

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



KAZDAĞI GÖKNARI ORMANLARINDA ÖLÜ AĞAÇLARIN
MEKANSAL DAĞILIMI VE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

YUNUS EMRE IŞIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. FERHAT KARA

MAYIS - 2023

KASTAMONU

TEZ ONAYI

Yunus Emre IŞIK tarafından hazırlanan “**KAZDAĞI GÖKNARI ORMANLARINDA ÖLÜ AĞAÇLARIN MEKANSAL DAĞILIMI VE ETKİ EDEN FAKTÖRLER**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **30.05.2023** 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.

Danışman	Doç. Dr. Ferhat KARA Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Arif Oğuz ALTUNEL Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL Bartın Üniversitesi	

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

Enstitü Müdürü V.

Doç. Dr. Osman ÇİÇEK

.....

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.

Yunus Emre IŞIK

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAZDAĞI GÖKNARI ORMANLARINDA ÖLÜ AĞAÇLARIN MEKANSAL DAĞILIMI VE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

YUNUS EMRE IŞIK

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN: DOÇ. DR. FERHAT KARA

Ölü ağaçlar, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilirliği için hayati öneme sahiptir. Ölü ağaçlar ormanlık ekosistemlerdeki en önemli bileşenlerden biridir. Bir meşceredeki büyük çaplı canlı ağaçların ve ölü ağaçların sayısı, meşcerenin yapısal karmaşıklığını belirlemek için kullanılan en yaygın meşcere özelliklerinden bazılarıdır. Ağaçların meşceredeki mekansal dağılımları üzerine farklı ağaç türlerinden oluşan ormanlarda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Fakat, meşceredeki ölü ağaçların mekansal dağılımları üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada, bir Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) meşceresindeki ağaçların mekansal dağılımı incelenmiş ve haritalanmıştır. Ayrıca, dikili ölü ağaçların dağılım şekli de gözlemlenmiştir. Bu çalışma Kastamonu ili Ilgaz Dağı Milli Parkı sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma parselindeki tüm ağaçların tek tek koordinatları belirlendikten sonra bu veriler ArcMap programına eklenmiş ve ağaçların gövde haritaları oluşturulmuştur. ArcMap'teki "Ortalama En Yakın Komşu Analizi" (Average Nearest Neighbor Analysis), çalışma parselindeki tüm ağaçların ve ölü ağaçların ortalama en yakın komşu mesafesini hesaplamak için kullanıldı. Ayrıca, ağaç dağılımının kümelenmiş mi, rastgele mi yoksa dağınık mı olduğunu görmek için ArcMap'te Ripley'in k-fonksiyonu analizi kullanıldı. Tüm ağaçların dağılımı dağınık iken, ölü ağaçların meşcere içinde kümelenmiş olduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Biyolojik çeşitlilik, göknar, ölü ağaç, sarıçam

Mayıs 2023, 40 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

SPATIAL PATTERNS OF DEADWOODS AND AFFECTING FACTORS IN KAZDAĞI FIR FORESTS

YUNUS EMRE IŞIK

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING
SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. FERHAT KARA**

Dead trees are vital to the conservation and sustainability of biodiversity. Dead trees are one of the most important components in forest ecosystems. The number of large-diameter live trees and dead trees in a stand are some of the most common stand characteristics used to determine the structural complexity of the stand. Various studies have been carried out on the spatial distribution of trees in the stands in forests consisting of different tree species. However, studies on the spatial distribution of dead trees in the stand are very limited. In this study, spatial patterns of trees in a Kazdağı fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) stand was examined, and mapped. Moreover, distribution pattern of the standing deadwoods was also monitored. This study was carried out within the borders of Ilgaz Mountain National Park in Kastamonu province. After determining the individual coordinates of all trees in the study plot, these data were added to the ArcMap program and stem maps of the trees were created. The “Average Nearest Neighbor Analysis” in ArcMap was used to calculate the average nearest neighbor distance of both all trees and dead trees in the study plot. Also, Ripley's k-function analysis was used in ArcMap to see if the point distribution was clustered, random, or scattered. While the distribution of all trees was scattered, it was determined that dead trees were clustered in the stand.

KEYWORDS: Biodiversity, deadwood, fir, Scots pine

May 2023, 40 Page

TEŞEKKÜR

Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Bölümü Lisansüstü Programı kapsamında “KAZDAĞI GÖKNARI ORMANLARINDA ÖLÜ AĞAÇLARIN MEKANSAL DAĞILIMI VE ETKİ EDEN FAKTÖRLER” isimli yüksek lisans çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde her türlü teknik bilgi deneyimlerini esirgemeyen, gerek arazi çalışmalarında gerek tez yazımında beni destekleyen ve arazi çalışmalarımı gerçekleştirdiğim sahaya erişimimi dahi sağlayan, tez danışmanlığı yapan Sayın Hocam Doç. Dr. Ferhat KARA’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca sayın Doç. Dr. Arif Oğuz Altunel hocama da yardımları için teşekkürlerimi sunarım. Tez jürimle görev alan ve tezimin geliştirilmesinde her türlü desteği veren sayın hocalarım Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans öğrenimimin başından sonuna kadar bana maddi manevi her türlü desteklerini veren başta ailem olmak üzere, arazi çalışmasını yapacağım sahada gerekli izni veren milli park müdürü sayın İrem SAĞLAM FİDE ve milli park şefi İlkin ÇAVUŞ KARA’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarımda yardımlarından dolayı ormancı Ali ZORER’ de ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

YUNUS EMRE IŞIK

Kastamonu, 2023

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
SİMGELEr VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR	4
2.1 Ölü Ağaçlar ve Önemi.....	4
2.2 Ölü Ağaçların Sağladığı Fonksiyonlar	6
2.3 Kazdağı Göknaı Yayılışı ve Silvikültürel Özellikleri	8
2.4 Göknaı Ormanlarında Ölü Ağaçlar	10
2.5 Ölü Ağaç Miktarı Üzerinde Etkili Faktörler	10
2.6 Ölü Ağaçların Dağılımını Etkileyen Faktörler	12
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	14
3.1 Çalışma Alanı	14
3.2 Çalışma Deseni ve Ölçümler	16
3.3 Analiz ve Hesaplamalar	20
4. BULGULAR	21
5. TARTIŞMA	29
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	32
KAYNAKLAR	33
ÖZGEÇMİŞ.....	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Orman içerisinde bir ölü ağaç	4
Şekil 2.2 Farklı ölü ağaç formları	5
Şekil 2.3 Kazdağı göknarının ülkemizde yayılış haritası	9
Şekil 3.1 Kastamonu ilinin ülkemizdeki lokasyonu.....	14
Şekil 3.2 Çalışma alanı uydu görüntüsü.....	15
Şekil 3.3 Çalışma alanı meşcere haritası.....	16
Şekil 3.4 Referans noktaların koordinatlarının gsp yardımıyla alınması.....	17
Şekil 3.5 Ağaçların merkez noktasına olan uzaklığının lazer metre ile ölçülmesi	17
Şekil 3.6 Pusula ile ağaçların referans noktasına olan sapma açılarının ölçülmesi	18
Şekil 3.7 Deneme parseli içinde alınan referans noktalarının konumu.....	19
Şekil 3.8 Ağaçların kumpas yardımıyla çaplarının ölçülmesi	19
Şekil 4.1 Ölü ağaç sayısının tüm ağaç sayısına oranı	21
Şekil 4.2 Deneme parselinin genel kapalılık ve sıklık derecesi	22
Şekil 4.3 Ölçülen ağaçların türlere ve çap sınıflarına göre dağılımları.....	24
Şekil 4.4 Ölü ağaçların türlere ve çap sınıflarına göre dağılımları	25
Şekil 4.5 Çalışma alanı içindeki ağaçların gövde haritası.....	26
Şekil 4.6 Tüm ağaçların ortalama en yakın komşu analizi grafiği.....	27
Şekil 4.7 Ölü ağaçların ortalama en yakın komşu analizi grafiği	28

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.1 Türlerle göre ağaç sayısı dağılımı.....	21
Tablo 4.2 Çalışma alanındaki ağaçların çap sınıflarına dağılımı.....	23
Tablo 4.3 Ortalama en yakın komşu analizi özeti.....	27



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kisaltmalar

G	: Gök nar
Çs	: Sarıçam
GÇscd3-1	: Gök nar-Sarıçam karışık seçme meşceresi



1. GİRİŞ

Biyolojik çeşitlilik Dünya üzerindeki yaşam kalitesini etkiler, bu nedenle biyolojik çeşitliliğin sürekliliğinin sağlanması orman yönetiminin en kritik görevlerinden biridir (Gauthier vd., 2018). Daha yüksek derecede biyolojik çeşitlilik, daha fazla tür tarafından sağlanan daha fazla ürün ve hizmeti teşvik eder (Pádua ve Chiaravalotti, 2012). Meşcere yapısının özellikleri biyolojik çeşitliliği etkileyebilir. İşletme ormanlarıyla kıyaslandığında, milli parklar gibi koruma altındaki ormanların genellikle daha fazla biyolojik çeşitlilik barındırdığı belirlenmiştir (Bauhus vd., 2009). Genel olarak, Türkiye'deki ormanlar biyolojik çeşitlilik açısından zengin olarak kabul edilmektedirler (Çolak vd., 2009). Biyolojik çeşitlilik açısından önemli faktörlerden bir tanesi de ormanlarda ölü ağaçların miktarı ve şeklidir.

Ölü ağaçlar ormanlık ekosistemlerdeki en önemli bileşenlerden biridir. Dikili ölü ağaçlar (snags) ve yatık ölü ağaçlar, ölü ağaçların ana formlarıdır ve orman ekosistemlerinde hayati bir kaynaktırlar (Mark vd., 2006). Ölü ağaçların ortadan kaldırılması, özellikle işletme ormanlarında sınırlı ölü ağaç kaynağına neden olduğundan, son zamanlarda ormanlık ekosistemlerde ölü ağaçların önemine dair farkındalık artmıştır (Bauhus vd., 2018). Ölü ağaç eksikliği, biyoçeşitlilik, karbon tutma, besin kaynağı ve su tutma gibi orman ekosistemlerinde yürütülen birçok işlevi etkiler (Oxbrough ve Ziesche, 2013). Ayrıca toprak gelişimi, erozyon (Kupferschmidt vd., 2003; Pichler vd., 2011) ve nehir kıyısı ekosistemlerindeki nehir kanallarının hem hidrolojisi hem de morfolojisi üzerinde etkisi vardır (Gurnell vd., 1995).

Bir meşceredeki kalın çaplı canlı ağaçların ve ölü ağaçların sayısı, meşcerenin yapısal karmaşıklığını belirlemek için kullanılan en yaygın meşcere özelliklerinden bazılarıdır (Gauthier vd., 2018). Ölü ağaçlar, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilirliği için hayati önem taşımaktadırlar (Samuelsson vd., 1994), çünkü bunlar yaban hayatı, böcekler ve mantarlar için yaşam alanı sağlarlar (Kirchenbaur vd., 2017; Nappi ve Drapeau, 2011). Bir meşceredeki daha fazla ölü ağaç miktarı genellikle daha yüksek biyolojik çeşitlilik oluşturur (Müller ve Bütler, 2010). Ölü ağaçlar ayrıca toprağın su tutma kapasitesini artırır ve çimlenme için tohum yatağı koşullarını iyileştirir, bu da

alt tabakada bulunan bitki çeşitliliğinin artmasına neden olur (Christensen vd., 2005). Ayrıca, ölü ağaçların karbon (C) döngüsündeki rolü, orman ekosistemleri için önemini ön plana çıkarmaktadır (Koster vd., 2015). Bu özellikleri sebebiyle, meşcerelerdeki ölü ağaçların dağılımının tespit edilmesi ve bu dağılımı etkileyen faktörlerin tespit edilmesi oldukça önemlidir.

