklaşımların Tarihsel Gelişimi.....	3
2.1.2 Ölü Ağaç Kavramı ve Formları .....	4
2.1.3 Ölü Ağaçların Oluşumuna Etki Eden Faktörler.....	7
2.1.4 Ölü Ağacın Orman Ekosistemleri ve Biyolojik Çeşitliliğe Katkıları .....	8
2.1.4.1 Habitat ve biyolojik çeşitlilik .....	8
2.1.4.2 Karbon depolama ve iklim düzenleme .....	10
2.1.4.3 Besin döngüsü ve toprak verimliliği .....	11
2.1.4.4 Mikroklimanın düzenlenmesi .....	12
2.1.4.5 Doğal gençleşme ve orman dinamikleri.....	12
2.1.4.6 Su yönetimi ve erozyon kontrolü .....	13
2.2 Sarıçam ( <i>Pinus sylvestris</i> ) ile İlgili Genel Bilgiler .....	13
2.2.1 Sarıçamın Coğrafi Yayılışı ve Ekolojik Önemi .....	13
2.2.2 Sarıçamın Morfolojik ve Ekolojik Özellikleri .....	16
2.2.3 Sarıçam Ormanlarının Silvikültürel Özellikleri.....	17
2.2.4 Ölü Ağacın Sarıçam Gençleşmesindeki Rolü.....	18
<b>3. ÇALIŞMANIN AMACI VE HEDEFLERİ</b> .....	<b>20</b>
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>21</b>
4.1 Materyal .....	21
4.1.1 Çalışma Sahasının Yeri.....	21
4.1.2 Bugünkü Arazi Kullanma Durumu .....	23
4.1.3 Çalışma Alanının Bitki Örtüsü .....	25
4.2 Yöntem.....	25
4.2.1 Deneme Alanlarının Belirlenmesi .....	25
4.2.2 Yapılan Ölçümler.....	26
<b>5. BULGULAR</b> .....	<b>30</b>
5.1 Kalın Ölü Odun (CWD) ile Fidan Sayısı Arasındaki İlişki .....	32
5.2 Kalın Ölü Odun (CWD) ile Fide Sayısı Arasındaki İlişki .....	32
5.3 Kalın Ölü Odun (CWD) ile Organik Madde Kalınlığı Arasındaki İlişki .....	33
5.4 İnce Ölü Odun (FWD) ile Fidan Sayısı Arasındaki İlişki.....	34
5.5 İnce Ölü Odun (FWD) ile Fide Sayısı Arasındaki İlişki.....	34
5.6 İnce Ölü Odun (FWD) ile Organik Madde Kalınlığı Arasındaki İlişki .....	35

5.7 Fidan Sayısı ile Fide Sayısı Arasındaki İlişki .....	36
5.8 İstatistiksel Analize Ait Bulgular .....	36
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>38</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>41</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>51</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1 Toprak üstünde bulunan ölü ağaç türleri .....	5
Şekil 2.2 Orman ekosistemindeki ayakta ölü ağaç ve yatık konumdaki ölü ağaç formları.....	6
Şekil 2.3 Ölü odunun bozulma süreci .....	8
Şekil 2.4 Ölü odunun yakınında bulunan Formica rufa (kırmızı orman karıncası) yuvası.....	9
Şekil 2.5 Bir ağaçkakanın ev sahipliği yapan ölü ağaç .....	10
Şekil 2.6 Ölü odunda çimlenen doğal gençlik .....	13
Şekil 2.7 Sarıçam ve bazı asli türlerimizin yüzdesel alan dağılımı.....	14
Şekil 2.8 Sarıçamın ülkemizdeki yayılışı.....	15
Şekil 4.1 Çamkoru Dr. Fuat Adalı Araştırma Ormanı yer bulduru haritası.....	22
Şekil 4.2 Örnek alandaki ağaçların çap ölçümü.....	26
Şekil 4.3 Örnek alandaki ölü ağaçlarda boy ve çap ölçümü .....	27
Şekil 4.4 Fidelerin boy ve çaplarının ölçümü .....	28
Şekil 4.5 Yaprak çürüntü kalınlığı ölçümü .....	28
Şekil 4.6 Örnek alan veri tablosu .....	29
Şekil 5.1 Örnek alanlardaki kalın ölü ağaç sınıflarının dağılımı .....	31
Şekil 5.2 Örnek alanlardaki ince ölü ağaç sınıflarının dağılımı.....	31
Şekil 5.3 Kalın ölü odun (CWD) ile fidan sayısı arasındaki ilişki grafiği .....	32
Şekil 5.4 Kalın ölü odun (CWD) ile fide sayısı arasındaki ilişki grafiği.....	33
Şekil 5.5 Kalın ölü odun (CWD) ile organik madde kalınlığı (OMK) arasındaki ilişki grafiği .....	33
Şekil 5.6 İnce ölü odun (FWD) ile fidan sayısı arasındaki ilişki grafiği .....	34
Şekil 5.7 İnce ölü odun (FWD) ile fide sayısı arasındaki ilişki grafiği .....	35
Şekil 5.8 İnce ölü odun (FWD) ile organik madde kalınlığı arasındaki ilişki grafiği .....	35
Şekil 5.9 Fidan sayısı ile fide sayısı arasındaki ilişki grafiği.....	36
Şekil 5.10 Spearman Korelasyon Matrisi Isı Haritası .....	37

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa

Tablo 4.1 Çalışmanın yapıldığı bölme, meşcere tipi ve alanlarına ait bilgiler .....	23
Tablo 4.2 Çalışma ünitesinin bugünkü arazi kullanım durumu .....	24
Tablo 4.3 Çalışma ünitesinde bulunan ağaç türleri ve alansal dağılımları .....	24
Tablo 4.4 Çalışma ünitesindeki sarıçam meşcerelerinin alansal dağılımları .....	24
Tablo 4.5 Çalışma ünitesinde bulunan iştirakçi bitki türleri .....	25
Tablo 5.1 Örnek alanlardaki ağaç adedi, hacim ve göğüs yüzeyi değerleri.....	30
Tablo 5.2 Örnek alanlardaki kalın ölü odun (CWD) miktarı (m <sup>3</sup> /ha) .....	30
Tablo 5.3 Spearman Korelasyon Matrisi .....	37



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Kısaltmalar

<b>C°</b>	: Santigrat derece
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>cm<sup>3</sup></b>	: Santimetreküp
<b>CWD</b>	: Coarse Woody Debris (Kalın Ölü Odun)
<b>Çk</b>	: Karaçam
<b>Çs</b>	: Sarıçam
<b>FAO</b>	: Food and Agriculture Organization of the United Nations (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)
<b>FWD</b>	: Fine Woody Debris (İnce Ölü Odun)
<b>ha</b>	: Hektar
<b>m</b>	: Metre
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metrekare
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>No.</b>	: Numara
<b>OGM</b>	: Orman Genel Müdürlüğü
<b>OMK</b>	: Organik Madde Kalınlığı
<b>pH</b>	: Asitlik derecesi

## 1. GİRİŞ

Biyolojik çeşitlilik kavramı, günümüzden yaklaşık 50 yıl öncesine kadar bilimsel literatürde yer almıyordu. Ancak bu kavramın gelişmesiyle birlikte, doğa ve doğal kaynaklarla ilgili konuların daha iyi anlaşılması mümkün hale gelmiştir. Eğer biyolojik çeşitlilik kavramı günümüzde var olmasaydı, bu alanları ifade etmekte zorlanır ve çoğu durumda eksik bir yaklaşım sergilerdik. Artık biliyoruz ki, doğa bilimleri ve doğal kaynak yönetimi söz konusu olduğunda, biyolojik çeşitlilik temel bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır (Ülgen vd., 2020).

Biyolojik çeşitlilik, canlı organizmaların yer aldığı ekosistemler ve ekolojik kompleksler arasındaki tüm çeşitlilik düzeylerini ifade eder. Bu tanım, genetik, tür ve ekosistem düzeylerindeki çeşitliliği kapsar (Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, 1992) ve doğanın karmaşıklığını anlamada kritik bir rol oynar. Bu bağlamda, dünya üzerindeki biyolojik çeşitliliğin en önemli bileşenlerinden biri olan orman ekosistemleri, biyolojik çeşitliliği ve ekosistem süreçlerini anlamak açısından ilk akla gelen örneklerden biridir. Orman ekosistemleri, yalnızca flora ve fauna çeşitliliği ile değil, aynı zamanda oksijen üretimi, karbon depolama, su döngüsünün düzenlenmesi ve toprak koruma gibi hayati ekosistem hizmetleri ile de öne çıkar (Ülgen vd., 2020).

Bu hizmetlerin önemi, orman ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi ihtiyacını açıkça ortaya koymaktadır. Orman ekosistemlerinin işlevselliğini korumak ve sürdürülebilirliğini sağlamak için biyolojik çeşitliliğin korunması temel bir hedeftir. Çünkü biyolojik çeşitlilik, yalnızca ekosistemlerin sürdürülebilirliğini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda bu ekosistemlerin insan yaşamına sunduğu ürün ve hizmetlerin sürekliliğinde de merkezi bir rol oynar (Uzun vd., 2012). Dolayısıyla, biyolojik çeşitliliğin korunması, yaşam kalitesinin dünya genelinde sürdürülebilir bir şekilde artırılmasına doğrudan katkı sağlar (Gauthier vd., 2018).

Dünya yüzeyinin yaklaşık %31'ini kaplayan ormanlar, milyonlarca canlı türüne ev sahipliği yapar (FAO, 2020). Bu açıdan bakıldığında, orman ekosistemlerindeki biyolojik çeşitlilik, ekolojik, ekonomik ve sosyal açılardan büyük bir değer taşımaktadır. Ekolojik açıdan biyolojik çeşitlilik, orman ekosistemlerinin işlevselliğini

ve kararlılığını artırır. Örneğin, farklı bitki türleri fotosentez yoluyla karbon tutulumunu destekleyerek iklim değişikliğinin etkilerini hafifletir (Tilman vd., 1997). Ayrıca, toprak mikroorganizmalarının çeşitliliği, besin döngülerini düzenleyerek ormanların sağlıklı bir şekilde büyümesine katkıda bulunur (Chapin vd., 2002).

Türkiye ormanları, biyolojik çeşitlilik açısından dikkat çekici bir zenginliğe sahiptir (Çolak vd., 2009). Ancak bu zenginliğin korunması, ormanlardaki ölü odun miktarı ve yapısı gibi unsurların öneminin anlaşılmasını gerektirir. Ölü ağaçlar, sadece biyolojik çeşitliliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda karbon döngüsü gibi ekolojik süreçlerin sürekliliğini sağlar (Lindenmayer ve Franklin, 2002). Orman ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi, sadece sağlıklı ağaç popülasyonlarını korumayı değil, aynı zamanda ölü odun gibi ekosistem bileşenlerinin ekolojik rollerini anlamayı da içermelidir (Harmon vd., 1986).

Orman ekosistemleri, biyolojik çeşitlilik ve ekolojik süreçlerin sürekliliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu ekosistemlerin sürdürülebilirliği, yalnızca mevcut biyolojik çeşitliliğin korunmasıyla değil, ekolojik dengenin bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasıyla mümkün olabilir. Bu bağlamda, ölü ağaçlar, orman ekosistemlerinin biyolojik çeşitliliğini destekleyen ve bu çeşitliliğin devamlılığını sağlayan vazgeçilmez unsurlar arasında yer alarak ekosistemlerin dayanıklılığını artırmaktadır. Sonuç olarak, Türkiye ormanlarında ölü ağaçların varlığının sağladığı katkılar da göz önüne alındığında, biyolojik çeşitliliğin korunması, hem ulusal hem de küresel ölçekte çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sunacaktır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Ölü Ağaçla İlgili Temel Kavramlar

#### 2.1.1 Ölü Ağaçlara Yönelik Yaklaşımların Tarihsel Gelişimi

Ormanlardaki ölü ağaçlar, zamanla değişen işletme yaklaşımları nedeniyle farklı şekillerde algılanmıştır. Geçmişte, ölü ağaçlar orman ekosistemlerinde meşcere sağlığını ve kalitesini tehdit eden olumsuz unsurlar olarak değerlendirilmiş, hatta “hatalı yönetim/müdahale tekniklerinin uygulaması veya bakım ihmali” ve “ziyan” göstergesi olarak kabul edilmiştir (Stachura vd., 2007). Bu algı, ölü ağaçların orman ağaçlarına zarar veren böceklerin üremesine (Marage ve Lemperiere, 2005), orman yangınlarının yayılma riskini artırmasına (Travaglino vd., 2007) ve zararlıların mevcut ağaçlara veya komşu meşcerelere zarar vermesine neden olan bir etken olarak görülmesine yol açmıştır (Pasierbek vd., 2007). Bu dönemde, ölü odunun hem doğal süreçler hem de ormancılık faaliyetleri üzerindeki etkileri olumsuz olarak değerlendirilmiş ve bu doğrultuda ormancılık müdahaleleri şekillenmiştir.

Bu algılar yalnızca doğal orman yönetimini değil, düzenli ve sistematik ormancılık uygulamalarını da etkilemiştir. Silvikültürel müdahaleler sırasında, ölü odunun meşcere bakımını ve ağaçlandırma çalışmalarını aksattığı (Thomas, 2002; Travaglino ve Chirici, 2006) düşünülmüş; dikili vaziyette duran ölü ağaçların ise çalışanlar ve ziyaretçiler için tehlike arz ettiği öne sürülmüştür (Pasierbek vd., 2007; Peterken, 1996). Bu nedenle, “sağlık kesimi” adı verilen ormancılık teknikleri yaygınlaşmış, ölü odunlar tespit edildiklerinde derhal alandan uzaklaştırılmıştır. Bu uygulamalar, ormanlardaki ölü odun miktarlarında ciddi bir azalmaya yol açmıştır (Travaglino ve Chirici, 2006).

Bununla birlikte, 20. yüzyılın başlarından itibaren yapılan bilimsel araştırmalar, ölü oduna yönelik geleneksel algıları değiştirmeye başlamıştır. Ölü ağacın ekosistemlerdeki önemini ilk fark edenler Kuzey Amerikalı araştırmacılar olmuş (Radu, 2007) ve bu bulgular literatüre hızla kazandırılmıştır. Örneğin, Graham (1925), Kimmey ve Furniss (1943) ile Savely (1939), ölü odunun yaban hayatı için kritik bir

habitat olduğunu vurgulamış; Elton (1966), çok sayıda tür için önemli bir habitat bileşeni olduğunu ifade etmiştir. 1970'lerden itibaren Kuzey Amerika'da, ölü odunun orman ekolojisi açısından taşıdığı önem ormancılık politikalarında da kabul görmeye başlamıştır (Thomas, 2002).

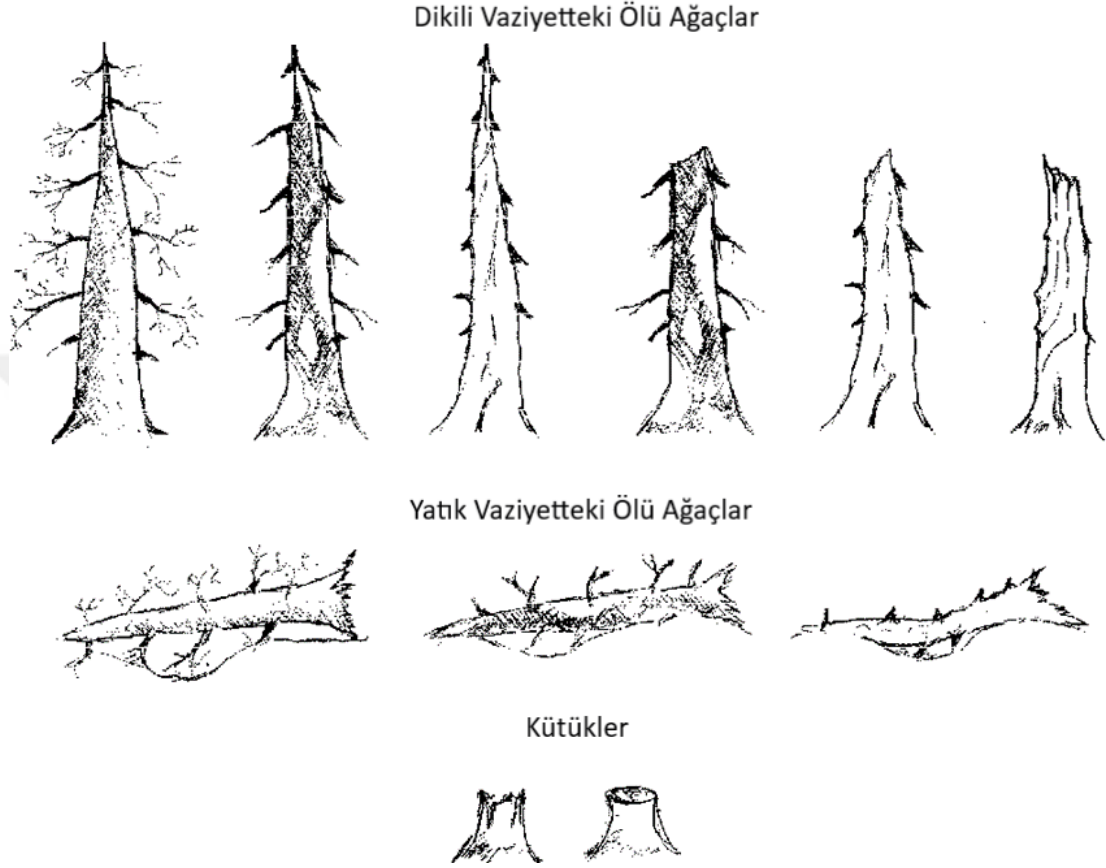
Bu araştırmalar, ölü odunun biyolojik çeşitlilik (Ferris ve Humphrey, 1999; Müller ve Schnell, 2003), besin döngüsü (Harmon vd., 1986), doğal gençleşme (Harmon ve Franklin, 1989) gibi ekosistem süreçlerindeki rollerini ortaya koymuştur. Bu bulgular, ölü ağaçların yalnızca doğal bir süreç değil, aynı zamanda sürdürülebilir orman yönetimi için vazgeçilmez bir bileşen olduğunu göstermiştir.

