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

KASTAMONU VE ÇANAKKALE İLLERİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN KAZDAĞI GÖKNARININ KARŞILAŞTIRMALI ANATOMİK VE MORFOLOJİK YAPISI

ZEYNEP KARADERE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. SERAY ÖZDEN KELEŞ

TEMMUZ - 2026
KASTAMONU

TEZ ONAYI

ZEYNEP KARADERE tarafından hazırlanan "**KASTAMONU VE ÇANAKKALE İLLERİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN KAZDAĞI GÖKNARININ KARŞILAŞTIRMALI ANATOMİK VE MORFOLOJİK YAPISI**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **03.07.2026** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Seray ÖZDEN KELEŞ Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Ferhat KARA Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Nagihan SEKİ Karabük Üniversitesi	.....

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

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Selahattin KAYMAKCI .....

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.

Zeynep KARADERE

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KASTAMONU VE ÇANAKKALE İLLERİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN KAZDAĞI GÖKNARININ KARŞILAŞTIRMALI ANATOMİK VE MORFOLOJİK YAPISI

ZEYNEP KARADERE

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN: DOÇ. DR. SERAY ÖZDEN KELEŞ

Bu çalışmada, Türkiye'ye özgü endemik bir alttür olan Kazdağı göknarı *(Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) Kastamonu ve Çanakkale popülasyonlarında karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Araştırmada farklı rakım (800–1000 m ve 1000–1500 m) ile kuzey ve güney bakı koşullarının morfolojik, dendroekolojik ve anatomik özellikler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Morfolojik incelemeler sonucunda, Kastamonu popülasyonlarında bireylerin ortalama boy, göğüs çapı ve tepe genişliği değerlerinin Çanakkale popülasyonlarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Özellikle kuzey bakılarda yetişen bireylerin daha iyi gelişim gösterdiği, güney bakılarda ise yüksek sıcaklık ve kuraklık etkisiyle büyümenin nispeten sınırlandığı gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, rakım ve bakı faktörlerinin bireylerin morfolojik gelişimleri üzerinde önemli etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Dendroekolojik analizler, Kastamonu'da yetişen göknarların yıllık halka genişliklerinin (2,04-3,65 mm) Çanakkale'ye (1,55-2,38 mm) göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. En yüksek büyüme Kastamonu alt rakım kuzey bakıda, en düşük büyüme ise Çanakkale alt rakım kuzey bakıda belirlenmiştir. Bu farkın temel nedeninin Karadeniz ikliminin sağladığı daha uygun nem ve sıcaklık koşulları olduğu, Çanakkale'de ise Akdeniz ikliminin etkisiyle görülen yaz kuraklığının büyümeyi sınırlandırdığı düşünülmektedir. Anatomik incelemelerde traheid boyutlarının Kastamonu örneklerinde daha gelişmiş olduğu, Çanakkale örneklerinde ise daha düşük değerler gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca kuzey bakılar genel olarak daha elverişli mikroklima koşulları sağlayarak hücre gelişimini olumlu etkilemiştir. Sonuç olarak, Kazdağı göknarının morfolojik, dendroekolojik ve anatomik özelliklerinin çevresel koşullara güçlü şekilde bağlı olduğu; özellikle iklim, rakım ve bakı faktörlerinin büyüme performansı ve odun anatomisi üzerinde belirleyici rol oynadığı ortaya konulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Kazdağı Göknarı, Odun Anatomisi, Yıllık Halka Genişliği, Traheid Özellikleri, Rakım, Bakı.

Temmuz 2026, 59 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

COMPARATIVE ANATOMICAL AND MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF KAZDAĞI FIR DISTRIBUTED IN KASTAMONU AND ÇANAKKALE PROVINCES

ZEYNEP KARADERE

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING
SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. SERAY ÖZDEN KELEŞ

In this study, Kazdağı fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*), an endemic subspecies native to Türkiye, was comparatively investigated in Kastamonu and Çanakkale populations. The effects of different altitude levels (800–1000 m and 1000–1500 m) and aspect conditions (north and south-facing slopes) on morphological, dendroecological, and anatomical characteristics were evaluated. Morphological analyses revealed that individuals from Kastamonu exhibited greater average tree height, diameter at breast height, and crown width compared to those from Çanakkale. Trees growing on north-facing slopes generally showed better growth performance, whereas growth was relatively restricted on south-facing slopes due to higher temperatures and drought stress. These findings indicate that altitude and aspect significantly influence the morphological development of Kazdağı fir. Dendroecological analyses showed that annual ring widths of fir trees growing in Kastamonu (2.04–3.65 mm) were greater than those in Çanakkale (1.55–2.38 mm). The highest growth was observed in the lower-altitude north-facing site in Kastamonu, while the lowest growth was recorded in the lower-altitude north-facing site in Çanakkale. This difference is mainly attributed to the more favorable temperature and moisture conditions of the Black Sea climate, whereas summer drought associated with the Mediterranean climate limits growth in Çanakkale. Anatomical investigations demonstrated that tracheid dimensions were generally larger in Kastamonu samples and lower in Çanakkale samples. In addition, north-facing slopes provided more favorable microclimatic conditions, positively affecting cell development. Overall, the results indicate that the morphological, dendroecological, and anatomical characteristics of Kazdağı fir are strongly influenced by environmental conditions, particularly climate, altitude, and aspect, which play a decisive role in growth performance and wood anatomy.

KEYWORDS: Kazdağı Fir, Wood Anatomy, Annual Ring Width, Tracheid Characteristics, Altitude, Aspect

July 2026, 59 Page

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi, birikim ve akademik tecrübesiyle bana yol gösteren, her aşamada desteğini ve rehberliğini içtenlikle hissettiren danışmanım Sayın Doç. Dr. Seray ÖZDEN KELEŞ'e en derin şükranlarımı sunarım. Onun kıymetli yönlendirmeleri, yalnızca bu çalışmanın bilimsel bir bütünlük kazanmasını sağlamakla kalmamış, aynı zamanda akademik bakış açımın gelişmesinde de belirleyici olmuştur.

Arazi çalışmaları boyunca farklı şehirlerde, kimi zaman zorlu doğa ve saha koşullarında karşılaştığım tüm güçlüklerde desteğini esirgemeyen; çalışmamın sağlıklı bir şekilde yürütülmesine katkı sunan Orman İşletme Müdürlüklerine, müdürlerine, şeflerine, ormancılara ve sahada emek veren tüm işçilere gönülden teşekkür ederim.

Tez sürecimin hem maddi hem de manevi açıdan daha güçlü ve sürdürülebilir bir şekilde ilerlemesine katkı sağlayan TEMA Vakfı'na içten minnet ve teşekkürlerimi sunarım. Sağladıkları destek, bu çalışmayı mümkün kılan önemli bir dayanak olmuştur.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi bu süreçte de varlıklarıyla bana güç veren, zor zamanlarda sabırlarıyla beni ayakta tutan ve sevgilerini her daim derinden hissettiren canım anneme ve babama minnettarım. Onların inancı, desteği ve fedakârlığı olmasaydı bu uzun ve yorucu süreci tamamlamam mümkün olmazdı. Bu çalışma, en çok da onların emeğinin ve sevgisinin bir karşılığıdır.

Son olarak, bu süreçte emeğini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her aşamada yanımda olarak katkı sunan ve arazi çalışmalarının her safhasında benimle birlikte sahada emek veren arkadaşım Sıla ÇALIK'a ve bu süreç boyunca desteğini her zaman hissettiğim tüm yakınlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

ZEYNEP KARADERE

Kastamonu, 2026

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **x**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Orman ve Orman Ekosistemi 1
1.2 Türkiye'de Orman Varlığı ve Doğal Yetişen Ağaç Türleri 2
1.3 Biyolojik Çeşitlilik ve Endemizm 4
2. *ABİES* MİLL. CİNSİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER **9**
2.1 Türkiye'deki Göknar Türleri ve Genel Botanik Özellikleri 11
2.1.1 Kazdağı Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) Genel Özellikleri 13
2.1.1.1 Kazdağı göknarının taksonomik konumu 13
2.1.1.2 Kazdağı göknarının yayılış alanı ve ekolojik özellikleri 13
2.1.1.3 Kazdağı göknarının genel botanik özellikleri 15
2.2 Literatür Özeti 17
2.3 Araştırmanın Amacı ve Önemi 20
3. MATERYAL VE YÖNTEM **23**
3.1 Çalışma Alanı 23
3.2 Yöntem 25
3.2.1 Morfolojik Ölçümler 25
3.2.2 Odun Anatomisi Ölçümleri 25
4. BULGULAR **27**
4.1 Kazdağı Göknarı Ağaçlarının Morfolojik Ölçüm Sonuçları 27
4.2 Kazdağı Göknarı Ağaçlarının Yıllık Halka Genişlik ve Anatomik Ölçüm Sonuçları 34
4.3 Kastamonu ve Çanakkale İllerinde Uzun Dönemli Ortalama Sıcaklık ve Yağış Durumu 40
5. TARTIŞMA **45**
6. SONUÇ VE ÖNERİLER **51**
KAYNAKLAR **55**
ÖZGEÇMİŞ **59**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Orman ekosisteminde biyotik ve abiyotik bileşenler arasındaki enerji akışı-madde döngüsü ilişkisi ve temel ekosistem hizmetleri 2
Şekil 1.2 Türkiye orman varlığı haritası 4
Şekil 1.3 Türkiye'nin fitocoğrafik bölgeleri ve Anadolu diyagonali 5
Şekil 1.4 Dünyanın floristik bölgeleri 5
Şekil 1.5 Türkiye sınırları içindeki fitocoğrafik bölgelerin mekânsal dağılımını gösteren sayısallaştırılmış harita 6
Şekil 1.6 Türkiye'nin fitocoğrafik bölgelerinin alan oranlarını gösteren dairesel (pasta) grafik 7
Şekil 1.7 Türkiye florasında belirlenen 2900 endemik taksona ait 9677 lokasyonun dağılımı 8
Şekil 2.1 *Abies nordmanniana*s. subsp. *equi-trojani*'nin Türkiye'de yayılış haritası 14
Şekil 2.2 *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Kazdağı göknarı). (a) ağaç, (b) sürgünler, (c) erkek koniler 16
Şekil 2.3 Kazdağı göknarına ait bir meşcere (Kazdağları - 1000 m) 16
Şekil 3.1 Kastamonu ili Ballıdağ (Daday) ve Ilgaz Dağı çalışma alanlarının lokasyon haritası 23
Şekil 3.2 Çanakkale ili Yenice ve Kazdağı (Kalkım) çalışma alanlarının lokasyon haritası 24
Şekil 4.1 Kazdağı göknarının Kastamonu ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama ibre boyu değerleri 27
Şekil 4.2 Kazdağı göknarının Çanakkale ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama ibre boyu değerleri 28
Şekil 4.3 Kazdağı göknarının Kastamonu ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama ibre genişliği değerleri 29
Şekil 4.4 Kazdağı göknarının Çanakkale ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama ibre genişliği değerleri 30
Şekil 4.5 Kazdağı göknarının Kastamonu ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama gövde boyu değerleri 31
Şekil 4.6 Kazdağı göknarının Çanakkale ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama gövde boyu değerleri 32
Şekil 4.7 Kazdağı göknarının Kastamonu ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama göğüs çapı değerleri 33
Şekil 4.8 Kazdağı göknarının Çanakkale ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama göğüs çapı değerleri 34

Şekil 4.9 Kastamonu iline ait Walter-Lieth iklim diyagramı (1930-2025 uzun yıllar ortalamaları) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) uzun yıllar iklim verileri kullanılarak hazırlanmıştır)..... 41
Şekil 4.10 Çanakkale iline ait Walter-Lieth iklim diyagramı (1930-2025 uzun yıllar ortalamaları) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) uzun yıllar iklim verileri kullanılarak hazırlanmıştır)..... 42

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1 Kastamonu ve Çanakkale illerinde iki farklı yükselti ve iki farklı bakıda yetişen Kazdağı göknarına ait ortalama odun hücre değerleri..... 37

1. GİRİŞ

1.1 Orman ve Orman Ekosistemi

Orman; ağaç ve ağaççık türlerinin baskın olduğu, bu türlerle birlikte çalı, otsu bitki, mantar ve çeşitli hayvan topluluklarını bünyesinde barındıran; toprak, su ve iklim bileşenleriyle karşılıklı ilişkiler içinde işleyen dinamik yapılardır. Ekosistem perspektifinden ele alındığında ormanlar, biyotik ve abiyotik unsurların enerji transferi ile besin döngüleri aracılığıyla kesintisiz bir etkileşim sürdürdüğü doğal sistemler olarak değerlendirilmektedir (Şekil 1.1) (Odum, 1971).

Ormancılık literatüründe orman kavramı, yalnızca bir ağaç topluluğundan ibaret görülmemekte; belirli bir alanda doğal süreçler ya da insan eliyle oluşmuş, yeterli kapalılık düzeyine erişmiş ve ekolojik işlevlerini yerine getirebilecek nitelikte olan ağaçlık alanlar biçiminde tanımlanmaktadır (OGM, 2023). Bu doğrultuda ormanlar; karbon tutma ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini hafifletme, su rejiminin düzenlenmesi, erozyon kontrolü, biyolojik çeşitliliğin korunması ve habitat temini gibi birbirini tamamlayan ekosistem hizmetlerini bir arada sunmaktadır (Şekil 1.1) (Sarre ve Davey, 2021). Ayrıca ormanlar ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan da önemli doğal kaynaklardır. Odun hammaddesi üretimi, odun dışı orman ürünleri, kırsal kalkınmaya katkı, rekreasyon ve ekoturizm faaliyetleri ormanların sunduğu temel hizmetler arasındadır. Bu nedenle ormanların sürdürülebilir yönetimi, yalnızca ekolojik denge açısından değil, aynı zamanda toplumsal refah ve ekonomik süreklilik açısından da büyük önem taşımaktadır.



Şekil 1.1 Orman ekosisteminde biyotik ve abiyotik bileşenler arasındaki enerji akışı-madde döngüsü ilişkisi ve temel ekosistem hizmetleri (Odum, 1971; OGM, 2023)

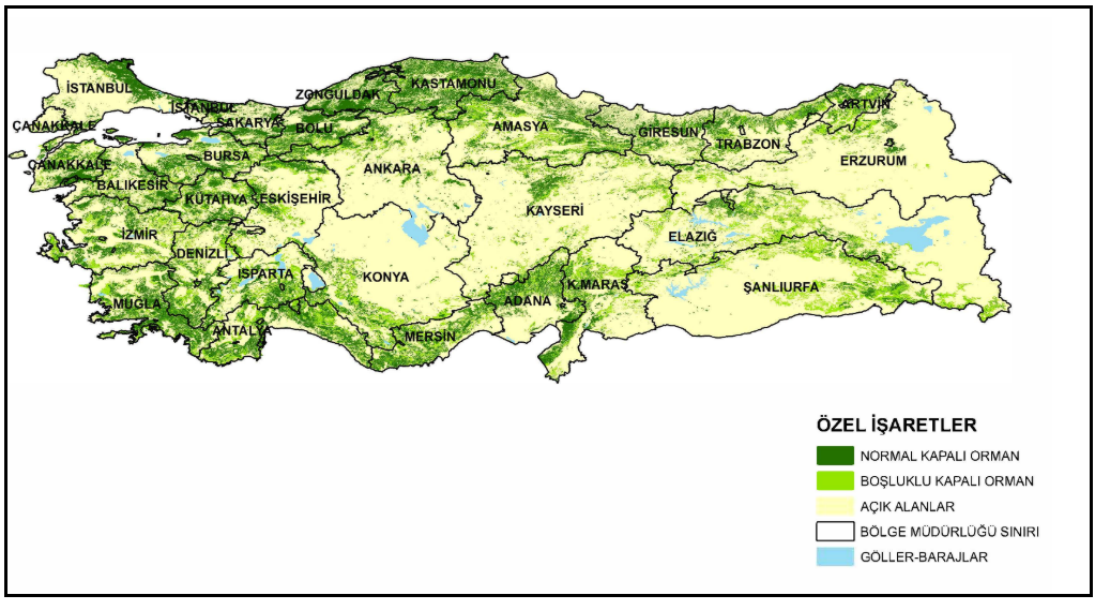
1.2 Türkiye'de Orman Varlığı ve Doğal Yetişen Ağaç Türleri

Türkiye, Asya ile Avrupa kıtaları arasındaki köprü konumu, üç fitocoğrafik bölgenin kesiştiği bir alanda yer alması ve belirgin topografik çeşitliliği sayesinde dikkate değer bir orman ekosistemi zenginliğine sahiptir (Güner ve Aslan, 2012). Ülke genelinde Karadeniz'in nemli ve ılıman ikliminden İç Anadolu'nun karasal iklimine, Akdeniz'in sıcak ve kurak yaz koşullarından Doğu Anadolu'nun sert karasallığına uzanan geniş bir iklim yelpazesi gözlemlenmektedir (Şekil 1.2). Söz konusu iklimsel çeşitlilik, orman ekosistemlerinin tür bileşimini ve yapısal özelliklerini doğrudan biçimlendiren temel etkenlerden biri olarak öne çıkmaktadır.