Ölü ağaçların yaban hayatı türleri ve ekolojik süreçler üzerindeki faydalarının daha fazla tanınması, araştırmacıları ölü ağaç dinamiklerini derinlemesine gözlemlemeye yöneltmiştir (Jonsson vd., 2005). Birçok araştırmacı tarafından işletilen ve işletilmeyen (koruma) ormanlarda ölü ağaç miktarı incelenmiştir (Butler ve Schlaepfer, 2004; Hottola vd., 2009, Larjavaara ve Muller-Landau, 2010). Çoğunlukla, işletilen ormanlara kıyasla ölü odunun koruma ormanlarında oldukça yüksek olduğunu bulmuşlardır (Winter ve Nowak, 2021). Bunun başlıca sebebi uygulanan silvikültürel müdahalelerdir. Sürdürülebilir ormancılık ve biyolojik çeşitliliğin korunması düşünüldüğünde, işletilen ormanlarda ölü ağaç miktarını artırmak için bazı politikalar ve planlamalar geliştirilmiştir (Çolak vd., 2010).

Dikey ve yatay meşcere yapısı, orman meşcerelerinde bireylerin ölüm oranını ve büyümesini etkileyebilir. Meşceredeki ağaçların büyüklüğü ve ağaçlar arasındaki rekabet, ağaçların büyümesini ve ölüm oranını etkileyen diğer önemli değişkenlerdir (Bhandari, 2021). Meşcere içindeki ağaçların mekansal dağılımının (spatial distribution) tespiti, meşcere dinamiklerini tahmin etmede, kanopi boşluklarını analiz etmede, biyolojik çeşitliliğin korunmasında, gençleştirmenin incelenmesinde ve ekolojik mekanizmalar hakkında çıkarımlarda bulunmada faydalı olmuştur (Busing, 1996; Condit vd., 1992; Fang, 2005; Kokkila vd., 2002; Wiegand vd., 2000). Meşcere yapısını belirlemek için ağaçların “yatay dağılım modeli” (horizontal pattern) yaygın olarak kullanılmaktadır ve genellikle “noktasal dağılım analizleri” (point pattern analyses) ile belirlenmektedirler (Fortin ve Dale, 2005; Ripley, 1977). Ağaç türleri rastgele bir dağılım gösterebildiği gibi, meşcere içerisinde kümelenebilir veya meşcere içerisinde düzenli bir dağılım gösterebilirler. Ağaçların mekansal dağılımları, orman ağaçları arasındaki rekabet koşulları, meşceredeki sıklığa bağlı ağaç ölümleri ve kanopi’de meydana gelen yıkımlar nedeniyle şekillenebilirler (Szwagrzyk ve Czerwczak, 1993).

Ağaçların meşceredeki mekansal dağılımları üzerine farklı ağaç türlerinden oluşan ormanlarda çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Szwagrzyk ve Czerwczak, 1993). Fakat, meşceredeki ölü ağaçların mekansal dağılımları üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır (Bianchi vd., 2021). Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*), Türkiye'deki ekonomik ve ekolojik açıdan en önemli ağaç türlerinden biridir. Kazdağı göknarının hakim olduğu ormanlar, yüksek kaliteli kereste, yaban hayvanları habitatı ve rekreasyon hizmetleri sağlar. Bu ormanlar ayrıca, bölgenin Karadeniz iklimi ile karasal iklimi arasındaki geçiş kuşağında yer alması nedeniyle, Türkiye'nin kuzeyindeki yayılım alanı içinde zengin bir biyolojik çeşitlilik sergilemektedir (Çolak vd., 2009). Kazdağı göknarı ormanlarında ölü ağaç miktarı üzerine çeşitli çalışmalar yapılmış olmasına karşın (Kara ve Lhotka, 2020; Topaçoğlu vd., 2017), bu ölü ağaçların mekansal dağılımları üzerine yapılmış bir çalışma mevcut değildir. Bu nedenle, bu çalışmanın temel amacı, Kazdağı göknarı meşceresindeki dikili ölü ağaçların mekansal dağılımını belirlemektir. Çalışma alanı içindeki ağaçların gövde haritalaması (stem mapping) için standart prosedürler kullanılarak tüm ağaç türlerinin haritalanması da hedeflenmiştir. Ağaçların mekansal dağılımları üzerine çeşitli araştırmalar yapılmış olmasına karşın ölü ağaçların mekansal dağılımları üzerine çok fazla araştırma yapılmamıştır. Kazdağı göknarı ormanlarında ölü ağaç miktarı üzerine çeşitli araştırmalar ile belirlenmiş, fakat bu ölü ağaçların mekansal dağılımı üzerine yapılmış bir çalışma mevcut değildir. Dolayısıyla bu tez çalışmasının amaçları;

- Kazdağı göknarı meşceresindeki dikili ölü ağaçların mekansal dağılımının belirlenmesi,
- Kazdağı göknarı meşceresindeki dikili ölü ağaçların mekansal dağılımını etkileyen faktörlerin yorumlanması,
- Kazdağı göknarı meşceresindeki 5 cm ve üzerindeki tüm ağaçların gövde haritalanmasının yapılmasıdır.

2. LİTERATÜR

2.1 Ölü Ağaçlar ve Önemi

Ölü ağaçlar, orman içerisinde kurumuş ya da kurumakta olan dikili ve yatık haldeki ağaçları temsil ederler. Dikili ölü ağaçlar yakın zamanda kurumuş bütün haldeki ağaçlar olabileceği gibi, tepe kısmı kırılmış veya gövdeden kırılmış ağaçlar da olabilirler. Yatık ölü ağaçlar da kendi aralarında farklı kategorilere ayrılabilirler; yakın zamanda devrilmiş, kabukları dökülmüş, çürümeye başlamış ya da çürüme sürecinin sonlarında olanlar gibi.



Şekil 2.1 Orman içerisinde bir ölü ağaç

Ölü ağaçlar orman ekosistemlerinde değişik formlarda olabilirler; örneğin dikili haldeki ve yatık haldeki ölü ağaçlar (Şekil 2.2). Bu ölü ağaçlar, orman

ekosistemlerinde önemli bir bileşendir ve birçok organizma için yaşam alanı olarak hizmet ederler. Özellikle, ölü ağaçların kabuğunda yaşayan ve odun içinde beslenen böcekler, mantarlar ve diğer organizmaların varlığı, orman ekosistemlerinin zenginliği açısından önemlidir (Güneş ve Özkan, 2018).

Ölü ağaçların ekolojik önemi nedeniyle, yönetim stratejilerinin, özellikle ormancılık uygulamalarının, ölü ağaçların korunması ve yaratılması için gerekli düzenlemeleri içermesi gerektiği vurgulanmaktadır (Wermelinger vd., 2017). Bununla birlikte, bazı çalışmalar, ormancılık uygulamalarının ölü ağaçların ayrışmasını hızlandırabileceğini göstermektedir (Böhlen vd., 2018).



Şekil 2.2 Farklı ölü ağaç formları

Ölü ağaçlar ekosistemler için önemli bir kaynak ve hizmet sağlamaktadır. Bu kaynak ve hizmetlerin korunması ve yönetimi, ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından kritik bir önem taşımaktadır. Özellikle, ölü ağaçların yok edilmesi yerine doğal süreçlerle parçalanması ve ekosistemde kalması, organik madde döngüsü ve karbon depolama gibi ekosistem işlevlerini korumak için önemlidir (Wardle vd., 2016). Bu nedenle, ölü ağaçlar hakkında yapılan araştırmalar ve bu araştırmaların yönetim

stratejilerine yansması, doğal ekosistemlerin sürdürülebilirliği için önemli bir adımdır.

Ölü ağaçların ormanlarda birçok farklı ağaç ve yaban hayvanı türünün yaşam alanı olarak kullanılması ekosistem çeşitliliğini arttırmaktadır (Güney vd., 2017). Ölü ağaçlar ormanlarda karbondioksit depolama kapasitesini arttırmakta ve bu nedenle ormanların iklim değişikliği ile mücadelesinde önemli bir rol oynamaktadır (Mölder vd., 2019).

2015 yılından bu yana yapılan çalışmalar, ölü ağaçların ekosistem işlevlerinin yanı sıra biyoçeşitlilik açısından da önemli olduğunu göstermektedir (Johnston vd., 2017). Ayrıca, ölü ağaçların çevresel faktörler, özellikle iklim değişikliği ile ilişkili olarak ne kadar hızlı ayrıştığına dair de çalışmalar yapılmaktadır (Seibold vd., 2016). Bazı çalışmalar, ölü ağaçların ayrışması için gerekli olan organizmaların, özellikle mantarların etkisini incelemekte ve ayrışmanın hızını artıran faktörleri belirlemeye çalışmaktadır (Kahl vd., 2017). Başka bir çalışmada, ağaçların ölü kütlelerinin topraktaki organik karbon stoklarını etkilediği gösterilmiştir (Peng vd., 2018). Ayrıca, ölü ağaçların diğer ekosistem hizmetleri üzerinde de önemli bir etkisi olduğu belirtilmektedir. Örneğin, ölü ağaçlar habitat ve barınak sağlar, toprak erozyonunu azaltır ve su kalitesini artırır (Bebber vd., 2016).

Sonuç olarak, ölü ağaçlar orman ekosistemleri için büyük önem taşımaktadır. Orman yönetimi uygulamalarında, ölü ağaçların korunması ve yönetimi, orman biyoçeşitliliğinin korunması, karbon depolama kapasitesinin artırılması ve toprak besin maddelerinin geri kazanılması için önemlidir. Bu nedenle, ölü ağaçların korunması, orman yönetimi planlamasının önemli bir parçası olmalıdır (Avcı ve Köse, 2016). Ölü ağaçların fonksiyonları bir sonraki başlık altında daha detaylı verilmiştir.

2.2 Ölü Ağaçların Sağladığı Fonksiyonlar

Orman ekosistemlerinde ölü ağaçların sağladığı başlıca ürün ve hizmetleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Biyolojik çeşitlilik

- Karbon depolama
- Bitki besin döngüsü
- Toprak koruma
- Dere hidrolojisi

Ölü ağaçlar, çeşitli organizmalar için pek çok mikro yaşam alanı sağladığı için biyolojik çeşitlilik için oldukça önemlidir (Norden ve Palttlo, 2001). Biyolojik çeşitliliğin ana göstergesi olarak kabul edilmektedirler (Christensen vd., 2005). Birçok bitki, mantar, omurgasız ve omurgalı türü beslenme, yuvalanma ve barınma için ölü ağaçlardan yararlanır (Stokland vd., 2012). Parçalanma, ayrışma ve solunum, ölü ağaçların başlıca ayrışma süreçleridir (Magnusson vd., 2016). Her süreçte farklı türler yer alır ve ayrışmayı destekler. Ardından çürüyen ağaç ve orman zemini arasındaki etkileşim başlar ve mikroplar, omurgasızlar ve omurgalıları toprak-odun arayüzünü sürdürür (Wu vd., 2012).

Ağacın ayrışma sürecindeki her aşamada yaban hayatı türlerinin kullanımlarının değiştiği de tespit edilmiştir (Çolak vd., 2010). Biyoçeşitlilik ve ölü odun arasındaki korelasyon birçok çalışmada incelenmiştir. Doerfler vd. (2018), işletme ve koruma ormanlarında ölü ağaç çeşitliliğini inceledi ve ölü ağaç miktarındaki artışla birlikte tür yoğunluğunun, özellikle ölü ve çürüyen oduna bağlı saproksilik türlerin yoğunluğunun arttığını buldu. Benzer şekilde, Seibold vd. (2016), yüksek düzeyde iğne yapraklı ve geniş yapraklı ölü ağaçların saproksilik böceklerin zenginliği üzerinde olumlu etkisi olduğunu belirtmişlerdir.

Küresel ısınmanın neden olduğu artan sera gazı emisyonları nedeniyle karbon depolaması ile ilgili araştırmalar çok önemlidir. Ölü ağaçlardaki karbon depolamasına ilişkin dünya çapındaki tahminler, dünya ormanlarının toplam karbon depolamasının %8'idir (Pan vd., 2011). Ormanlardaki karbon havuzları, canlı ağaçlardan, dikili kurulardan, yatık kurulardan, örtü altı bitki örtüsünden ve topraktan oluşur. Karbon depolama, ormanlık ekosistemlerde ölü ağaçlardan etkilenen işlevlerden biridir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, toplam orman karbon havuzunun %14'ü ölü odunsu malzemede mevcuttur (USDA, 2004). Bu vesile ile ölü odunların karbon depolama üzerindeki etkileri araştırmacıların ilgi alanlarından biri olmuştur.