Son yıllarda, ölü ağaçların ekosistemler için hayati derecede önemli olduğu ve çok çeşitli ekolojik faydalar sağladığı görüşü ön plana çıkmıştır (Vandekerkhove vd., 2009). Günümüzde, ölü ağaçlar biyolojik çeşitliliğin önemli bir göstergesi olarak kabul edilmekte (Marage ve Lemperiere, 2005) ve ölü ağaç miktarı ile mekânsal dağılımı sürdürülebilir orman yönetiminin bir ölçütü olarak değerlendirilmektedir (Vítková vd., 2018). Bu nedenle, ölü ağaçlar çeşitli kaynaklarda “biyotop ağaçları”, “yüksek biyolojik çeşitliliğe sahip yaşam alanları” veya “ormanlardaki biyolojik çeşitlilik merkezleri (hotspot)” gibi terimlerle tanımlanmaktadır (Saarforst, 2004).

### **2.1.2 Ölü Ağaç Kavramı ve Formları**

Ölü ağaç kavramı, literatürde farklı çalışmalara bağlı olarak çeşitli şekillerde tanımlanmıştır. Bu farklılıklara rağmen, genel bir tanımlama yapmak gerekirse, ölü ağaç, ormanlardaki canlı olmayan tüm odunsu materyali ifade eder. Bu materyaller; ayakta kuru ağaçları (ağaçkakan ağaçları), devrilmiş gövdeleri (yatık ölü ağaçlar), ince ve kalın dalları, kökleri ve diğer parçaları içerir (Merganičová vd., 2012). Dolayısıyla, ölü ağaç, hem toprak üstü hem de toprak altındaki tüm ölü odunsu materyali kapsamaktadır (Harmon ve Sexton, 1996). Toprak üzerinde bulunan ölü ağaçlar (Şekil 2.1); ayakta duran ölü ağaçlar, bunların kısmen bozunmuş kalıntıları ya da orman zeminine serpilmiş doğal parçacıklar ve kütükler şeklinde kendini gösterirken (Pyle ve Brown, 1999) toprak altındaki materyaller ise, ölü odunsu köklerle mineral toprakta veya orman zemininde çürümüş odunsu kalıntılardan meydana gelir (Harmon ve

Sexton, 1996). Ölü ağaçlar, ormanda aynı zamanda, yaşayan ağaçlarda çürümenin sebep olduğu delikler, ölü dallar, çürük gövdeler veya öz odunu şeklinde de bulunabilir.



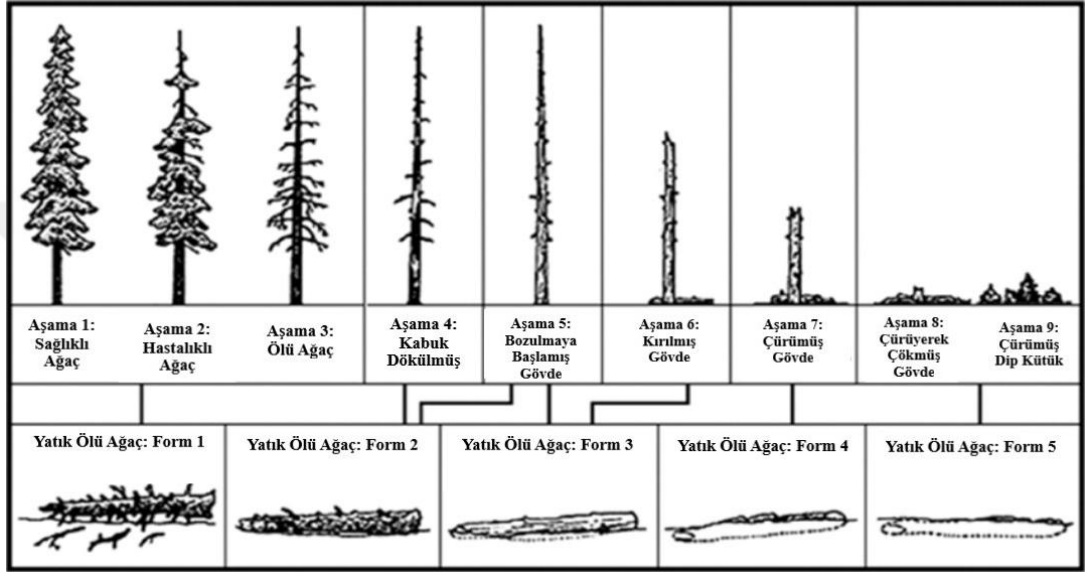
Şekil 2.1 Toprak üstünde bulunan ölü ağaç türleri (Merganičová vd., 2012)

Ölü ağaç oluşumu, doğal orman döngüsünün ayrılmaz bir parçasıdır ve yönetim uygulamalarından etkilenebilir. El değmemiş yani hiçbir müdahalenin olmadığı ormanlarda, biyolojik yaşlanma, yıldırım, yangın, böcek salgınları ve patojenler gibi doğal süreçler ölü ağaç oluşumuna katkıda bulunur. Bu süreçler sonucunda ormanda aşağıda listelenen formlardaki ölü ağaçlar gözlemlenebilir (Pfarr, 1990):

- Sağlıklı olmakla birlikte ölü veya tepe kısmı ölmekte olan ağaçlar,
- Tamamen kurumuş tepeye sahip ağaçlar,
- Çeşitli uzunluklarda parçalanmış gövdeler,
- Devrilmiş veya yatık konumda duran ağaçlar,
- Kırılarak orman tabanına düşen ölü ağaç dalları ve tepe kısımları,
- Canlılığını yitirmiş kök parçaları,

- Üretim yapılan ormanlarda yoğun miktarda bulunan dal parçacıkları,
- Üretim yapılan ormanlardaki gövde parçacıkları,
- Dip kütükleri ve “yüksek kesim” artıkları (üretim konu ormanlarda).

Tüm bunların yanı sıra, üretime yönelik faaliyetler de ormanlarda ölü ağaçların oluşmasına sebep olabilmektedir.



Şekil 2.2 Orman ekosistemindeki ayakta ölü ağaç ve yatık konumdaki ölü ağaç formları (Maser vd., 1979, akt. Çolak vd., 2011; McComb ve Lindenmayer, 1999)

Daha sade bir ifadeyle, bakir ormanlarda ve üretime konu ormanlardaki ölü ağaç formları aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır (Brenner ve Müller, 1995):

- Yatık/Devrik ölü ağaç: Toprak yüzeyinde yatık olarak bulunan/devrilmiş ölü ağaçlar,
- Dikili kuru ve “Ağaçkakan ağacı”: Canlılığını yitirmiş, dalları üzerinde olan veya olmayan ancak hala ayakta duran ağaçlar,
- Ormanda üretim sonrasında kesilmiş ağaçlardan geriye kalan yüksek dip kütükleri, kalın ölü kökler, ölü dallar ve diğer kısımlar (üretim artıkları),
- Canlı ağaçla bağlantılı ya da onların tepesinde/çevresinde bulunan dalların arasında sıkışıp kalmış ölü ağaçlar (çatal gövde, ölü dallar vb.).

Yukarıda bahsedilen ayrıntılı sınıflamaya rağmen uygulamada ölü ağaçlar;

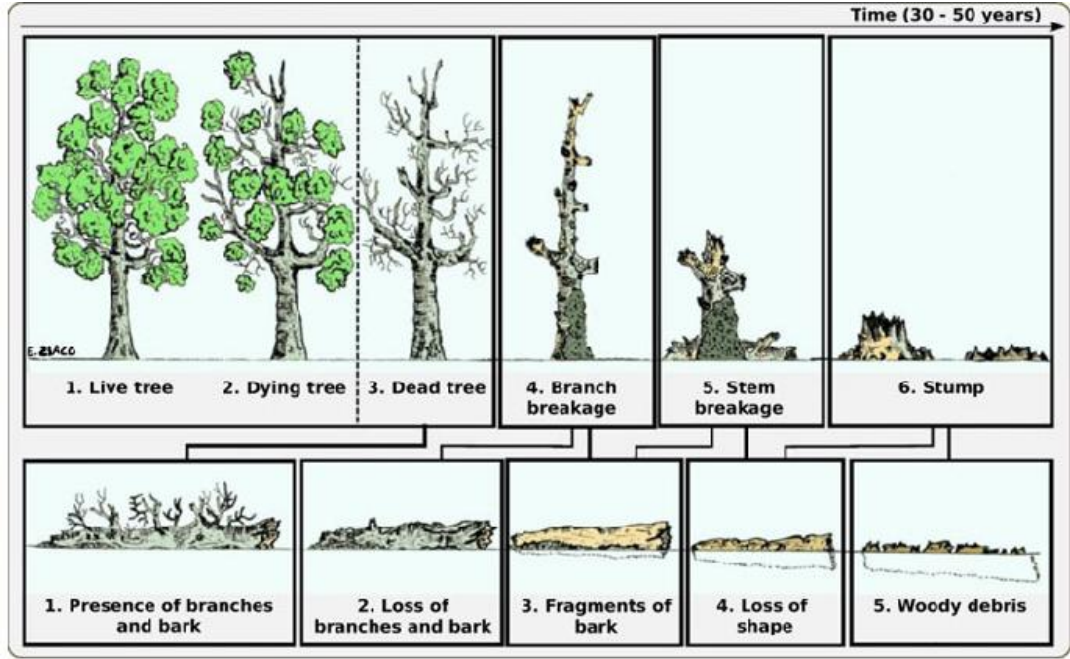
- Ayakta kuru – Ağaçkakan ağacı
- Yatık ölü ağaç olarak sınıflandırılmaktadır.

### 2.1.3 Ölü Ağaçların Oluşumuna Etki Eden Faktörler

Doğal ormanlarda ölü ağaçlar, bir ağacın tamamının ya da bir kısmının ölmesi sonucu oluşabilir. Bu süreç; yaşlanma, kuraklık, fırtına, böcek zararlıları, mantarlar, yangın, kar devriği, otlatma gibi biyotik ve abiyotik faktörlerin etkisiyle gerçekleşebilir. Bu konuda Brenner ve Müller (1995) ölü ağaçların oluşumuna etki eden süreçleri şu şekilde özetlemiştir:

- Yaşlanma sonucunda doğal olarak oluşan ağaç ölümleri,
- Rekabetçi komşuların varlığından dolayı oluşan ağaç ölümleri,
- Biyotik ve abiyotik faktörlerin (fırtına zararları, böcek istilaları) etkisi sonucu oluşan ağaç ölümleri,
- İşletme ormanlarında, emvalin bölmeden çıkartılması sonrasında oluşan ölü ağaçlar (üretim kalıntıları).

Bu faktörlerin şiddeti ve etkilerinin büyüklüğü, meşcerede ölü ağaçların düzensiz şekilde dağılmasına neden olur. Özellikle doğal yaşlı ormanlarda tepe çatılarında meydana gelen boşluklar, orman dokusunun değişimine yol açar. Bu boşluklar, orman ekosisteminde ışık rejimini değiştirerek alttaki bitki örtüsünün gelişimini ve tür çeşitliliğini önemli ölçüde etkiler. Öte yandan, bu süreçler yalnızca boşluklarla sınırlı kalmaz; ölü ağaçların dağılımı ve bozulma süreçleri de ekosistemin yapısal çeşitliliğine katkıda bulunur. Çevresel koşullar, ölü ağaçların çürüme süreçlerini etkiler ve onların farklı formlar kazanmasına yol açar. Dikili veya devrik halde bulunan ölü ağaçlar; ağaç türü ve özelliğine, göğüs çapı büyüklüğüne, dikili ya da yatık olmalarına, buldukları alanın mikroiklim durumuna, parçalanma derecesine ve ölümden bu yana geçen süreye bağlı olarak farklı hızlarda ve biçimlerde bozulur (Şekil 2.3). Parçalanma sürecini etkileyen bir diğer önemli özellik ise sıcaklık değişimleridir (Herrmann ve Bauhus, 2007).



Şekil 2.3 Ölü odunun bozulma süreci (Ziaco vd., 2012)

#### 2.1.4 Ölü Ağacın Orman Ekosistemleri ve Biyolojik Çeşitliliğe Katkıları

İlginç bir şekilde, canlı bir ağacın büyük bir kısmı aslında ölü dokulardan oluşmaktadır. Ancak bir ağaç tamamen öldüğünde, birçok canlı türü için kritik bir yaşam alanı haline gelir. Çolak vd. (2011) ifadesiyle, "Canlı ağaç aslında ölü ağaçtan daha ölüdür." çünkü ölmüş bir ağaç, ekosistem açısından canlı bir ağaçtan çok daha işlevsel bir rol oynar. Ölü ağaçlar, sadece bir ekolojik kalıntı değil, yaşamın sürekliliği için vazgeçilmez bir unsurdur. Karbon depolamadan besin döngüsüne, biyolojik çeşitlilikten doğal gençleşmeye kadar birçok ekosistem hizmeti sunarak orman ekosistemlerinin sürdürülebilirliğini destekler. Aşağıda, ölü ağaçların orman ekosistemlerine sağladığı bu katkılar detaylı başlıklar halinde incelenmiştir.

##### 2.1.4.1 Habitat ve biyolojik çeşitlilik

Ölü ağaçlar, orman ekosistemlerinde biyolojik çeşitliliği destekleyen kritik unsurlardır. Araştırmalara göre, ormanlardaki türlerin yaklaşık %25'i yaşam döngülerinin bir aşamasında ölü oduna bağımlıdır (Schuck vd., 2004; Siitonen, 2001; Stokland vd., 2003). Özellikle, çürümüş ya da çürümeye başlayan odun üzerinde yaşamını sürdüren saproksilik organizmalar (Şekil 2.4), mantarlar, böcekler, kuşlar,

likenler ve küçük memeliler gibi geniş bir grubu içerir (Humphrey vd., 2004; Speight, 1989).

- Yaklaşık 1500 mantar türü ölü ağaçlarda yaşamaktadır. Örneğin, yalnızca Kayın ölü odununda 250 farklı mantar türü bulunmuştur (Albrecht, 1991; SaarForst, 2004).
- Ormanda yaşayan kuş türlerinin %67'si ölü ağaçlarda yaşamlarını sürdürür (Franz vd., 2006). Almanya'da yapılan araştırmalarda, ormanlarda yaşayan böcek türlerinin %56'sının doğrudan ölü oduna bağımlı olduğu belirlenmiştir (Köhler, 2000).
- Meşe ölü odununda yaklaşık 800 böcek türü yaşamaktadır (SaarForst, 2004). Ağaçkakanlar, ölü ağaçların üzerinde yaşamlarını sürdüren bu böcekleri avlayarak hem beslenir hem de yuvalarını (Şekil 2.5) burada yapar (Herrmann ve Bauhus, 2007).
- Almanya'daki Bavyera ormanlarında yapılan bir çalışmada, 13.000 bitki, mantar ve hayvan türünden 4500'ünün doğrudan ölü odunla bağlantılı olduğu tespit edilmiştir (Fischer, 2008).

Ölü ağaçlar aynı zamanda karayosunları (Kruys vd., 1999), likenler (Kushnevskaia vd., 2007) ve küçük memeliler (Maser ve Trappe, 1984) için de önemli habitatlar oluşturur. Ayrıca, kertenkeleler gibi sürüngenler ölü odunları güneş banyosu yapma alanı olarak kullanırken, yırtıcı kuşlar bu alanları gözetleme noktası olarak değerlendirir (Bobiec vd., 2005).



Şekil 2.4 Ölü odunun yakınında bulunan *Formica rufa* (kırmızı orman karıncası) yuvası



Şekil 2.5 Bir ağaçkakanın ev sahipliği yapan ölü ağaç

#### 2.1.4.2 Karbon depolama ve iklim düzenleme

Ölü odun, karbon döngüsünün düzenlenmesinde ve iklim değişikliği etkilerinin hafifletilmesinde önemli bir işlev üstlenir. Boreal ve ılıman ormanlarda toplam karbon stoğunun %10-20'sinin ölü odun tarafından tutulduğu bildirilmiştir (Harmon vd., 1986). Ayrışma sırasında karbonun yavaş salınması, atmosferik karbon seviyelerinin dengelenmesine katkıda bulunur (Caza, 1993; Janisch ve Harmon, 2001; Mackensen ve Bauhus, 2003).

Turner vd., (1995)'ne göre, Amerika'daki ormanlarda depolanan karbonun %10'u ölü ağaçlarda tutulmaktadır. Kyoto Protokolü ve İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, ölü odunun karbon döngüsündeki önemine dikkat çekmektedir (Tobin vd., 2007). Özellikle büyük boyutlu ölü odunlar, uzun süre boyunca karbon deposu işlevi görür ve ekosistemlerin kuraklığa dayanıklılığını artırır (Harmon ve Sexton, 1995; Pichler vd., 2011).