Nitekim OGM (2023) verilerine göre Türkiye'deki orman alanları, ülke yüzölçümünün yaklaşık üçte birine karşılık gelmektedir. Bu alanlar verimli ve bozuk orman olmak üzere iki temel kategoride değerlendirilmekte olup büyük bölümü doğal kökenli ormanlık arazilerden meydana gelmektedir. Yapısal açıdan ele alındığında Türkiye ormanları; iğne yapraklı, geniş yapraklı ve karışık meşcere tiplerinden oluşan heterojen bir görünüm sergilemektedir.

Türkiye'de doğal olarak yetişen başlıca iğne yapraklı türler arasında göknarlar (*Abies* Mill.), çamlar (*Pinus* L.), Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Peterm.) ve Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.) yer almaktadır. Göknar türleri özellikle nemli ve serin yetişme ortamlarında yayılış gösterirken, çam türleri daha geniş bir ekolojik tolerans aralığına sahiptir. Geniş yapraklı türler içerisinde ise meşeler (*Quercus* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), gürgenler (*Carpinus* L.), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve kızılağaçlar (*Alnus* Mill.) önemli bir yer tutmaktadır (Farjon, 2010; OGM, 2023). Bu türlerin coğrafi yayılışları; yükselti, bakı, toprak özellikleri ve iklim koşullarına bağlı olarak belirgin farklılıklar göstermektedir. Karadeniz Bölgesi'nin nemli koşullarında kayın ve ladin türleri yaygın bir dağılım sergilerken, Akdeniz Bölgesi'nde kızılçam ve sedir baskın türler konumundadır. İç Anadolu ve Doğu Anadolu'nun daha kurak ve karasal kesimlerinde ise karaçam ve ardıç türleri ön plana çıkmaktadır.

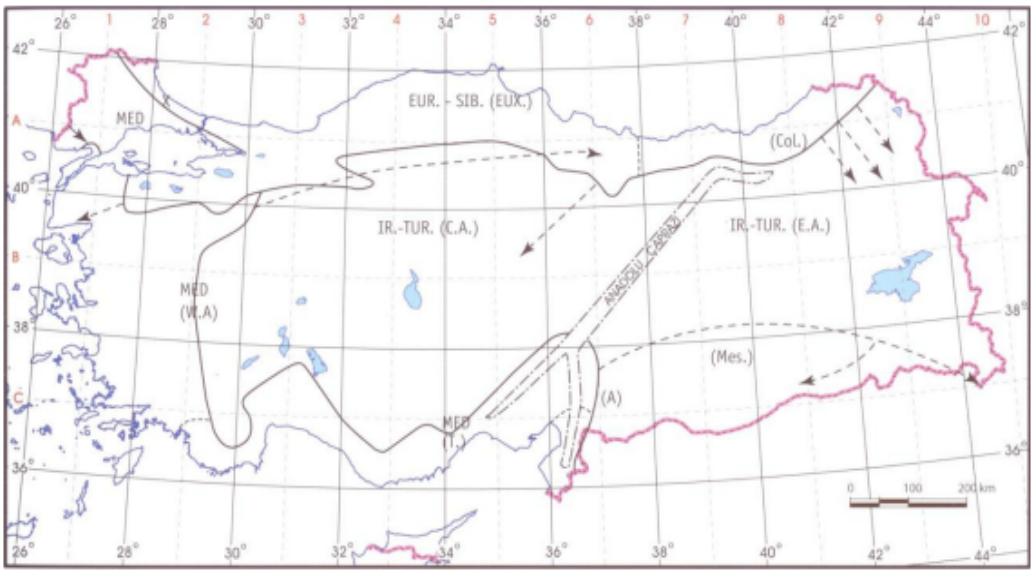
Türkiye'nin sahip olduğu bu tür çeşitliliği, yüksek biyolojik zenginliğin ve ekolojik heterojenliğin somut bir göstergesidir. Dolayısıyla orman varlığının korunması ve sürdürülebilir yönetimi; biyolojik çeşitliliğin devamlılığı ve ekosistem hizmetlerinin kesintisiz sürdürülebilmesi bakımından kritik bir önem taşımaktadır.



Şekil 1.2 Türkiye orman varlığı haritası (OGM, 2020)

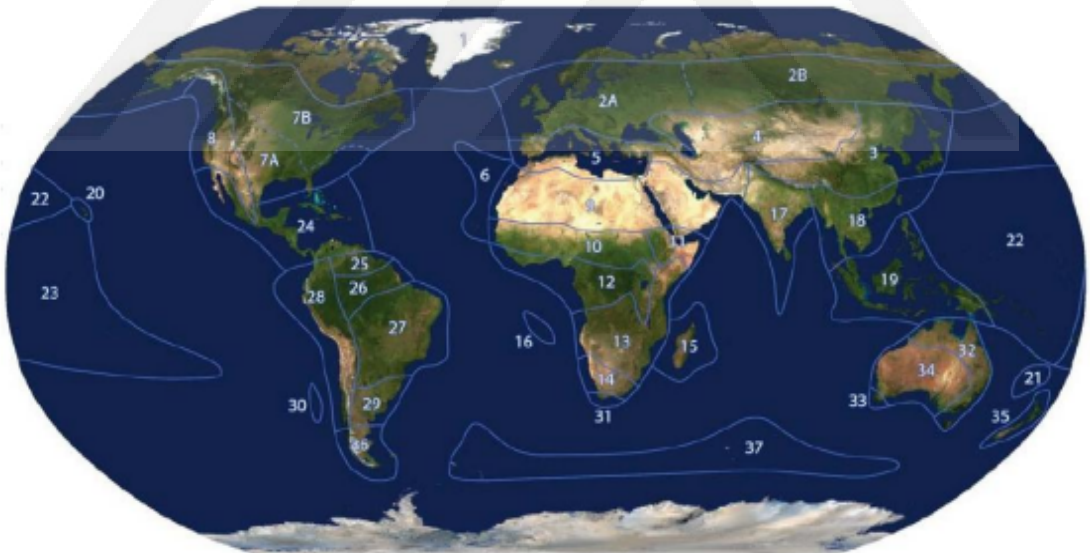
1.3 Biyolojik Çeşitlilik ve Endemizm

Türkiye, barındırdığı yaklaşık 13.000 bitki taksonu ile dünya genelinde floristik çeşitlilik açısından en zengin coğrafyalar arasında yer almaktadır. Bu taksonların 3.000 ile 4.000 arasında değişen bir bölümü yalnızca Türkiye sınırları içinde yayılış göstermekte olup endemik nitelik taşımaktadır (Güner ve Aslan, 2012). Tür bazında değerlendirildiğinde endemizm oranının yaklaşık %34 düzeyinde seyrettiği, tüm taksonlar göz önüne alındığında ise bu oranın %36'ya kadar ulaştığı görülmektedir (Avcı, 2012). Söz konusu yüksek tür zenginliğinin temel belirleyicileri arasında ülkenin barındırdığı farklı iklim tiplerinin çeşitliliği, toprak yapısı ve topoğrafyasındaki heterojenlik, habitat mozaiğinin genişliği, Anadolu Diyagonalinin doğu ve batı kesimlerindeki ekolojik farklılaşmalar ile ülkenin üç temel fitocoğrafik bölgenin kesişim kuşağında konumlanması sayılabilir (Şekil 1.3) (Avcı, 2018; Güner ve Aslan, 2012).



Şekil 1.3 Türkiye'nin fitocoğrafik bölgeleri ve Anadolu diyagonali (Davis, 1970)

Dünya genelinde 37 farklı fitocoğrafik bölgenin varlığı bilinmekte olup Good, (1964) Türkiye, bu bölgeler arasında Avrupa-Sibirya, Akdeniz ve İran-Turan olmak üzere üç ana flora bölgesinin kesişim alanında yer almaktadır (Şekil 1.4). Bu konumun bir yansıması olarak söz konusu üç bölgenin her biri, ülke coğrafyasının farklı kesimlerinde belirgin bir yayılış sergilemektedir.



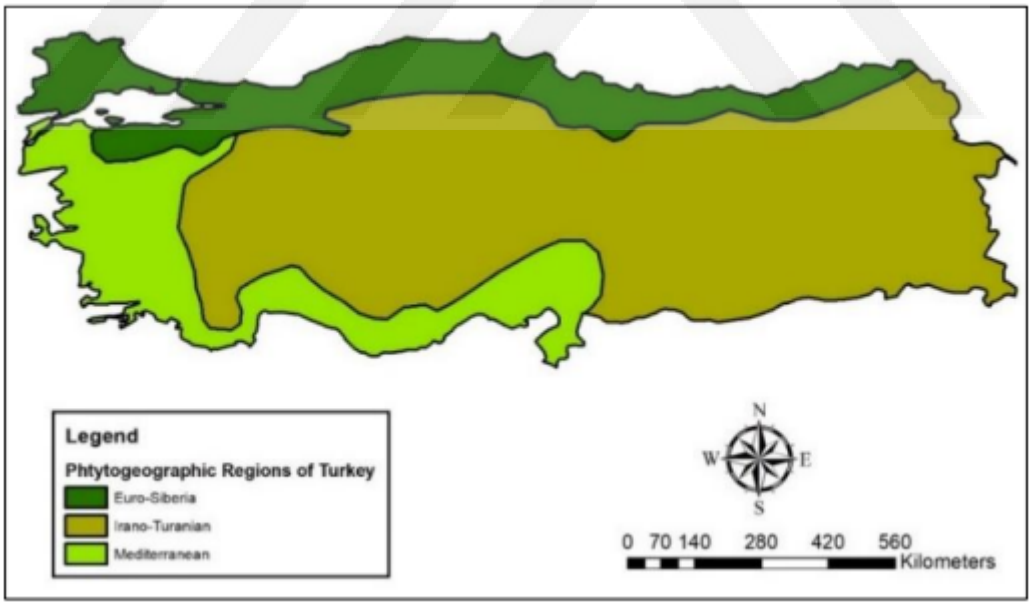
Şekil 1.4 Dünyanın floristik bölgeleri (Good, 1964)

Avrupa-Sibirya floristik bölgesi; Kuzey Marmara kıyılarını, Batı ve Orta Karadeniz kuşağını (Öksin sahası) ile Doğu Karadeniz bölümünü (Öksin sahasının Kolşik sektörü) kapsamaktadır (Davis, 1964). Akdeniz floristik bölgesi, Ege ve Akdeniz kıyı

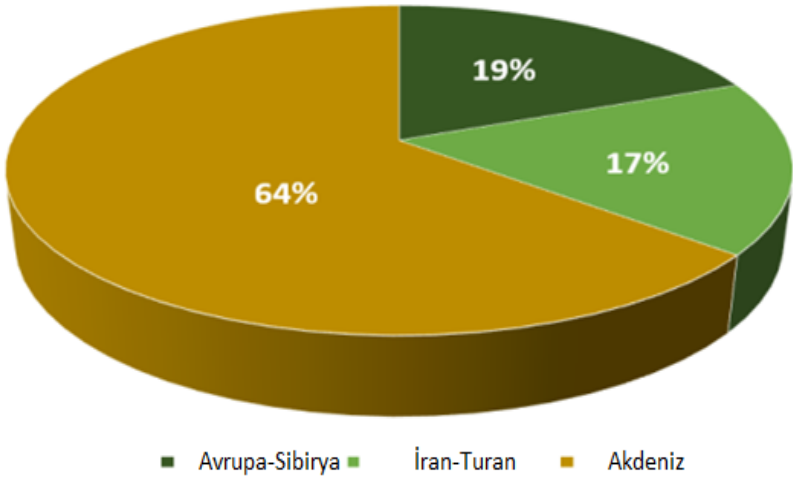
şeridini ve Güneybatı Trakya'yı içine alırken; İran-Turan floristik bölgesi, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yayılış göstermektedir (Davis, 1970).

Türkiye yüzeyi alan bakımından değerlendirildiğinde, bu üç fitocoğrafik bölgenin belirgin biçimde farklılaşan bir dağılım sergilediği görülmektedir. Ege ve Akdeniz kıyı kuşağında geniş bir alan kaplayan Akdeniz bölgesinin yanı sıra, Avrupa-Sibirya bölgesi daha sınırlı ancak nemli Karadeniz kuşağı boyunca kesintisiz bir yayılış göstermektedir. Türkiye'nin iç ve doğu kesimlerinde ise en geniş alanı İran-Turan fitocoğrafik bölgesi oluşturmakta; bu bölge step ve yarı kurak bitki toplulukları ile karakterize edilmektedir (Davis, 1970; Leonovich, 1986) (Şekil 1.5).

Avrupa-Sibirya floristik bölgesi Türkiye'nin Kuzey Marmara kıyılarını, Batı ve Orta Karadeniz bölümlerini (Öksin sahası), ve Doğu Karadeniz (Öksin sahasının Kolşik sektörü) bölümü içerisinde yer almaktadır (Davis, 1964). Akdeniz floristik bölgesi Ege, Akdeniz bölgeleri ile Güney-Batı Trakya içindedir. İran-Turan floristik bölgesi ise İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgesi içerisinde yer almaktadır (Davis, 1970) (Şekil 1.5).



Şekil 1.5 Türkiye sınırları içindeki fitocoğrafik bölgelerin mekânsal dağılımını gösteren sayısallaştırılmış harita (Aktürk ve Güney, 2021)



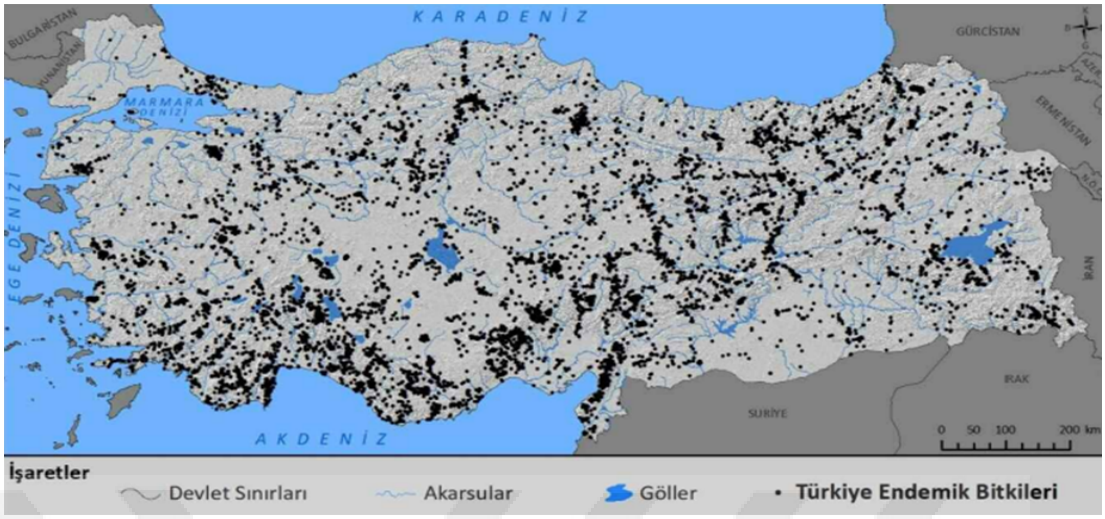
Şekil 1.6 Türkiye'nin fitocoğrafik bölgelerinin alan oranlarını gösteren dairesel (pasta) grafik (Aktürk ve Güney, 2021)

Zengin fitocoğrafik çeşitliliğinin doğal bir yansıması olarak Türkiye ormanları, tür kompozisyonu bakımından da yüksek bir heterojenlik sergilemektedir. Orman alanlarının yaklaşık %32'si yaprak döken türlerden, %48'i iğne yapraklı türlerden oluşmakta; geriye kalan %20'lik kesim ise her iki formun bir arada yer aldığı karışık meşcerelerden meydana gelmektedir (OGM, 2014). Bu yapısal çeşitlilik, orman ekosistemlerinin değişken çevresel koşullar karşısındaki dayanıklılığını pekiştirmekte ve farklı ekolojik baskılara karşı adaptasyon kapasitesini güçlendirmektedir.

Türkiye'nin sahip olduğu yüksek biyolojik çeşitlilik, büyük ölçüde Türkiye'nin özgün coğrafi konumundan kaynaklanmakta ve bu durum hem floristik hem de faunistik zenginliğe doğrudan yansımaktadır (Avcı, 2012; Ekim, 2005). Nitekim Türkiye florasındaki bitki taksonlarının yaklaşık üçte birinin endemik nitelik taşıması, ülkeyi Avrupa ölçeğinde endemik bitki çeşitliliği bakımından önde gelen ülkeler arasına yerleştirmektedir (Avcı, 2012; Güner vd., 2012) (Şekil 1.7). Sınırlı yayılış alanlarına sahip olan endemik türler, çevresel değişimlere karşı daha fazla hassasiyet göstermekte; bu nedenle söz konusu türlerin korunması, ormancılık ve doğa koruma politikaları açısından öncelikli bir mesele olarak değerlendirilmektedir (IUCN, 2022).

Bu endemik türler içinde Pinaceae familyasına ait *Abies* cinsi, ekolojik ve genetik açıdan özellikle dikkat çekici bir konuma sahiptir. Dünya genelinde tanımlanmış olan 49 *Abies* taksonunun yaklaşık %47'sinin endemik ya da dar yayılışlı türlerden oluşması (World Flora Online, 2023), bu cinsi evrimsel süreçler, iklim adaptasyonu ve

biyocoğrafya araştırmaları açısından değerli bir çalışma materyali haline getirmektedir.