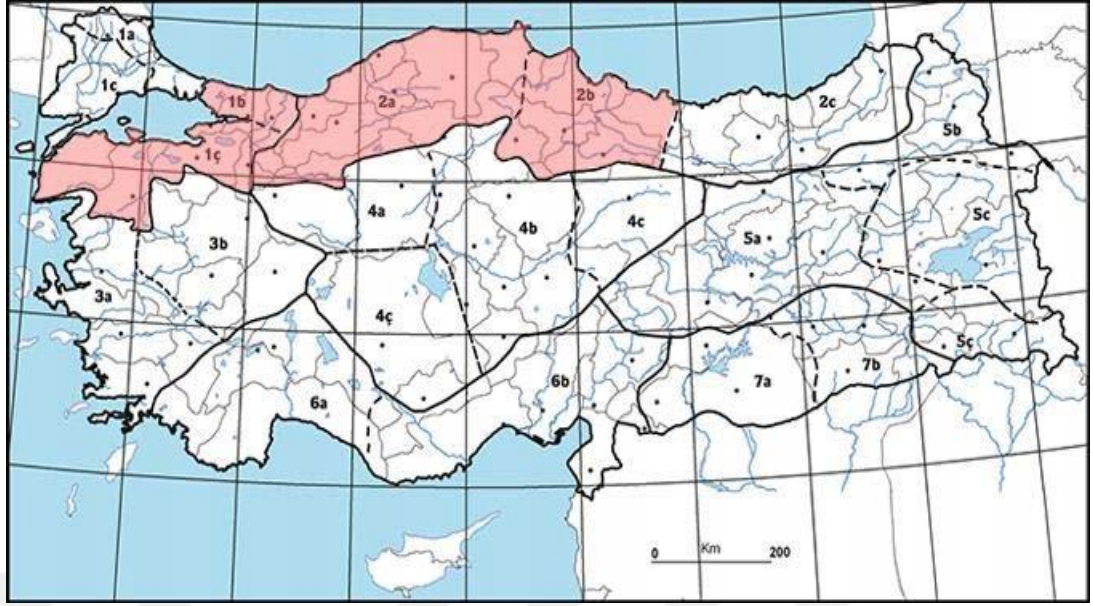
Ölü odun ayrıca nitrojen (N), fosfor (P), potasyum (K), Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg) gibi makro besinleri depolayabilir ve ormanlardaki besin döngüsüne katkıda bulunabilir (Kopra ve Fyles, 2005). Başlangıçta besinler için geçici bir rezervuar görevi görür, ancak zamanla ölü odunların ayrışmasıyla salınır. İyi çürümüş odunda yüksek lignin ve humus vardır ve ölü ağaçlar ayrışırken besinler toprağa nüfuz eder (Wu vd., 2005).

Ormanlar, dünyadaki en önemli tatlı su sağlayan kaynaklardır. Ölü ağaç, ormanlarda su temini ve kalitesini etkileyen bileşenlerden biridir. Ölü ağaçların özellikle nehir kıyısındaki ormanlardaki işlevleri birçok çalışmada vurgulanmıştır (Liu vd., 2004). Ölü ağaçlar genellikle yüzeysel akışı azaltır, böylece ormanlık alanlarda erozyonu önler (McIver ve Starr, 2001). Ölü ağaçlar ayrıca yüksek su tutma kapasitesine sahiptir (Fraver vd., 2002). Ek olarak, akarsuların fiziksel özellikleri, özellikle nehir kenarındaki ormanlarda ölü ağaç dinamiklerinden etkilenir (Naiman vd., 2000). Ölü ağaçlar, şiddetli yağış sırasında hızlı akışı yavaşlatarak nehir kıyısındaki ormanlardaki akarsu kanallarını dengeler (Rose vd., 2001). Bu sayede akarsulara sediment birikimini de azaltır (Naiman vd., 2002).

2.3 Kazdağı Göknaarı Yayılışı ve Silvikültürel Özellikleri

Kazdağı göknaarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) Türkiye'nin kuzeybatısında doğal olarak yayılış gösteren bir türdür. Ülkemizde yayılış yapan türler arasında hem ekonomik hem de ekolojik öneme sahip türlerden birisidir. Odunu oldukça kalitelidir. Göknaar ormanları ayrıca zengin bir biyoçeşitlilik sunmaktadır. Göknaar, Kazdağı Milli Parkı ve çevresi, Kızıldağ, İda Dağı, Spil Dağı ve Bozdağlar gibi yerlerde doğal olarak yetişir (Çetin vd., 2018). Ancak, son yıllarda bu türün yayılış alanı azalmaktadır ve doğal popülasyonları tehdit altındadır (Özkan vd., 2020). Bu nedenle, Kazdağı göknaarının korunması ve gelecekteki yayılışının sürdürülebilirliği için önemli çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Kazdağı göknaarının yayılışı Türkiye coğrafyasında dört bölümde gösterilmiştir (Şekil 2.3). Bu bölümler (1b) Çatalca-Kocaeli Bölümü, (1ç) Güney Marmara Bölümü, (2a) Batı Karadeniz Bölümler, (2b) Orta Karadeniz Bölümü şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Kazdağı göknarının ülkemizde yayılış haritası (Bizimbitkiler, 2013)

Kazdağı Gökarnarı Türkiye'nin endemik iğne yapraklı türlerinden biridir ve ormancılık sektöründe kullanılabilirliği ile ekonomik ve ekolojik öneme sahiptir. Silvikültürel özellikleri, türün yetiştiği bölgenin iklim ve toprak koşullarına bağlı olarak değişebilir. Türün en belirgin özelliği gölgeye olan toleransıdır; bu sebeple gölge ağacı olarak bilinmektedir. Yapılan araştırmalar, Kazdağı Gökarnarı'nın bazı silvikültürel özelliklerini açıklığa kavuşturmuştur. Örneğin, Kazdağı Gökarnarı'nın tohum tutma yılı, fidan sayımındaki başarı yüzdesi, tohumlama kesimi zamanı ve kozalakların toplanma ayı gibi özellikleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Buna göre, Gökarnar için uygulanabilecek gençleştirme metotları, siper etkisinin hem üstten ve hem de yanlardan en etkin olduğu seçme işletmesidir.

Ülkemizde Kazdağı Gökarnarı'nın yayılış yaptığı bölgeler arasında, sınırlı alanlarda aynı yaşlı işletme methodu da uygulanabilmektedir. Kazdağı göknarı ülkemizde geniş alanlarda saf ormanlar kurduğu gibi, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) gibi önemli ağaç türlerimizde karışık ormanlar da kurmaktadır. Bu karışık ormanlar başta ekolojik açıdan önemli olmakla birlikte, ekonomik anlamda da oldukça önemlidirler.

2.4 Gökmar Ormanlarında Ölü Ağaçlar

Gökmar ormanlarında ölü ağaçlar, orman ekosisteminin önemli bir unsuru olarak kabul edilmektedir (Akgöl vd., 2015). Bu ağaçlar, karbon stokları, habitatlar ve biyolojik çeşitlilik gibi ekosistem hizmetleri sağlamaktadır (Yılmaz ve Özkan, 2014). Özellikle seçme gökmar ormanlarında ölü ağaç sayısı ve miktarı diğer ormanlarımıza kıyasla genellikle daha fazladır. Çünkü seçme gökmar ormanlarında meşcere sıklığı aynı yaşlı ormanlara göre genellikle daha fazla, ve seçme meşcereleri tabakalı bir yapıya sahiptir (Genç, 2020). Dolayısıyla gökmar seçme ormanlarında ağaçlar arasındaki rekabet genellikle daha yüksek olduğu için ölü ağaç sayısı da buna paralel olarak genellikle daha fazladır (Odabaşı vd., 2004).

Bununla birlikte gökmar ağacı belirli bir yaşa ve çapa ulaştığında ağacın odununda çürümeler gözlemlenebilmektedir. Bu sebeple hem aynı yaşlı gökmar ormanlarında hem de seçme gökmar ormanlarında kalın çaplı bireylerde kurumalar gözlemlenebilmektedir. Gökmar ormanlarında ölü ağaç miktarını etkileyen bir diğer faktör ise gökmar kabuk böceğidir (Odabaşı vd., 2004). Kabuk böceği popülasyonunun yüksek olduğu gökmar ormanlarında buna paralel olarak ölü ağaç sayısı ve miktarında da artış gözlemlenmektedir (Şimşek, 2003).

Yakın zamanda yapılan bilimsel çalışmalar işletme ormanlarında belirli miktarda ölü ağaç bırakılmasının biyolojik çeşitlilik açısından önemini ortaya koymuşlardır. Gökmar ormanlarında da hektarda 2-4 adet ölü ağaç bırakılması orman şeflerine tavsiye edilmektedir. Ancak, bu ağaçların orman yangınlarına neden olabileceği endişesi, bazı orman yöneticilerinin bu uygulamayı tercih etmemesine neden olmaktadır (Bilgili vd., 2009). Ayrıca, ölü ağaçların gökmar kabuk böceklerinin popülasyonunun artmasına sebep olabileceği düşüncesi de gökmar ormanlarında ölü ağaçların meşcereden çıkarılmasına karar verilmesinde etkili olmaktadır.

2.5 Ölü Ağaç Miktarı Üzerinde Etkili Faktörler

Ölü ağaçlar, ekosistemlerin yapı ve işlevleri açısından önemli bir rol oynamaktadır. Ölü ağaçların miktarı üzerinde birçok faktör etkili olmaktadır ve bu faktörlerin belirlenmesi, orman yönetimi ve korunması açısından önem taşımaktadır. Ölü ağaç

miktarını etkileyen faktörler arasında başlıca orman yönetimi uygulamaları, yangınlar, böcek zararları, hastalıklar ve iklim değişikliği yer almaktadır (Köse vd., 2016).

Orman yönetimi uygulamaları, özellikle ağaç kesimleri ve temizlik faaliyetleri, ölü ağaçların miktarını azaltmaktadır (Yılmaz vd., 2016). Silvikültürel müdahaleler ile kalın ve yaşlı bireyler genellikle alandan uzaklaştırılmaktadır; bu bireyler kuruma potansiyeli daha yüksek bireyler olduğu için bunların silvikültürel müdahaleler ile alandan uzaklaştırılması ölü ağaç miktarını da azaltmaktadır. Ayrıca, işletme ormanlarında düzenli olarak yapılan bakım ve gençleştirme müdahaleleri ile meşcere sıklığı kontrol edilmektedir. Müdahale görmeyen sıkışık ormanlarda ormanlarda rekabet sebebiyle ölü ağaç miktarı genellikle daha fazla olmakta, nispeten daha az sıkışık olan işletme ormanlarında ise ölü ağaç miktarı göreceli olarak genellikle daha az olur.

Ayrıca, yangınların ölü ağaç miktarını artırdığı ve bu artışın uzun yıllar devam edebildiği de gözlemlenmiştir (Sarıyıldız, 2015). Yangının şiddetine ve ağaç türüne bağlı olarak yangın süresince bazı ağaçlar zarar görmekte ve yangın sonrasında kurumaya başlamaktadır. Böcek zararları ve hastalıklar da ölü ağaç miktarını artıran faktörler arasında yer almaktadır (Ercanlı vd., 2015). Özellikle kitlesel böcek istilaları ve hastalık salgınları meşcerelerde birçok ağacın kurummasına sebep olabilmekte ve ölü ağaç sayısı ve miktarını arttırabilmektedir.

Bunun yanı sıra, iklim değişikliği de ölü ağaç miktarını etkilemektedir ve artan sıcaklıklar ve kuraklık, ölü ağaçların miktarını artırmaktadır (Şensoy vd., 2017). Küresel ısınma sebebiyle, bazı bölgelerde kurak gün sayısı artmakta, yağış miktarları ise azalmaktadır. Kuraklığa hassas türlerden oluşan ormanlarda bu olumsuzlukların yarattığı zarar genellikle daha yüksek olur.

Orman tipi, ağaç türleri, meşcere yaşı ve coğrafi konum, ormanlardaki ölü odun miktarını etkileyen diğer faktörlerdir (Christensen vd., 2005; Stokland vd., 2012). Örneğin, aynı yaşlı ormanlara kıyasla değişik yaşlı ormanlarda nispeten daha fazla ölü ağaç olduğu varsayılmaktadır. Doğal distörbanlar (örneğin fırtına, sel, hortum,

yıldırım gibi) da orman içerisinde bireysel veya kitlesel ağaç ölümlerine sebep olarak ölü ağaç miktarını arttırabilirler.