Ölü odun, sadece karbon depolama işleviyle değil, aynı zamanda ayrışma sürecinde karbonun toprağa aktarılmasını sağlayarak ekosistemdeki karbon döngüsünün devamlılığına katkıda bulunur. Ayrışan ölü odun, toprak karbon içeriğini artırarak hem bitkisel büyüme için uygun bir ortam oluşturur hem de toprakta uzun süreli karbon depolama potansiyelini destekler (Janisch ve Harmon, 2001; Mackensen ve Bauhus, 2003). Bu özellikler, ölü odunun orman ekosistemlerindeki iklim düzenleme fonksiyonunu daha da güçlendirmektedir.

#### **2.1.4.3 Besin döngüsü ve toprak verimliliği**

Ölü ağaçlar, besin döngüsü ve toprak verimliliği açısından vazgeçilmez bir kaynaktır. Azot, fosfor ve potasyum gibi besin maddelerinin ayrışma sırasında yavaşça salınması, toprağın zenginleşmesini sağlar (Janisch ve Harmon, 2001). Ayrışan ölü odun, organik madde birikimini desteklerken, erozyona karşı da koruma sağlar. Özellikle eğimli arazilerde, yüzey toprağının kaybını önleyerek besin maddelerinin toprakta kalmasına yardımcı olur.

Ölü odun, ayrışma sürecinde topraktaki mikorhizal mantar potansiyelini artırarak fidanların kök gelişimini destekler ve genç fidanların büyümesi için uygun bir ortam sağlar (Lepšová, 2001). Ayrıca, üzerinde yaşayan mikroorganizmalar azot bağlayarak toprağın besin döngüsüne katkıda bulunur (Nadkarni ve Matelson, 1992). Bu durum, özellikle besin açısından fakir topraklarda ekosistemin verimliliğini artırır.

Çürüyen odun, içeriğindeki zengin mineral ve besin maddeleri sayesinde toprak asitlenmesine karşı tampon görevi görür. Bu özellik, toprağın pH dengesini koruyarak bitki köklerinin sağlıklı bir şekilde gelişmesi için elverişli bir ortam oluşturur. Ayrışma sırasında ölü odun, organik bileşikler ve mineral elementler salarak, özellikle yoğun yağış alan bölgelerde ya da doğal olarak asitlenme eğilimi gösteren topraklarda bu etkiyi daha belirgin hale getirir (Fischer, 2008; Holub vd., 2001; Mackensen ve Bauhus, 2003).

Fischer (2008), ölü odunun hem toprak asitlenmesini önlediğini hem de organik madde kaynağı olarak ekosistem sürdürülebilirliğine katkıda bulunduğunu ifade etmiştir. Bu

özellikler, ölü odunun toprağın kimyasal ve biyolojik dengesinin korunmasında kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

#### **2.1.4.4 Mikroklimanın düzenlenmesi**

Ölü odun, orman tabanında sıcaklık ve nem koşullarını düzenler. Gölge etkisi yaratarak toprağın aşırı sıcaklıklardan korunmasını sağlar ve nem kaybını azaltır (Harmon ve Franklin, 1989; Ludwig vd., 2005; Mai, 1999). Bu özellik, özellikle genç fidanların kuraklık ve sıcaklık stresinden korunmasını destekler (Szewczyk ve Szwagrzyk, 1991; Vorčák vd., 2005).

Kış aylarında, ölü odun kar birikimini artırır ve karın erimesiyle toprağın nem kazanmasını sağlar (Franklin vd., 1987; Harmon vd., 1986). Bu süreç, özellikle soğuk iklim ormanlarında ekosistemin sürdürülebilirliğini destekler.

#### **2.1.4.5 Doğal gençleşme ve orman dinamikleri**

Ölü odun, fidanların doğal gençleşme sürecinde önemli bir rol oynar. Bazı ağaç türleri, yalnızca ölü odun üzerinde çimlenir (Nakagawa vd., 2001; Narukawa ve Yamamoto, 2002; Takahashi vd., 2000). Ölü odun, fidanlara uygun nem ve sıcaklık koşulları sağlayarak büyümelerini kolaylaştırır (Harmon ve Franklin, 1989; Szewczyk ve Szwagrzyk, 1991).

Ayrıca, ölü odunun ayrışma derecesi, genç fidanlar için bir besin kaynağı ve fiziksel koruma sağlayarak doğal gençleşmeyi destekler (Mai, 1999; Merganič vd., 2003). Bu süreç, özellikle dağlık ve sert iklim koşullarında daha belirgin hale gelir.



Şekil 2.6 Ölü odunda çimlenen doğal gençlik

#### 2.1.4.6 Su yönetimi ve erozyon kontrolü

Eğimli arazilerde, ölü odun toprak erozyonunu önlemede etkili bir rol oynar (Kraigher vd., 2002; Stevens, 1997). Devrilmiş kütükler, yüzey suyu akışını yavaşlatarak toprağın suyu emmesini kolaylaştırır ve bitki köklerini korur (Amaranthus vd., 1989; Kupferschmidt vd., 2003).

Dere yataklarında biriken ölü odun parçaları, su akışını düzenleyerek akarsu ekosistemlerini destekler (Pichler vd., 2011). Bu özellik, özellikle yoğun yağış alan ormanlarda suyun korunmasına ve toprağın stabilitesinin artırılmasına yardımcı olur.

Sonuç olarak, ölü odun, orman ekosistemlerinin görünenden çok daha derin bir işleyişine katkı sunar. Karbon depolama, biyolojik çeşitliliği artırma, toprak verimliliğini destekleme ve su rejimini düzenleme gibi işlevleriyle ormanların sürdürülebilirliği için hayati bir role sahiptir. Bu etkiler, yalnızca doğal süreçlerin devamlılığını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda iklim değişikliğiyle mücadelede ve ekosistem hizmetlerinin sürekliliğinde de kritik bir unsur haline gelmiştir.

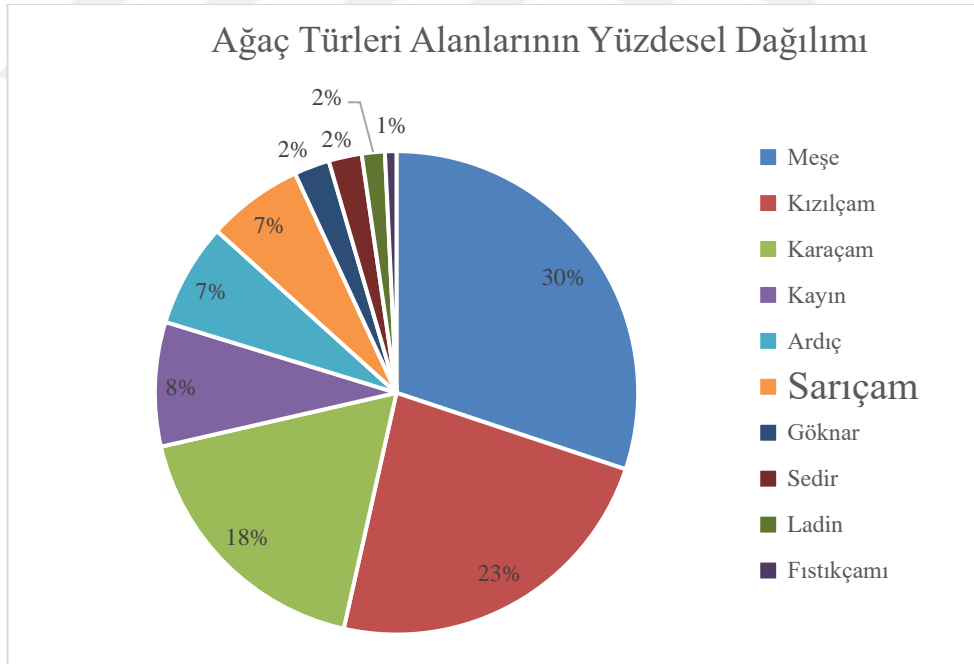
## 2.2 Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ile İlgili Genel Bilgiler

### 2.2.1 Sarıçamın Coğrafi Yayılışı ve Ekolojik Önemi

Dünya genelinde çam türleri arasında en geniş coğrafi dağılıma sahip olan sarıçam, hem ekolojik hem de ekonomik açıdan büyük bir öneme sahiptir. Sarıçam, doğudan

batıya yaklaşık 12.000 km, kuzeyden güneye ise 4.300 km'lik bir alanda yayılış göstererek kuzey Avrasya'nın büyük bir bölümünü kapsamaktadır. Kuzey yarım kürenin soğuk ve ılıman bölgelerinde, Sarıçam, İspanya'nın kuzeyinden başlayarak İskoçya, Rusya, Moğolistan ve güneyde Türkiye ile Kafkasya'yı kapsayan geniş bir alana yayılmaktadır. Kuzey sınırında 70. enleme kadar ulaşırken, farklı yetiştirme ortamlarına adaptasyonu dikkat çeker. Sarıçam, bu geniş coğrafyada hem saf hem de diğer ağaç türleriyle karışık meşcereler oluşturur. (Akkemik, 2018; Eckenwalder 2009; Farjon, 2010; Yaltırık, 1988).

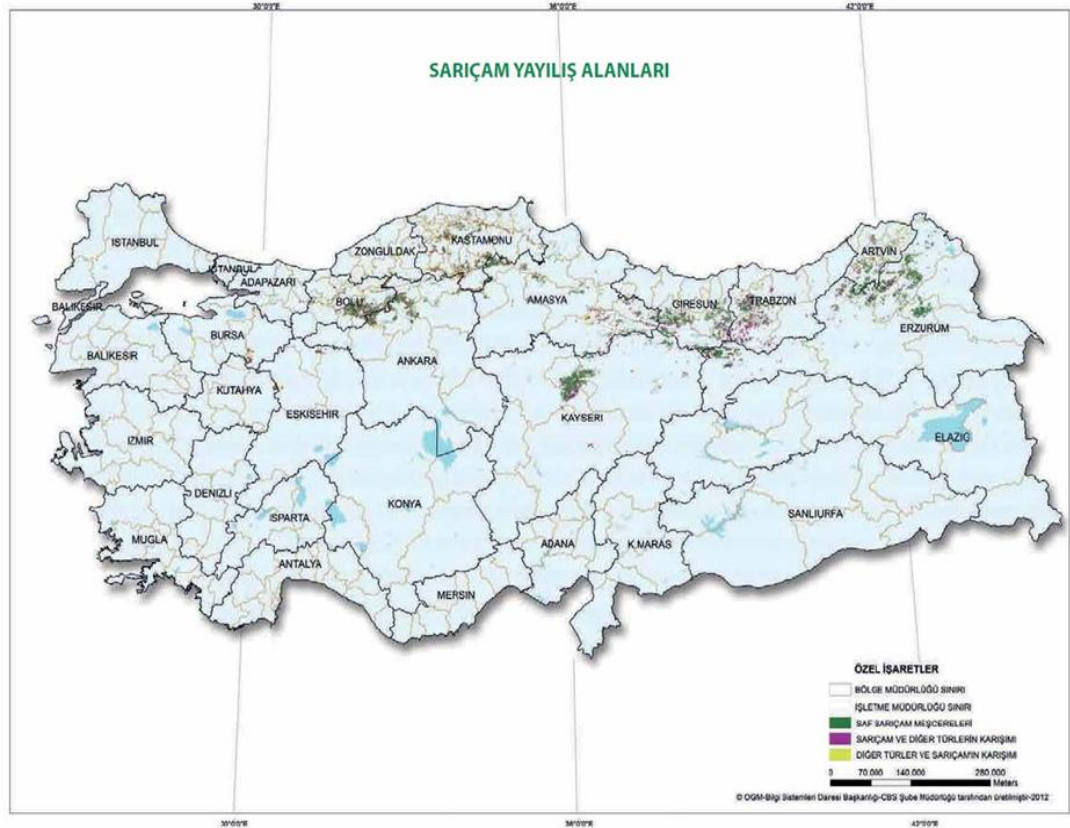
Türkiye'deki ormanlık alanların toplam büyüklüğü 22,9 milyon hektar civarındadır ve bu alanın yaklaşık %48'i iğne yapraklı ağaç türlerinin oluşturduğu ormanlardan meydana gelmektedir. Bu türler arasında sarıçam, 1,5 milyon hektarlık bir alana yayılarak toplam ormanlık alanın %7'sini kapsamaktadır (Şekil 2.7). Sarıçam, kapladığı normal kapalı alan itibarıyla, ülkemizdeki asli çam türleri arasında kızılçam ve karaçamdan sonra üçüncü sırada bulunmaktadır (OGM, 2023).



Şekil 2.7 Sarıçam ve bazı asli türlerimizin yüzdesel alan dağılımı

Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Türkiye'de Kayseri-Pınarbaşı'ndan Sinop-Ayancık'a ve Bursa-Orhaneli'nden Kars-Kağızman'a kadar uzanan, 38° 34' - 41° 48' kuzey enlemleri ve 28° 50' - 43° 05' doğu boylamları arasında doğal olarak yayılmaktadır.

Ülkemizde Eskişehir'in batısından başlayarak Kars-Sarıkamuş üzerinden Kafkaslar'a kadar uzanır. Sarıçamın, özellikle Karadeniz'in iç kesimlerindeki ormanlık alanlarda yoğunlaştığı ve aynı zamanda Orta Anadolu'ya kadar uzandığı görülmektedir. Dikey yayılışı oldukça geniş bir aralıkta olan sarıçam, Sürmene-Trabzon ve Arhavi-Artvin'de deniz seviyesinden başlayarak Kars-Sarıkamuş'ta 2700 m rakıma kadar ulaşır (Şekil 2.8). Pamay (1962)'a göre, türün dikey yayılışı genel olarak 200 metre ile 2700 m arasında olmakla birlikte, en yoğun olarak 1000-2500 m arasında yayılış göstermektedir. Bu alanlarda sarıçam, saf ya da karışık meşcereler oluşturarak orman ekosistemine katkıda bulunur. Batı Karadeniz Bölgesi'nde sarıçam, göknar, kayın, karaçam ve bazı bölgelerde meşe ile; Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ise genellikle ladin, göknar ve kayınla birlikte karışık meşcereler oluşturur. İç Anadolu Bölgesi'nde karaçam ile karışıma girmesinin yanı sıra, bazı durumlarda titrek kavak ile birlikte de görülebilmektedir. Bu yayılış özellikleri, sarıçamın ne kadar geniş bir coğrafi ve ekolojik alana uyum sağlayabildiğini ortaya koymaktadır (Alemdağ, 1967; Gökmen, 1970; Kayacık, 1963; Pamay, 1962; Saatçioğlu, 1976; Sağlam, 2021).



Şekil 2.8 Sarıçamın ülkemizdeki yayılışı (OGM, 2013)

### 2.2.2 Sarıçamın Morfolojik ve Ekolojik Özellikleri

Sarıçam (*Pinus sylvestris*), yetiştirme koşullarına bağlı olarak 20-40 m boya ulaşabilen bir türdür. Gençlik çağında ince ve silindirik bir form ile sivri bir tepe ve ince dallı bir gövdeye sahipken; ağaçlık çağında ise gövde kısmı daha dolgun, geniş bir tepe yapısı ve kalın dallı bir ağaç formunu alır.

Sürgünler, ilk yılda yeşilimsi bir renkte iken, sonrasında gri-kahverengimsi bir ton kazanır. Kısa sürgünlerde çiftler halinde bulunan iğne yapraklar, yetiştirme ortamına bağlı olarak 2-6 cm uzunluğunda olup mavimsi yeşil veya gri-yeşil tonlarında görülmektedir. Olgun kozalaklar, sivri yumurta şeklinde, 2,5-7 cm arasında değişen uzunlukta ve mat boz rengi tonlarındadır.

Güçlü bir kazık kök sistemine sahip olan sarıçam, köklerini derinlere doğru uzatırken, yan kökleri geniş bir alana yayılır.

Kabuk yapısına bakıldığında, genç gövdeler ve yaşlı ağaçların üst kısımları “tilki sarısı” olarak nitelendirilen parlak sarı-kahverengi tonlarında olup, ince tabakalar şeklinde soyulur. Yaşlanmış gövdelerde ise kabuk, grimsi kahverengi, çatlaklı ve kalın bir yapıdadır. Sarıçam, meşcere içerisinde silindirik ve dalsız gövdesiyle estetik bir görünüme sahiptir (Anşin, 2001; Anşin ve Özkan, 1997; Gökmen, 1970; Kayacık, 1963; Sağlam, 2021). İğne yapraklı ağaç türleri tipik olarak geniş yapraklı türlerin kabuğundan daha düşük pH değerine ve daha kuru bir kabuk yapısına sahiptir (Hauck ve Javkhlan, 2009). Ayrıca, iğne yapraklı kütükler genellikle sert ağaç kütüklerden daha yavaş çürür ve bu özellik, türlerin kolonileşmesi için ek süre sağlar (Harmon vd., 1986).

Toprak tekstürü bakımından, havalanma kapasitesi yüksek olan kumlu ya da kısmen taşlı topraklarda daha iyi gelişim gösterirken (Atalay, 1994); ince tekstürlü veya sığ toprak yapısına sahip bölgelerde kazık kök geliştiremediklerinden dolayı, yoğun silvikültürel uygulamaların yapıldığı alanlarda rüzgâr ve kar devriklerine karşı hassasiyet gösterebilmektedir (Odabaşı vd., 2004).

Toprak türü açısından geniş bir adaptasyon yeteneği gösterir; ıslak turba ve kil topraklarından, kurak ve kaba kumlu topraklara kadar farklı zeminlerde yetişebilir. Ayrıca, asidik pH'dan alkalın pH'a kadar değişen toprak reaksiyonlarında da büyüyebilir. Mineral madde, nem gibi edafik faktörler konusunda fazla seçici olmamakla birlikte, derin, gevşek, humuslu ve serin topraklarda daha iyi gelişim gösterir. Sarıçamın yayıldığı alanlardaki toprak pH değerleri genellikle 4-7 arasında değişirken, optimum büyüme alanlarında bu pH değeri 4,5-6 olarak belirlenmiştir.