Şekil 1.7 Türkiye florasında belirlenen 2900 endemik taksona ait 9677 lokasyonun dağılımı (Şenkul ve Kaya, 2017)

2. *ABİES* MİLL. CİNSİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Abies cinsi, ilk kez 1759 yılında Philip Miller (1691-1771) tarafından The Gardeners Dictionary'nin yedinci baskısında tanımlanmış olup Pinaceae familyası içinde yer alan, 48 ila 55 türü kapsayan herdem yeşil iğne yapraklı bir ağaç cinsidir. Kuzey ve Orta Amerika, Avrupa, Asya ile Kuzey Afrika'nın geniş bir coğrafyasına yayılan bu cins, dağlık ekosistemlerde baskın meşcereler oluşturmakta hem biyocoğrafik dağılımı hem de ekolojik tolerans aralığı bakımından ormancılık ve bitki ekolojisi araştırmalarında önemli bir yer tutmaktadır (Richardson vd., 2000). Filogenetik açıdan *Abies* Mill. cinsinin en yakın akrabasının *Cedrus* Trew (sedir) cinsi olduğu bilinmekte olup, Duglas göknarı olarak adlandırılan *Pseudotsuga* Carriere cinsinin ise gerçek bir göknar olmadığı vurgulanmaktadır. Göknarlar (*Abies* Mill.), *Pinaceae* Spreng. (Çamgiller) familyasına ait, özellikle Kuzey Yarımküre'de yayılış gösteren iğne yapraklı ağaçlardır (Farjon, 2010).

Pinaceae familyasının diğer taksonlarında olduğu gibi temel özellikler bağlamında *Abies* cinsi, tek evcikli yapıda herdem yeşil ağaçlardan oluşmaktadır. Doğal yetişme ortamlarında olgun bireyler 10 ile 80 m boy ve 0,5 ile 4 m gövde çapına ulaşabilmektedir. Genç bireylerde tepe tacı belirgin biçimde sivri ya da konik bir görünüm sergilerken, ileri ki yaş dönemlerinde bu form giderek yataylaşmakta ya da küresel bir hal almaktadır. Alpin kuşağa yakın yükseltilerde yetişen bireyler ise bodur ve burmalı bir büyüme örüntüsü geliştirerek ağaç yetişme sınırının üst eşiğinde bodur ağaç formasyonuna katılabilmektedir. Cins, Pinaceae içindeki diğer taksonlardan büyüme mimarisindeki olağandışı geometrik yapısıyla ayrışmaktadır. Bireyler genellikle tek, dik ve kesintisiz bir ana gövdeye sahip olup yılda bir dal halkası üretmektedir. Bu özellik sayesinde yaklaşık 50 yaşına kadar olan bireylerde dal halkası sayımı yoluyla yaş tahmini yapılabilmektedir. Dal ucunda her büyüme mevsiminde bir terminal ve iki lateral sürgün oluşması, dallanma düzeninin de yüksek bir sistematik yapı sergilediğine işaret etmektedir. Söz konusu morfolojik düzenlilik *Picea* A.Dietr. ve *Larix* Mill. cinslerinde de gözlemlenmekle birlikte, *Pinus* L.'ta belirginliğini yitirmekte, *Tsuga* Carrière'de ise ortadan kalkmaktadır (Li, 1975; Rushforth, 1987; Silba, 1986).

Kabuk yapısı yaşa bağlı belirgin bir değişim süreci geçirmektedir. Genç bireylerde reçine kabarcıkları barındıran ince ve düzgün bir kabuk tabakası gözlemlenirken, yaşlı bireylerde kabuğun kalınlaştığı, derin çatlaklar oluşturduğu ya da levha şeklinde döküldüğü görülmektedir. Türlerin büyük bölümünde kabuk yangın karşısında yetersiz bir bariyer işlevi görse de sınırlı sayıda türde yangına karşı fizyolojik tolerans mekanizmalarının geliştiği bilinmektedir. Dallar halkalı düzende yerleşmiş olup yatay bir büyüme düzlemi oluşturmaktadır. Epikormik sürgünlerden kaynaklanan düzensiz internodal dallanma zaman zaman gözlemlenebilmektedir. Mahmuz sürgünler cins içinde bulunmamaktadır. Dal yüzeyi türe göre oluklu ya da pürüzsüz olabilmekte dairesel ile geniş eliptik arasında değişen belirgin yaprak izleri, dal yüzeyiyle aynı düzeyde hafifçe çukur ya da kabarık bir görünüm sergilemektedir. İbreler dal üzerinde tek tek ve spiral düzende konumlanmakta tabanın bükülmesi nedeniyle tek sıralı ya da iki sıralı bir dizilim izlenimi vermektedir. Sapsız ve tabanda genişlemiş olan ibrelerin kın yapısı bulunmamaktadır. Doğrusal-mızrak biçimli ve yassı yapıda olan yaprakların alt yüzeyinde iki adet stomatal bant ve iki reçine kanalı yer almakta, uç kısım ise yuvarlak ya da çentikli bir görünüm sergilemektedir. İbreler türlere bağlı olarak 5 yıl ile 53 yıl arasında değişen sürelerde canlılığını koruyabilmektedir. Sık kapalılık oluşturan türlerde taç içindeki ışık koşullarına bağlı olarak gölge ve güneş yaprakları arasında morfolojik farklılaşma belirginleşmektedir. Güneş ibreleri daha kalın, dik ve içe doğru kıvrık ya da hemen hemen orak biçimli bir yapı kazanmaktadır. Tür düzeyindeki teşhis çalışmalarında aksi belirtilmediği sürece olgun gölge ibreler, referans alınmaktadır. Terminal tomurcuklar 4-5 sekonder tomurcukla çevrilmiş olup tomurcuk formu yumurtamsı ile uzunca arasında değişmektedir. Kotiledon sayısı 4 ile 10 arasındadır (Li, 1975; Rushforth, 1987; Silba, 1986).

Polen kozalakları, o yılın dallarının alt yüzeyinde aksiller konumda ve yoğun kümeler halinde yer almaktadır. İlkbaharda gelişen bu kozalaklar küresel ya da konik bir forma sahip olup sarı, kırmızı, yeşil, mavi veya mor renk çeşitliliği gösterebilmektedir. Dökülmelerinin ardından dal yüzeyinde ur benzeri çıkıntılar bırakmaktadır (Debreczy ve Rácz, 2011).

Tohum kozalakları bir önceki yılın dalları üzerinde gelişmekte ve tek bir vejetasyon döneminde olgunlaşmaktadır. Dik konumlu, yumurtamsı ile silindirik arasında değişen

ve çoğunlukla reçineli bir yapıya sahip olan bu kozalaklar olgunlaşma sürecinde bütün olarak dökülmek yerine parçalanarak dağılmakta eksen ise dal üzerinde dik bir raşis biçiminde varlığını sürdürmektedir. Kozalak pulları apofiz ve umbo yapısından yoksun olup gizli ya da dışarı taşan loblu bir brakte içermektedir. Tohumlar kanatlı yapıda olup kanat-tohum birleşim bölgesinde bir reçine kesesi taşımaktadır. Odun dokusu reçine kanalı içermemekte ve bu özellik cinsin anatomik tanımlanmasında önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir (Li, 1975; Rushforth, 1987; Silba, 1986).

Abies türleri birincil olarak serin ve nemli iklim kuşaklarında yayılış göstermekle birlikte, değişken topoğrafik ve klimatik koşullar karşısında belirgin bir morfolojik ve anatomik plastisite kapasitesi ortaya koymaktadır (Aussenac, 2002; Körner, 2007). Bu uyum esnekliği hidrolik iletim stratejileri, ksilem doku organizasyonu ve fenotipik karakterlerin çevresel gradyanlara bağlı olarak farklılaşmasına zemin hazırlamaktadır (Hacke vd., 2001; Tyree ve Zimmermann, 2002).

Odun anatomisi bakımından *Abies* cinsinin sekonder ksilemi büyük ölçüde traheidlerden meydana gelmekte olup bu yapı, mekanik destek ve iletim işlevlerinin eş zamanlı olarak yerine getirilmesini mümkün kılmaktadır. Traheid lümen çapı, hücre çeperi kalınlığı ve lümen genişliği gibi morfolojik parametreler; hidrolik iletim kapasitesi ile emboliye karşı direnç arasındaki işlevsel dengeyi doğrudan belirleyen temel anatomik göstergeler olarak kabul edilmektedir (Sperry vd., 2006).

Uluslararası karşılaştırmalı çalışmalardan elde edilen bulgular, *Abies* türlerinin yıllık halka genişliği, traheid morfometrisi ve iğne yaprak karakterleri bakımından çevresel koşullara karşı yüksek bir duyarlılık sergilediğini ortaya koymaktadır (Fonti vd., 2010; Schweingruber, 1990). Bu morfolojik ve anatomik değişkenlik, söz konusu türlerin ekolojik adaptasyon mekanizmalarının aydınlatılmasında ve taksonlar arası çeşitliliğin yorumlanmasında temel bir veri kaynağı niteliği taşımaktadır.

2.1 Türkiye'deki Göknar Türleri ve Genel Botanik Özellikleri

Türkiye, sahip olduğu coğrafi konum ve iklim çeşitliliği sayesinde *Abies* cinsi bakımından da önemli bir floristik potansiyel barındırmaktadır. Güncel taksonomik

literatür ve herbaryum verileri birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye'de doğal yayılış sergileyen göknar taksonlarının şu şekilde sınıflandırıldığı görülmektedir: *Abies nordmanniana* subsp. *nordmanniana* (Doğu Karadeniz Göknarı, Kafkasya Göknarı), *Abies cilicica* (Antoine ve Kotschy) Carrière (Toros göknarı), *Abies cilicica* subsp. *isaurica* (Bozkır göknarı) ve *Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *equi-trojani* (Aschers. ve Sint. ex Boiss) Coode et Cullen (Kazdağı göknarı) (Anşin ve Özkan, 1997; Coode ve Cullen,1965; Farjon, 2018; Jasinska vd., 2017; URL-1, 2026; Velioğlu vd., 2012; Yıldız ve Özden Keleş, 2022).

Söz konusu taksonların tümü, yayılış gösterdikleri bölgelerin özgün ekolojik koşullarına uyum geliştirerek doğal orman ekosistemlerinin yapısal bileşenleri arasında işlevsel bir konum edinmiştir (Avcı, 2012; Ekim, 2005; Yıldız ve Özden Keleş, 2022). Türkiye genelindeki dağılım örüntüleri incelendiğinde, yayılışın başlıca iklim rejimi, yükselti kuşağı ve topografik yapıyla belirlendiği anlaşılmaktadır. Nemli ve serin Karadeniz iklim koşullarının egemen olduğu kuzey yamaçlarda *A. nordmanniana* subsp. *nordmanniana* geniş ve sürekli bir yayılış alanı oluştururken, Kazdağı ve yakın çevresinde *A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani* çok daha kısıtlı bir coğrafi alan ile sınırlı kalmaktadır (Saatçioğlu, 1976). Buna karşın *A. cilicica*, Akdeniz iklim etkisinin yüksek rakımla birlikte hafiflediği güney ve iç kesimlerdeki dağlık alanlarda yayılış göstermektedir. Bu coğrafi ve ekolojik farklılaşma taksonlar arasındaki morfolojik ve anatomik uyum mekanizmalarının karşılaştırmalı bir perspektifle ele alınmasını kaçınılmaz kılmakta ve bölgesel ekolojik süreçlerin daha kapsamlı biçimde yorumlanmasına olanak tanımaktadır (Fahn, 1990).

Yalnızca Türkiye'de doğal yayılış gösteren endemik bir alttür olan Kazdağı göknarı (*A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*), IUCN Kırmızı Listesi değerlendirmeleri kapsamında 'Tehlike Altında (Endangered, EN)' statüsüne alınmıştır (Usta ve Tavşanoğlu, 2023). Türün son derece dar bir coğrafi alana hapsolmuş olması, başlı başına ciddi bir kırılganlık unsuru oluşturmaktadır. Bu yapısal hassasiyetin üzerine eklenen habitat bütünlüğünün bozulması, iklim değişikliğinin tetiklediği çevresel stres koşulları ve beşeri kaynaklı baskılar, popülasyonların ekolojik devamlılığını tehlikeye atan ve birbirini pekiştiren çok katmanlı bir tehdit örüntüsü meydana getirmektedir. Söz konusu tehdit dinamikleri, türün doğal popülasyonlarının uzun vadede ayakta

kalabilmesi için kapsamlı izleme ve koruma stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

2.1.1 Kazdağı Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) Genel Özellikleri

2.1.1.1 Kazdağı göknarının taksonomik konumu

Pinaceae familyası içinde *Abies* cinsine dahil olan Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*), Türkiye'ye özgü dar yayılışlı bir endemik takson olma özelliği taşımaktadır (Yaltırık, 2010). Taksonomik düzeyde bu alttür kendine özgü ibre morfolojisi, kozalak boyutu ve gövde anatomisi bakımından cins içindeki diğer taksonlardan belirgin biçimde ayrışmakta olup sistematik konumlandırması biyocoğrafik ve morfolojik verilerin bütünleşik değerlendirmesi temelinde gerçekleştirilmiştir (Richter, 2004).

Kazdağı göknarının taksonomik statüsü, Türkiye florası içindeki endemik taksonların sınıflandırılması açısından önemli bir referans niteliği taşımaktadır. Yakın akraba *Abies* taksonlarıyla yürütülen karşılaştırmalı çalışmalar, türler arası evrimsel ilişkilerin ve ekolojik adaptasyon mekanizmalarının aydınlatılmasına doğrudan katkı sağlamaktadır (Kaya ve Raynal, 2001). Öte yandan ibre anatomisi, kozalak morfolojisi ve odun dokusu gibi vejetatif ve generatif karakterler üzerinden gerçekleştirilen morfolojik ve anatomik analizler, taksonlar arası sınıflandırma farklılıklarının nesnel ölçütlerle ortaya konulmasını mümkün kılmaktadır (Fahn, 1990; Schweingruber, 1990).

2.1.1.2 Kazdağı göknarının yayılış alanı ve ekolojik özellikleri

Kazdağı göknarının doğal yayılış alanı öncelikli olarak Çanakkale ili sınırları içinde konumlanan Kazdağları (Biga Yarımadası) ile özdeşleşmekle birlikte, türün Batı Karadeniz Bölgesi'nde, başta Kastamonu ili ve yakın çevresi olmak üzere, kalıcı doğal popülasyonlar oluşturduğu da belgelenmiştir (Usta ve Tavşanoğlu, 2023; Yıldız ve Özden Keleş, 2022; Yüce, 2025). Kazdağları'nda tür, 400-1650 m yükselti kuşağı boyunca yayılış göstermekte; optimal büyüme ve gelişme koşullarını ise ağırlıklı

olarak 1000-1300 m aralığında bulmaktadır (Usta ve Tavşanoğlu, 2023; Yıldız ve Özden Keleş, 2022). Kastamonu yöresinde ise tür, farklı yükselti basamaklarında ve çeşitli bakı koşullarında hem saf hem de karışık meşcereler hâlinde varlık sürdürmekte (Yıldız ve Özden Keleş, 2022) bölgeye özgü iklim özelliklerine karşı kayda değer bir ekolojik esneklik sergilemektedir (Yüce, 2025) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 *Abies nordmannianas*. subsp. *equi-trojani*'nin Türkiye'de yayılış haritası (Baykal, 2019)

Ekolojik olarak Kazdağı göknarı, nemli kireçtaşı ve kalkerli toprakları tercih etmektedir. Toprak yapısı, pH değeri ve drenaj özellikleri, türün kök gelişimi ve besin alım kapasitesi üzerinde doğrudan etkilidir (Ata, 1975). Ayrıca bu tür diğer endemik ve yerel orman türleri ile birlikte karışık ormanlar oluşturarak ekosistem çeşitliliğine katkı sağlamaktadır. Örneğin sarıçam, karaçam ve Doğu kayını ile birlikte meşcere oluşturabilen Kazdağı göknarı, bu türlerin yanında gölge toleranslı bir katman oluşturur (Yaltırık, 2010).

Kazdağı göknarının yayılışı, özellikle insan kaynaklı etkiler, arazi kullanımı değişiklikleri ve iklim değişikliği nedeniyle sınırlı alanlarda yoğunlaşmıştır (Usta ve Tavşanoğlu, 2023). Bu durum, türün korunması ve sürdürülebilir yönetimi açısından araştırmaların önemini artırmaktadır. Anatomik ve morfolojik çalışmalar, türün ekolojik adaptasyonlarını ve farklı popülasyonlar arasındaki varyasyonları anlamak için kritik veriler sağlamaktadır (Richter, 2004; Yıldız ve Özden Keleş, 2022).