Ormanlar hem biyolojik çeşitliliğin korunması hem de odun üretimi için gerekli olduğundan, ölü ağaç yönetimi yaklaşımlarının uygulamaları zorlu olmuştur (Vitkova vd., 2018). Tek tek ağaçların (canlı), kökünden sökülmüş ağaçların ve mevcut engellerin tutulması gibi ormanlardaki ölü ağaç seviyesini artırmak için çeşitli yaklaşımlar tanımlanmıştır. Birden fazla ölü ağaç yönetimi yaklaşımının birlikte uygulanması, daha yüksek ölü ağaç sayısı, hacmi ve çeşitliliği sağlayabilmektedir (Ranju vd., 2014).

2.6 Ölü Ağaçların Dağılımını Etkileyen Faktörler

Ölü ağaçların dağılımı, orman ekosistemlerinde önemli bir rol oynamaktadır ve bu dağılımı etkileyen faktörler, orman ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi için önemlidir. Bu nedenle, ölü ağaçların dağılımını etkileyen faktörlerin belirlenmesi, orman ekosistemlerinin yönetimi açısından son derece önemlidir.

Ölü ağaçların dağılımını etkileyen pek çok faktörün olduğu görülmektedir. Bu faktörler arasında doğal nedenler, insan etkisi, bitki ve hayvan türleri ve toprak özellikleri gibi unsurlar yer almaktadır. Doğal nedenler arasında orman yangınları, sel, rüzgar ve çürüme gibi faktörler yer almaktadır (Şensoy ve Can, 2019). Özellikle bitki örtüsü, ölü ağaçların dağılımını en fazla etkileyen faktörlerden biri olarak görülmektedir. Bitki örtüsü, toprak özellikleri, iklim ve antropojenik etkiler gibi birçok faktörün ölü ağaçların dağılımı üzerinde etkili olmaktadır (Karakaş, 2021).

Toprak özellikleri de ölü ağaçların dağılımını etkileyen önemli faktörler arasındadır. Toprağın pH'ı, toplam azot ve nem içeriğinin ölü ağaçların dağılımı ile ilişkilidir (Akyol ve Akgül, 2020). Ayrıca, iklim koşulları da ölü ağaçların dağılımı üzerinde belirleyici bir faktördür. Nem oranı, sıcaklık ve yağış ölü ağaçların dağılımı üzerinde etkili olmaktadır (Karakaş, 2021).

Son olarak, antropojenik etkilerin de ölü ağaçların dağılımı üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir. Özellikle orman yönetimi, ormansızlaşma ve yangın gibi etkilerin ölü

ağaçların dağılımı üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Korkmaz, 2018). Tüm bu faktörlerin ölü ağaçların dağılımını etkilediği, ancak bu etkilerin birbirleriyle bağlantılı olduğu ve bir faktörün diğerlerini de etkileyebildiği de unutulmamalıdır (Akyol ve Akgül, 2020).



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı

Bu tez çalışması Kastamonu il sınırı içinde bulunan, Sinop 10. Bölge Müdürlüğüne bağlı olan Ilgaz Dağı Milli Parkı Şefliği içerisinde yer alan 8 nolu bölme sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir. Ilgaz Dağı Milli Parkı, %90'ı ormanlık olan 1117,6 hektarlık bir alana sahiptir. Alan 1976 yılında Türkiye Orman Bakanlığı tarafından milli park olarak onaylanmıştır ve o zamandan beri alanda hiçbir silvikültürel faaliyete izin verilmemektedir. Ilgaz Dağı Milli Parkı ormanlarına Kazdağı göknarı ve Sarıçam ağaçları hakimdir. Ilgaz Dağı Milli Parkı, 1976'dan beri turizm ve rekreasyon amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Ardıç (*Juniperus communis* var. *saxatilis* Pall.), meşe (*Quercus*), sakız ağacı (*Pistacia lentiscus* L.), fundalık (*Erica arborea* L.), fındık (*Corylus avellana* L.), kızılıçık (*Cornus mas* L.) ve böğürtlen (*Rubus fruticosus* L.) Ilgaz yöresinde en yaygın olarak bulunan meşcere alt tabaka bitkileridir.



Şekil 3.1 Kastamonu ilinin ülkemizdeki lokasyonu

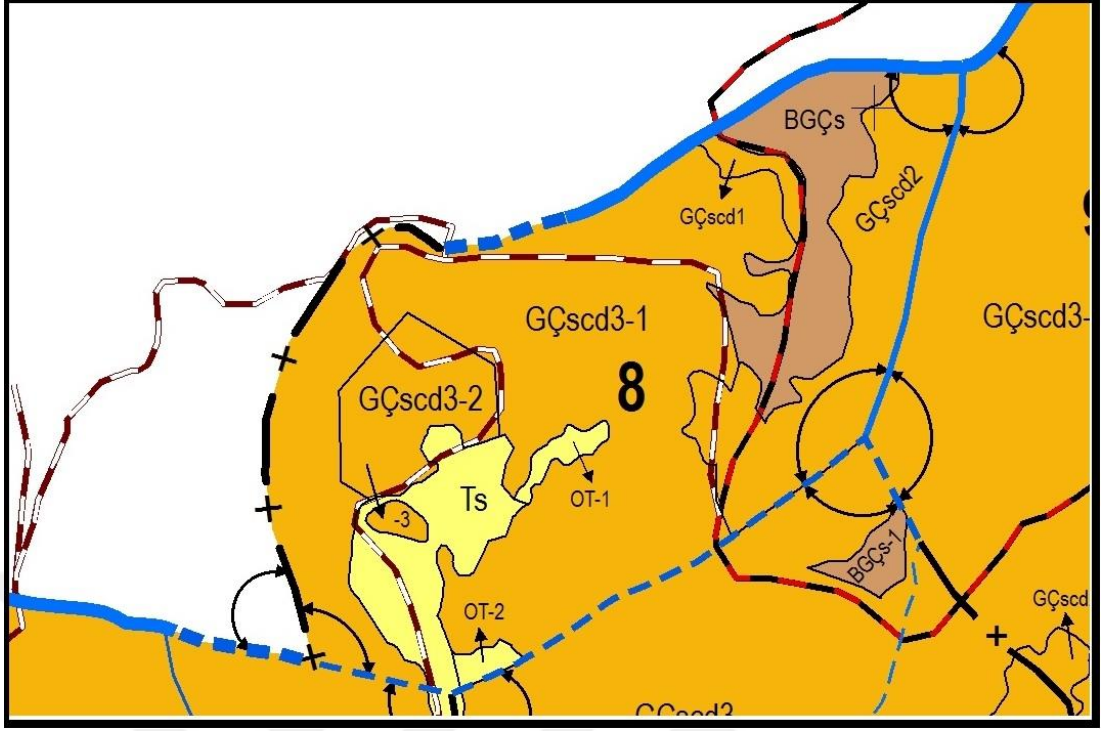
Çalışma alanı ülkemizin kuzeyinde orta Karadeniz kıyı şeridinde yer almaktadır (Şekil 3.1). Çalışma alanı, tipik bir Karadeniz iklimine sahiptir. Bölgede kışları serin ve yağışlı, yazları ise kurak ve nemli geçer. Yıllık ortalama sıcaklık yaklaşık 5,1°C derece iken yağış miktarı ise yaklaşık 836 mm civarındadır. Araştırmanın gerçekleştirildiği

bölgede ormanlar baskın bitki örtüsüdür ve bitki çeşitliliği oldukça zengindir (Şekil 3.2). Çalışma bölgesinde yükselti 1000-1900 m arasında değişirken, çalışma parseli 1800-1850 m kotlarında kurulmuştur. Vegetasyon mevsimi, Nisan ayı sonundan Ağustos ayı sonuna kadar yaklaşık 137 gün sürer. Topografya, çalışma bölgesi genelinde %12 ila %60 arasında değişen eğimlerle temsil edilmektedir. Ilgaz yöresinin hakim toprak grubu ise kahverengi kireçlidir.



Şekil 3.2 Çalışma alanı uydu görüntüsü

Bu tez çalışmasında meşcere tipi olarak göknar-sarıçam seçme ormanı seçilmiştir. Aşağıda, seçilen meşcere tipinin nitelikleri sıralanmıştır. Göknar-sarıçam seçme ormanı için 8 Nolu Bölme GÇscd3-1 meşceresinde çalışılmıştır (Şekil 3.3). Deneme alanı alınan bölme rakımı ortalama 1800 metredir. Kuzeydoğu bakıda ortalama %25 eğimde ve 3 kapalılıkta bir sahadır. Bu bölmede üretim yapılmamaktadır çünkü korunan alanlar kapsamında milli park sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışmanın gerçekleştirildiği bölmenin hakim bakışı kuzeydir.



Şekil 3.3 Çalışma alanı meşcere haritası

3.2 Çalışma Deseni ve Ölçümler

Bu tez çalışması için dikili ölü ağaçların dağılımının tespit edilmesi amacıyla doğal meşcere dinamiklerinin hüküm sürdüğü koruma ormanları tercih edildiğinden dolayı bu çalışma için Ilgaz Dağı Milli Parkı çalışma alanı olarak tercih edilmiştir. Çalışma alanı parseli yaklaşık 4 hektar büyüklüğünde ve dikili ölü ağaç dağılımının ağaç türüne göre farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla Kazdağı göknarı ve sarıçam'dan oluşan karışık GÇscd3-1 meşceresi içinden seçilmiştir.

Öncelikle deneme parseli içerisinde bir referans noktası belirlenmiş ve koordinatları el tipi GPS yardımı ile kaydedilmiştir (Şekil 3.4). Daha sonra referans noktasından görülebilen tüm ağaçların referans noktası ile arasındaki mesafeler TruPulse 360 lazer cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 3.5). Ayrıca her ağacın referans noktasından sapma dereceleri (yani kuzeyden sapma; azimut) da pusula kullanılarak kaydedilmiştir (Şekil 3.6). İlk referans noktasından görülebilen tüm ağaçlar kaydedildikten sonra ikinci bir referans noktası oluşturuldu ve seçilen çalışma parselindeki tüm ağaçlar kaydedilene kadar aynı prosedür takip edilmiştir.



Şekil 3.4 Referans noktaların koordinatlarının gsp yardımıyla alınması



Şekil 3.5 Ağaçların merkez noktasına olan uzaklığının lazer metre ile ölçülmesi



Şekil 3.6 Pusula ile ağaçların referans noktasına olan sapma açılarının ölçülmesi

Her bir ağacın bireysel koordinatlarını belirlemek için, referans noktalarının koordinatları ve ağaçların ilgili referans noktalarından uzaklıkları ve azimut değerleri kullanılmıştır. Arazi çalışması yapılan parsel içerisinde toplam 10 adet referans noktası alınmıştır (Şekil 3.7). Bu referans noktalar seçilirken, hata payını minimize etmek adına meşcereyi eşit parçalara bölmesi amaçlanmıştır. Merkez nokta alınan alanlar ortalama 1500m rakımda, %20 eğimde ve 3 kapalılıktadır.



Şekil 3.7 Deneme parseli içinde alınan referans noktalarının konumu

Çalışma parseli içerisinde referans noktasından görülebilen göğüs yüksekliğindeki çapı (d1.3) 5 cm'den büyük olan bütün ağaçların çapları ölçülerek kayıt edilmiştir (Şekil 3.8). Çapı ölçülen ağaçların türü kayıt edildi ve canlı-ölü durumlarının ne olduğu da kayıt altına alınmıştır.