Sarıçam, ısı isteği değişken olmakla birlikte hem aşırı soğuk hem de aşırı sıcak koşullara oldukça dayanıklıdır. Yoğun ışık gereksinimi olan bu tür, nadiren yarı gölgede de yetişebilir. Genellikle kuzeye bakan yamaçları tercih eder. Hem Türkiye'de hem de dünyada çok farklı ekolojik koşullara sahip alanlarda yayılım göstermesi dikkat çekicidir. Sarıçam, steplerin sıcak ve kurak yazlarında (+40°C) hayatta kalabildiği gibi, Sibiry'a'nın şiddetli kışlarında (-60°C) da yaşamını devam ettirebilir (Atalay, 2012; Çepel vd., 1976; Gökmen, 1970; Sağlam, 2021; Sevim, 1960).

### **2.2.3 Sarıçam Ormanlarının Silvikültürel Özellikleri**

Türkiye'de sarıçamın yetiştiği bölgelerdeki yıllık yağış miktarının ortalama 500 mm ile 2500 mm arasında değiştiği bilinmektedir (Atalay, 1994). Sarıçam, ışık ihtiyacı yüksek (Çepel vd., 1977) ve ışıksız ortama karşı dayanıklılığı zayıf bir tür olması sebebiyle siper altında uzun yıllar varlığını sürdürmez (Anşin, 1994). Sarıçam, gençliğini alana getirebilmek için yaklaşık olarak %40-50 oranında ışığa ihtiyaç duyarken, normal büyüme ve gelişimi için ise %70 oranında ışık yoğunluğu gereklidir (Anşin, 1994).

Sarıçamın tohum döküm dönemi, bulunduğu bölgeye bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, genellikle şubat ortasından haziran sonuna kadar olan dönemde gerçekleşmektedir (Anşin, 1994). Bol tohum yılları 3 ila 6 yıllık periyotlarda değişmekle birlikte, ülkemizde ise bu süre genellikle 2-3 yılda bir gerçekleştiği bilinmektedir (Odabaşı vd., 2004). Tohumların yayılım mesafesinin ise 50 ila 100 m arasında değiştiği tespit edilmiştir (Anşin, 1994).

Sarıçamda doğal gençleştirme çalışmaları, silvikültürel yöntemler açısından önerilen bir yaklaşım olmakla birlikte, bu süreçte karşılaşılan zorluklar (Hille ve Ouden, 2004), mevcut sarıçam ormanlarında gençleştirmenin başarısı açısından önem arz etmektedir (Öner, 2003).

#### **2.2.4 Ölü Ağacın Sarıçam Gençleşmesindeki Rolü**

Sarıçam gençliğinin başarılı bir şekilde alana getirilebilmesi için uygun iklim koşullarının sağlanması, yeterli miktarda ve kalitede bol tohum kaynağının bulunması ve en önemlisi çimlenmeye elverişli bir tohum yatağının mevcudiyeti gereklidir (Brumelis vd., 2005). Bu temel koşulların yanı sıra, doğal gençleştirmenin başarısında önemli bir rol oynayan ışıktan ayrı olarak, gençliğin oluşumunu ve gelişimini etkileyen başka faktörlerin varlığından da söz edilebilir. Mikroklima, edafik ve topografik faktörler, ortamda bulunan besin maddelerinin çeşitleri ve oranı, allelopatik etkileşimler ve humus oluşumu gibi süreçler, gençliğin başarısında kritik rol oynamaktadır (Çoban, 2007). Özellikle toprakta humus oluşumunu teşvik etmesi sebebiyle ölü ağaç gövdeleri, Sarıçam gençliğinin başarılı bir şekilde gelişmesine katkıda bulunur (Çolak vd., 2011).

Çeşitli araştırmalar, ölü ağaçların özellikle yüksek dağ ormanlarında doğal gençleşme üzerinde olumlu etkiler sağladığını göstermektedir (Mai, 1998; Stöckli, 1995; Swanson ve Franklin, 1992; Zierl, 1972). Yüksek dağlık bölgelerde, ölü ağaç gövdelerinin çimlenme ve büyüme ortamı olarak işlev görmesi, genç bitkilerin çevresel stres faktörlerine karşı korunmasına yardımcı olmaktadır.

Bununla birlikte, karasal güney yamaçlardaki gibi güneşli ve kurak yetişme alanlarında, çürük odunların tamamen kurumaması sebebiyle gençliğin oluşması genellikle zordur. Kimyasal olarak ideal bir besleyici toprak özelliği taşımamakla birlikte, çürümüş odunlar genç bitkiler için çeşitli faydalar sağlar. Bu faydalar arasında dengeli su temini, bitkiler arası vejetasyon kaynaklı rekabetten korunma, kar mantarlarının zararlarının önlenmesi, erken kar erimesi ve gölgeli bölgelerde toprağın daha uygun bir sıcaklık seviyesinde tutulması gibi ekosistem hizmetleri bulunmaktadır.

(Ott vd., 1997). Özellikle ilkbahar döneminde, ölü odun çevresindeki toprak ve hava sıcaklıklarının hızla yükselmesi genç bitkiler için avantaj sağlamaktadır.

Tüm bu faydalar dikkate alındığında, ölü odunlar yalnızca sarıçam ormanlarının doğal gençleşme sürecinde değil, aynı zamanda ekosistem dengesinin korunmasında ve sürdürülebilir ormancılık uygulamalarında da vazgeçilmez bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Sarıçam ormanlarının doğal gençleşme potansiyelinin tam anlamıyla değerlendirilebilmesi için ölü odunların korunması ve ormancılık uygulamalarında dikkate alınması hayati bir gerekliliktir.

Ölü ağacın orman ekosistemindeki biyolojik çeşitliliğe olan etkisini araştıran çalışmalar bulunmasına rağmen sarıçam ormanları ile ilgili özellikle doğal gençliğin oluşum ve gelişimi üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışma, sarıçam ormanlarındaki ölü ağaç varlığının sarıçam doğal gençliği ve bitki topluluğu kompozisyonunu nasıl etkileyeceğine dair bir analiz sunacaktır. Bu analiz sonucu elde edilen veriler sayesinde yoğun silvikültürel uygulamalara maruz bırakılan sarıçam ormanlarında bırakılması gereken ölü ağaç miktarının belirlenmesine çalışılacaktır.

### 3. ÇALIŞMANIN AMACI VE HEDEFLERİ

Ormanlarda sürekliliğin sağlanması gençleşme ile mümkün olabilmektedir, Dolayısıyla ormanlardaki gençleşme dinamiğinin bütün unsurları ile ele alınması, değişen iklim ve çevre ile yoğun üretim koşulları altında işletilen ormanlarda daha da önemli hale gelmiştir. Orman yönetim anlayışı içinde günümüzde biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi ormancılık uygulamalarında ana hedef konumundadır. Dolayısıyla orman ekosistemi içerisinde biyolojik çeşitliliğe katkı sunan ve ana unsurlardan olan ölü ağaç ve onun etkilerinin araştırılması gerekmektedir.

Bu çalışma sayesinde, ölü ağaç varlığının, Türkiye’de geniş yayılış alanı bulunan ve yoğun olarak işletilen sarıçam ekosistemindeki mikro alan koşullarını ve bitki topluluğu kompozisyonunu nasıl etkileyebileceğini araştırılacaktır. Ayrıca, bu sonuçlar ölü ağacın işletme ormanlarında öneminin anlaşılmasına yardımcı olması yanında, silvikültürel uygulamalarda ve üretim çalışmalarında sahada bırakılması gereken ölü ağaç miktarı hakkında yorum yapma imkânı sunacaktır. Ölü ağacın doğal gençlik ve biyoçeşitliliğe olan etkisi hakkındaki bilimsel bilgiye katkı sunmanın yanında, doğal çimlenme ve fidan gelişimine etkisi olan mikro yetişme ortamlarını nasıl etkilediğinin de anlaşılması hedeflenmektedir. Ayrıca, ölü ağacın varlığının doğal gençliği ve vejetasyon bileşimini nasıl etkilediği incelenecektir. Bu çalışmanın amacına aşağıdaki soruların cevaplanmasıyla ulaşılabilecektir:

- Ölü ağaç miktarı fide ve fidan mevcudiyetini, yoğunluğunu etkiler mi?
- Ölü ağaç mevcudiyeti fidan karakteristiklerini etkiler mi?
- Araştırma alanında ölü ağaç tipleri ne şekilde dağılım göstermektedir?

Çalışma kapsamında şu öngörülerde bulunulmuştur:

- Ölü ağaç sağladığı uygun çimlenme ortamı sayesinde bitki yoğunluğuna fayda sağlayacağı varsayılmıştır.
- Ayrıca ölü ağaç bulunduğu alanda bitki büyümesini etkileyeceği varsayılmıştır.

Ölü ağaç tiplerinin bitki çeşitliliği üzerinde farklı etkilerinin olacağı varsayılmıştır.

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1 Materyal

Ölü ağacın sarıçam doğal gençliği üzerindeki etkilerinin incelendiği bu çalışmada kullanılan araştırma materyali ile bu kapsamda kullanılan yöntemlerden aşağıda bahsedilmiştir.

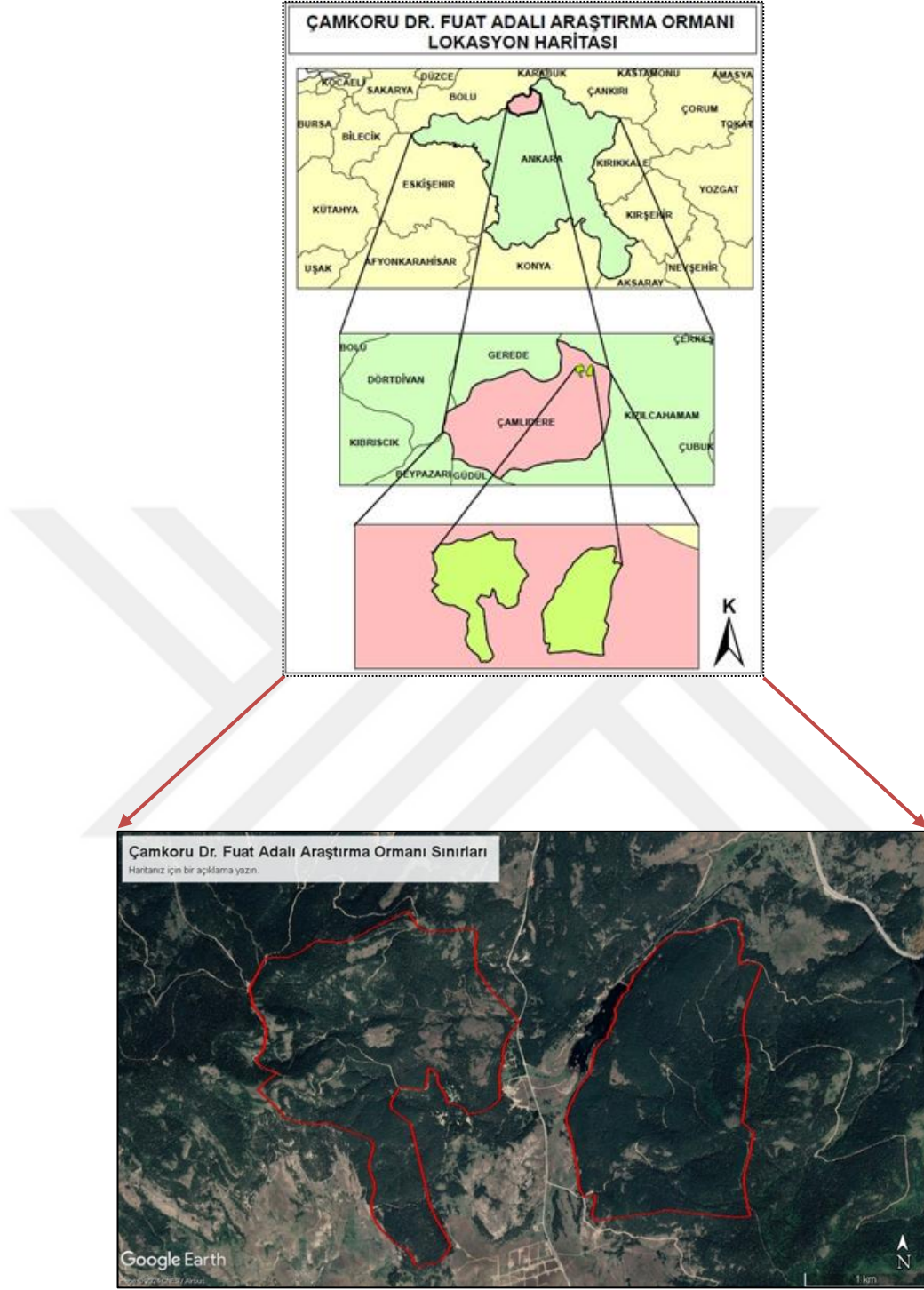
#### 4.1.1 Çalışma Sahasının Yeri

Çamkoru Dr. Fuat Adalı Araştırma Ormanı Mühendisliği, Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 26.02.2007 tarih ve 6 sayılı Olur'ları ile İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü'ne bağlı "Çamkoru Dr. Fuat Adalı Araştırma Ormanı Mühendisliği" adı ile kurulmuştur. Mülki açıdan Ankara ili, Çamlıdere ilçesi sınırları içinde kalmaktadır. Araştırma Ormanı Mühendisliği ormanları, Çamlıdere'ye ortalama 15 km., Kızılcahamam'a ise ortalama 20 km. mesafededir.

Çalışma alanı, Çamkoru Orman İşletme Şefliği alanı içerisinde bulunmakta ve Blok-A ve Blok-B olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Araştırma ormanı, coğrafi olarak ülkemizin İç Anadolu Bölgesi'nde, bulunduğu enlem ve boylam derecelerine göre;

*BLOK-A:* Ekvatora göre 40° 34' 03" - 40° 35' 40" kuzey enlemleri arasında; Greenwich'e göre ise 32° 28' 54" - 32° 30' 16" doğu boylamları arasında yer alır.

*BLOK-B:* Ekvatora göre 40° 34' 16" - 40° 35' 40" kuzey enlemleri arasında; Greenwich'e göre ise 32° 30' 31" - 32° 31' 28" doğu boylamları arasında yer alır.



Şekil 4.1 Çamkoru Dr. Fuat Adalı Araştırma Ormanı yer bulduru haritası

Çalışmanın yapıldığı alan Çamkoru Dr. Fuat Adalı Araştırma Ormanı sınırları içerisinde düşmektedir. Araştırma ormanının toplam alanı 612,1 ha olup, bunun 556,1 ha'ı normal kapalı, 32,3 ha'ı boşluklu kapalı ve 23,7 ha'ı da ağaçsız orman alanından oluşmaktadır. Tez çalışması; Araştırma ormanı şefliğinin bölme numarası, meşçere

tipi ve alan bilgileri itibariyle aşağıdaki tabloda da belirtildiği üzere toplam 73,7 ha'lık bir alanda yapılmıştır.

Tablo 4.1 Çalışmanın yapıldığı bölme, meşcere tipi ve alanlarına ait bilgiler

Bölme No	Meşcere Tipi	Alan
10	ÇsÇkc3	14,7
	Çscd3	2,7
11	ÇsÇkc3	9,3
	Çscd3	5,3
12	Çscd3	14,3
13	Çscd2	17,6
14	Çscd2	9,8
<b>Toplam Alan:</b>		73,7

Çalışma alanının ortalama yüksekliği 1525 m'dir. Alanın en alçak yeri Beypınar Göleti'nin bulunduğu yer olup, yükseltisi 1350 m'dir. En yüksek yeri ise 1700 m yükseltili Sarıözü Tepe'dir. Çalışma alanı, İç Anadolu Bölgesi'nden Batı Karadeniz Bölgesi'ne geçiş zonunda yer almaktadır ve karasal iklim özellikleri göstermektedir. Bu iklimde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve kar yağışlıdır. Ayrıca, hem yaz hem de kış aylarında gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkları belirgin şekilde yüksektir. 1970-1997 yılları arasında faaliyet gösteren Meteoroloji istasyonu, 1400 m rakımda, Çamkoru Dr. Fuat Adalı Araştırma Ormanı sınırları içinde yer almaktadır. İstasyon verilerine göre, vejetasyon dönemi 5 ay (Mayıs-Eylül) sürmekte olup bu dönemde toplam yağış 539,6 mm olarak kaydedilmiştir. Vejetasyon periyodu yağış miktarı ise 169,6 mm ile toplam yağışın %31,6'sını oluşturmaktadır. En düşük yağış miktarı Ağustos ayında (14,9 mm) görülmüş, bunu sırasıyla Eylül (17,5 mm) ve Temmuz (22,8 mm) ayları takip etmiştir (OGM).

#### 4.1.2 Bugünkü Arazi Kullanma Durumu

Güncel Amenajman planına göre Araştırma Ormanı Mühendisliği'nin toplam alanı 612,1 ha olup, Sosyokültürel fonksiyonlu, Bilimsel Hedefli Eğitim ve Araştırma Amaçlı Ormanlar işletme sınıfına ayrılmıştır.