2.1.1.3 Kazdağı göknarının genel botanik özellikleri

Abies nordmanniana subsp. *equi-trojani*, Pinaceae familyasına ait herdem yeşil ve uzun yaşam süresine sahip bir iğne yapraklı ağaç taksonudur. Elverişli yetişme ortamı koşullarında bireyler 35-40 m boya ve yaklaşık 100 cm göğüs çapına ulaşabilmekte; gövde, düzgün ve silindirik bir form sergilemektedir (Ata, 1975; Saatçioğlu, 1976). Genç bireylerde dar ve geometrik açıdan düzenli bir piramidal tepe tacı gözlemlenirken, yaş ilerledikçe tepe tacının genişlediği ve dallanma düzeninin giderek karmaşıklaştığı görülmektedir. Kabuk dokusu genç bireylerde ince, pürüzsüz ve açık gri renkli bir yapı sergilerken, yaşlı bireylerde belirgin biçimde kalınlaşmakta, koyulaşmakta ve derin boyuna çatlaklar geliştirmektedir (Şekil 2.2).

Sürgünler sarımsı kahverengi bir renk tonu taşımakta ve hafif tüylü bir yüzey yapısına sahip bulunmaktadır. Tomurcuklar oval ile yumurta biçimi arasında değişen bir form sergilemekte olup büyük çoğunlukla reçinesiz ya da çok az reçine içermektedir. İğne yapraklar 2-3(3,5) cm uzunluğunda ve 2-3 mm eninde olup sürgün yüzeyi üzerinde taraksı bir diziliş düzeni oluşturmaktadır. Üst yüzey parlak koyu yeşil renkte iken alt yüzeyde iki belirgin beyaz stomatal bant bulunmaktadır. İbre ucu genellikle küt ya da hafifçe çentikli bir görünüm sergilemekte olup bu morfolojik karakter, türün taksonomik teşhisinde ayırt edici bir ölçüt olarak değerlendirilmektedir (Kaya ve Raynal, 2001).

Tohum kozalakları dik konumlu ve silindirik formda olup 12-20 cm uzunluğuna ulaşmakta olgunlaşma sürecinde açık kahverengi bir renk kazanmaktadır. Kozalak pulları geniş ve yuvarlak uçlu bir yapıya sahipken tohumlar belirgin kanat yapısı taşımaktadır (Şekil 2.2). Türün generatif üreme potansiyeli yüksek olmakla birlikte, doğal gençleşme başarısı büyük ölçüde nemli ve serin mikroklimatik koşulların sürekliliğine bağlı kalmaktadır (Ata, 1975).



Şekil 2.2 *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Kazdağı göknarı). (a) ağaç, (b) sürgünler, (c) erkek koniler (Baykal, 2019)



Şekil 2.3 Kazdağı göknarına ait bir meşcere (Kazdağları - 1000 m)

Kazdağı göknarının taksonomik statüsü, araştırmacılar arasında tartışmalı olmayı sürdürmektedir. Bir kesim bu taksonun bağımsız tür düzeyinde ele alınması gerektiğini savunurken, sistematik literatürün önemli bir bölümünde *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* adıyla alt tür statüsünde sınıflandırılmaktadır (Usta ve Tavşanoğlu, 2023). Bu taksonomik belirsizlik, söz konusu taksonun morfolojik ve genetik farklılaşma düzeylerinin bütünleşik bir yaklaşımla yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Makromorfolojik ve botanik karakterlerin belgelenmesi, türün ekolojik uyum stratejilerinin ve sistematik konumunun anlaşılmasında vazgeçilmez bir referans çerçevesi sunmaktadır. Bununla birlikte, tür içi ve popülasyonlar arası varyasyonun daha ince bir çözünürlükle ortaya konulabilmesi, morfolojik gözlemlerin ötesine geçilerek anatomik düzeyde yapılan incelemelerin devreye girmesini gerektirmektedir. Bu doğrultuda, izleyen bölümlerde Kazdağı göknarının odun anatomisi ve morfolojik karakterleri ayrıntılı biçimde ele alınacaktır.

2.2 Literatür Özeti

Odun anatomisi açısından değerlendirildiğinde, *Abies* türleri sekonder ksilemin büyük ölçüde traheidlerden oluşması nedeniyle fonksiyonel açıdan dikkat çekicidir. Trakeidler hem su iletimi hem de mekanik destek görevini üstlenen temel hücre tipidir. Bu nedenle trakeid çapı, hücre duvar kalınlığı ve lümen genişliği gibi parametreler, hidrolik iletim kapasitesi ile emboli direnci arasındaki dengeyi belirleyen kritik özelliklerdir (Tyree ve Zimmermann, 2002). Ksilem güvenlik-verimlilik dengesi çerçevesinde yapılan araştırmalar, dar lümenli ve kalın duvarlı hücrelerin hidrolik güvenliği artırdığını; buna karşılık geniş lümenli hücrelerin iletim kapasitesini yükselttiğini ortaya koymuştur (Hacke vd., 2001; Sperry vd., 2006).

Topaloğlu (2013), Batı Karadeniz Göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach subsp. *bornmuelleriana* (Mattf.) Coode & Cullen) üzerinde gerçekleştirdiği yüksek lisans tez çalışmasında, farklı popülasyonlara ait bireylerin morfolojik özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Araştırmada ağaç boyu, göğüs çapı, ibre, tomurcuk ve kozalak özellikleri değerlendirilmiş; popülasyonlar arasında bu karakterler bakımından belirli düzeyde varyasyon bulunduğu belirlenmiştir. Çalışmada, morfolojik özelliklerin tür içi farklılıkların belirlenmesinde önemli olduğu ve çevresel

koşulların bu özellikler üzerinde etkili olabileceği vurgulanmıştır. Bu araştırma, Türkiye'de doğal yayılış gösteren göknar taksonlarının morfolojik varyasyonunun ortaya konulması açısından önemli olup, Kazdağı göknarının farklı ekolojik koşullardaki morfolojik özelliklerinin değerlendirildiği bu tez çalışmasına karşılaştırma olanağı sağlamaktadır.

Dendrokronolojik ve dendroanatomik çalışmalar, göknar türlerinin iklim değişkenlerine duyarlılığını açık biçimde göstermektedir. Yıllık halka genişliği ile sıcaklık ve yağış verileri arasında anlamlı ilişkiler bulunmuş özellikle su mevcudiyetinin ilkbahar odun hücreleri genişliği üzerinde belirleyici olduğu belirtilmiştir (Cook ve Kairiukstis, 1990; Fritts, 1976). İlbahar odunu hücreleri geniş lümenli ve ince duvarlı yapı gösterirken, yaz odunu hücreleri daha dar lümenli ve kalın duvarlıdır (Schweingruber, 1990). Mikroanatomik düzeyde hücre sayısı, hücre duvar kalınlığı ve lümen alanı gibi parametrelerin yıllık iklim sinyali taşıdığı ortaya konmuştur (Fonti vd., 2010). Bu bulgular, ksilem yapısının çevresel koşullara duyarlı dinamik bir sistem olduğunu göstermektedir.

Türkiye'de göknar üzerine gerçekleştirilen bilimsel araştırmalar daha çok yayılış alanlarının belirlenmesi ve yetişme ortamı özelliklerinin tanımlanmasına odaklanmıştır (Saatçioğlu, 1976). Daha sonraki çalışmalarda morfolojik varyasyon, popülasyon yapısı ve genetik çeşitlilik konuları ön plana çıkmıştır (Kaya ve Raynal, 2001).

Yükselti farklılıkları boyunca yapılan morfolojik araştırmalar, iğne yaprak uzunluğu, genişliği, sürgün kalınlığı ve kozalak morfolojisinin çevresel koşullara bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur. Yüksek rakımlarda genellikle daha kısa ve kalın iğne yapraklar gözlenirken, daha düşük rakımlarda daha uzun ve ince yapılar gelişebilmektedir (Yıldız ve Özden Keleş, 2022). Bu durum transpirasyon kontrolü ve su kullanım stratejileri ile ilişkilendirilmektedir (Körner, 2007). Ayrıca stomatal yoğunluk ve dağılımın da çevresel stres koşullarına bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir.

Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*), sınırlı yayılış alanı ve relikt karakteri nedeniyle Türkiye ormancılığı açısından özel bir konuma sahiptir (Yaltırık, 1993). Türün doğal yayılışı büyük ölçüde Kazdağları ve çevresinde yoğunlaşmakta olup, belirli mikroklimatik koşullara bağımlı bir yapı göstermektedir (Atalay, 1992). Nemli ve kuzey bakılı alanlarda daha sağlıklı popülasyonlar oluşturduğu bildirilmiştir (Yaltırık ve Efe, 2000). Endemik ve relikt türlerde genetik çeşitliliğin korunması, uzun vadeli ekosistem sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir (Hamrick ve Godt, 1996).

Genetik araştırmalar, Kazdağı göknarı popülasyonlarında belirli düzeyde genetik varyasyon bulunduğunu ancak sınırlı yayılış alanı nedeniyle genetik daralmanın potansiyel bir risk oluşturduğunu göstermektedir (Kaya vd., 2008). Bununla birlikte genetik yapı ile morfolojik ve anatomik parametrelerin birlikte değerlendirildiği bütüncül çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir.

Anatomik açıdan değerlendirildiğinde, Türkiye göknarları üzerine yapılan çalışmaların çoğu makroskobik morfoloji ve ekolojik özellikler üzerine yoğunlaşmış; mikroanatomik ksilem analizleri nispeten az sayıda gerçekleştirilmiştir. Oysa traheid morfometrisi, ışın parankiması organizasyonu, yıllık halka farklılaşması ve hücre duvar kalınlığı gibi parametreler, türlerin çevresel adaptasyon mekanizmalarının hücresel düzeyde anlaşılması açısından önemlidir (Fonti vd., 2010; Schweingruber, 1990).

Literatür genel olarak değerlendirildiğinde, Kazdağı göknarına ilişkin çalışmaların çoğunlukla tek bölgeye odaklandığı ve parametre çeşitliliğinin sınırlı olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle farklı klimatik özelliklere sahip bölgelerde gelişen popülasyonların karşılaştırmalı anatomik ve morfolojik analizlerinin yeterince ele alınmadığı görülmektedir. Çanakkale ve Kastamonu gibi farklı iklim karakterine sahip iki bölgedeki popülasyonların traheid çapı, hücre duvar kalınlığı, yıllık halka genişliği ve ibre morfometrisi gibi parametreler üzerinden karşılaştırılması, türün yapısal adaptasyon kapasitesinin ortaya konulması açısından önem taşımaktadır.

Sonuç olarak mevcut literatür, Kazdağı göknarının ekolojik ve morfolojik özelliklerine ilişkin önemli veriler sunmakla birlikte, farklı coğrafi alanlardaki popülasyonların karşılaştırmalı anatomik ve morfolojik analizlerini bütüncül biçimde ele alan çalışmaların sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, türün çevresel adaptasyon stratejilerinin daha ayrıntılı biçimde araştırılmasını gerekli kılmaktadır. Bu kapsamda gerçekleştirilecek karşılaştırmalı anatomik ve morfolojik çalışmalar hem taksonomik değerlendirmelere hem de koruma ve sürdürülebilir ormancılık stratejilerine bilimsel katkı sağlayacaktır.

2.3 Araştırmanın Amacı ve Önemi

Türkiye'nin kuzeybatısında, başta Kazdağları olmak üzere sınırlı Batı Karadeniz popülasyonlarında doğal yayılış sergileyen Kazdağı göknarı (*A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*), relikt karakteri ve dar endemizmiyle ekolojik ve koruma biyolojisi açısından öncelikli taksonlar arasında yer almaktadır (OGM, 2020). Türe ilişkin yapılan bilimsel araştırmalar ağırlıklı olarak yayılış alanlarının saptanması ve temel ekolojik gereksinimlerin tanımlanması üzerine yoğunlaşmışken, sonraki çalışmalar morfolojik varyasyon, popülasyon yapısı ve genetik çeşitlilik ekseninde derinleşmiştir (Usta ve Tavşanoğlu, 2023; Yıldız ve Özden Keleş, 2022). İbre uzunluğu, kozalak boyutu, gövde formu ve odun dokusu gibi morfolojik ve anatomik karakterler üzerinden yürütülen çalışmalar, farklı coğrafi popülasyonlar arasındaki yapısal çeşitliliği kısmen ortaya koymuştur (Richter, 2004; Yaltırık, 2010). Uluslararası ölçekte yürütülen karşılaştırmalı anatomik ve morfolojik analizler ise endemik *Abies* taksonlarına ilişkin yorumların geliştirilmesinde önemli bir referans işlevi görmektedir (Farjon, 2010; Schweingruber, 1990). Bununla birlikte, Türkiye'ye özgü popülasyonlar üzerinde gerçekleştirilen çalışmaların büyük çoğunluğu sınırlı örneklem büyüklükleri ve tekil alan verileriyle yürütülmüş olmakta; Çanakkale ve Kastamonu popülasyonlarının karşılaştırmalı anatomik ve morfolojik düzeyde bütüncül biçimde ele alındığı araştırmalar ise literatürde belirgin bir boşluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu eksiklik, türün çevresel adaptasyon mekanizmalarının ve popülasyonlar arası morfolojik-anatomik varyasyonun yeterince anlaşılmasının önünde yapısal bir engel oluşturmaktadır.

Bu çalışma aşağıdaki araştırma soruları ve hipotezler çerçevesinde yürütülmüştür:

Araştırma Soruları:

- Kastamonu ve Çanakkale'de yetişen Kazdağı göknarlarının morfolojik yapılarında (toplam gövde boyları, göğüs çapları ve ibre boyutları) belirgin farklar var mıdır?

- Morfolojik özellikler, Kazdağı göknarlarının yetiştiği çevresel koşullara (yükselti ve bakı) göre değişiklik göstermekte midir?

- Kastamonu ve Çanakkale'de yetişen Kazdağı göknarlarının anatomik özelliklerinde farklar var mıdır?

- Anatomik ve morfolojik veriler, iki farklı yetişme bölge arasında ekolojik farklılıkları ortaya koymakta yeterli midir?

Hipotezler:

- H1: Kastamonu ve Çanakkale'de yetişen Kazdağı göknar ağaçları arasında belirgin anatomik farklılıklar bulunmaktadır.

- H2: Morfolojik karakterler, popülasyonların yetiştiği ekolojik koşullara bağlı olarak değişmektedir.

- H3: Elde edilen anatomik ve morfolojik veriler, Kazdağı göknar ağaçlarında adaptasyon farklılıklarını anlamada kullanılabilir.

Bu çalışmanın temel amacı, Çanakkale ve Kastamonu illerinde doğal yayılış gösteren Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) popülasyonlarının anatomik ve morfolojik özelliklerini karşılaştırmalı bir yaklaşımla incelemek; iki farklı coğrafi köken arasındaki yapısal farklılıkları sistematik biçimde ortaya koymaktır. Dar endemizmiyle öne çıkan bu taksonun, birbirinden ekolojik ve klimatik açıdan belirgin biçimde ayrışan iki bölgedeki popülasyonlarının karşılaştırılması; türün farklı çevresel koşullara verdiği morfolojik ve anatomik yanıtların anlaşılmasına, adaptasyon

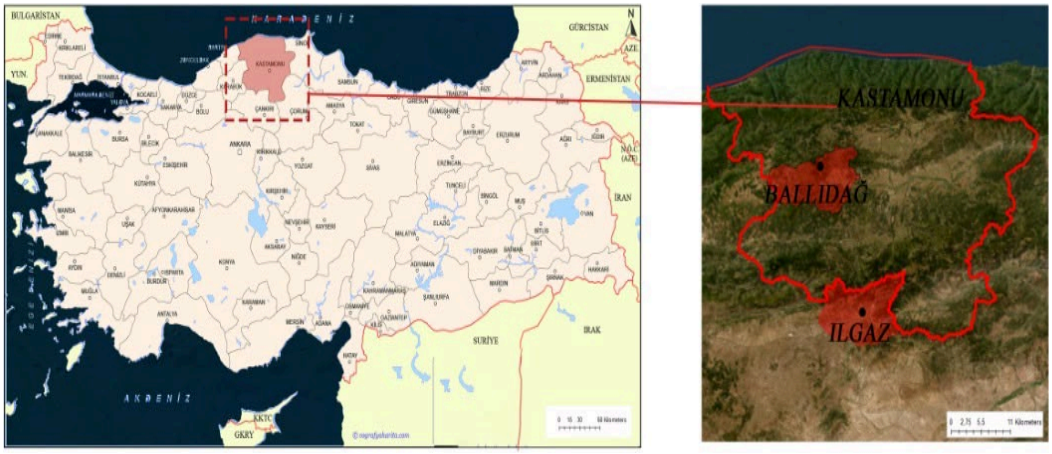
mekanizmalarının ve genetik çeşitlilik potansiyelinin değerlendirilmesine zemin hazırlamaktadır. Bu bağlamda çalışma odun anatomisi, büyüme karakterleri ve doku düzeyindeki morfolojik parametreler üzerinden elde edilecek verilerin, türün iklim değişikliğine karşı ekolojik direnç kapasitesinin belirlenmesine katkı sağlayacağını öngörmektedir.

Elde edilecek bulgular, yalnızca mevcut bilimsel literatüre katkı sunmakla kalmayıp Kazdağı göknarının genetik kaynaklarının korunması, sürdürülebilir silvikültürel planlamanın geliştirilmesi ve bilimsel temelli koruma stratejilerinin oluşturulması açısından da sağlam bir veri altyapısı niteliği taşıyacaktır. Böylece çalışma, hem akademik bilgi birikimine katkı sağlamak hem de orman ekosistemlerinin uzun vadeli sürdürülebilirliğinin desteklenmesi için pratik bir referans çerçevesi sunmak gibi çift yönlü bir işlev üstlenmektedir.