Şekil 3.8 Ağaçların kumpas yardımıyla çaplarının ölçülmesi

3.3 Analiz ve Hesaplamalar

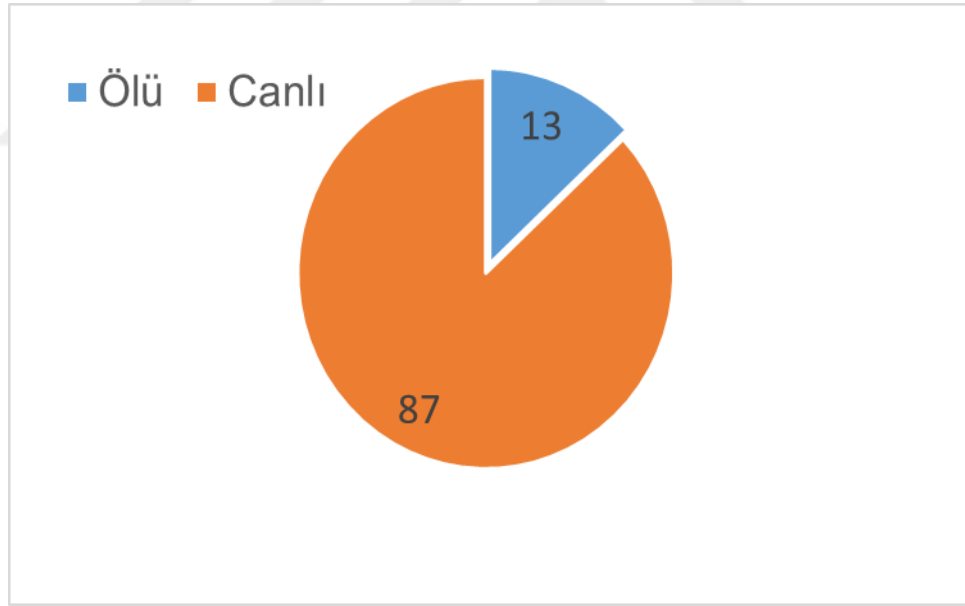
Çalışma sahasındaki tüm ağaçların gövde haritası (stem mapping), standart prosedürler kullanılarak ArcMap programı yardımıyla yapılmıştır. Çalışma parselindeki bütün ağaçların bireysel koordinatları tespit edildikten sonra bu veriler ArcMap programına eklenerek ve ağaçların gövde haritaları oluşturulmuştur. Çalışma parselindeki hem tüm ağaçların hem de dikili ölü ağaçların ortalama en yakın komşu mesafesini hesaplamak için ArcMap'teki “Ortalama En Yakın Komşu Analizi” (Average Nearest Neighbor Analysis) kullanılmıştır. Ayrıca, noktasal dağılımın kümelenmiş, rastgele veya dağınık olup olmadığını görmek için ArcMap'te Ripley'nin k-fonksiyonu analizi kullanılmıştır. Tüm ağaçların ve dikili ölü ağaçların mekansal dağılım modelinin görsel değerlendirmesi de ArcMap kullanılarak yapılmış ve yorumlanmıştır. Dikili ölü ağaçların dağılımına etki eden faktörlerin (kalın canlı ağaçlar, diğer türlerin varlığı, meşcere sıklığı gibi.) tespiti için gövde haritaları görselleri kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Çalışma alanında GSçcd3-1 meşceresinden seçilen yaklaşık 4 hektarlık parsel içinde, gps yardımıyla belirlenen 10 referans noktası yardımıyla toplamda 652 ağaç tespit edilerek kaydedilmiştir. Bu verilere ilişkin türlere göre ağaç sayısı dağılımı ve ağaç durumuna göre (yani canlı - ölü) ölçülen ağaç sayıları (Tablo 4.1) aşağıda verilmiştir. Ölçülen ağaçların büyük çoğunluğu (%87) canlı iken %13'ünün dikili ölü ağaç olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1).

Tablo 4.1 Türlere göre ağaç sayısı dağılımı

Ağaç Türü	Canlı Ağaç Sayısı	Ölü Ağaç Sayısı	Toplam
Kazdağı Göknarı	548	83	631
Sarıçam	19	2	21



Şekil 4.1 Ölü ağaç sayısının tüm ağaç sayısına oranı

Tablo 4.2 deneme parselinde kayıt altına alınan ağaçların çap sınıflarına dağılımı göstermektedir. Deneme parselinde ağaçların çapları 5 cm ile 110 cm arasında değişirken, ortalama ağaç çapı 33,2 cm olarak hesaplanmıştır. Deneme parselinin ortalama göğüs yüzeyi alanı ise 20,7 m²/ha olarak hesaplanmıştır. Meşcere üst tabakasında yer yer küçük açıklıklar olmasına karşın, deneme parseli genel itibarıyla yüksek kapalılık ve sıklık derecesine sahiptir (Şekil 4.2).

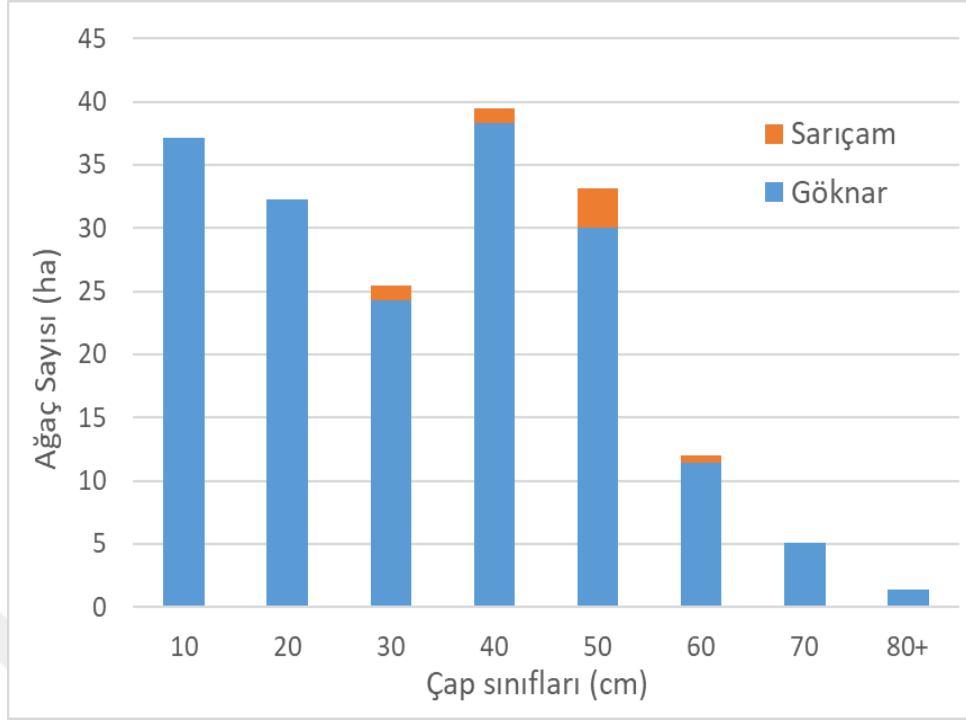


Şekil 4.2 Deneme parselinin genel kapalılık ve sıklık derecesi

Tablo 4.2 Çalışma alanındaki ağaçların çap sınıflarına dağılımı

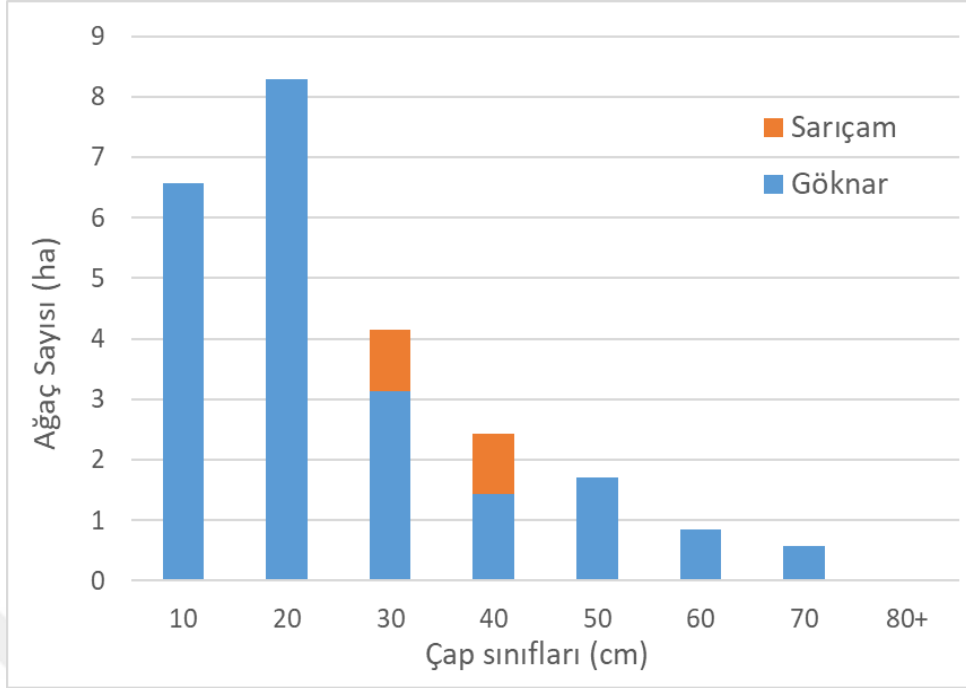
Çap Sınıfı	Referans Noktaları									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6		4	1		2		3		4	2
8		3	1	4	3	1	3	5	4	2
10		5	3	4		4	3	6	6	
12	4	8	2	5	1	1	2	2	5	3
14	2	4	2	3	2	3	3	1	5	1
16	1	7	2	4	1	2	1	1	2	2
18		8	1	3		1	2	4	5	1
20	5	3		2		2	1	5	11	1
22	3		1	1		1	3	3	2	1
24		4	4	1	1	2	1	6		1
26		4		1			2	4	2	2
28	2	6	1	1			1	3	1	
30	2			4					2	2
32	2	5		4		3	1	5	1	2
34	2	7	1	3	1	1	3	1	3	1
36	3	8	1	5		1	2	1	3	1
38	3	4	1	10	1	1	2	3	4	1
40	6	6	4	3				5	4	1
42	2	6	4	5	2		5	4	2	2
44	6	7	1		1		1	3	2	1
46	4	4	1	3	1		3	4	2	1
48	1	3	2	1	1	2	2	5	3	1
50	1	6	1	6				4	3	1
52	2	6	2	5	1	1	4	4	3	2
54	1	3		2	1	4	4	2		1
56		1	1		1	1	1	1	4	1
58		4		2		1	1		2	3
60	1	1					1		1	1
62	2	2					1	1	2	2

Deneme parseli değişik-yaşlı bir meşcere yapısı göstermektedir (Şekil 4.3). Değişik-yaşlı meşcerelerin tipik yapısı olan ters-J eğrisine benzer bir yapı söz konusudur. Yani, her çap sınıfında ağaç mevcuttur. En fazla ağacın bulunduğu çap sınıfı 40 cm çap sınıfıdır. Deneme parselinde 50 cm yukarısındaki çap sınıflarında ağaç sayısı azalmaktadır (Şekil 4.3). Gökmar türü her çap sınıfında gözlemlenirken, sarıçam 30; 40; 50 ve 60 cm çap sınıflarında kayıt edilmiştir.