Tablo 4.2 Çalışma ünitesinin bugünkü arazi kullanım durumu

<b>ARAZİ KULLANIMI</b>	<b>TOPLAM ALAN (ha)</b>
Verimli (Normal Kapalı) Ormanlık Alan	556,1
Verimsiz (Boşluklu Kapalı) Ormanlık Alan	32,3
Ağaçsız Ormanlık Alan	23,7
<b>GENEL ALAN TOPLAMI</b>	<b>612,1</b>

Araştırma Ormanı Mühendisliği'nde yayılış gösteren türlere ait bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiş olup, çalışma ünitesindeki meşcere tiplerine giren ağaç türleri karaçam, sarıçam, göknar, ve kavaktan oluşmaktadır. Ayrıca çalışma alanında söğüt, üvez, adi findık, ardıç, alıç ve doğu çınarı gözlemlenen ağaç türleri arasındadır. Çalışma kapsamında ele alınan sarıçam, alanda en fazla yayılış gösteren ağaç türüdür.

Tablo 4.3 Çalışma ünitesinde bulunan ağaç türleri ve alansal dağılımları

<b>Ağaç Türü</b>	<b>Alan (ha)</b>	<b>%</b>
Çs	242,2	41,2
Çk	19,8	3,4
Karışık	326,4	55,5
Toplam	588,4	100

Araştırma Ormanı Mühendisliği'nde yayılış gösteren sarıçam meşcerelerinin alansal dağılımı Tablo 4.4'te belirtilmiştir.

Tablo 4.4 Çalışma ünitesindeki sarıçam meşcerelerinin alansal dağılımları

<b>Meşcere Tipi</b>	<b>Alan (ha)</b>	<b>Meşcere Tipi</b>	<b>Alan (ha)</b>
Çsb3	4,9	Çscd3	29,3
Çsbc1	7,5	ÇsÇkc3	41,1
Çsbc2	10,7	ÇsÇkcd2	68,1
Çsbc3	11,3	ÇsÇkcd3	19,9
Çsc3	44,7	ÇsGbc2	9,8
Çscd1	7,4	ÇsGbc3	7,8
Çscd2	104,8	<b>Toplam Alan (ha)</b>	<b>367,3</b>

### 4.1.3 Çalışma Alanının Bitki Örtüsü

Çalışma ünitesi içerisinde tespit edilen bitki türlerine ait bilgiler Tablo 4.5'te verilmiştir (Çamkoru Dr. Fuat Adalı Araştırma Ormanı Mühendisliği Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planı, 2022-2041).

Tablo 4.5 Çalışma ünitesinde bulunan iştirakçi bitki türleri

<b>BİTKİ TÜRLERİ TÜRLERİ</b>			
Şerbetçi otu, Mayaotu, Çiçeği	<i>Humulus lupulus</i>	Mayıs Papatyası	<i>Matricaria chamomilla</i>
Kuşburnu	<i>Rosa canina</i>	Ahududu	<i>Rubus idaeus</i>
Isırgan Otu	<i>Urtica dioica</i>	Melek otu	<i>Angelica sylvestris</i>
Büyük sinirli ot, Damar otu	<i>Plantago major</i>	Ada çayı	<i>Salvia glutinosa</i>
Kardelen	<i>Galanthus ikariae</i>	Çuha çiçeği	<i>Primula vulgaris</i>
Kekik	<i>Tymus praecox</i>	Güze Çiğdem, Vargit, Kalkgit	<i>Colchicum autumnale</i>
Hindibağ	<i>Taraxacum turcicum</i>	Sumak	<i>Rhus coriaria</i>
Geven	<i>Astragalus viciifolis</i>	Kuşburnu	<i>Rosa canina</i>
Yavşan Otu	<i>Artemisia vulgaris</i>	Adi Ardiç	<i>Juniperus communis</i>
Orman gülü	<i>Robus ponticum</i>	Çoban püskülü	<i>İlex equifolium</i>
Yabani Fındık	<i>Corylus avellana</i>	Kızılcık	<i>Cornus</i>
Orman sarmaşığı	<i>Hedera helix</i>	Kuşburnu	<i>Rosa canina</i>

## 4.2 Yöntem

### 4.2.1 Deneme Alanlarının Belirlenmesi

Deneme alanları farklı yıllarda silvikültürel uygulamaların yapıldığı sarıçam meşcerelerinden alınacaktır. Alt tabakada bulunan farklı nedenlerle ölmüş ölü ağaçlardan genellikle 3m'den uzun ve en az 10cm kalınlıktaki ölü ağaçlar seçilecektir. Deneme deseni Chećko (2015)'den uyarlanarak oluşturulacaktır. Ölü ağaçların etrafında ve 1-2 m uzağında fide ve fidan sayımı gerçekleştirilecek ve gençliklere ait fidan çapı, boyu ölçülecektir. Ayrıca diğer bitki türlerinin kaplama oranları tespit edilecektir. Ölü ağaca ait çap, boy, ölü ağaç tipi değerlendirilecektir. Ölü ağaç tipi

Ulyshen vd., (2018)'e göre belirlenecektir. Elde edilen veriler istatistik analizler yardımıyla analiz edilecektir.

Bu çalışma, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne bağlı Çamkoru Dr. Fuat Adalı Araştırma Ormanı Mühendisliği alanı sınırları içerisinde bulunan, Bilimsel fonksiyon altında bulunan eğitim ve araştırma amaçlı işletme sınıfına tabii saf sarıçam meşcereleri ve sarıçamın karaçam ile karışım oluşturduğu meşcerelerde gerçekleştirilmiştir. Deneme alanlarının belirlenmesinde, yaşlı bireylerin oluşturduğu gençleştirme çağına yaklaşmış, son birkaç yıl içerisinde düzenli bakım müdahalesine tabii tutulmamış meşcere kuruluşları seçilmiştir. Aynı bölme içinde benzer bakı ve yükselti koşullarında bulunan, düzenli olarak bakım müdahalesi görmemiş toplamda 60 adet deneme alanı belirlenmiştir. Deneme alanlarının büyüklüğü 200 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiş ve her bir deneme alanı arasında en az 200 m mesafe olmasına dikkat edilmiştir.

#### 4.2.2 Yapılan Ölçümler

Yapılan ölçümler iki kategoriye ayrılarak, düzenli bakım müdahalesi görmemiş aynı bölme ve meşcereler içerisinde, ölü ağacın bulunduğu ve ölü ağacın bulunmadığı alanlarda gerçekleştirilmiştir. Öncelikle her bir deneme alanı için 200 m<sup>2</sup> içerisinde kalan bütün ağaçların göğüs çapları kumpas yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Örnek alandaki ağaçların çap ölçümü

Daha sonra sırasıyla, ölü ağacın bulunduğu deneme alanlarında her bir ölü ağacın çapı kumpas yardımıyla, boyu şerit metre kullanılarak ölçülmüş ve tipi belirlenmiştir (Şekil 4.3). Ayrıca, en az 3-5 adet 2'şer metrekarelik örnek alanlarda fide ve fidan olup olmadığına bakılmış ve varsa alandaki fidelerin kök boğazı çapları dijital kumpas yardımıyla, boyları ise cetvel yardımıyla ölçülmüş (Şekil 4.4) ve yaş tespiti de yapılmıştır. Aynı şekilde fidanların çap, boy ve yaş tespitleri yapılmıştır. Son olarak her bir deneme alanı içerisinde 10 farklı noktada cetvel yardımıyla yaprak çürüntü kalınlığı belirlenmiştir (Şekil 4.5). Yapılan tüm ölçümler ölü ağacın bulunmadığı deneme alanlarında da sırasıyla tekrarlanmıştır. Ölçümler sırasında dikili halde bulunan kurumuş ağaçlar dikkate alınmamıştır. Her bir örnek alan için; bölme numarası, meşcere tipi, kapalılık, eğim, bakı, konum bilgileri detaylı olarak veri tablosuna işlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.3 Örnek alandaki ölü ağaçlarda boy ve çap ölçümü



Şekil 4.4 Fidelerin boy ve çaplarının ölçümü



Şekil 4.5 Yaprak çürüntü kalınlığı ölçümü

Örnek Alan No:		Bakı:		Konum	X:	İç Bükey	Deneme alan tipi				Örnek Alan Büyüklüğü (200m <sup>2</sup> r=7.98m)									
Şeffik:		Eğim:			Y:	Kapalılık	Ölü ağaç olan alan		Ölü ağaç olmayan alan											
Bölme:	Meşcere Tipi:		Basal Area (göğüs yüzeyi):																	
Örnek alan (200m <sup>2</sup> ) içerisindeki ağaçların		Fidan (10m <sup>2</sup> r=1,8m) (h>1m), d1,3<10cm			Fide (10m <sup>2</sup> r=1,8m) (h<1m.) Çap (kök boşluğu)			Ö.A.(CWD) d1,30>10cm.			Ö.A.(FWD) d1,3<10cm			Yaprak Çürüntü Kalınlığı (cm)		İştirakçi Bitki Türleri				
ÇAP1 (d1,30)>10cm	Hacim	Nokta No	ÇAP(mm)	BOY(cm)	YAŞ	Nokta No	ÇAP(mm)	BOY(cm)	YAŞ	ÇAP(cm)	BOY(m)	TİP	ÇAP(cm)	BOY(m)	TİP	Yaprak Çürüntü Kalınlığı (cm)		Ot	Çalı	Ağaç
1										1			1			1				
2										2			2			2				
3										3			3			3				
4										4			4			4				
5										5			5			5				
6										6			6			6				
7										7			7			7				
8										8			8			8				
9										9			9			9				
10										10			10			10				
11										11			11			11				
12										12			12			12				
13										13			13			13				
14										14			14			14				
15										15			15			15				
16										16			16			16				
17										17			17			17				
18										18			18			18				
19										19			19			19				
20										20			20			20				

Şekil 4.6 Örnek alan veri tablosu

## 5. BULGULAR

Araştırma alanından elde edilen bu alanlara ait ağaç adedi, hacim ve göğüs yüzeyi değerleri Tablo 5.1’de sunulmuştur. Örnek alanlardaki ölü ağaç sınıflarının miktarına ilişkin veriler ise Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.1 Örnek alanlardaki ağaç adedi, hacim ve göğüs yüzeyi değerleri

Örnek alan	Ağaç Adedi (N/ha)	Toplam Hacim (m <sup>3</sup> /ha)	Göğüs Yüzeyi (m <sup>2</sup> /ha)
10	700	243,368	36,571
11	650	281,442	41,527
12	650	275,657	40,472
13	500	317,300	41,147
14	500	327,811	42,946

Örnek alanlardaki kalın ölü odun (CWD) miktarı Tablo 5.2’de ve ince ölü odun (FWD) miktarı ise Tablo 5.3’te gösterilmiştir.

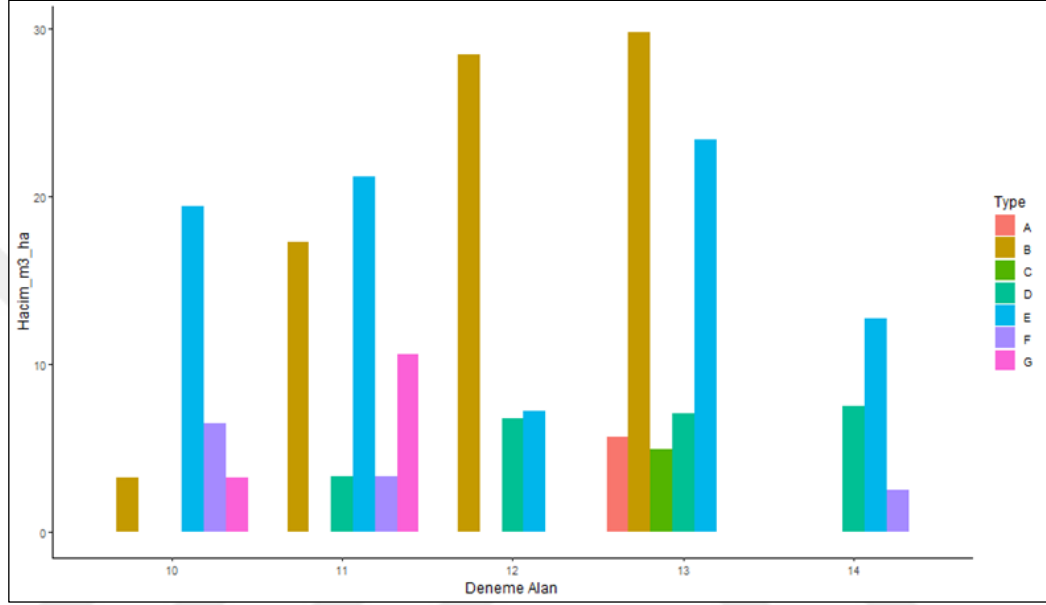
Tablo 5.2 Örnek alanlardaki kalın ölü odun (CWD) miktarı (m<sup>3</sup>/ha)

Deneme Alan No	A	B	C	D	E	F	G	TOPLAM
10	0	3,233682	0	0	19,40209	6,467363	3,233682	32,33682
11	0	17,25008	0	3,338726	21,14526	3,338726	10,57263	55,64543
12	0	28,4513	0	6,79434	7,218986	0	0	42,46463
13	5,671407	29,77489	4,962481	7,08925	23,39455	0	0	70,89258
14	0	0	0	7,500116	12,72747	2,500039	0	22,72763

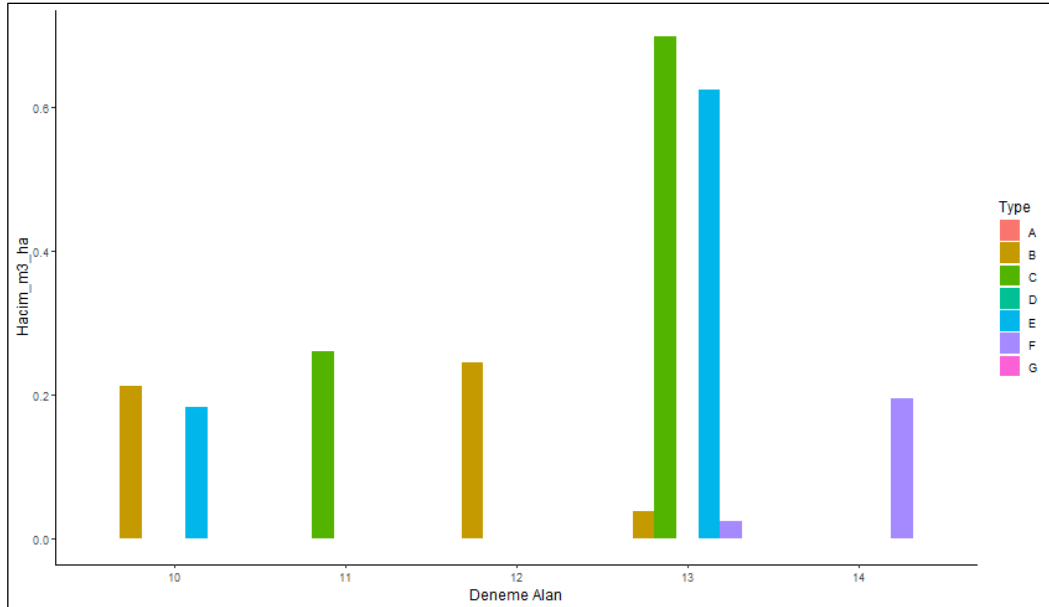
Tablo 5.3 Örnek alanlardaki ince ölü odun (FWD) miktarı (m<sup>3</sup>/ha)

Deneme Alan No	A	B	C	D	E	F	G	TOPLAM
10	0	0,2129	0	0	0,1836	0	0	0,3965
11	0	0	0,26	0	0	0	0	0,26
12	0	0,245	0	0	0	0	0	0,245
13		0,038	0,698		0,6232	0,025	0	1,3842
14	0	0	0	0	0	0,195	0	0,195

Örnek alanlarda tespit edilen ölü ağaç miktarının kalın ölü ağaç sınıflarına göre dağılımı Şekil 5.1’de, ince ölü ağaç sınıflarına göre dağılımı ise Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Araştırma alanlarında en fazla ölü ağaç tipi 11 ve 13 No.lu deneme alanlarında tespit edilmiştir. Toplam yedi adet ölü ağaç tipinin tamamı hiç bir deneme alanında tespit edilmemiştir.