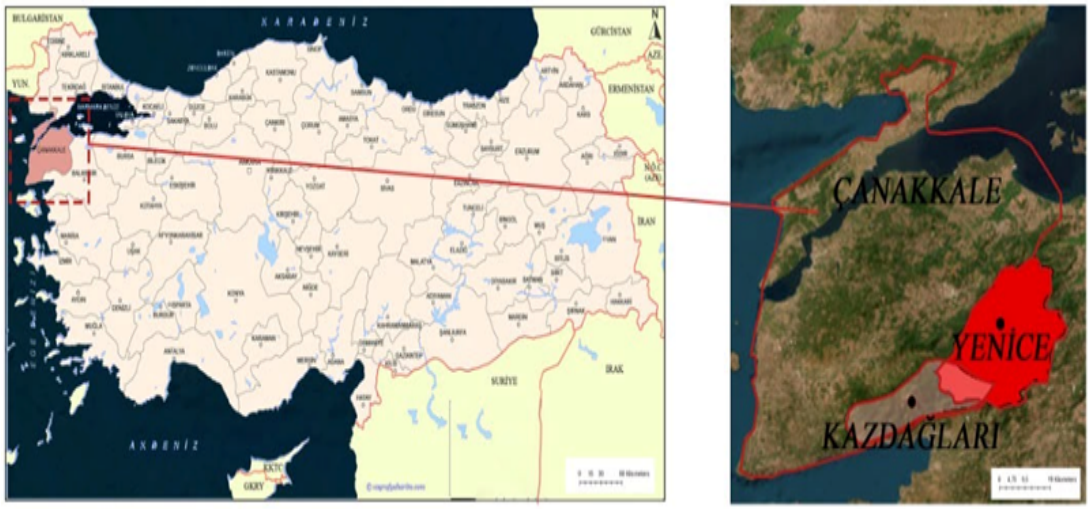
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı

Bu çalışmada, *Gymnospermae* sınıfı, *Pinaceae* familyası ve *Abies* cinsi içinde yer alan Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) araştırma materyali olarak kullanılmıştır. Tez çalışması, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü ile Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde doğal yayılış gösteren göknar ormanlarında yürütülmüştür. Örnek alanların belirlenmesinde her iki Orman Bölge Müdürlüğü'ne ait güncel orman amenajman planları ve meşcere haritaları temel veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde konumlanan Kastamonu ili, kuzeyde Küre Dağları ve güneyde Ilgaz Dağları arasında yer alır. Kuzey sınırı boyunca bir bariyer işlevi üstlenen Küre Dağları, Karadeniz kökenli nemli hava kütlelerinin iç kesimlere ulaşmasını kısıtlamakta; bu topografik engel nedeniyle denizin ılımanlaştırıcı etkisi ilin iç bölgelerine yeterince yansıyamamaktadır (Atalay, 2011). Bu durum, kuzey kesimlerde ılıman ve yağışlı bir Karadeniz iklimi yaratırken güney ve iç kesimlerde belirgin bir karasallaşmaya zemin hazırlamaktadır; yıllık yağış toplamı bu iklim kutuplaşmasının bir yansıması olarak 450 mm ile 1.215 mm arasında geniş bir aralıkta değişmektedir (MGM, 2023). İklimsel geçiş karakteri ve zengin orman dokusunun bir araya gelmesi, Kastamonu'yu Kazdağı göknarı popülasyonlarının anatomik ve morfolojik uyum kapasitelerinin araştırılmasına elverişli özgün bir çalışma ortamı olarak değerli kılmaktadır.



Şekil 3.1 Kastamonu ili Ballıdağ (Daday) ve Ilgaz Dağı çalışma alanlarının lokasyon haritası



Şekil 3.2 Çanakkale ili Yenice ve Kazdağı (Kalkım) çalışma alanlarının lokasyon haritası

Türkiye'nin kuzeybatı köşesinde, Avrupa ile Asya kıtalarını birbirinden ayıran Çanakkale Boğazı'nın her iki yakasında uzanan Çanakkale ili, Kazdağları'nı (Biga Yarımadası) sınırları içinde barındırmasıyla Kazdağı göknarının birincil yayılış ve gen merkezi konumundadır (Usta ve Tavşanoğlu, 2023). Çanakkale'de iklim Akdeniz ve Karadeniz iklim sistemlerinin etkileşim alanında şekillenmekte; yıllık yağış 600-1.200 mm arasında değişmekte, sıcaklıklar ise -10°C ile +38°C arasında geniş bir ısıl amplitüd sergilemektedir (Çanakkale İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2018). Kazdağları'nın güney yamaçları Akdeniz etkisiyle kızılçam ve karaçam ormanlarına ev sahipliği yaparken, yükseltinin artmasıyla birlikte nemlilik koşullarının iyileştiği kuşaklarda Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) ile Doğu kayını baskın türler olarak öne çıkmaktadır (Doğa Derneği, 2018). Belirgin yükselti ve iklim gradyanlarının bir arada bulunduğu bu yapı, Çanakkale'yi türün güney sınır popülasyonlarının Kastamonu popülasyonlarıyla karşılaştırmalı anatomik ve morfolojik açıdan irdelenmesinde vazgeçilmez bir referans alan kılmaktadır.

Araştırma alanlarının topografik özelliklerinin ve hedef yükselti basamaklarının belirlenmesinde CBS ortamında üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verilerinden yararlanılmıştır. Bu veriler kapsamında her iki bölge için 800-1.000 m ve 1.000-1.500 m olmak üzere iki yükselti basamağı ile kuzey ve güney bakı koşulları CBS tabanlı yeniden sınıflandırma analizi uygulanarak haritalandırılmış ve örnek alanlar bu sınıflandırma temelinde belirlenmiştir. Popülasyonlar arası karşılaştırmanın sağlıklı yürütülebilmesi amacıyla seçilen tüm örnek alanların benzer gelişim çağı ve

kapalılık koşullarına sahip doğal göknar meşcerelerinden oluşmasına özen gösterilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Morfolojik Ölçümler

Kastamonu ve Çanakkale yörelerinde doğal yayılış gösteren Kazdağı göknarı popülasyonlarında, alt ve üst rakım ile kuzey ve güney bakıları temsil edecek şekilde toplam 8 örnek alan (20 × 20 m) belirlenmiştir. Her örnek alanda 100 birey olmak üzere toplam 800 ağacın göğüs çapı (1,30 m yükseklikten kumpas ile) ve ağaç boyu (lazer metre ile) ölçülmüştür. İbre ölçümleri için her örnek alandaki bireylerin tepe tacının üst kısmında yer alan ve güneş ışığı alan dallardan her birey için ortalama 15 ibre örneği alınmış, böylece toplam yaklaşık 12.000 ibre örneği elde edilmiştir. Laboratuvara getirilen örneklerde ibre boyu ve ibre eni ölçülmüştür. İbre boyu cetvel yardımıyla, ibre eni ise dijital kumpas kullanılarak ölçülmüş ve elde edilen tüm veriler istatistiksel analizlerde değerlendirilmiştir.

3.2.2 Odun Anatomisi Ölçümleri

Odun anatomik özellikleri ile yıllık halka genişliklerinin belirlenmesi amacıyla, her örnek alandan 10 ağaç seçilmiş ve toplam 80 örnek ağaçtan göğüs yüksekliğinden (1,30 m) enine odun diskleri alınmıştır. Öncelikle her diskte yıllık halka sayısı belirlenmiş, ardından bireysel yıllık halka genişlikleri ölçülmüştür. Anatomik incelemelerde her örnek için traheid uzunluğu, traheid genişliği, traheid lümen genişliği, hücre çeperi kalınlığı, özışını yüksekliği, özışını genişliği ve 1 mm'deki özışını sayısı belirlenmiştir. Her anatomik karakter için 50 ölçüm gerçekleştirilmiş olup, toplamda 28.000 anatomik ölçüm elde edilmiştir. Anatomik analizlere hazırlık amacıyla diskler mikrotom kesimine uygun boyutlarda küp örneklere ayrılmış, destile su içerisinde dibe çökünceye kadar kaynatılarak yumuşatılmış ve ardından gliserin, etil alkol ile destile sudan oluşan koruyucu çözeltide bekletilmiştir (Yaman, 2007). Hazırlanan örneklerden mikrotom yardımıyla enine, radyal ve teğetsel kesitler alınmıştır.

Traheid hücre ölçümlerine yönelik preparatların hazırlanmasında küp örnekler kibrit çöpü boyutuna indirgenerek Franklin (1945) tarafından geliştirilen maserasyon yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde 1:1 (v/v) oranında hazırlanan hidrojen peroksit ve glasiyal asetik asit karışımı kullanılarak traheidler serbest hale getirilmiştir. Serbest traheidler, bir damla gliserin içerisinde iğne ucu yardımıyla lam-lamel arasına yerleştirilerek geçici preparatlar oluşturulmuş ve anatomik incelemeler bu preparatlar üzerinde yürütülmüştür. Hücre boyutlarının belirlenmesinde Leica DM750 ışık mikroskobu ile Leica Application Suite (LAS EZ) görüntü analiz yazılımından yararlanılmıştır. Tüm anatomik ölçümler, IAWA (2004) iğne yapraklı ağaçlar esaslarına uygun biçimde gerçekleştirilmiştir.

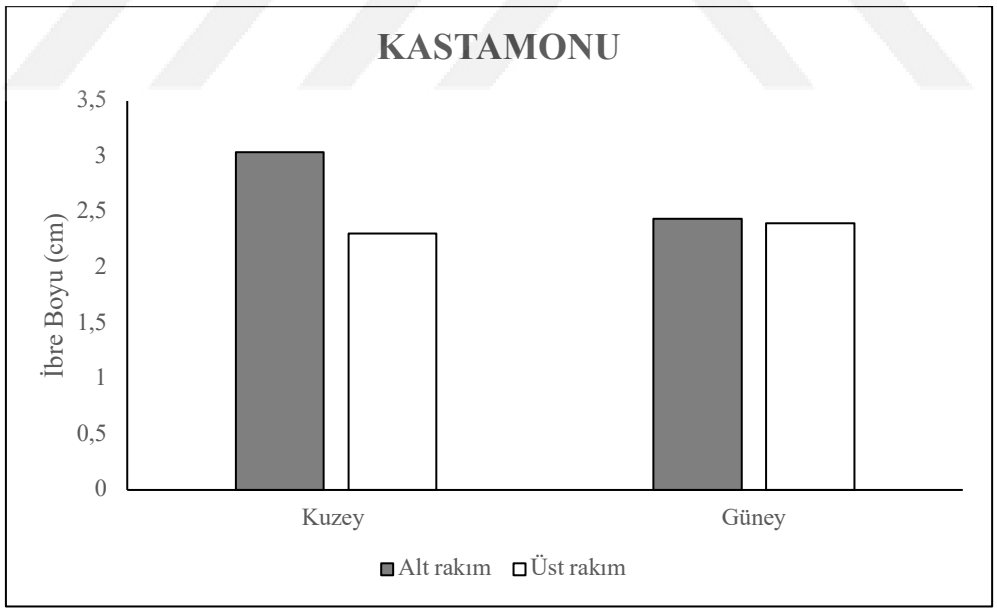
Anatomik analizler kapsamında traheid hücre uzunluğu ve genişliği (µm), traheid lümen genişliği (µm), traheid çeper kalınlığı (µm) ile öz ışını yüksekliği ve genişliği (µm) ölçülmüştür. Traheid ve öz ışını boyut ölçümlerinde x4 büyütmeli objektif kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Bu çalışmada elde edilen veriler, morfolojik ve anatomik ölçüm sonuçları olmak üzere iki temel başlık altında değerlendirilmiştir. Arazi çalışmaları kapsamında örnek alanlarda (Kastamonu ve Çanakkale) gerçekleştirilen morfolojik ölçümler; ağaç boyu, göğüs çapı, ve ibre boyutlarına ilişkin verileri kapsamaktadır. Laboratuvar çalışmaları ise araziden toplanan ibre örnekleri üzerinde yürütülen morfolojik ölçümlerin yanı sıra odun dokusunun anatomik hücre analizlerini ve yıllık halka genişliği ölçümlerini içermektedir.

4.1 Kazdağı Göknarı Ağaçlarının Morfolojik Ölçüm Sonuçları

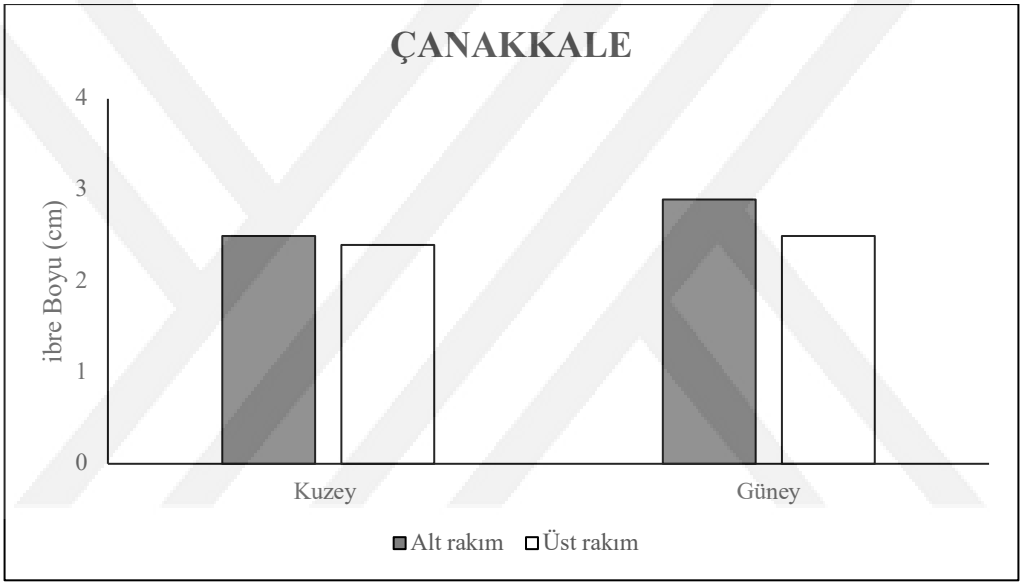
Ölçümler hem Kastamonu hem Çanakkale illerinde iki farklı yükselti basamağında ve iki farklı bakıda gerçekleştirilmiş olup ölçümler iki farklı bölgede ayrı ayrı yapılmıştır. Kastamonu'da yetişen göknarların ortalama ibre boyları alt rakım basamağında kuzey bakılarda 3,04 cm ve güney bakılarda 2,44 cm; üst rakım basamağında kuzey bakılarda ortalama ibre boyları 2,31 cm ve güney bakılarda 2,4 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Kazdağı göknarının Kastamonu ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama ibre boyu değerleri

Kastamonu ilinde kuzey ve güney bakılar arasında ibre uzunluğu bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir (F=1,393; p=0,239). Benzer şekilde yükselti basamakları arasında ise ibre uzunluğu alt yükseltide daha yüksek bulunmuş ve bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır (F=41,143; p<0,001). Sonuçlar, bakının ibre uzunluğu üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını, buna karşın yükselti faktörünün önemli düzeyde etkili olduğunu göstermektedir.