Şekil 4.3 Ölçülen ağaçların türlere ve çap sınıflarına göre dağılımları

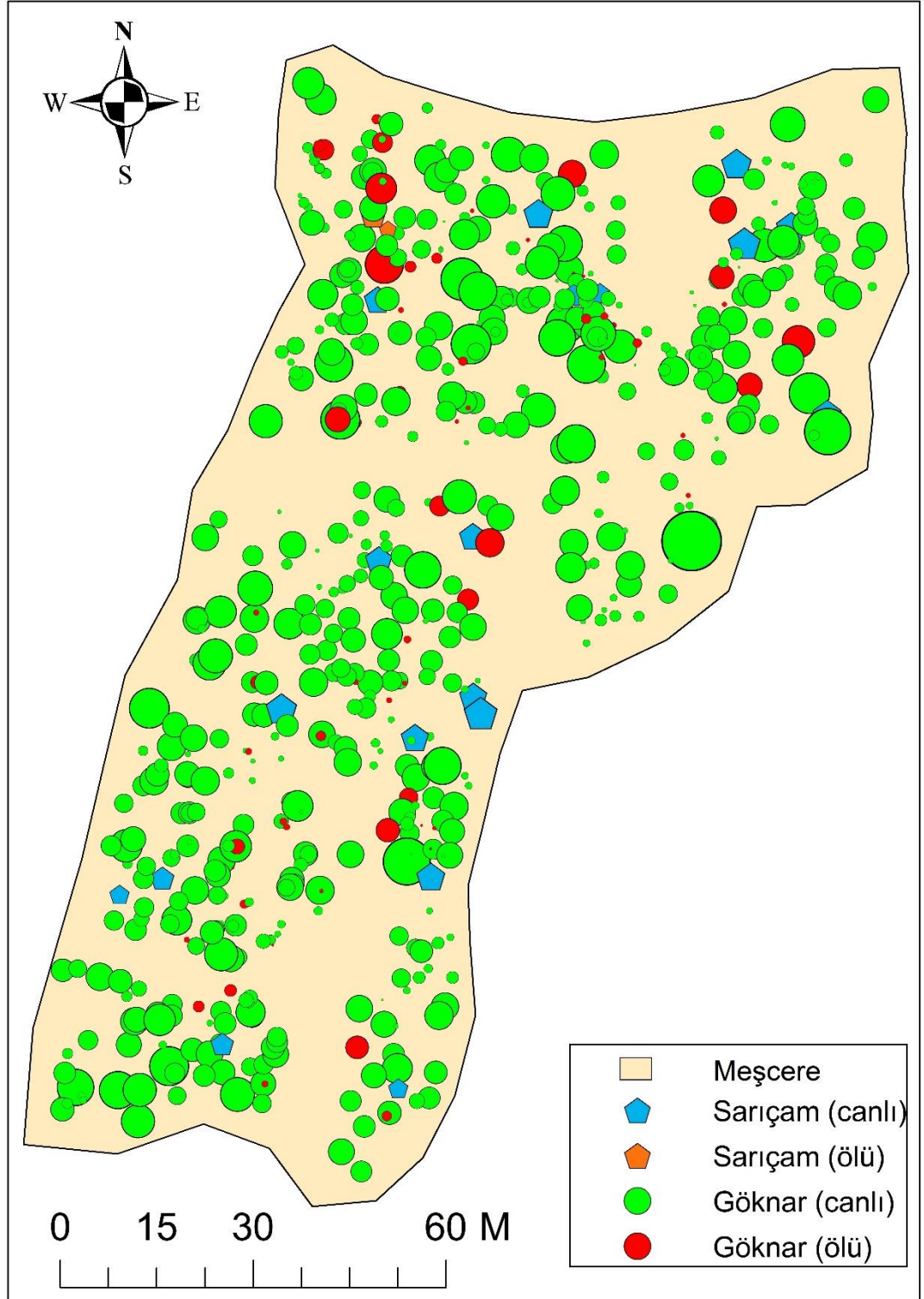
Deneme parselinde kayıt edilen ölü ağaçların yaklaşık %80'inin 10; 20 ve 30 cm çap sınıfında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4). Parselde ağaçların çap sınıflarına dağılımı göz önüne alındığında, dikili ölü ağaçların daha çok üst tabakada olmayan bireyler olduğu görülmektedir. Bu sınıflardaki dikili ölü ağaçların tamamı gökmar türüne aittir. Çalışma alanındaki en kalın ölü ağacın ise 70 cm çap sınıfında olduğu görülmüştür. Dikili ölü ağaç sayısı çap sınıfı arttıkça azalmaktadır (Şekil 4.4). Sarıçam türüne ait dikili ölü ağaçların ise sadece 30 ve 40 cm çap sınıfında oldukları ve sınırlı sayıda oldukları belirlenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Ölü ağaçların türlere ve çap sınıflarına göre dağılımları

Şekil 4.5 deneme parselindeki kayıt edilen bütün ağaçların gövde haritasını göstermektedir. Harita üzerindeki şekillerin boyutları ağaçların çaplarına göre düzenlenmiştir. Gövde haritası meşcere içerisinde yer yer küçük açıklıkların olduğunu, bazı kısımlarda ise ağaçlarda yığılmalar olduğunu göstermektedir (Şekil 4.5). Bu çalışmada ağaçların tepe genişlikleri ölçülmemiş sadece çaplar ölçüldüğü için harita üzerinde ağaçları temsil eden şekillerin boyutları harita ölçeğiyle aynı değildir. Dolayısıyla, parseldeki kapalılık oranı ve açıklıkların büyüklüğünün de harita ölçeğiyle aynı olmadığı unutulmamalıdır.

Dikili ölü ağaçların daha çok parselin kuzey kısmındaki ağaç sıklığının nispeten yoğun görüldüğü kısımlarda olduğu görülmektedir. Bu kısımdaki ölü ağaçların parselin güney kısımlarındaki ölü ağaçlara kıyasla daha kalın çaplı oldukları görülmektedir (Şekil 4.5). Parsel içerisindeki ölü ağaçların gökmar türüne ait olduğu açıkça görülebilmektedir.



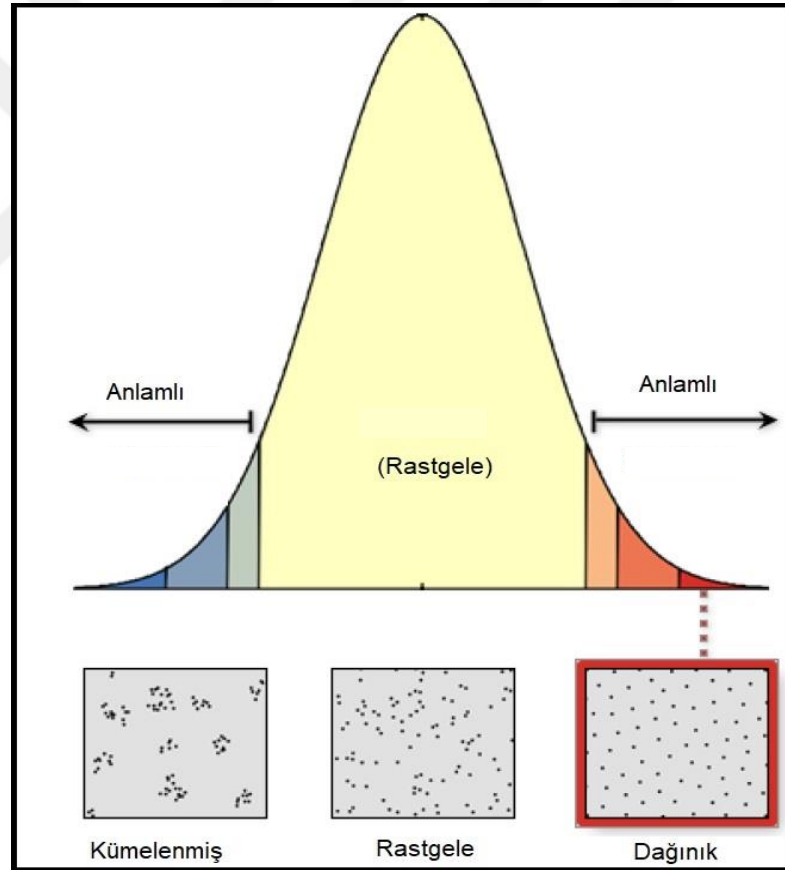
Şekil 4.5 Çalışma alanı içindeki ağaçların gövde haritası

Her bir ağacın ortalama olarak bir diğerinden ne kadar uzakta olduğu anlamına gelen “gözlemlenen ortalama mesafe” 1,97 m olarak hesaplanmıştır. Örnekleme alanı boyunca rastgele bir dağılıma dayalı olarak beklenen ortalama mesafe, her ağaç arasında 0,33 m olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.3). “Ortalama En Yakın Komşu

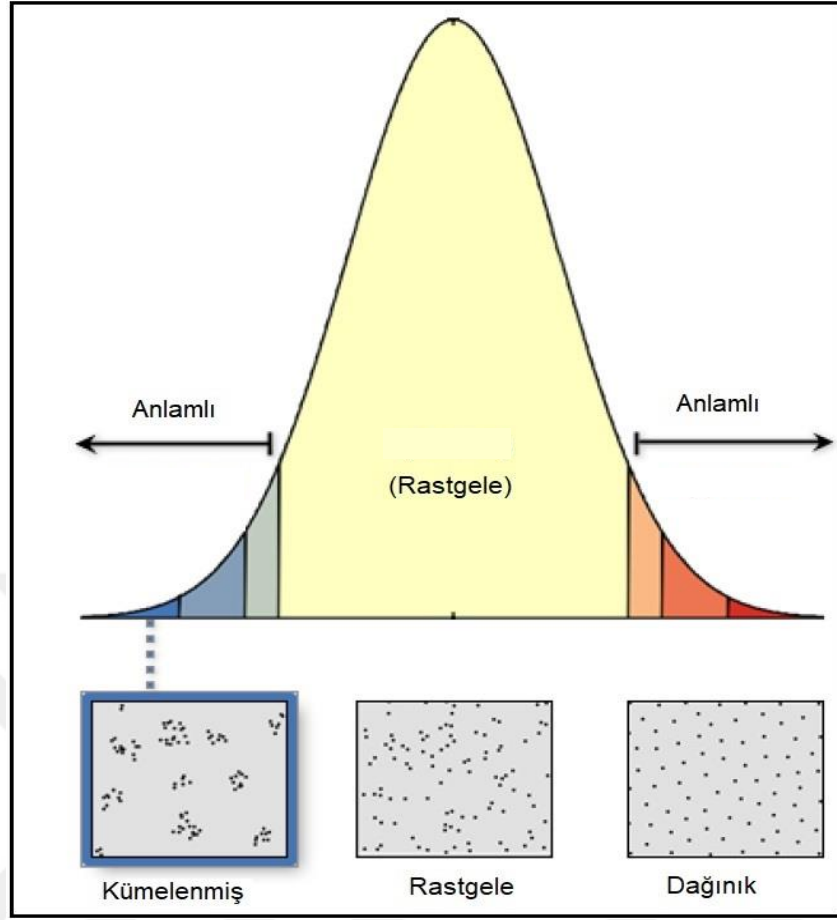
Analizi” (Average Nearest Neighbor Analysis) analizine göre, çalışma meşceresindeki tüm ağaçların dağılım deseninin “dağınık” olduğu (Şekil 4.6), ölü ağaçların deseninin ise kümelenmiş olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.6).

Tablo 4.3 Ortalama en yakın komşu analizi özeti

Değişkenler	Tüm Ağaçlar	Ölü Ağaçlar
Gözlemlenen ortalama mesafe (m)	1,917	4,785
Beklenen ortalama mesafe (m)	0,33	6,310
En yakın komşu oranı	56,52	0,758
z-skoru	2712,4	-4,185
p-değeri	0,0000	0,0001



Şekil 4.6 Tüm ağaçların ortalama en yakın komşu analizi grafiği



Şekil 4.7 Ölü ağaçların ortalama en yakın komşu analizi grafiği

5. TARTIŞMA

Kazdağı göknarının bütün çap sınıflarında bulunması türün gölge toleransı ile ilişkilendirilebilir (Kara ve Lhotka, 2020). Çünkü göknar yüksek kapalılık ve sıklık derecelerinde bile hayatta kalabilir ve büyüyebilir (Odabaşı vd., 2004). Meşcere kanopisinde yeni açılan bir alan genellikle genç bireyler tarafından doldurulur çünkü bir meşcerede açıklık oluştuğunda ışık ve diğer besinler için rekabet genellikle azalabilmektedir (Avery vd., 2004). Sarıçam'ın genellikle kalın çap sınıflarında olması ise türün ışık ağacı olmasıyla yakından ilgilidir; sarıçam insan kaynaklı bir müdahalenin olmadığı bu gibi bir meşcere koşullarında (yani koruma ormanlarında), göknarın hakim olduğu bir sahada tekrardan sahaya gelmesi imkansızlaştığı için ince çap sınıflarında görülmemiştir (Varol vd., 2022).