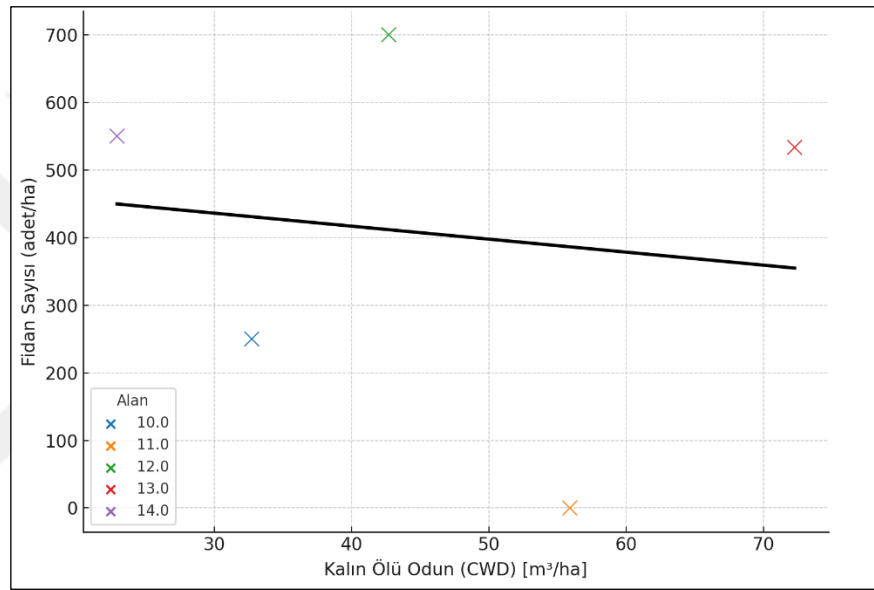
Şekil 5.1 Örnek alanlardaki kalın ölü ağaç sınıflarının dağılımı



Şekil 5.2 Örnek alanlardaki ince ölü ağaç sınıflarının dağılımı

## 5.1 Kalın Ölü Odun (CWD) ile Fidan Sayısı Arasındaki İlişki

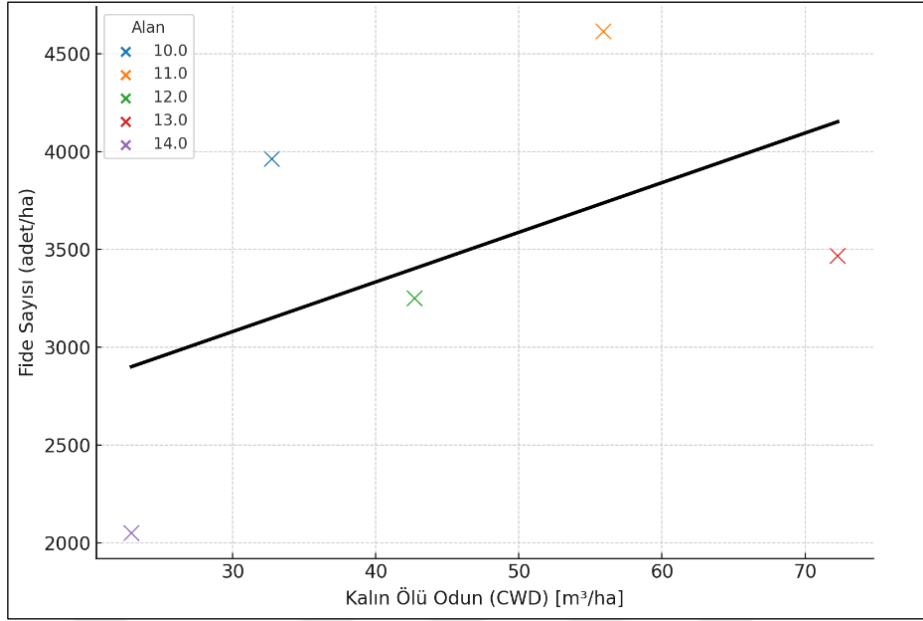
Şekil 5.3'te deneme alanlarına göre kalın ölü odun (CWD) miktarı ile fidan sayısı arasındaki dağılım gösterilmiştir. Regresyon çizgisi negatif eğimli olup, CWD miktarındaki artışa rağmen fidan sayısında belirgin bir artış eğilimi gözlenmemiştir. Hatta bazı alanlarda CWD yüksekken fidan sayısı sifıra yaklaşmaktadır. Bu durum, CWD'nin fidan gelişimine doğrudan pozitif etkide bulunmadığını ya da yüksek miktarda CWD'nin fiziksel engel oluşturabileceğini düşündürmektedir.



Şekil 5.3 Kalın ölü odun (CWD) ile fidan sayısı arasındaki ilişki grafiği

## 5.2 Kalın Ölü Odun (CWD) ile Fide Sayısı Arasındaki İlişki

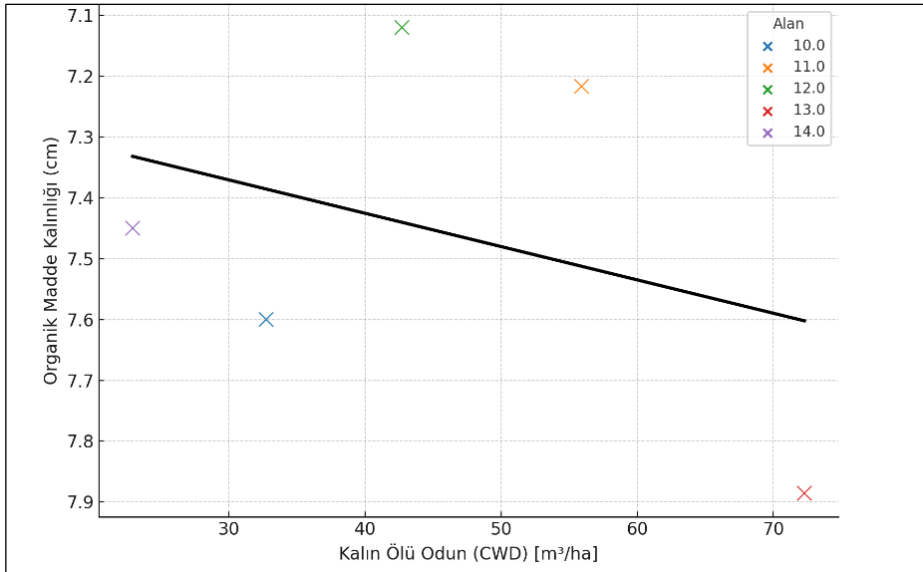
Şekil 5.4'te CWD ile fide sayısı arasındaki dağılım incelendiğinde, pozitif yönlü bir eğilim olduğu gözlemlenmiştir. Regresyon çizgisi yukarı eğimlidir ve CWD miktarının arttığı alanlarda fide sayısının genellikle daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 5.4 Kalın ölü odun (CWD) ile fide sayısı arasındaki ilişki grafiği

### 5.3 Kalın Ölü Odun (CWD) ile Organik Madde Kalınlığı Arasındaki İlişki

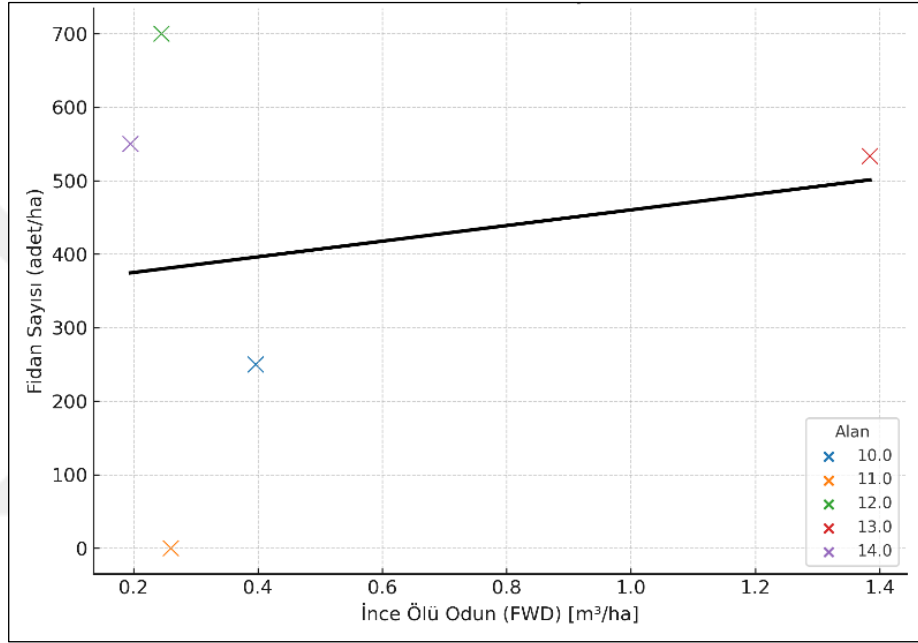
Şekil 5.5'te CWD ile organik madde kalınlığı (OMK) arasında zayıf düzeyde pozitif bir eğilim gözlenmiştir. CWD'nin ayrışarak toprağa organik madde katkısı sağlaması beklenen bir süreçtir; ancak bu katkının daha uzun zaman diliminde etkili olması nedeniyle doğrudan ve güçlü bir ilişki saptanmamış olabilir.



Şekil 5.5 Kalın ölü odun (CWD) ile organik madde kalınlığı (OMK) arasındaki ilişki grafiği

#### 5.4 İnce Ölü Odun (FWD) ile Fidan Sayısı Arasındaki İlişki

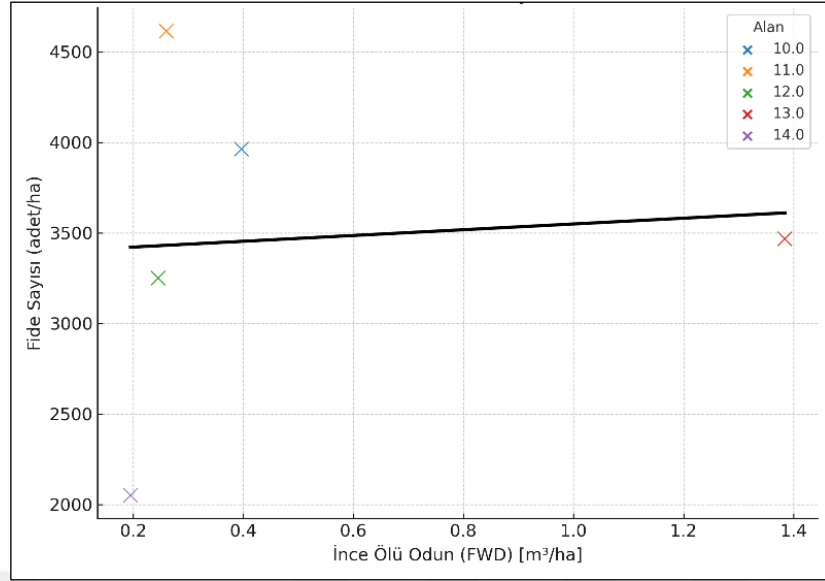
İnce ölü odun (FWD) ile fidan sayısı arasındaki ilişki negatif yönlü ve dağınık bir dağılım göstermektedir (Şekil 5.6). Özellikle bazı alanlarda FWD yüksek olmasına rağmen fidan sayısı oldukça düşüktür. Bu durum, FWD'nin belirli yoğunlukların üzerinde fidan gelişimine engel teşkil edebileceğini veya başka faktörlerin (ışık, rekabet) daha baskın rol oynadığını düşündürmektedir.



Şekil 5.6 İnce ölü odun (FWD) ile fidan sayısı arasındaki ilişki grafiği

#### 5.5 İnce Ölü Odun (FWD) ile Fide Sayısı Arasındaki İlişki

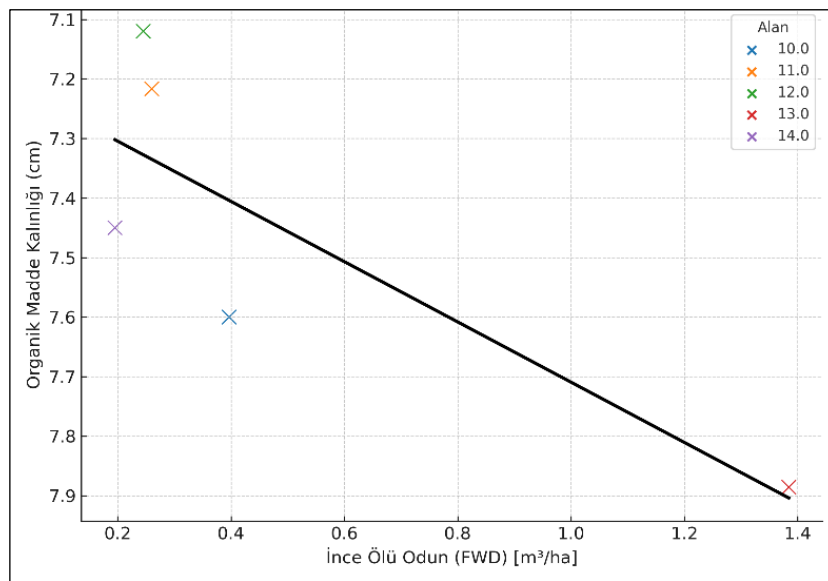
İnce ölü odun (FWD) ile fide sayısı arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki gözlemlenmiştir (Şekil 5.7). Regresyon çizgisi bu eğilimi desteklemektedir. Bu sonuç, FWD'nin toprağı örtterek nemi koruması ve fide gelişimi için elverişli mikrohabitat oluşturması ile açıklanabilir. Ancak yine de veri dağılımını alansal farklılıklardan etkilenmektedir.



Şekil 5.7 İnce ölü odun (FWD) ile fide sayısı arasındaki ilişki grafiği

## 5.6 İnce Ölü Odun (FWD) ile Organik Madde Kalınlığı Arasındaki İlişki

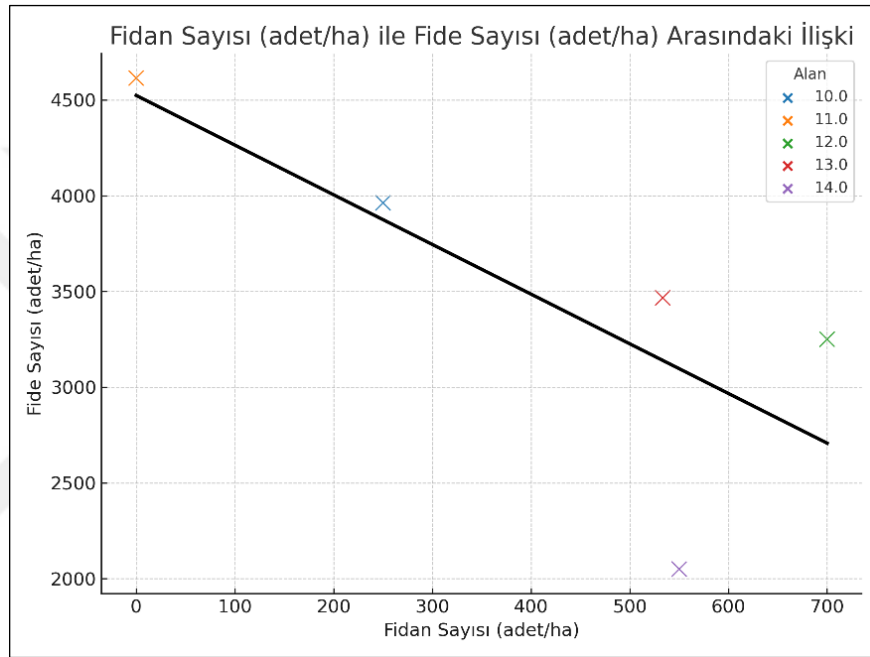
Şekil 5.8’de, ince ölü odun (FWD) ile organik madde kalınlığı (OMK) arasındaki ilişki oldukça belirgin ve pozitif yönlüdür. Regresyon çizgisi bu ilişkiyi açıkça yansıtmaktadır. İnce ölü odun materyali (dallar, yapraklar) daha hızlı ayrıştığı için toprağa organik madde katkısı da daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Bu bulgu, literatürde FWD’nin ayrışma potansiyeli ile toprak organik madde döngüsüne katkısını desteklemektedir.



Şekil 5.8 İnce ölü odun (FWD) ile organik madde kalınlığı arasındaki ilişki grafiği

## 5.7 Fidan Sayısı ile Fide Sayısı Arasındaki İlişki

Fidan ve fide sayısı arasında güçlü negatif bir ilişki gözlenmiştir (Şekil 5.9). Bu sonuç, sahada fide sayısı yüksek olan alanlarda fidan sayısının azaldığını veya tam tersini göstermektedir. Bu durum, sahadaki bireylerin zaman içinde bir gelişim aşamasından diğerine geçtiğini ya da bireyler arası rekabet ve çevresel koşulların değişim etkilerini yansıtmaktadır.



Şekil 5.9 Fidan sayısı ile fide sayısı arasındaki ilişki grafiği

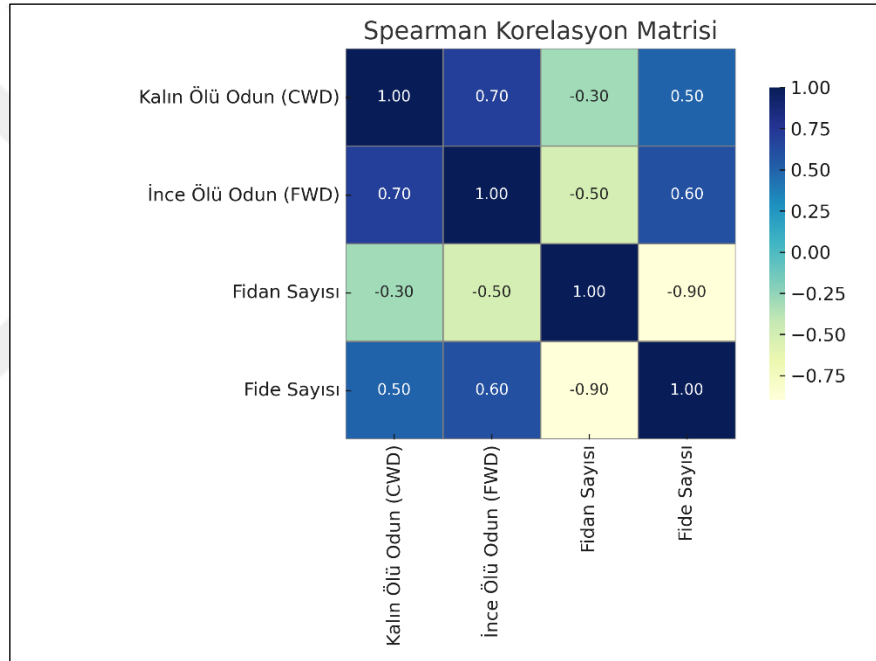
## 5.8 İstatistiksel Analize Ait Bulgular

Değişkenler arasındaki ilişkilerin derecesini değerlendirmek amacıyla *Spearman Sıra Korelasyon Analizi* uygulanmış olup, analiz sonucunda elde edilen korelasyon anketi Karatekin Üniversitesi 5.3'te görüldüğü üzere, kalın ölü odun (CWD) ile ince ölü odun (FWD) arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki ( $r = 0,70$ ) gözlemlenmiştir. CWD ile fide sayısı arasında pozitif yönlü ilişki ( $r = 0,50$ ) bulunurken, CWD ile fidan sayısı arasında zayıf negatif ilişki ( $r = -0,30$ ) saptanmıştır. FWD ile organik madde kalınlığı (OMK) arasındaki güçlü pozitif korelasyon ( $r = 0,70$ ), bu materyalin toprak yüzeyine yaptığı katkıyı göstermektedir. FWD ile fide sayısı arasında da pozitif yönlü ilişki ( $r = 0,60$ ) gözlenmiştir. Öte yandan, FWD ile fidan sayısı arasında negatif bir korelasyon ( $r = -0,50$ ) bulunmaktadır. En dikkat çekici sonuçlardan biri, fidan sayısı ile fide sayısı

arasındaki güçlü negatif korelasyondur ( $r = -0,90$ ); bu, bireylerin gelişim aşamaları arasındaki dengeyi göstermektedir.