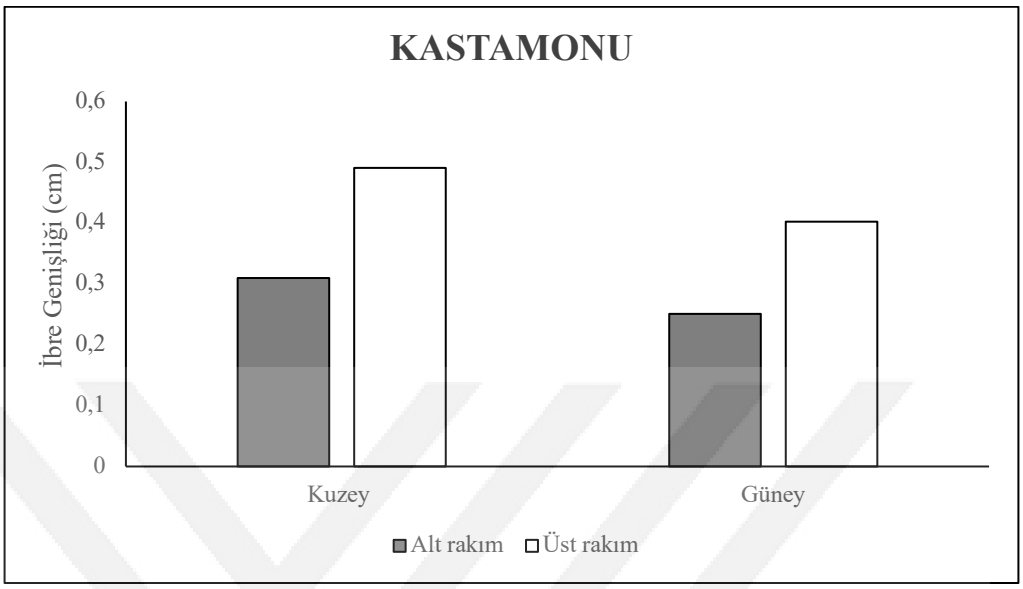
Çanakkale'de yetişen göknarların ortalama ibre boyları alt rakım basamağında kuzey bakılarda 2,5 cm ve güney bakılarda 2,9 cm; üst rakım basamağında kuzey bakılarda ortalama ibre boyları 2,4 cm ve güney bakılarda 2,5 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Kazdağı göknarının Çanakkale ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama ibre boyu değerleri

Çanakkale ilinde ibre uzunluğu bakımından hem bakı hem de yükselti faktörünün istatistiksel olarak anlamlı etkisi belirlenmiştir. Güney bakıda yetişen bireylerin ibre uzunluğu kuzey bakıya göre daha yüksek bulunmuştur (F=31,223; p<0,001). Ayrıca alt yükseltide yetişen bireylerin ibre uzunluğu üst yükseltiye göre anlamlı derecede daha yüksektir (F=21,239; p<0,001). Bu durum, daha elverişli yetişme ortamlarının ibre gelişimini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

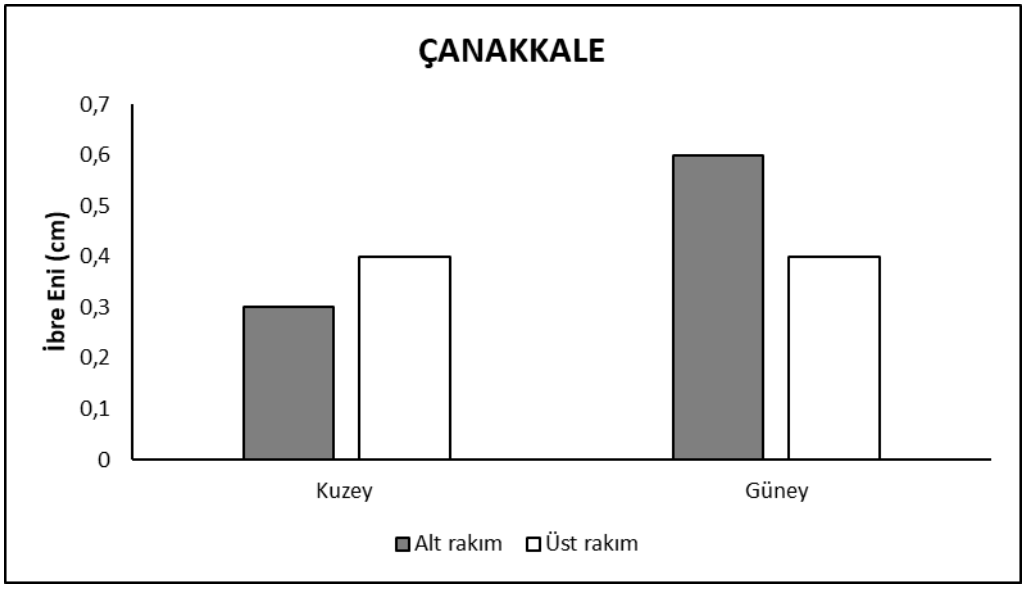
Kastamonu'da yetişen göknarların ortalama ibre genişlik değerlerine bakıldığında alt rakım basamağında kuzey bakılarda 0,31 cm ve güney bakılarda 0,25 cm; üst rakım basamağında kuzey bakılarda ortalama ibre boyları 0,49 cm ve güney bakılarda 0,40 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Kazdağı göknarının Kastamonu ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama ibre genişliği değerleri

Kastamonu ilinde ibre genişliği hem bakı hem de yükselti faktöründen istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkilenmiştir ($p<0,001$). Kuzey bakıda yetişen bireylerin ibre genişliği güney bakıya göre daha yüksek bulunurken ($F=16,828$; $p<0,001$), üst yükseltide yetişen bireylerin ibre genişliği alt yükseltiye göre anlamlı derecede daha yüksektir ($F=461,576$; $p<0,001$). Bu bulgular, ibre genişliğinin çevresel koşullara duyarlı bir morfolojik özellik olduğunu göstermektedir.

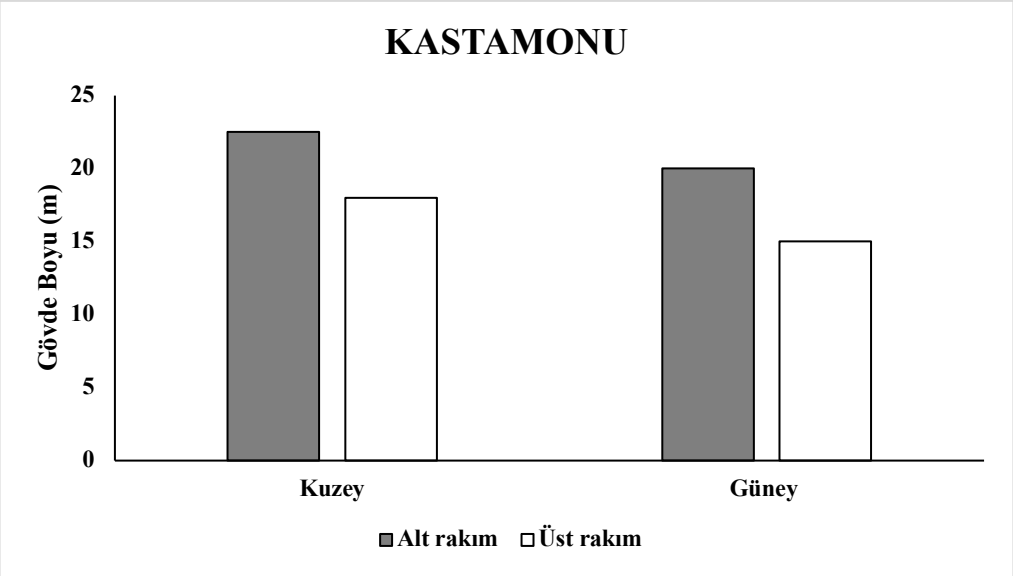
Çanakkale'de yetişen göknarların ortalama ibre genişlik değerlerine bakıldığında alt rakım basamağında kuzey bakılarda 0,30 cm ve güney bakılarda 0,60 cm; üst rakım basamağında kuzey bakılarda ortalama ibre boyları 0,40 cm ve güney bakılarda 0,40 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Kazdağı göknarının Çanakkale ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama ibre genişliği değerleri

Çanakkale ilinde ibre genişliği bakımından hem bakı hem de yükselti faktörleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Güney bakıda yetişen bireylerin ibre genişliği kuzey bakıya göre daha yüksek belirlenmiştir ($F=100,480$; $p<0,001$). Aynı şekilde alt yükseltide yetişen bireylerin ibre genişliği üst yükseltiye göre anlamlı derecede daha yüksektir ($F=40,848$; $p<0,001$). Sonuçlar, ibre genişliğinin yetişme ortamı koşullarından önemli ölçüde etkilendiğini ortaya koymaktadır.

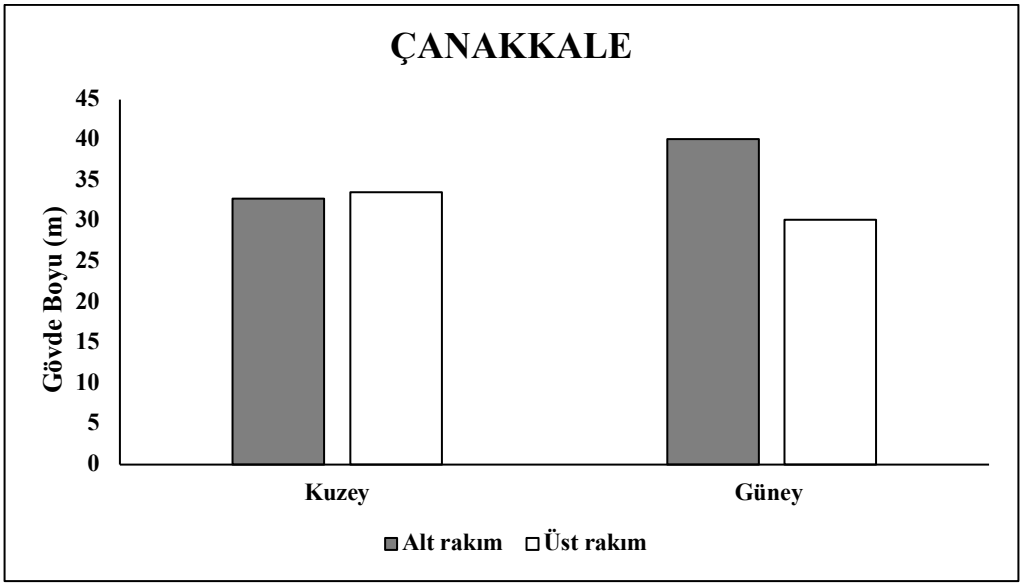
Kastamonu'da yetişen göknarların ortalama gövde boyu değerleri incelendiğinde alt rakım basamağında kuzey bakılarda 22,5 m ve güney bakılarda 20 m; üst rakım basamağında kuzey bakılarda ortalama gövde boyları 18 m ve güney bakılarda 15 m olarak ölçülmüştür (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Kazdağı göknarının Kastamonu ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama gövde boyu değerleri

Kastamonu ilinde ağaç boyu bakımından hem bakı hem de yükselti faktörleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Güney bakıda yetişen bireyler kuzey bakıya göre daha uzun boy gelişimi göstermiştir ($F=73,109$; $p<0,001$). Ayrıca alt yükseltide yetişen bireylerin boy değerleri üst yükseltiye göre anlamlı derecede daha yüksektir ($F=4,640$; $p=0,032$). Bu sonuçlar, uygun yetişme ortamı koşullarının boy gelişimini desteklediğini göstermektedir.

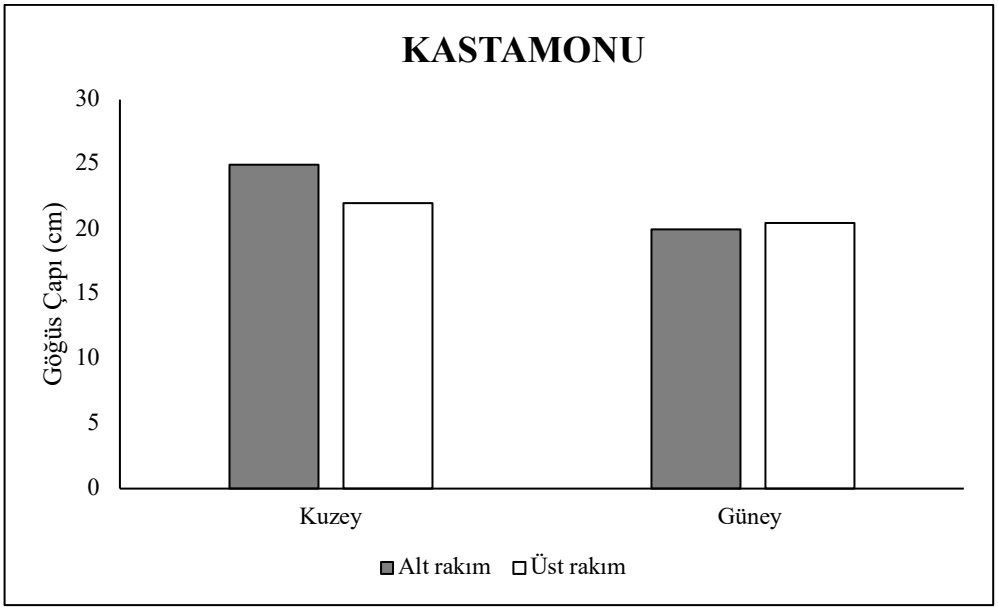
Çanakkale'de yetişen göknarların ortalama gövde boyu değerleri incelendiğinde alt rakım basamağında kuzey bakılarda 32,8 m ve güney bakılarda 40,1 m; üst rakım basamağında kuzey bakılarda ortalama gövde boyları 33,6 m ve güney bakılarda 30,2 m olarak belirlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Kazdağı göknarının Çanakkale ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama gövde boyu değerleri

Çanakkale ilinde gövde boyu hem bakı hem de yükselti bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir. Güney bakıda yetişen bireylerin boyları kuzey bakıya göre daha yüksek bulunmuştur ($F=4,930$; $p=0,027$). Bunun yanında alt yükseltide yetişen bireyler üst yükseltiye göre belirgin derecede daha uzun olup bu farklılık oldukça anlamlıdır ($F=582,010$; $p<0,001$). Bu bulgular, özellikle yükseltinin gövde boyu üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

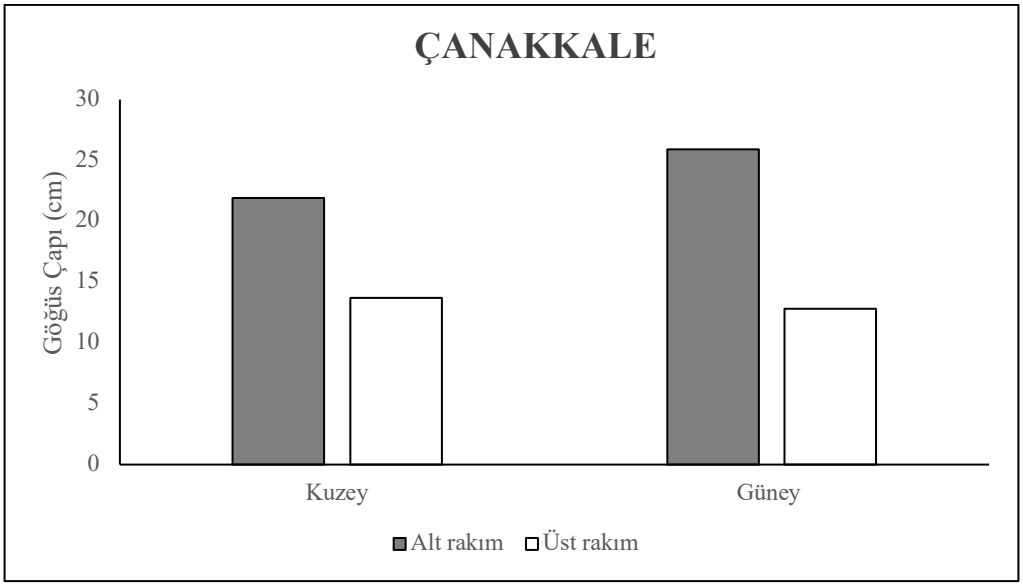
Kastamonu'da yetişen göknarların ortalama göğüs çapı değerleri incelendiğinde alt rakım basamağında kuzey bakılarda 25 cm ve güney bakılarda 20 cm; üst rakım basamağında kuzey bakılarda ortalama göğüs çapları 22 cm ve güney bakılarda 20,5 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Kazdağı göknarının Kastamonu ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama göğüs çapı değerleri

Kastamonu ilinde göğüs çapı bakımından hem bakı hem de yükselti faktörleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Kuzey bakıda yetişen bireylerin göğüs çapı güney bakıya göre daha yüksek belirlenmiştir ($F=23,843$; $p<0,001$). Ayrıca alt yükseltide yetişen bireylerin göğüs çapı üst yükseltiye göre anlamlı derecede daha yüksektir ($F=115,796$; $p<0,001$). Bu sonuçlar, göğüs çapı gelişiminin çevresel faktörlerden önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir.

Çanakkale'de yetişen göknarların ortalama göğüs çapı değerleri incelendiğinde alt rakım basamağında kuzey bakılarda 21,9 cm ve güney bakılarda 25,9 cm; üst rakım basamağında kuzey bakılarda ortalama göğüs çapları 13,7 cm ve güney bakılarda 12,8 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Kazdağı göknarının Çanakkale ilinde iki farklı yükselti basamağında (alt rakım 800-1000 m, üst rakım 1000-1500 m) ve iki farklı bakıda (Kuzey ve Güney) ortalama göğüs çapı değerleri

Çanakkale ilinde göğüs çapı hem bakı hem de yükselti bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir. Güney bakıda yetişen bireylerin göğüs çapı kuzey bakıya göre daha yüksek bulunmuştur ($F=4,594$; $p=0,033$). Benzer şekilde alt yükseltide yetişen bireylerin göğüs çapı üst yükseltiye göre anlamlı derecede daha yüksektir ($F=26,044$; $p<0,001$). Sonuçlar, özellikle alt yükselti koşullarının çap gelişimini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

4.2 Kazdağı Göknarı Ağaçlarının Yıllık Halka Genişlik ve Anatomik Ölçüm Sonuçları

Bu bölümde, Kastamonu ve Çanakkale yörelerinden farklı rakım (alt ve üst) ile bakı (kuzey ve güney) faktörlerine göre toplanan odun örneklerinin anatomik özellikleri (traheid boyutları ve özışın morfolojisi) incelenmiş ve elde edilen bulgular literatür ışığında değerlendirilmiştir.