Bu çalışmada deneme parselinde oldukça fazla sayıda ölü birey tespit edilmiştir. Yapılan bilimsel çalışmalar, koruma ormanlarında işletme ormanlarına kıyasla genellikle daha fazla dikili ölü ağaç olduğunu ortaya koymuştur (Keren ve Diaci, 2018). Koruma ormanlarında nispeten daha fazla dikili ölü ağaç olması genellikle meşcere sıklığıyla ilişkilendirilir (Kara ve Lhotka, 2020), çünkü işletme ormanlarında yapılan düzenli silvikültürel müdahaleler bireyler arasındaki rekabeti kontrol altına alabilir ve rekabet kaynaklı ölüm riskini azaltabilir. Ayrıca, işletme ormanlarında kalın çaplı ve yaşlı birey sayısının az olması da dikili ölü ağaç sayısının bu ormanlarda nispeten az olmasına sebep olabilir (Gauthier vd., 2018). Bu çalışma ile uyumlu olarak, koruma ormanlarında 40 cm ve daha kalın çapta dikili ölü ağaç sayısının hektarda 8-10 adet olabileceği belirtilmiştir (McGee vd., 1999; Youngblood vd., 2004). Koruma ormanlarında bu zengin miktardaki dikili ölü ağaç miktarı, koruma ormanlarının işletme ormanlarına nazaran daha zengin bir biyoçeşitlilik barındırmasına sebep olmaktadır (Harmon vd., 1986).

Bu çalışmada dikili ölü ağaçların daha çok ince çap sınıflarında (yani 10 ve 20 cm) olduğu görülmektedir. Parselde ağaçların çap sınıflarına dağılımı göz önüne alındığında, dikili ölü ağaçların üst tabakada olmayan bireyler olduğu görülmektedir. Deneme parselinin koruma ormanı içerisinde olması sebebiyle kapalılığı yüksek ve

sıkışıklığı da nispeten fazladır (Şekil 4.3.). Dolayısıyla üst tabakada bulunmayan bu göknarlar, her ne kadar gençlik dönemlerinde gölge toleransları fazla olsa da (Saraçoğlu, 1988), ilerleyen dönemlerinde üst tabakaya çıkmak için yeterli ışık alamayıp ölmeye başlamış olabilirler (Genç, 2020; Kara ve Topaçoğlu, 2018). Fakat Kazdağı göknarının %3 gibi çok düşük ışık entansitelerinde bile 100 yıldan daha uzun sürelerde hayatta kaldığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (Tandoğan, 2021). Işık, ağaç türlerinin meşcerelerde üst tabakaya çıkmalarındaki en önemli faktördür (Daryaei vd., 2019). Yapılan benzer bir çalışmada, Gray ve Spies (1996) meşcere yapısının ve meşcere içine giren ışık miktarının üst tabakada bulunmayan bireylerin meşcere üst tabakasına çıkmasında önemli bir etken olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ayrıca genç bireylerin büyüme potansiyelleri daha fazladır (Akbenar ve Keshavarz, 2005); dolayısıyla, çalışma alanındaki gibi kapalı ve sık meşcerelerde bireyler arasındaki ışık, su ve besin rekabeti genellikle daha fazla olduğu için üst tabakada bulunmayan bireylerin yeterli oranda ışık, su ve bitki besin maddesine ulaşamaması da onların ölüm oranlarının yüksek olmasına sebep olabilir (Odabaşı vd., 2004). Gövde haritasına bakıldığında da, ölü bireylerin daha çok parselin sıkışık bölgelerinde yoğunlaştığı görülmekte, ve bu kısımlarda bireyler arasındaki doğal rekabetin fazla olabileceği tahmin edilmekle birlikte ölümlerin kar kırığı, rüzgar devriği gibi doğal etmenlerle gerçekleşmiş olabileceği de düşünülmektedir.

Çalışmada dikili ölü ağaçların daha çok göknar türü olduğu, sarıçamda ise ölü birey sayısının yok denecek kadar az olduğu görülmektedir. Bunun birkaç sebebi olabilir. Öncelikle meşcerede sarıçam oranının düşük olması ölü sarıçam sayısının da az olmasına sebep olmaktadır. Meşcerede sarıçamların kalın çap sınıfında oldukları görülmektedir. Dolayısıyla bir ışık ağacı olan sarıçam meşcerede hakim tabakada ve baskın durumdadır. Ayrıca sarıçam göknara kıyasla daha derine inen kazık kök oluşturduğu için sarıçamın maruz kaldığı toprak-altı rekabetinin nispeten daha düşük olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, sarıçamın idare süresinin ve yaşam süresinin göknara kıyasla daha uzun olması da ölü sarıçam bireylerinin sayısının göknara kıyasla daha düşük olmasına sebep olmuş olabilir (Asan, 1998).

Seçme işletmesi uygulanan Gökmar ormanlarında gaye çapı genellikle 50-55 cm arasında seçilmektedir. Orman şefleriyle yapılan görüşmelerde, gaye çaplarının belirlenmesindeki en önemli kriterin gökmarın kalın çapa ulaştığında odununda çürümeler gözlemlenmesi olduğu ifade edilmektedir. Dolayısıyla, gökmarde ileriki çaplarda meydana gelen bu çürüme olayı, kalın gökmar bireylerindeki dikili ölü ağaç sayısı üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir.

Deneme parselinde küçük boyutta birçok meşcere açıklığı tespit edilmiştir. Bu küçük açıklıkların başlıca sebebi çok sayıda canlı ve ölü ince çap sınıfında birey bulunmasıdır. Benzer şekilde Bianchi vd. (2021) sup-alpin basamaktaki Norveç ladini ormanlarında (*Picea abies* L.) canlı ve dikili ölü ağaçların mekansal dağılımı incelemiş ve çok sayıda ince çaplı bireyler sebebiyle meşcere üst tabakasında birçok küçük ölçekli açıklık olduğunu belirlemişlerdir. Bu durum genellikle ağaçlar arasındaki yakın mesafe ile ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada da ağaçlar arasındaki ortalama mesafenin nispeten küçük olması (<2 m), bulgularımızın literatür çalışmalarıyla örtüştüğünü göstermektedir. Bianchi vd. (2021) de ağaçlar arasındaki ortalama mesafelerin azalmasının daha küçük kanopi boşluklarına neden olabileceğini belirtmişlerdir. Meşcerelerdeki daha büyük çaptaki açıklıklar, genellikle çığ ve rüzgar devriği gibi büyük çaplı doğal distörbanslar sonucu oluşurlar (Svoboda vd., 2010)

Kanopi boşlukları ayrıca ağaçların kümelenmiş desenlerini de oluşturabilir (Stewart, 1989). Kanopi boşluklarına yakın ve çevresinde nispeten daha büyük ağaçların varlığı, bu boşlukların belirli büyük ağaçların ölmesinden kaynaklanmış olma olasılığını artırır. Bu tür kanopi boşluklarına tipik olarak rüzgar devrikleri, böcek zararı, hastalıklar, yıldırım gibi etmenler neden olabilmektedir, çünkü bu ağaç türleri tipik olarak bu gibi distörbansların sıklıkla meydana geldiği bir alanda görülürler (Kara ve Lhotka, 2020). Bir veya daha fazla yaşlı ağaç fırtınalar, böcekler, hastalıklar veya yıldırım nedeniyle kurduğunda kalan boşluk ya mevcut bireyler tarafından ya da yeni gelecek bireyler tarafından doldurulur. Küçük kanopi boşlukları, büyük ağaçlar arasındaki yeraltı kaynakları için olan rekabetten de kaynaklanabilir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada bir Kazdağı göknarı meşceresinde canlı ve dikili ölü ağaçların mekansal dağılımları incelenmiştir. Çalışmada bireyler arasında kısa mesafe tespit edilmiştir. Bu sebeple meşcere kanopisinde küçük çaplı açıklıklar mevcuttur. Çalışmada ayrıca doğal rekabet kaynaklı olarak çok sayıda dikili ölü ağaç tespit edilmiştir ve kar devriği, rüzgar devriği gibi doğal etmenlerinde ölü ağaç sayısı üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Dikili ölü ağaçların genellikle üst tabakada bulunmayan göknar bireylerine ait olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak, bu çalışma, meşceredeki bireyler arasında komşuluk etkileşimlerini tespit etmek için ağaç sıklığında kapsamlı ve ayrıntılı mekansal verilerin önemini vurgulamaktadır. Ormanda gençleşmenin ormanın sürdürülebilirliğinin çok önemli bir aşamasını temsil etmesine ve nihayetinde orman meşcere dinamiklerinin önemli bir faktörü olmasına rağmen, bu tür veriler, genellikle orman envanterlerine kaydedilmez. Meşceredeki sıklık, kapalılık, doğal rekabet ve kar-rüzgar devriği gibi doğal etmenler sonucunda meydana gelen ölü ağaçların dağılımının iyi biçimde tespit edilmesi sürdürülebilirlik açısından önem taşımaktadır. Ülkemiz ormanları tür çeşitliliğini açısından oldukça zengin olduğundan, benzer çalışmaların farklı türlerde de yapılmasının faydalı olacağı düşüncesindeyim

KAYNAKLAR

- Abkenar, K. T., & Keshavarz, M. (2005). Influence of light condition on quality and quantity characteristics of beech (*Fagus orientalis lipsky*) sapling in north of Iran. *Asian Journal of Plant Sciences*, 4(3): 261-263.
- Akgül, M., Bilgili, E., & Güneş, Ü. (2015). Gökmar (Abies bornmülleriana) ormanlarında ölü odun miktarının belirlenmesi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 15(1), 89-97.
- Akyol, A., & Akgül, M. (2020). Ölü ağaçların dağılımı ve bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 4(2), 19-28.
- Akyol, A., & Akgül, M. (2020). Meşe ormanlarında ölü odun dağılımını etkileyen çevresel faktörler. *Journal of Environmental Biology*, 18(2), 1-8.
- Asan, Ü. (1998). Fonksiyonel planlamada idare süreleri ve amaç çapları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 48: 23-40.
- Avcı, M., & Köse, N. (2016). Ölü ağaçların korunması ve yönetimi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(2), 199-204.
- Avery, C.R., Cohen, S., Parker, K. C., & Kush, J.S. (2004). Spatial patterns of longleaf pine (*Pinus palustris*) seedling establishment on the Croatan National Forest, North Carolina. *Journal of the North Carolina Academy of Science*, 131-142.
- Bauhus J., Baber K., & Müller J. (2018). Dead Wood in Forested Ecosystems. Ecology. *Oxford Bibliographies*.
- Bauhus, J., Puettmann, K., & Messier, C. (2009). Silviculture for old growth attributes. *Forest Ecology and Management*, 258: 525-537.
- Bebber, D.P., Ramotowski, M.A.T., Gurr, S.J., & Hillocks, R.J. (2016). Can deadwood contribute to sustainable agriculture? *International Journal of Agricultural Sustainability*, 14(2), 144-157.
- Bhandari, S.K., Veneklaas, E.J., McCaw, L., Mazanec, R., Whitford, K., & Renton, M. (2021). Individual tree growth in jarrah (*Eucalyptus marginata*) forest is explained by size and distance of neighbouring trees in thinned and non-thinned plots. *Forest Ecology and Management*, 494, 119364.
- Bianchi, E., Bugmann, H., Hobi, M. L., & Bigler, C. (2021). Spatial patterns of living and dead small trees in subalpine Norway spruce forest reserves in Switzerland. *Forest Ecology and Management*, 494, 119315.
- Bilgili, E., Akgül, M., & Güneş, Ü. (2009). Gökmar (Abies bornmülleriana) ormanlarında ölü odun miktarı ve dağılımının belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(16), 81-91.

- Böhlen, P.J. (2018). Effects of silvicultural treatments on deadwood volume, tree-related microhabitats and fungal fruiting bodies in a mixed-montane forest. *Forest Ecology and Management*, 409, 670-678.
- Busing, R.T. (1996). Estimation of tree replacement in an Appalachian Picea-Abies forest. *Journal of Vegetation Science*, 7, 685– 694.
- Butler R. & Schlaepfer R. (2004). Dead wood in managed forests: how much is enough? *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 155 (2): 31-37.
- Christensen M., Hahn K., Mountford E. P., Odor P., Standovar T., & Ozenbergar. (2005). Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management*, 210 (1-3): 267-282.
- Christensen, M., Hahn, K., Mountford, E.P., Ódor, P., Standovár, T. & et al. (2005). Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management*, 210 (1-3): 267-282.
- Condit. R., Hubbell S.P., & Foster R.B. (1992). Recruitment near conspecific adults and the maintenance of tree and shrub diversity in a neotropical forest. *American Naturalist*, 140, 261–286.
- Çetin, H., Doğu, S., Yıldız, O., & Yılmaz, Ö. Y. (2018). Kazdağı Milli Parkı Göknar (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen) Populasyonlarının Durumu. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2), 268-278.
- 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.
- Daryaei, A., Sohrabi, H., & Puerta-Piñero, C. (2019). How does light availability affect the aboveground biomass allocation and leaf morphology of saplings in temperate mixed deciduous forests?. *New Forests*, 50(3), 409-422.
- Doerfler I., Gossner M. M., Müllerc J., Seibolda S., & Weissera W. W. (2018). Deadwood enrichment combining integrative and segregate conservation elements enhances biodiversity of multiple taxa in managed forests. *Biological Conservation*, 228 70–78.
- Ercanlı, İ., M. Özçelik, & A. E. Akay. “Orman zararlılarından kaynaklanan ölü ağaç miktarı”. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, 2015.
- Fang, W. (2005.) Spatial analysis of an invasion front of *Acer platanoides*: dynamic inferences from static data. *Ecography*, 28, 283-294.
- Fortin, M.J., & Dale, M.R.T. (2005). *Spatial Analysis: A Guide for Ecologists*. Cambridge University Press.