Tablo 5.3 Spearman Korelasyon Matrisi

	<b>Kalın Ölü Odun (CWD)</b>	<b>İnce Ölü Odun (FWD)</b>	<b>Fidan Sayısı</b>	<b>Fide Sayısı</b>
<b>Kalın Ölü Odun (CWD)</b>	1,0	0,7	-0,3	0,5
<b>İnce Ölü Odun (FWD)</b>	0,7	1,0	-0,5	0,6
<b>Fidan Sayısı</b>	-0,3	-0,5	1,0	-0,9
<b>Fide Sayısı</b>	0,5	0,6	-0,9	1,0



Şekil 5.10 Spearman Korelasyon Matrisi Isı Haritası

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma alanında ölçüm yapılan sahalarda farklı miktarlarda ince ve kalın ölü ağaç değerleri belirlenmiştir. Deneme alanlarında (10; 11; 12; 13; 14) sırasıyla kalın ölü ağaç miktarı 32,3; 55,6; 42,5; 70,9; 22,7 m<sup>3</sup>/ha olarak tespit edilmiştir. İnce ölü ağaç miktarı ise 0,4; 0,3; 0,2; 1,4; 0,2 m<sup>3</sup>/ha olarak tespit edilmiştir. Özellikle, kalın ölü ağaç miktarı, üretim yapılmayan ormanlarda işletme ormanlarına kıyasla daha yüksektir (Green ve Peterken, 1997). Bayraktar (2020), korunan alanlardaki ölü odun hacminin 80 ila 250 m<sup>3</sup>/ha arasında değişebildiğini, yönetilen ormanlarda ise bu değerlerin beş-on kat daha az olabileceğini belirtmektedir. Meşçereye etki şekline ve şiddetine bağlı olarak ölü ağaç miktarı şekillenir (Stokland vd., 2004). Verimli ılıman yağmur ormanlarında ölü ağaç miktarı oldukça yüksektir (>300 m<sup>3</sup>/ha) (Lindenmayer vd., 1999). Yangına hassas, kurak koşulların hüküm sürdüğü ormanlarda ise ölü ağaç miktarı daha azdır (<30 m<sup>3</sup>/ha) (Robertson ve Bowser, 1999). Genel olarak, işletme ormanları, üretim amaçlı uygulanan silvikültürel müdahaleler nedeniyle, müdahale görmemiş doğal ormanlara kıyasla daha düşük ölü ağaç hacmine sahiptir. (Nagel vd., 2017). Son yıllarda doğal orman çeşitliliğinin sağlanması daha da önemli bir öncelik haline geldi (Butchart vd., 2010; Hunter ve Hunter Jr, 1999). Ölü ağaç ile biyolojik çeşitlilik arasındaki güçlü ilişki, ölü ağaç miktarı ve mekansal dağılımının, sürdürülebilir orman yönetiminin önemli göstergelerinden biri olarak değerlendirilmesine neden olmuştur (Vítková vd., 2018).

Bu çalışma kapsamında, farklı deneme alanlarında ölçülen kalın ölü odun (CWD) ve ince ölü odun (FWD) miktarlarının fidan ve fide gelişimi ile toprak organik madde kalınlığı (OMK) üzerine olan etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, grafiksel dağılımlar ve Spearman Korelasyon Analizi çerçevesinde yorumlanmış; ölü odun bileşenlerinin orman yenilenmesindeki işlevsel rolleri ortaya konmuştur. Orman ağacı türlerinin başarılı bir çimlenme ve gelişimini sağlayabilmesi için orman toprağının uygun çimlenme yatağına sahip olması gerekmektedir (Stroheker vd., 2018). Ölü ağaç sağladığı yüksek besin ve nem içeriği (Zimmerman vd., 1995), daha düşük türler arası rekabet ortamı (Harmon ve Franklin, 1989) ve düşük mantar zararı riski nedeniyle çimlenme ve büyümede etkili olmaktadır (Sakamoto ve Miyamaoto,

2005). Ayrıca ölü ağaç fidanların oluşum ve gelişimini engelleyen rüzgar, otlama baskısı ve sert çevresel faktörlere karşı bir koruyucu fonksiyon sunmaktadır (Bailey vd., 2012). Ölü ağacın bulunduğu ortamda nemin tutulmasına katkı sağladığı, bu sayede mikoriza mantarları ile mikroflora topluluklarını yangın etkilerinden koruduğu ve yangın sonrası ekosistemin yeniden gelişimini desteklediği ifade edilmektedir (Perry vd., 1989).

Kalın ölü odun (CWD) ile fide sayısı arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Bu bulgu, CWD'nin mikroklimatik koşulları düzenleyerek fide gelişimini desteklediğini ortaya koymaktadır (Harmon vd., 1986). Öte yandan, CWD ile fidan sayısı arasında negatif yönlü ve zayıf bir ilişki gözlemlenmiştir. Nitekim sarıçam (*Pinus sylvestris*) fidanlarının büyüüp gelişebilmesi için artan ışık gereksinimi dikkate alındığında, bu durum anlam kazanmaktadır.

İnce ölü odun (FWD) ile organik madde kalınlığı (OMK) arasındaki ilişki oldukça belirgindir. Korelasyon analizi ince ölü odunun (FWD), toprak organik madde kalınlığıyla (OMK) güçlü pozitif ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir. Bu, FWD'nin daha hızlı ayrışabilen yapısıyla toprağa kısa sürede katkı sunduğunu göstermekte ve Prescott vd., (2000) ile Zell vd., (2009) tarafından bildirilen bulgularla örtüşmektedir. İnce ölü odun (FWD) ile fide sayısı arasında gözlenen pozitif eğilim ise FWD'nin oluşturduğu nemli mikrohabitat koşullarının fide gelişimine olan katkısını işaret etmektedir. Çam gibi iğne yapraklı ağaç türlerine ait ölü ağaçlar, geniş yapraklı sert odunlu türlerin ölü ağaçlarına kıyasla ekosistem içerisinde farklı işlevler üstlenebilmektedir. İğne yapraklı türlerin kabukları, genellikle daha düşük pH değerine ve daha kuru bir yapıya sahip olup, bu özellikleri ile ayrışma süreçlerini etkilemektedir (Hauck ve Javkhan, 2009). Ayrıca, bu türlerin odun dokusu sert odunlu türlere göre daha yavaş ayrıştığından, saproksilik organizmaların ve mantarların kolonizasyonu için daha uzun süreli bir yaşam alanı sunmaktadır (Harmon vd., 1986).

Ormanlar, biyotik ve abiyotik etkenlerin etkisiyle birlikte kuruluşu, kompozisyonu ve fonksiyonu değişen dinamik ekosistemlerdir (Oliver ve Larson, 1996). Bu etkenler, etki şiddetine bağlı olarak, bitki türlerinin büyüme ve gelişiminde olduğu gibi, ormanın süksesyonu üzerinde de kalıcı etkiler bırakabilir (Franklin vd., 2007). Ölü ağaç, orman

ekosistemi üzerinde önemli bir etkiye sahip bir unsurdur. Özellikle kalın çaplı ölü ağaçlar sahip oldukları kovuklar sayesinde birçok hayvana yaşam alanı sunar (Kunz ve Fenton, 2005; Vandekerkhove vd., 2009). Ölü ağaç miktarı hidrolojiyi (Harmon vd., 1986), karbon ve azot depolama miktarını (Laiho ve Prescott, 2004; Woodall ve Liknes, 2008), toprakta yaşayan mikroorganizmaları (Hartmann vd., 2012) etkilemektedir. Ayrıca ölü ağaç toprağın besin miktarını artırır (Brais vd., 2006), toprağı erozyona karşı korur (Vázquez vd., 2011) ve su akışını düzenler (Ludwig vd., 2005). Dahası kurak ve yoğun orman yangınları görülen alanlarda su depolama görevini gerçekleştirebilir (Amaranthus vd., 1989). Ölü ağacın orman ekosistemlerindeki anahtar rolü nedeniyle orman yönetim planlarında daha fazla ele alınır olmaktadır (Kuuluvainen vd., 2019).

Genel bir değerlendirme yapıldığında, araştırma alanında hem kalın (CWD) hem de ince ölü ağacın (FWD), sarıçamın (*Pinus sylvestris*) doğal gençleşmesi üzerinde belirleyici etkilere sahip olduğu söylenebilir. Kalın ölü ağacın mikroklimatik koşulları düzenleyici etkisi; ince ölü ağacın ise hem organik madde katkısı hem de fide gelişimi üzerindeki olumlu etkileri, ölü ağacın orman ekosistemindeki çok yönlü işlevlerini ortaya koymaktadır. Özellikle ince çaplı ölü ağaç materyalinin yüksek ayrışabilirliği ve toprakla olan etkileşimi, organik madde döngüsünün sürekliliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, ormanların ekolojik bütünlüğünü korumak ve doğal yenilenme süreçlerini desteklemek amacıyla, ölü ağaç varlığı artık bir atık olarak değil; sürdürülebilir ormancılığın temel yapıtaşlarından biri olarak değerlendirilmelidir. Bu doğrultuda, ölü ağaç bileşenlerinin korunması ve etkin şekilde yönetilmesi, sürdürülebilir orman yönetimi stratejilerinin ayrılmaz bir parçası olmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Akkemik, Ü. (Ed). (2018). Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara. 684 s.
- Albrecht, L. (1991). Die Bedeutung des toten Holzes im Wald. Forstwissenschaftliches Centralblatt 110: 106-113.
- Alemdağ, İ. Ş. (1967). Türkiye'deki sarıçam ormanlarının kuruluşu, verim gücü ve bu ormanların işletilmesinde takip edilecek esaslar. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü.
- Anşin, R. (1994). Tohumlu bitkiler. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Anşin, R., ve Özkan, Z.C. (1997). Tohumlu bitkiler (Spermatophyta) odunsu taksonlar. Trabzon: 2. Baskı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No:167, Fakülte Yayın No: 19.
- Atalay, İ. (1994). Türkiye Vegetasyon Coğrafyası, İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Atalay, İ. ve Efe, R., (2012). Sarıçam (*Pinus sylvestris* var. *sylvestris*) Ormanlarının Ekolojisi ve Tohum Nakli Açısından Bölgelere Ayrılması. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü. Yayın 45, Ankara.
- Bailey, T. G., Davidson, N. J., ve Close, D. C. (2012). Understanding the regeneration niche: Microsite attributes and recruitment of eucalypts in dry forests. *Forest Ecology and Management*, 269, 229–238.
- Bayraktar, S., Cegielska, K., Sökmen, E. D., Noszczyk, T., Yener, Ş. D., & Kukulska-Kozieł, A. (2024). Directions of land degradation in the greater Istanbul metropolitan area: A view from four decades. *Land Degradation & Development*, 35(5), 1656-1672.
- Bobiec, A., Gutowski, J.M., Zub, K., Pawlaczyk, P. ve Laudenslayer, W.F. (2005). The Afterlife of a Tree. WWF Poland.
- Brais, S., Paré, D., & Lierman, C. (2006). Tree bole mineralization rates of four species of the Canadian eastern boreal forest: Implications for nutrient dynamics following stand-replacing disturbances. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(9), 2331–2340.
- Brenner G., ve Müller G. (1995). Totholz und Forstwirtschaft ein Gegensatz Tiroller Forstdienst 38 (TFD), 4-5.
- Brumelis, G., Elferts, D., Liepina, L., Luce, I., Tabors, G., Tjarve, D. (2005). Age and spatial structure of natural *Pinus sylvestris* stands in Latvia, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2005; 20: 471\_480.

- Butchart, S. H., Walpole, M., Collen, B., Van Strien, A., Scharlemann, J. P., Almond, R. E., Baillie, J. E., Bomhard, B., Brown, C., & Bruno, J. (2010). Global biodiversity: Indicators of recent declines. *Science*, 328(5982), 1164–1168.
- Caza, C.L. (1993). Woody debris in the forests of British Columbia: a review of the literature and current research. B.C. Ministry of Forests Land Management Report No. 78. Victoria, B.C.: 99
- Chapin, F. S., Matson, P. A., Mooney, H. A. (2002). Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. 10.1007/978-1-4419-9504-9.
- Chećko, E., Jaroszewicz, B., Olejniczak, K., & Kwiatkowska-Falińska, A. J. (2015). The importance of coarse woody debris for vascular plants in temperate mixed deciduous forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 45(9), 1154-1163.
- Çepel, N., Dündar, M., & Günel, A. (1976). Türkiye'nin önemli yetiştirme bölgelerinde saf sarıçam ormanlarının gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik etmenler arasındaki ilişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 26(2) 25-64.
- Çoban, S. (2007). Bolu-Aladağ'daki Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Doğal Gençleşme Örnekleri Üzerine Araştırmalar. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, xiii+159.
- Çolak A.H. & Asan Ü. (2010) Orman Amenajmanı ve Silvikültür Terimleri Sözlüğü. Terimler ve Tanımları (Türkçe): İngilizce, Almanca, Fransızca, İspanyolca, İtalyanca, Portekizce, Macarca, Romence ve Japonca karşılıkları. IUFRO 4.04.07 SilvaPlan ve IUFRO Terminoloji Projesi SilvaVoc. Viyana, IUFRO, 295 s. (IUFRO World Series Vol. 9-tr).
- Çolak A.H., Tokcan M. & Kırca S. (2011). Ölü Ağaç (Yaşayan Ölüler). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi No.6, 101 sayfa+Ek Bölümler, Bolu.
- Çolak, A. H., & Rotherham, I. D. (2009). "A review of the forest vegetation of Turkey: Its status past and present and its future conservation." *Biological Conservation*, 142(1), 64-77.
- Çolak, A. H., Rotherham, I. D., & Şen, G. (2015). Deadwood and its role in forest ecosystems: Ecological, structural, and functional significance. *Forest Ecology and Management*, 350, 57-67. <https://doi.org/10.xxxx/yyyy>
- Çolak, A. H., Tokcan, M., Rotherham, I. D., & Atici, E. (2009). The amount of coarse dead wood and associated decay rates in forest reserves and managed forests, northwest Turkey. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 18 (3): 350-359.
- Eckenwalder, J. E. (2009). *Conifers of the World: The complete reference*. Timber Press, London.
- Elton, C. S. (1966). Dying and dead wood. In: *The patterns of animal communities*. New York: John Wiley and Sons, Inc.; 279-305.