Araştırma alanlarında yıllık halka genişliği değerleri 1,55 mm ile 3,65 mm arasında değişmiştir. Kastamonu örneklerinde yıllık halka genişliği değerleri alt rakım kuzey bakıda 3,65 mm, alt rakım güney bakıda 2,04 mm, üst rakım kuzey bakıda 3,34 mm ve üst rakım güney bakıda 2,63 mm olarak belirlenmiştir. Çanakkale örneklerinde ise sırasıyla alt rakım kuzey bakıda 1,55 mm, alt rakım güney bakıda 2,13 mm, üst rakım

kuzey bakıda 2,2 mm ve üst rakım güney bakıda 2,38 mm değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Kastamonu'daki göknarların genel olarak Çanakkale'deki göknarlara göre daha geniş yıllık halkalar oluşturduğunu göstermiştir. En yüksek yıllık halka genişliği Kastamonu alt rakım kuzey bakıda (3,65 mm), en düşük değer ise Çanakkale alt rakım kuzey bakıda (1,55 mm) belirlenmiştir. Kastamonu'da kuzey bakılarda halka genişlikleri güney bakılara göre daha yüksek bulunurken, Çanakkale'de özellikle üst rakımlarda güney bakılarda daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Yıllık halka genişliği bakımından Kastamonu ilinde bakı faktörünün istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($F=3,358$; $p=0,068$). Buna karşın yükselti faktörü anlamlı bulunmuş olup üst yükseltide yıllık halka genişliği alt yükseltiye göre daha yüksek belirlenmiştir ($F=69,743$; $p<0,001$). Çanakkale ilinde ise hem bakı ($F=1,973$; $p=0,161$) hem de yükselti ($F=1,025$; $p=0,312$) faktörlerinin yıllık halka genişliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi belirlenmemiştir. İller karşılaştırıldığında ise toplam değerlendirmede Kastamonu popülasyonunun yıllık halka genişliği Çanakkale popülasyonundan anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur ($F=3,910$; $p=0,048$).

Araştırma kapsamında incelenen odun örneklerinin anatomik parametrelerine ait ortalama değerler genel olarak değerlendirildiğinde; traheid uzunluğunun 1221,6 µm ile 2500 µm arasında, traheid genişliğinin 20,8 µm ile 51,264 µm arasında, lümen genişliğinin 2,23 µm ile 2,68 µm arasında ve hücre çeper kalınlığının ise 1,54 µm ile 2,1 µm arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Özışın yüksekliği 232,3 µm ile 573,1 µm, özışın genişliği ise 27,6 µm ile 45,4 µm sınırları arasında ölçülmüştür (Tablo 1).

Yetişme ortamı faktörlerinin odun anatomisi üzerindeki etkileri incelendiğinde, en yüksek traheid uzunluğu (2500 µm) ve en kalın hücre çeperi (2,1 µm) Kastamonu yöresi üst rakım kuzey bakı örneklerinde tespit edilmiştir. Buna karşılık, en düşük traheid uzunluğu (1221,6 µm) Çanakkale yöresi üst rakım güney bakı örneklerinde ölçülmüştür (Tablo 1). Elde edilen veriler, genel olarak kuzey bakılardaki traheid uzunluklarının, güney bakılara oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu

durum, kuzey bakıların nem ve sıcaklık dengesinin vejetasyon süresi boyunca hücre bölünmesi ve uzaması için daha elverişli koşullar sunmasıyla açıklanabilir.

Traheid özellikleri genel olarak değerlendirildiğinde, hem Kastamonu hem de Çanakkale popülasyonlarında bakı ve yükselti faktörlerinin traheid anatomisi üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu belirlenmiştir. Traheid uzunluğu bakımından Kastamonu'da hem bakı ($F=276,648$; $p<0,001$) hem de yükselti ($F=17,793$; $p<0,001$), Çanakkale'de ise bakı ($F=4,140$; $p=0,043$) ve yükselti ($F=11,351$; $p=0,001$) faktörleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Traheid genişliği her iki popülasyonda da bakı ve yükseltiye bağlı olarak anlamlı farklılık göstermiş ($p<0,001$) ve genel popülasyon karşılaştırmasında Kastamonu bireylerinde Çanakkale'ye göre anlamlı derecede daha yüksek değerler belirlenmiştir ($F=239,499$; $p<0,001$). Traheid lümen genişliği bakımından Kastamonu'da yalnızca yükselti etkisi anlamlı bulunurken ($F=292,985$; $p<0,001$), Çanakkale'de yalnızca bakı faktörü anlamlıdır ($F=11,986$; $p=0,001$). Popülasyonlar karşılaştırıldığında ise Kastamonu bireylerinin lümen genişliği Çanakkale popülasyonundan anlamlı derecede yüksektir ($F=159,569$; $p<0,001$). Traheid çeper kalınlığı her iki popülasyonda da çevresel faktörlerden anlamlı düzeyde etkilenmiş; Kastamonu'da kuzey bakı ve üst yükseltide, Çanakkale'de ise özellikle güney bakı ve üst yükseltide daha yüksek değerler belirlenmiştir ($p<0,05$). Genel değerlendirmede Çanakkale popülasyonu Kastamonu'ya göre daha kalın traheid çeperlerine sahip olup bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). Bu bulgular, traheid karakterlerinin yetişme ortamı koşullarına duyarlı olduğunu ve özellikle yükselti ile bakı faktörlerinin odun anatomisinin şekillenmesinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir.

Özışın boyutları incelendiğinde, yöreler ve bakılar arasında belirgin anatomik farklılıklar gözlenmiştir. En yüksek özışın yüksekliği 573,1 µm ile Çanakkale üst rakım kuzey bakısında tespit edilirken, en düşük değer (232,3 µm) Kastamonu üst rakım güney bakısında ölçülmüştür. Özışın genişliğinde ise en yüksek değer 45,4 µm ile Kastamonu üst rakım kuzey bakısında saptanmıştır. Özışın morfolojisindeki bu varyasyonlar, ağacın büyüme dönemindeki fizyolojik adaptasyon yeteneğini ve yatay yöndeki madde iletim mekanizmalarının yetişme ortamı stres faktörlerine (kuraklık, rüzgar vb.) karşı gösterdiği anatomik tepkileri ortaya koymaktadır (Tablo 4.1).

Öz ışını özellikleri genel olarak değerlendirildiğinde, bakı ve yükselti faktörlerinin etkisinin öz ışını yüksekliği ile öz ışını genişliği üzerinde farklı düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Kastamonu popülasyonunda öz ışını yüksekliği bakımından hem bakı ($F=68,073$; $p<0,001$) hem de yükselti ($F=7,732$; $p=0,006$) faktörleri istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, öz ışını genişliği bakımından bakı etkisi anlamlı ($F=148,083$; $p<0,001$), yükselti etkisi ise anlamlı değildir ($F=1,444$; $p=0,230$). Çanakkale popülasyonunda ise öz ışını yüksekliği yalnızca yükselti faktöründen anlamlı düzeyde etkilenmiş ($F=4,937$; $p=0,027$), bakı faktörünün etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F=1,339$; $p=0,248$). Benzer şekilde öz ışını genişliği bakımından hem bakı ($F=0,283$; $p=0,595$) hem de yükselti ($F=0,138$; $p=0,710$) faktörleri anlamlı bir farklılık oluşturmamıştır. Buna karşın popülasyonların genel karşılaştırmasında Çanakkale bireylerinin hem öz ışını yüksekliği hem de öz ışını genişliği bakımından Kastamonu popülasyonundan anlamlı derecede daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). Bu bulgular, öz ışını karakterlerinin popülasyonlar arasında belirgin farklılık gösterdiğini, ancak aynı popülasyon içerisinde özellikle öz ışını genişliğinin bakı ve yükselti değişimlerinden daha sınırlı düzeyde etkilendiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 4.1 Kastamonu ve Çanakkale illerinde iki farklı yükselti ve iki farklı bakıda yetişen Kazdağı göknarına ait ortalama odun hücre değerleri

Yıllık Halka Genişlikleri ve Anatomik Parametreler	**KASTAMONU**				**ÇANAKKALE**			
	Alt Rakım		**Üst Rakım**		**Alt Rakım**		**Üst Rakım**	
	Kuzey	Güney	Kuzey	Güney	Kuzey	Güney	Kuzey	Güney
Yıllık Halka Genişliği (mm)	3,65	2,04	3,34	2,63	1,55	2,13	2,2	2,38
Traheid Uzunluğu (µm)	2386	1789,6	2500	2480	1667,1	1830,4	1819,2	1221,6
Traheid Genişliği (µm)	51,26	20,8	44,4	41,3	25,5	31,7	29,6	35,6
Traheid Lümen Genişliği (µm)	2,6	2,23	2,37	2,4	2,54	2,68	2,38	2,44
Traheid Hücre Çeper Kalınlığı (µm)	1,83	1,91	2,1	2	1,96	1,76	1,54	1,69
Özışın Yüksekliği (µm)	357,8	475,9	339,3	232,3	401,1	338,2	573,1	351
Özışın Genişliği (µm)	29,1	27,6	45,4	34,6	31,4	27,9	28,8	32,2

Bu tez çalışmasında, traheid uzunluğu bakımından araştırma alanları, rakım ve bakılar arasında belirgin farklılıklar belirlenmiştir. Kastamonu örneklerinde traheid

uzunlukları 1789,6 - 2500 µm arasında değişirken, Çanakkale örneklerinde 1221,6 - 1830,4 µm arasında değişmiştir. En yüksek traheid uzunluğu Kastamonu üst rakım kuzey bakıda (2500 µm), en düşük değer ise Çanakkale üst rakım güney bakıda (1221,6 µm) ölçülmüştür. Genel olarak Kastamonu'daki bireylerin Çanakkale'deki bireylere göre daha uzun traheidlere sahip olduğu görülmüştür. Özellikle Kastamonu'da üst rakımlarda traheid uzunluklarının arttığı belirlenmiştir.

Traheid genişliği değerleri incelendiğinde en yüksek değerin Kastamonu alt rakım kuzey bakıda (51,26 µm), en düşük değerin ise Kastamonu alt rakım güney bakıda (20,8 µm) olduğu görülmüştür. Çanakkale örneklerinde traheid genişliği 25,5-35,6 µm arasında değişmiştir. Kastamonu'daki bireyler genel olarak daha geniş traheidlere sahip olurken, özellikle kuzey bakılarda traheid genişliklerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Traheid lümen genişliği bakımından gruplar arasında büyük farklılıklar gözlenmemiştir. Kastamonu örneklerinde değerler 2,23-2,60 µm arasında değişirken, Çanakkale örneklerinde 2,38-2,68 µm arasında değişmiştir. En yüksek lümen genişliği Çanakkale alt rakım güney bakıda (2,68 µm), en düşük değer ise Kastamonu alt rakım güney bakıda (2,23 µm) ölçülmüştür. Sonuçlar, lümen genişliğinin çalışma alanları arasında nispeten benzer bir dağılım gösterdiğini ortaya koymuştur.

Traheid hücre çeper kalınlığı değerleri 1,54-2,1 µm arasında değişmiştir. En yüksek değer Kastamonu üst rakım kuzey bakıda (2,1 µm), en düşük değer ise Çanakkale üst rakım kuzey bakıda (1,54 µm) belirlenmiştir. Kastamonu örneklerinde hücre çeperlerinin genel olarak daha kalın olduğu görülmüş, özellikle üst rakımlarda çeper kalınlığının arttığı dikkat çekmiştir.

Özışın yüksekliği bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Kastamonu örneklerinde özışın yüksekliği 232,3-475,9 µm arasında değişirken, Çanakkale örneklerinde 338,2-573,1 µm arasında değişmiştir. En yüksek özışın yüksekliği Çanakkale üst rakım kuzey bakıda (573,1 µm), en düşük değer ise Kastamonu üst rakım güney bakıda (232,3 µm) ölçülmüştür. Çanakkale örneklerinde özellikle üst rakım kuzey bakıda özışın yüksekliğinin belirgin şekilde arttığı görülmüştür.

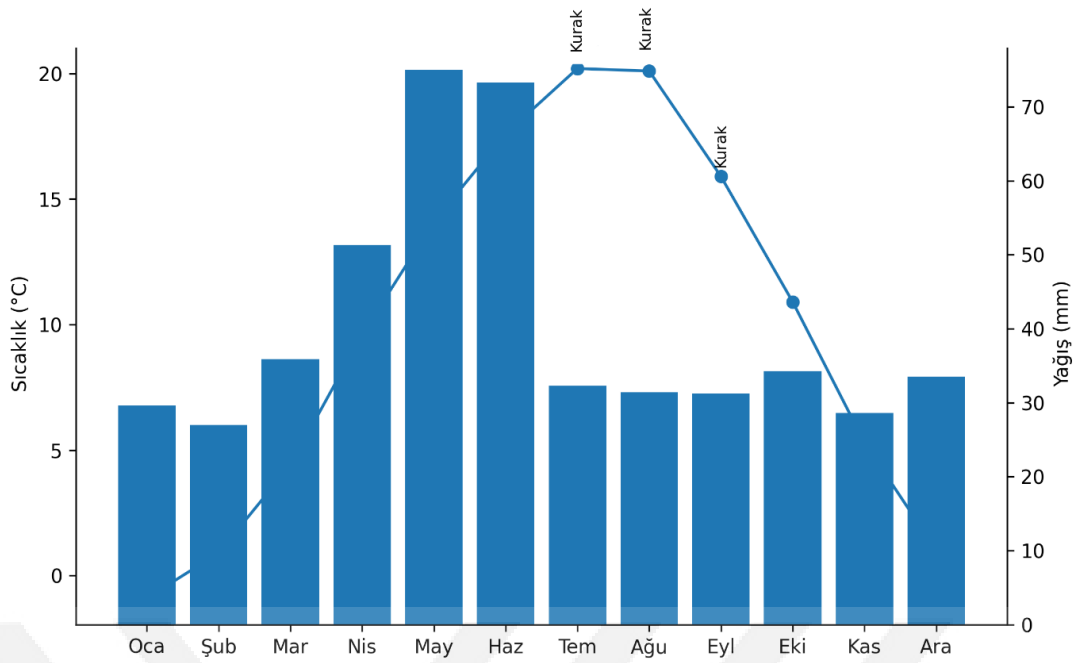
Özışın genişliği değerleri 27,6-45,4 µm arasında değişmiştir. En yüksek değer Kastamonu üst rakım kuzey bakıda (45,4 µm), en düşük değer ise Kastamonu alt rakım güney bakıda (27,6 µm) olarak belirlenmiştir. Çanakkale örneklerinde özışın genişliği değerleri daha dar bir aralıkta değişmiş ve 27,9-32,2 µm arasında bulunmuştur. Sonuçlar, Kastamonu örneklerinde özışın genişliğinin daha yüksek değerlere ulaştığını göstermiştir.

Yetişme ortamı faktörlerinin odun anatomisi üzerindeki etkileri incelendiğinde, en yüksek traheid uzunluğu (2500 µm) ve en kalın hücre çeperi (2.1 µm) Kastamonu yöresi üst rakım kuzey bakı örneklerinde tespit edilmiştir. Buna karşılık, en düşük traheid uzunluğu (1221,6 µm) Çanakkale yöresi üst rakım güney bakı örneklerinde ölçülmüştür. Elde edilen bu bulgular, Yıldız ve Özden Keleş (2022) tarafından Kazdağı göknarı odununda yükseltiye bağlı morfolojik ve anatomik değişimleri inceleyen çalışmanın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Söz konusu araştırmacılar, yüksek yükselti basamaklarında yetişen Kazdağı göknarı odunlarında ortalama traheid uzunluğu ve genişliğinin, alçak yükseltidekilere oranla daha yüksek değerler sergilediğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde bu tez çalışmasında da özellikle Kastamonu lokasyonunda rakım artışıyla (alt rakımdan üst rakıma geçişte) traheid uzunluklarında artış eğilimi gözlenmiştir. Kuzey bakılarda traheid uzunluklarının güney bakılara kıyasla daha yüksek çıkması ise vejetasyon dönemi boyunca kuzey yamaçların sunduğu elverişli nem ve su dengesiyle ilişkilendirilmektedir. Literatürde, Kazdağı göknarı fidanları üzerinde yapılan benzer çalışmalarda da (yüksek yükselti basamaklarının getirdiği mikroklimatik avantajlar) çevre faktörlerinin kambiyum faaliyetini doğrudan etkileyerek hücre uzamasını teşvik ettiği belirtilmektedir. Ayrıca, Çanakkale lokasyonundaki üst rakım güney bakı örneklerinde traheid uzunluğunun belirgin şekilde düşük çıkması (1221,6 µm), bölgenin güney bakıda maruz kaldığı şiddetli rüzgar ve kuraklık stresiyle açıklanabilir. Ilgaz Dağı'ndaki Kazdağı göknarı meşcerelerinde rüzgar etkisini inceleyen güncel bir çalışmada, aşırı çevresel stres faktörlerine ve rüzgara maruz kalan göknar ağaçlarının anatomik gelişim süreçlerinin olumsuz etkilendiği, bunun neticesinde daha kısa ve daha ince traheid yapıları ürettikleri ortaya koyulmuştur. Bu durum, Çanakkale güney bakı örneklerinden elde edilen düşük traheid boyutlarını destekler niteliktedir. Özışın boyutlarının iki farklı ile göre incelendiğinde, yöreler ve bakılar arasında belirgin anatomik farklılıklar

gözlenmiştir. En yüksek özışın yüksekliği 573,1 µm ile Çanakkale üst rakım kuzey bakısında tespit edilirken, en düşük değer 232,3 µm Kastamonu üst rakım güney bakısında ölçülmüştür. Özışın genişliğinde ise en yüksek değer 45,4 µm ile Kastamonu üst rakım kuzey bakısında saptanmıştır. Literatürde Kazdağı göknarı odun anatomisi üzerinde yapılan çalışmalar, özışın yüksekliğinin ekolojik şartlara ve dikey yöndeki büyüme lokasyonlarına göre varyasyon gösterebildiğini doğrulamaktadır. Yüksek yükselti basamaklarında yetişen göknar odunlarında özışın genişliği ve hücre çeperi kalınlığı gibi parametrelerin daha yüksek değerler sergilediği bildirilmektedir. Bu tez çalışmasında Kastamonu üst rakım kuzey bakısında ölçülen yüksek özışın genişliği (45,4 µm) ve yüksek hücre çeper kalınlığı (2,1 değerleri bu literatür verileri ile tam bir uyum içerisindedir. Özışın morfolojisindeki bu mikroskopik değişimler, ağacın büyüme dönemindeki fizyolojik adaptasyon yeteneğini ve özellikle stres altındaki bölgelerde (örneğin kurak geçen güney bakılar veya besin iletiminin kritik olduğu yüksek rakımlar) yatay yöndeki madde iletim ve depolama mekanizmalarını optimize etme çabasını yansıtmaktadır.