- Fraver, S., Wagner R. G., & Day M. (2002). Dynamics of Coarse Woody Debris Following Gap Harvesting in the Acadian Forest of Central Maine, U.S.A. *Canadian Journal of Forest Research*, 32 (12): 2094-2105.
- Gauthier, M.M., Bédard, S., & Guillemette, F. (2018). Comparing structural attributes in uneven-aged managed and unmanaged sugar maple stands. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 92(1): 62-72.
- Genç, M. (2020). *Silvikültür Tekniği*. Musa Genç Kitaplığı. E-kitaplar serisi No: 4.Giresun.
- Gray, A. N., & Spies, T. A. (1996). Gap size, within-gap position and canopy structure effects on conifer seedling establishment. *Journal of ecology*, 635-645.
- Gurnell A. M., K. J. Gregory, & G. E. Petts. (1995). “The Role of Coarse Woody Debris in Forest Aquatic Habitats: Implications for Management.” *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 5 (2): 143–66.
- Güneş, İ., & Özkan, K. (2018). Ormanlarda Ölü Ağaçlar ve Yararları. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 8(1), 38-47.
- Güney, G., Kılınç, M., Şensoy, H., & Çakır, G. (2017). Ağaç Ölümlerinin Orman Ekosistemine Etkisi: Söğüt, Fındık ve Meşe Ormanlarına Ait Örnekler. *The Journal of International Scientific Researches*, 2(1), 45-50.
- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., & Gregory, S.V. et al. (1986). Ecology of CWD in temperate ecosystem. *Advances in Ecological Research*, 15: 133-302.
- Hottola J., Otso O., & Ilkka H. (2009). A unified measure of the number, volume and diversity of dead trees and the response of fungal communities. *Journal of Ecology*, 97.6: 1320–1328.
- Johnston, M.K. (2017). Deadwood-associated fungi from fragmented temperate forests harbour diverse potential decomposers with broad abilities. *Fungal Ecology*, 25, 1-10.
- Jonsson B. G., Kruys N., & Ranius T. (2005). Ecology of species living on dead wood – Lessons for dead wood management. *Silva Fennica*, 39 (2): 289-309.
- Kahl, T., Arnstadt, T., Baber, K., Bäessler, C., Bauhus, J., Borken, W., ... & Gossner, M. M. (2017). Wood decay rates of 13 temperate tree species in relation to wood properties, enzyme activities and organismic diversities. *Forest Ecology and Management*, 391, 86-95.
- Kara, F., & Lhotka, J. M. (2020). Comparison of unmanaged and managed Trojan Fir-Scots pine forests for structural complexity. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44(1), 62-70.

- Kara, F., & Topacoglu, O. (2018). Effects of canopy structure on growth and aboground/belowground biomass of seedlings in uneven-aged Trojan fir stands. *Cerne*, 24(4): 312-322.
- Karakaş, H. (2021). Altıparmak Ormanlarında Odun Kaynaklarının İncelenmesi ve Yönetim Önerileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 22(1), 34-41.
- Karakaş, İ. (2021). İklim koşullarının ölü ağaçların dağılımı üzerindeki etkisi. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 11(2), 47-55.
- Keren, S., & Diaci, J. (2018). Comparing the quantity and structure of deadwood in selection managed and old-growth forests in South-East Europe. *Forests*, 9(2): 76.
- Kopra K., & Fyles J. (2005). Woody Debris and Nutrient Cycling: should we care? Forest Nutrition Group. SFMN Research Note Series No. 8
- Korkmaz, M. (2018). Orman ekosistemi hizmetleri açısından ölü ağaçların önemi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 19(2), 202-209.
- Koster, K., Metslaid, M., Engelhart, J., & Koster, E. (2015). Dead wood basic density, and the concentration of carbon and nitrogen for main tree species in managed hemiboreal forests. *Forest Ecology and Management*, 354: 35-42.
- Köse, N., A. Çakır, & H. Yıldırım. (2016). İki farklı yaşlılık grubundaki meşe ormanlarında ölü ağaç miktarı ve çürüklük oranlarının belirlenmesi. *Orman Mühendisleri Dergisi*, 32(1), 18-26.
- Kupferschmidt A. D., Brang P., Schonenberger W., & Bugmann H. (2003) Decay of *Picea abies* snags stands on steep mountain slopes. *For. Chron.*, 79:1–6.
- Larjavaara M. & Muller-Landau H. C. (2010). Comparison of decay classification, knife test, and two penetrometers for estimating wood density of coarse woody debris. *Canadian Journal of Forest Research*, 40.12:2313–2321.
- Liu H., Zhang S., & Ji X. (2004). The soil and water conservation function of coarse woody debris. *II. World Forestry Research*, 17(3): 25-28.
- Magnússon R. Í., Tietema A., Cornelissen J. H. C., Hefting M. M., & Kalbitz K. (2016). Sequestration of carbon from coarse woody debris in forest soils. *For. Ecol. Manag.*, 377:1–15.
- Mark C. V., Malcolm J. R., & Smith S. M. (2006). An integrated model for snag and downed woody debris decay class transitions. *Forest Ecology and Management*, 234 (1-3), 48-59.
- McGee, G. G., Leopold, D. J., & Nyland, R. D. (1999). Structural characteristics of old-growth, maturing, and partially cut northern hardwood forests. *Ecological Applications*, 9(4): 1316-1329.

- McIver, J. D., & Starr L. (2001). A Literature Review on the Environmental Effects of Postfire Logging. *Western Journal of Applied Forestry*, 16(4):159-168.
- Mölder, M., Lundmark, T., & Öquist, M. (2019). Dead wood stocks and carbon storage in boreal forests of different ages—a simulation study. *Ecosystems*, 22(7), 1488-1502.
- Müller, J., & Bütler, R. (2010). A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research*, 129: 981-992.
- Naiman R. J., Bilby R. E., & Bisson P. A. (2000). Riparian ecology and management in the Pacific coastal rain forest. *BioScience*, 50: 996-1011.
- Naiman R. J., Estelle V. B., Krista K. B., Robert E. B., & Joshua J. L. (2002). “Dead Wood Dynamics in Stream Ecosystems.” In Proceedings of the Symposium on the Ecology and Management of Dead Wood in Western Forests, 23–48.
- Norden B., & Pallto H. (2001). Wood-decay fungi in hazel wood: species richness correlated to stand age and dead wood features. *Biological Conservation*, 101 (2001) 1–8.
- Oxbrough, A., & Ziesche, T. M. (2013). Spiders in forest ecosystems. In D. Kraus & F. Krumm (Eds.), *Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity* (pp. 284). European Forest Institute.
- Özkan, K., & Yavuz, M. (2020). Türkiye'nin Endemik Türleri ve Tehditleri. *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Dergisi*, 4(1), 38-49.
- Peng, C., Zhang, L., Zeng, H., & Wang, M. (2018). The effects of tree mortality on soil organic carbon storage: A global meta-analysis. *Global Ecology and Biogeography*, 27(2), 191-200.
- Pichler V, Homolak M., Skierucha W., Pichlerova M., Ramirez D., Gregor J., & Jaloviar P. (2011) Variability of moisture in coarse woody debris from several ecologically important tree species of the Temperate Zone of Europe. *Ecohydrology*, 5:424–434.
- Raniu, T., Caruso A., Jonsell M., Juutinen A., Thor G., & Rudolphi, J. (2014). Deadwood creation to compensate for habitat loss from intensive forestry. *Biol. Conserv.* 169,277–284.
- Saraçoğlu, Ö. (1988). Karadeniz yöresi göknar meşçerelerinde artım ve büyüme. İÜ Orman Fakültesi Doktora Tezi, İstanbul.
- Sarıyıldız, T. (2015). Yangınların orman ekosistemi üzerindeki etkileri. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 2(2), 95-101.
- Seibold, S., Bässler, C., Brandl, R., Büche, B., Szallies, A., Thorn, S., ... & Müller, J. (2016). Microclimate and habitat heterogeneity as the major drivers of beetle diversity in deadwood. *Journal of Applied Ecology*, 53(3), 934-943.

- Stewart, G.H. (1989). The dynamics of old-growth Pseudotsuga forests in the Western Cascade Range, Oregon, USA. *Vegetatio*, 82, 79-94.
- Stokland, J. N., Siitonen, J., & Jonsson, B. (2012). Introduction; "Wood decomposition"; "The saproxylic food web"; "Mortality factors and decay succession". In *Biodiversity in Dead Wood. Ecology, biodiversity, and conservation*. New York:Cambridge University Press.
- Svoboda, M., Fraver, S., Janda, P., Bařce, R., Zen'ahlík'ov'a, J., 2010. Natural development and regeneration of a Central European montane spruce forest. *For. Ecol. Manage.* 260: 707–714.
- Şensoy, H., & Can, Ö. (2019). Belgrad Ormanı'nda Araştırılan Bazı Odunsu Bitki Türlerinin Yaş ve Ölü Ağaç Varlığı ile İlişkileri. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 47(4), 457-465.
- Şensoy, S., Özkan, K., & Yılmaz, E. (2017). Climate change impact on deadwood quantity: a case study in Bartın forests. *Forest Science and Practice*, 19(1), 61-66.
- Şimşek, Z. (2009). Ilgaz Dağı Milli Parkı göknar alanında bulunan küçük göknar kabuk böceği (*Cryphalus piceae* (RATZ.) (COLEOPTERA: SCOLYTIDAE)'nın uçuş seyrinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 4 (2): 1-18 .
- Tandoğan, M. (2021). *Bazı Porsuk (Taxus baccata L.) Populasyonlarının Meşcere Özellikleri ve Taksol İçeriklerinin Belirlenmesi* (doktora tezi, 2021), Bartın Üniversitesi.
- Vítkova L., Bace R., Kjúcukov P., & Svoboda M. (2018). Deadwood management in Central European forests: Key considerations for practical implementation. *Forest Ecology and Management*, 429:394–405.
- Wardle, D.A., Jonsson, M., Bansal, S., Bardgett, R.D., Gundale, M.J., Metcalfe, D.B., & Nilsson, M.C. (2016). Facilitation, competition, and vegetation responses during ecosystem succession in subarctic birch woodlands. *The American Naturalist*, 187(3), E74-E88.
- Wermelinger, B. vd. (2017). The conservation and management of dead wood dependent beetles in forests of the European Union. *Insect Conservation and Diversity*, 10(1), 74-88.
- Winter S. & Nowak E. (2001). Totholz in bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Buchen- und Eichen-Hainbuchenwäldern im Biosphärenreservat Spreewald. *Natur Landschaftspflege Brandenburg*, 10 (4): 128–133.
- Wu J., Guan D., Han S., Zhang M., & Jin C. (2005). Ecological Functions of Coarse Woody Debris in Forest Ecosystem. *Journal of Forestry Research*, 16 (3): 247–52.

- Yılmaz, E., & Özkan, O. (2014). Gökmar ormanlarında ölü ağaçlar ve önemi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 14(1), 41-48.
- Yılmaz, H., Özkan, K., & Topaloğlu, Ü. (2016). Orman yönetimi uygulamalarının ölü odun miktarı üzerine etkisi. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 54(2), 59-69.
- Youngblood, A., Max, T., & Coe, K. (2004). Stand structure in eastside old-growth ponderosa pine forests of Oregon and northern California. *Forest Ecology and Management*, 199(2-3): 191-217.