- FAO. (2020). Global Forest Resources Assessment 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Farjon, A. (2010). A Handbook of the World's Conifers, V.1-2. Brill Academic Publishers, Leiden-Boston.
- Ferris, R., & Humphrey, J. W. (1999). A review of potential biodiversity indicators for application in British forests. *Forestry*, 72(4), 313–328. <https://doi.org/10.1093/forestry/72.4.313>
- Fischer G. (2008) Aktiv für Totholz im Wald. Anregungen für Forstleute und Landwirte. Österreichische Bundesforste AG, Kompetenzfeld Natur und Umweltschutz, 3002 Purkersdorf.
- Franklin, J. F., Mitchell, R. J., & Palik, B. J. (2007). Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry (NRS-GTR-19; p. NRS-GTR-19). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. <https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-19>
- Franz C., Zahner V., Müller J., & Utschick H. (2006) Nahrungsbiotop, Brutraum und Trommelplatz. LWF aktuell 53: 2-3.
- Gauthier, M.M., Bédard, S., & Guillemette, F. (2018). Comparing structural attributes in uneven-aged managed and unmanaged sugar maple stands. *Forestry*. 92. 62-72. [10.1093/forestry/cpy031](https://doi.org/10.1093/forestry/cpy031).
- Gauthier, S., Bernier, P., Kuuluvainen, T., Shvidenko, A., & Schepaschenko, D. (2015). Boreal Forest Health and Global Change. *Science* (New York, N.Y.). 349. 819-22. [10.1126/science.aaa9092](https://doi.org/10.1126/science.aaa9092).
- Gökmen, H. (1970). Açık tohumlular, Gymnospermae. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü, Yayın No: 523/49.
- Graham, S., A. (1925). The felled tree trunk as an ecological unit. *Ecology* 6(4): 397-411.
- Green, P., & Peterken, G. F. (1997). Variation in the amount of dead wood in the woodlands of the Lower Wye Valley, UK in relation to the intensity of management. *Forest Ecology and Management*, 98(3), 229-238.
- Harmon, M. E., & Franklin, J. F. (1989). Tree seedlings on logs in Picea-Tsuga forests of Oregon and Washington. *Ecology*, 70(1), 48–59. <https://doi.org/10.2307/1938411>
- Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., Anderson, N. H., Cline, S. P., Aumen, N. G., Sedell, J. R., Lienkaemper, G. W., Cromack, K., & Cummins, K. W. (1986). Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. In A. MacFadyen & E. D. Ford (Eds.), *Advances in Ecological Research* (Vol. 15, pp. 133–302). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60121-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60121-X)

- Harmon, Mark E. & Sexton, J. (1996). Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems. Publication No. 20. Seattle, WA: LTER Network Office, University of Washington. 73 p.
- Hartmann, M., Howes, C. G., VanInsberghe, D., Yu, H., Bachar, D., Christen, R., Henrik Nilsson, R., Hallam, S. J., & Mohn, W. W. (2012). Significant and persistent impact of timber harvesting on soil microbial communities in Northern coniferous forests. *The ISME Journal*, 6(12), 2199–2218.
- Hauck, M., & Javkhlan, S. (2009). Epiphytic lichen diversity and its dependence on bark chemistry in the northern Mongolian dark taiga Flora.. 2009 ;204(4):278-288. DOI: 10.1016/j.flora.2008.03.001.
- Hermann, S. & Bauhus, J. (2007). Totholz-Bedeutung, Situation, Dynamik. Portal Wald undKlima.  
[http://www.waldundklima.net/wald/totholz\\_bauhus\\_herrmann\\_01.php](http://www.waldundklima.net/wald/totholz_bauhus_herrmann_01.php).
- Hille, M., & Den Ouden, J. (2004). Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings after fire and soil scarification. *European Journal of Forest Research* 123(3), 213-218.
- Humphrey, J. W., Sippola, A.-L., Lempérière, G., Dodelin, B., Alexander, K. N. A., & Butler, J. E. (2004). Deadwood as an indicator of biodiversity in European forests: From theory to operational guidance. *Annals of Forest Science*, 61(6), 559–569. <https://doi.org/10.1051/forest:2004045>
- Hunter, M. L., & Hunter Jr, M. L. (1999). *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge university press.
- Janisch, J. E., & Harmon, M. E. (2001). Successional changes in live and dead wood carbon stores: Implications for net ecosystem productivity. *Tree Physiology*, 21(2-3), 125-140. <https://doi.org/10.xxxx/yyyy>
- Kayacık, H. (1954). Türkiye Çamları ve Bunların Coğrafi Yayılışları Üzerinde Araştırmalar - I. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A Cilt 4, Sayı 1-2, sayfa 44-64.
- Kayacık, H. (1963). Türkiye çamları ve bunların coğrafi yayılışları üzerine araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13, 1-17.
- Kimmey, J. W., & Furniss, R. L. (1943). Deterioration of fire-killed Douglas-fir. *USDA Tech. Bull.* 851, Washington, DC; 61 p.
- Koprivica, M., Matović, B., Stajic, S., Čokeša, V., & Jovic, D. (2013). Dead wood in managed beech forests in Serbia. *Sumarski List.* 137. 173-183.
- Köhler F. (2000) Totholzkäfer in Naturwaldzellen des nördlichen Rheinlands.– Hrsg.: Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung NRW, LÖBFSchriftenreihe, Band 18.

- Kruys N., Fries C., Jonsson B.G., Lamas T., & Stahl G. (1999) Wood inhabiting cryptogams on dead Norway spruce (*Picea abies*) trees in managed Swedish boreal forests. *Can. J. For. Res.*, 29: 178-186.
- Kunz, T. H., & Fenton, M. B. (2005). *Bat Ecology*. University of Chicago Press.
- Kushnevskaya, H., Mirin, D. & Shorohova, E. (2007). Patterns of epixylic vegetation on spruce logs in late-successional boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 250, 25–33.
- Kuuluvainen, T., Lindberg, H., Vanha-Majamaa, I., Keto-Tokoi, P., & Punttila, P. (2019). Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: Case Finland. *Ecological Processes*, 8(1), 1–13.
- Laiho, R., & Prescott, C. E. (2004). Decay and nutrient dynamics of coarse woody debris in northern coniferous forests: A synthesis. *Canadian Journal of Forest Research*, 34(4), 763–777.
- Lindenmayer, D. B., Incoll, R. D., Cunningham, R. B., & Donnelly, C. F. (1999). Attributes of logs on the floor of Australian Mountain Ash (*Eucalyptus regnans*) forests of different ages. *Forest Ecology and Management*, 123(2–3), 195–203.
- Lindenmayer, D., & Franklin, J. (2002). *Conserving forest biodiversity: a comprehensive multiscaled approach*. Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press.
- Ludwig, J. A., Wilcox, B. P., Breshears, D. D., Tongway, D. J., & Imeson, A. C. (2005). Vegetation patches and runoff–erosion as interacting ecohydrological processes in semiarid landscapes. *Ecology*, 86(2), 288–297.
- Mackensen, J. & Bauhus, J. (2003). Density loss and respiration rates in coarse woody debris of *Pinus radiata*, *Eucalyptus regnans* and *Eucalyptus maculata*. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 35, pp. 177-186
- Mai W. (1998) Naturverjüngung auf Morderholz. *Allgemeine Forstzeitung*, 11, 591.
- Marage, D. & Lemperiere, G. (2005). The management of snags: A comparison in managed and unmanaged ancient forests of the Southern French Alps. *Annals of Forest Science*, Vol. 62, No. 2, pp. 135-142
- Marcus. (2004). *Forest Biodiversity Indicator: Dead Wood – A Proposed Approach towards Operationalising the MCPFE Indicator*.
- Maser, C., & Trappe, J.M., (1984). *The seen and unseen world of the fallen tree*. General Technical Reports PNW-164. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Portland, Oregon, USA.
- Maser, Chris, Ralph G. Anderson, Kermit Cromack, Jr., Jerry T. Williams, & Robert E. Martin. (1979). Dead and down woody material. In: *Wildlife habitats in*

managed forests—the Blue Mountains of Oregon and Washington. Agric. Handb. No. 556. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture; 78-95.

McComb W., & Lindenmayer D., (1999). Dying, dead, and down trees. In: Malcolm, L.,

Merganičová, K., Merganič, J., Svoboda, M., Bače, R. & Šebeň, V. (2012). Deadwood in Forest Ecosystems, Forest Ecosystems - More than Just Trees, Dr Juan A. Blanco (Ed.), ISBN: 978-953-51-0202-1, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/forest-ecosystems-more-than-justtrees/deadwood>

Müller, J., & Schnell, S. (2003). Dead wood dynamics in Central European forests. Forest Ecology and Management, 183(1-3), 287–298. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00104-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00104-8)

Myers, N. (1997). Biodiversity's genetic library. In G. K. Meffe & C. R. Carroll (Eds.), Principles of conservation biology (pp. 47–66). Sinauer Associates.

Nagel, T. A., Mikac, S., Dolinar, M., Klopčič, M., Keren, S., Svoboda, M., Diaci, J., Boncina, A., & Paulič, V. (2017). The natural disturbance regime in forests of the Dinaric Mountains: A synthesis of evidence. Forest Ecology and Management, 388, 29–42.

Odabaşı, T., Çalışkan, A., & Bozkuş, H.F. (2004). Silvikültür Tekniği. Istanbul University Publications. Publication no: 4459.

OGM (2023). Ormancılık İstatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>. (Erişim tarihi: 15 Kasım 2024)

OGM (2013). Orman Atlası. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

OGM. (2024). Çamkoru Dr. Fuat Adalı Araştırma Ormanı Mühendisliği. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Web Sayfası. <https://www.ogm.gov.tr/icanadolu/kurulusumuz/camkoru-dr-fuat-adali-arastirma-ormani-muhendisligi>. Erişim Tarihi: 27.11.2024

OGM (2022). Çamkoru Dr. Fuat Adalı Araştırma Ormanı Mühendisliği Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planı, 2022-2041

Oliver, C. D., & Larson, B. C. (1996). Forest stand dynamics: Updated edition. Forest Stand Dynamics: Updated Edition. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19980604521>

Ott E., Frehner M., Frey M., & Lüscher P. (1997) Gebirgsnadelwälder. Ein praxisorientierter Leitfaden für eine Standortgerechte Waldbehandlung. Verlag Haupt, Bern.

Öner, N. (2003). Kapaklı (Beypazarı) yöresi orman alanlarında doğal ve yapay yolla yetiştirilen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) fidanlarının boy gelişimleri arasındaki ilişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1, 153-166.

- Palabaş-Uzun, S., Uzun, A., & Terzioğlu, S.. (2012). Orman Ekosistemlerinde Habitat Parçalanmaları ve Biyolojik Çeşitlilik Üzerine Etkileri. *KSÜ Doğa Bil. Der., Özel Sayı*, 2012. Syf. 136-144. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.5.1857>
- Pamay, B. (1962). Türkiye’de sarıçam (*Pinus silvestris* L.)’ın tabii gençleşmesi imkânları üzerine araştırmalar. İstanbul: T.C. Tarım Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Sıra No: 337, Seri No: 31.
- Pasierbek, T., Holeksa, J., Wilczek, Z. & Żywiec, M. (2007). Why the amount of dead wood in Polish forest reserves is so small? *Nature Conservation*, Vol. 64, pp. 65-71
- Perry, D. A., Amaranthus, M. P., Borchers, J. G., Borchers, S. L., & Brainerd, R. E. (1989). Bootstrapping in Ecosystems. *BioScience*, 39(4), 230–237. <https://doi.org/10.2307/1311159>
- Peterken, G.F. (1996). *Natural woodland: Ecology and conservation in northern temperate regions*. Cambridge, Cambridge University Press
- Pfarr U. (1990). *Fichten-Totholz im Spannungsfeld von Natur- und Forstschutz*. Unpublished Dissertation, Forstwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians- Universität München.
- Pichler, V.; Homolák, M.; Skierucha, W.; Pichlerová, M.; Ramírez, D.; Gregor, J. & Jaloviár, P. (2011). Variability of moisture in coarse woody debris from several ecologically important tree species of the Temperate Zone of Europe. *Ecohydrology*. doi: 10.1002/eco.235
- Posey, D. A. (1999). *Cultural and Spiritual Values of Biodiversity*. UNEP.
- Prescott, C. E., Zabek, L. M., Staley, C. L., & Kabzems, R. (2000). Decomposition of broadleaf and needle litter in forests of British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, 30(11), 1742–1750.
- Radu, S. (2007). The ecological role of deadwood in natural forests, In: *Nature Conservation: Concept and Practice*, D. Gafta, & J. Akeroyd, (Eds.), Springer, Berlin, pp. 137–141
- Robertson, P. A., & Bowser, Y. H. (1999). Coarse woody debris in mature *Pinus ponderosa* stands in Colorado. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 255–267.
- Saarforst (2004). *Totholz lebt! Bedeutung von Biyotop Holz im Wald*. SaarForst, Landesbetrieb, Saarbrücken.
- Saatçioğlu, F. (1976). *Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri*. İstanbul: İstanbul Üniveristesi Orman Fakültesi Yayın No:2187/222, s 423.
- Sağlam, F. (2021). *Kastamonu ve sinop yöresi doğal sarıçam (Pinus sylvestris L.) meşcereleri için ekolojik tabanlı büyüme modelleri*. K.Ü. fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Kastamonu.

- Sakamoto, Y., & Miyamaoto, T. (2005). *Racodium* snow blight in Japan. *Forest Pathology*, 35(1), 1–7.
- Savely, H. E. J. (1939). Ecological relations of certain animals in dead pine and oak logs. *Ecological Monographs* 9(3): 321-385.
- Schuck, A., Parviainen, J., & Bücking, W. (2004). Deadwood as an indicator of biodiversity in European forests. European Forest Institute, EFI Discussion Paper 10.
- Sevim, M. (1960). Bazı önemli orman ve kültür ağaçlarının yetiştirme muhiti münasabetleri hakkında genel bilgiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 43-57.
- Siitonen, J., (2001). Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecol. Bull.* 11, 41.
- Speight, M.C.D. (1989). *Saproxylic Invertebrates and their Conservation*. Strasbourg: Council of Europe, Publications and Documents Division
- Stachura, K., Bobiec, A., Obidziński, A., Oklejewicz, K. & Wolkowycki, D. (2007). Old Trees and Decaying Wood In forest Ecosystems of Poland "Old Wood". A toolkit for participants, Version 07, 05.08.2011, Available from [http://oldwood.dle.interia.pl/OW\\_07.pdf](http://oldwood.dle.interia.pl/OW_07.pdf)
- Stokland, J.N. & Kauserud, H. (2004). *Phellinus nigrolimitatus*: a wooddecomposing fungus highly influenced by forestry. *Forest Ecology and Management*, 187, 333–343.
- Stöckli B. (1995) Morderholz für die Naturverjüngung im Bergwald. Anleitung zum Morderanbau. Merkblatt für die Praxis WSL-FNR Sonderdruck aus Wald und Holz 76 (16). 8-14.
- Stroheker, S., Weiss, M., Sieber, T. N., & Bugmann, H. (2018). Ecological factors influencing Norway spruce regeneration on nurse logs in a subalpine virgin forest. *Forests*, 9(3), 120.
- Swanson F. & Franklin J. (1992) New forestry principles from ecosystem analysis of pacific northwest forests. *Ecological Appl.* 2, 262-274.
- Thomas, J.W. (2002). *Dead Wood: From Forester's Bane to Environmental Boom*. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-181
- Tilman, D., Lehman, C.L. & Thomson, K.T. (1997) Plant Diversity and Ecosystem Productivity: Theoretical Considerations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94, 1857-1861.
- Tobin B., Black K., McGurdy L., & Nieuwenhuis M. (2007) Estimates of decay rates of components of coarse woody debris in thinned Sitka spruce forests. *Forestry*, 80 (4): 55-469.

- Travaglini, D. & Chirici, G. (2006). ForestBIOTA project. Forest Biodiversity Test-phase Assessments: Deadwood assessment. Work report. Accademia Italiana di Scienze Forestali 19 p., 10.01.2011, Accessed from [http://www.forestbiota.org/docs/report\\_DEADWOOD.pdf](http://www.forestbiota.org/docs/report_DEADWOOD.pdf)
- Travaglini, D.; Barbati, A.; Chirici, G.; Lombardi, F.; Marchetti, M. & Corona, P. (2007). ForestBIOTA data on deadwood monitoring in Europe. *Plant Biosystems*, Vol. 141, No. 2, pp. 222-230
- Turner D.P., Koerper G.J., Harmon M.E., & Lee J.J. (1995) A Carbon Budget for Forests of the Conterminous United States. *Ecological Applications* 5, 421-436.
- Ulyshen, M. D., Horn, S., Pokswinski, S., McHugh, J. V., & Hiers, J. K. (2018). A comparison of coarse woody debris volume and variety between old-growth and secondary longleaf pine forests in the southeastern United States. *Forest Ecology and Management*, 429, 124-132.
- Ülgen, H., Zeydanlı, U., & Lise, Y. (ed.). (2020). *Orman ve Biyolojik Çeşitlilik*. Doğa Koruma Merkezi, Ankara, 219 sayfa.
- Vandekerkhove, K.; Keersmaecker, De L.; Menke, N.; Meyer, P. & Verschelde, P. (2009). When nature takes over from man: Dead wood accumulation in previously managed oak and beech woodlands in North-western and Central Europe. *Forest Ecology and Management*, Vol. 258, pp. 425-435, doi:10.1016/j.foreco.2009.01.055.
- Vázquez, D. P., Alvarez, J. A., Debandi, G., Aranibar, J. N., & Villagra, P. E. (2011). Ecological consequences of dead wood extraction in an arid ecosystem. *Basic and Applied Ecology*, 12(8), 722–732.
- Vítková, L., Bače, R., Šebková, B., & Svoboda, M. (2018). Deadwood management in Central European forests: Key considerations for sustainable forest management. *Forest Ecology and Management*, 427, 429–439. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.01.037>
- Woodall, C. W., & Liknes, G. C. (2008). Relationships between forest fine and coarse woody debris carbon stocks across latitudinal gradients in the United States as an indicator of climate change effects. *Ecological Indicators*, 8(5), 686–690.
- Yaltrık, F. (1988). *Dendroloji Ders Kitabı I, Gymnospermae*, İ.Ü. Orman Fakültesi. Yayınları, Yayın No: 3443, OF Yayın No:386, İstanbul.
- Zell, J., Kändler, G., & Hanewinkel, M. (2009). Predicting constant decay rates of coarse woody debris—a meta-analysis approach with a mixed model. *Ecological Modelling*, 220(7), 904–912
- Zhang, D., Hui, D., Luo, Y., & Zhou, G. (2015). Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. *Journal of Plant Ecology*, 1(2), 85–93.

- Ziaco, E., & Alessandrini, A., Blasi, S., Di Filippo, A., Dennis, S., & Piovesan, G., (2011). Communicating old-growth forest through an educational trail. *Biodiversity and Conservation*. 21. 131-144. 10.1007/s10531-011-0170-5.
- Zierl H. (1972) Der Hochwald Untersuchungen über die Fichtenbestände in den Hochlagen des Bayerischen Waldes Forstwiss. Forschungen München, 33, 80p.
- Zimmerman, J. K., Pulliam, W. M., Lodge, D. J., Quinones-Orfila, V., Fetcher, N., Guzman-Grajales, S., Parrotta, J. A., Asbury, C. E., Walker, L. R., & Waide, R. B. (1995). Nitrogen immobilization by decomposing woody debris and the recovery of tropical wet forest from hurricane damage. *Oikos*, 314–322