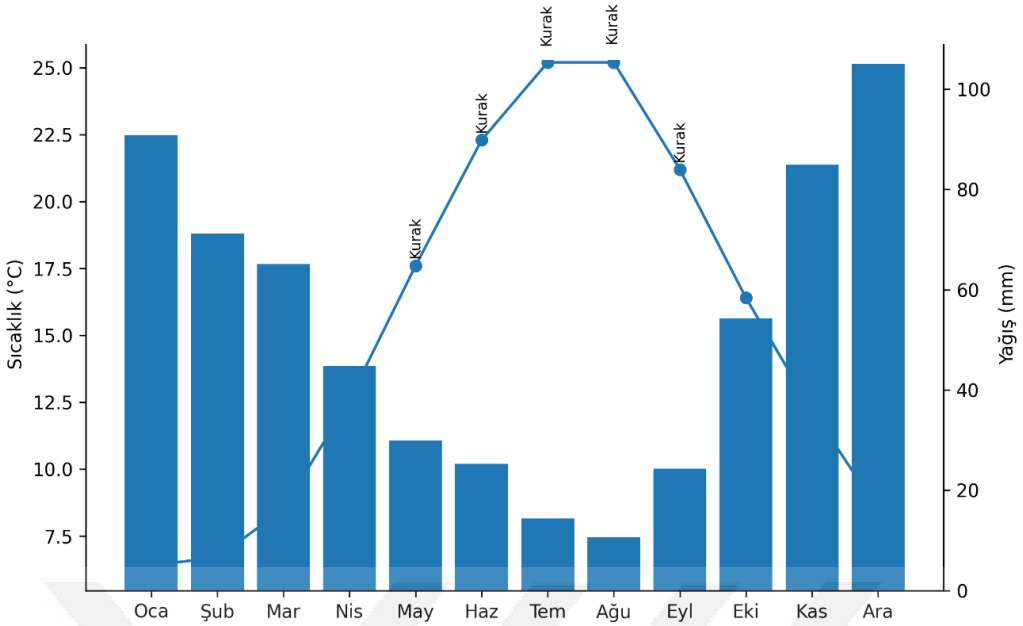
4.3 Kastamonu ve Çanakkale İllerinde Uzun Dönemli Ortalama Sıcaklık ve Yağış Durumu

Walter-Lieth iklim diyagramları ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün uzun yıllar (1929/1930-2025) ortalama iklim verileri incelendiğinde, Çanakkale ve Kastamonu illerinin sıcaklık ve yağış rejimleri bakımından belirgin farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10). Kastamonu, Batı Karadeniz iklimi ile karasal iklim arasında geçiş özelliği gösterirken, Çanakkale ise Marmara ve Kuzey Ege arasında yer alması nedeniyle Akdeniz ikliminin etkilerinin hissedildiği geçiş iklimine sahiptir. Bu iklimsel farklılıklar, ağaç türlerinin radyal büyümesi, kambiyal aktivitesi ve odun anatomik özellikleri üzerinde doğrudan etkili olan temel çevresel faktörleri oluşturmaktadır.



Şekil 4.9 Kastamonu iline ait Walter-Lieth iklim diyagramı (1930-2025 uzun yıllar ortalamaları) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) uzun yıllar iklim verileri kullanılarak hazırlanmıştır)

Kastamonu'da yıllık ortalama sıcaklık 9,9°C, yıllık toplam yağış miktarı 483,4 mm iken, Çanakkale'de yıllık ortalama sıcaklık 15,2°C, yıllık toplam yağış ise 620,7 mm olarak belirlenmiştir. Çanakkale, Kastamonu'ya göre yaklaşık 5,3°C daha sıcak ve 137 mm daha fazla yağış alan bir iklim yapısına sahiptir. Bununla birlikte yalnızca toplam yağış miktarı değil, yağışın yıl içerisindeki dağılımı da ağaç büyümesini belirleyen önemli bir faktördür.



Şekil 4.10 Çanakkale iline ait Walter-Lieth iklim diyagramı (1930-2025 uzun yıllar ortalamaları) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) uzun yıllar iklim verileri kullanılarak hazırlanmıştır)

Walter-Lieth iklim diyagramları değerlendirildiğinde Kastamonu'da yağışın yıl içerisine daha dengeli dağıldığı ve belirgin bir yaz kuraklığının oluşmadığı görülmektedir. İlkbahar aylarında yağış miktarının artması (Mayıs 75,0 mm; Haziran 73,3 mm) ve yaz aylarında dahi yağışın tamamen kesilmemesi, büyüme sezonu boyunca toprak neminin korunmasını sağlamaktadır. Buna karşılık Çanakkale'de Haziran ayından başlayarak Eylül ayına kadar devam eden yaklaşık dört aylık kurak dönem dikkat çekmektedir. Özellikle Temmuz (14,4 mm) ve Ağustos (10,6 mm) aylarında yağış miktarının önemli ölçüde azalması, yüksek sıcaklıklarla birlikte bitkiler üzerinde belirgin bir su stresi oluşturmaktadır.

Dendroekolojik açıdan değerlendirildiğinde Kastamonu'nun serin ve nispeten nemli iklim koşulları, kambiyal aktivitenin daha uzun süre devam etmesine olanak sağlamaktadır. İlkbaharda artan sıcaklık ve yeterli toprak nemi, erken odun oluşumunu desteklemekte; yaz aylarında ise yağışın tamamen kesilmemesi nedeniyle kambiyal faaliyet belirli bir hızda devam edebilmektedir. Bu durum yıllık halka genişliklerinin daha düzenli oluşmasına ve yıllar arası değişimin daha çok sıcaklık ile ilkbahar yağışlarının ortak etkisi altında gerçekleşmesine neden olmaktadır. Özellikle Kazdağı

göknarı gibi yüksek su gereksinimine sahip türler için Kastamonu'nun iklimi, uzun süreli büyümeyi destekleyen uygun çevresel koşullar sunmaktadır.

Buna karşılık Çanakkale'de kambiyal aktivite ilkbahar aylarında yüksek büyüme hızına ulaşmasına rağmen yaz aylarında artan sıcaklık ve azalan yağış nedeniyle belirgin şekilde yavaşlamaktadır. Bu nedenle yıllık halka genişlikleri büyük ölçüde ilkbahar yağışlarının miktarına ve yaz kuraklığının şiddetine bağlı olarak değişmektedir. Yaz döneminde gelişen su stresi, hücre genişlemesini sınırlandırmakta, geç odun oluşumunu etkilemekte ve odun anatomik özelliklerinde hidrolik güvenliği artırmaya yönelik yapısal adaptasyonların gelişmesine neden olabilmektedir. Özellikle iletim elemanlarının çapı, hücre çeper kalınlığı ve yıllık halka genişliği gibi anatomik özelliklerin kuraklık şiddetine duyarlı olması, Çanakkale'deki bireylerin iklim değişkenlerine Kastamonu'daki bireylere göre daha güçlü tepki verebileceğini göstermektedir.

İki bölge arasındaki bu iklimsel farklılıklar, çalışmada incelenen morfolojik ve anatomik özelliklerin ekolojik plastisitesinin değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Kastamonu'da büyüme üzerinde sıcaklığın sınırlayıcı etkisi daha belirgin olurken, Çanakkale'de büyümenin temel sınırlayıcı faktörü yaz döneminde gelişen su eksikliği ve yüksek buharlaşma talebidir. Dolayısıyla aynı türe ait bireylerde gözlenen yıllık halka genişliği, odun anatomik özellikleri ve büyüme performansındaki farklılıkların önemli bir kısmı, çalışma alanlarının sahip olduğu farklı sıcaklık ve nem rejimlerinden kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak Walter-Lieth iklim diyagramları, Kastamonu'nun serin, nemli ve büyüme sezonu boyunca su kısıtının düşük olduğu, Çanakkale'nin ise daha sıcak, Akdeniz etkisinin hissedildiği ve yaz döneminde orta düzeyde su stresi gelişen bir iklim yapısına sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu farklı iklim rejimleri, kambiyal aktivitenin süresini, radyal büyüme hızını, yıllık halka genişliklerini ve odun anatomik karakterlerini doğrudan etkileyen temel çevresel faktörlerdir. Bu nedenle çalışmada belirlenen dendroekolojik farklılıkların yorumlanmasında Walter-Lieth iklim diyagramları, iklim-büyüme ilişkisini açıklayan en önemli ekolojik dayanaklardan birini oluşturmaktadır. Özellikle iklim değişikliğinin etkilerinin arttığı günümüzde,

Çanakkale’de gözlenen yaz kuraklığının gelecekte daha belirgin hale gelmesi beklenirken, Kastamonu’nun mevcut nemli iklim koşullarının birçok orman ağacı türü için daha elverişli büyüme ortamı sağlamaya devam edeceği öngörülmektedir. Bu durum, aynı türün farklı iklim bölgelerinde gösterdiği büyüme ve anatomik farklılaşmaların ekolojik adaptasyon kapasitesinin değerlendirilmesi açısından önemli bilimsel kanıtlar sunmaktadır.

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, Kastamonu ve Çanakkale illerinde iki farklı yükselti kademelerinde ve iki farklı bakı yönlerinde doğal olarak gelişim gösteren Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) ağaçlarının morfolojik yapıları, radyal büyümeleri ve odun hücre parametreleri ele alınmıştır. Araştırma bulguları, Kazdağı göknarının içinde bulunduğu yetişme ortamı koşullarına karşı yüksek bir duyarlılık sergilediğine işaret etmektedir. Başta coğrafi bölge, yükselti basamağı ve bakı yönü olmak üzere çeşitli çevresel etmenlerin, göknarların büyüme ve gelişme özellikleri ile odun anatomisi üzerinde belirleyici bir rol üstlendiği anlaşılmaktadır.

Morfolojik veriler bir bütün olarak ele alındığında, ibre boyu, ibre genişliği, gövde boyu ve göğüs çapı gibi morfolojik ölçüm değerlerinin hem yetişme yerine hem de bakı yönüne bağlı olarak kayda değer farklılıklar sergilediği dikkat çekmektedir. Kastamonu'dan elde edilen örneklerde ibre boyu, düşük rakımdaki kuzey bakılarda daha yüksek ölçülmüş; buna karşın Çanakkale popülasyonunda aynı rakım basamağında güney bakı yönünün ibre boyunu olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Çelişkili görünen bu durum, aynı türün coğrafi konuma ve iklim özelliklerine bağlı olarak farklı büyüme adaptasyonları geliştirebileceğini açıkça ortaya koymaktadır. İbre boyu ve genişliği gibi yaprak düzeyindeki ölçümler, ağacın fotosentez kapasitesiyle, su kaybını denetleme mekanizmalarıyla ve ışıktan yararlanma yetkinliğiyle doğrudan bağlantılıdır. Bu nedenle ibre özelliklerindeki değişimler yerel iklim koşulları, toprak nemi düzeyi, sıcaklık rejimi ve bakı etkisi bu değişkenliği şekillendiren başlıca etmenler arasında sayılabilir. Bu çalışmada elde edilen morfolojik bulgular, Topaloğlu (2013)'nun Batı Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach subsp. *bornmuelleriana* (Mattf.) Coode & Cullen) üzerinde gerçekleştirdiği araştırma ile benzerlik göstermektedir. Topaloğlu (2013), farklı popülasyonlarda ibre, tomurcuk, gövde boyu ve göğüs çapı gibi morfolojik karakterlerde belirgin varyasyonlar bulunduğunu ve bu farklılıkların popülasyonların yetişme ortamı koşullarıyla ilişkili olabileceğini bildirmiştir. Bu tez çalışmasında da Kazdağı göknarında ibre boyu, ibre genişliği, gövde boyu ve göğüs çapı değerlerinin yöre,

rakım ve bakı faktörlerine bağlı olarak değişiklik göstermesi, göknar taksonlarında morfolojik karakterlerin çevresel koşullara duyarlı olduğunu desteklemektedir.

Gövde boyu ve göğüs çapı bakımından Çanakkale örneklerinde bazı gruplarda daha yüksek değerlere ulaşılması, bu bölgedeki bireylerin yaş yapısı, komşu bireylerle rekabet yoğunluğu, meşcere kapalılık oranı ve genel yetişme ortamı verimliliği açısından farklı koşullar altında büyümekte olabileceğini akla getirmektedir. Fakat yıllık halka genişliği ve odun anatomisi verileri birlikte incelendiğinde, Kastamonu'da yetişen göknarların radyal büyüme hızı ve bazı anatomik parametreler bakımından Çanakkale örneklerinin önüne geçtiği görülmektedir. Bu sonuç, boy ve çap büyüklüğünün yetişme ortamı kalitesini tek başına yansıtmaya yetmediğini; büyüme dinamiklerinin daha sağlıklı değerlendirilebilmesi için yıllık halka analizleri ve anatomik incelemelerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini vurgulamaktadır.

Ölçülen yıllık halka genişlik değerleri 1,5 mm ile 3,6 mm aralığında dağılım göstermiştir. Söz konusu parametrenin en yüksek düzeye Kastamonu'daki düşük rakım-kuzey bakı kombinasyonunda, en düşük düzeye ise Çanakkale'deki düşük rakım-kuzey bakı kombinasyonunda ulaştığı belirlenmiştir. Kastamonu popülasyonuna ait bireylerin genel olarak daha geniş yıllık halkalar oluşturması, bu yörede radyal büyüme için gerekli olan nem ve sıcaklık koşullarının görece daha elverişli olduğuna işaret etmektedir. Dendrokronoloji literatüründe yıllık halka genişliği, ağaçların içinde yaşadıkları çevre koşullarına verdikleri büyüme tepkisinin temel göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Fritts (1976) ve Schweingruber (1996) başta olmak üzere konuya ilişkin temel kaynaklar, halka genişliğini belirleyen başlıca etmenler arasında nem varlığını, sıcaklık ortalamasını, vejetasyon döneminin uzunluğunu ve bitkilerin maruz kaldığı stres koşullarını saymaktadır. Mevcut çalışmada Kastamonu'da kuzey bakıların güney bakılara kıyasla daha geniş halkalar üretmesi, bu bakı yönünün daha serin, daha nemli ve buharlaşmanın görece düşük kaldığı bir mikroklimatik ortam sunmasıyla örtüşmektedir.

Yıllık halka genişliği, ağaçların çevresel koşullara verdiği büyüme tepkilerinin en önemli göstergelerinden biridir. Bu tez çalışmasında, Kastamonu örneklerinde ölçülen halka genişliklerinin Çanakkale örneklerinden daha yüksek olması, iki bölge

arasındaki iklimsel ve ekolojik farklılıklardan kaynaklanmış olabilir. Kastamonu'nun daha nemli ve daha serin iklim koşullarına sahip olması, kambiyal faaliyetlerin daha uzun süre devam etmesine ve buna bağlı olarak daha geniş yıllık halkaların oluşmasına katkı sağlamış olabilir.

Kastamonu'da hem alt hem de üst rakımlarda kuzey bakıların güney bakılardan daha yüksek halka genişliği değerleri göstermesi, kuzey bakıların daha yüksek toprak nemi ve daha düşük buharlaşma koşullarına sahip olmasıyla açıklanabilir. Kuzey bakılarda su stresinin daha düşük olması fotosentetik faaliyetlerin ve odun üretiminin devamlılığını destekleyerek radyal büyümeyi artırmış olabilir. Çanakkale örneklerinde halka genişliği değerlerinin Kastamonu'daki göknarlara göre belirgin biçimde düşük kalması, bölgenin yazları belirginleşen kurak dönemleriyle ve Akdeniz ikliminin etkisiyle ilişkili olduğu düşünülebilir. Kurak koşullarda stoma kapanması nedeniyle fotosentez sürecinin yavaşlaması ve kambiyal faaliyet hızının azalması, yıllık halka genişliğinin daralmasına doğrudan katkıda bulunmaktadır. Çanakkale'de özellikle dar halka oluşturan gruplarda, su stresinin radyal büyümeyi kısıtlayan belirleyici bir etmen konumunda olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte Çanakkale'nin üst rakım basamağındaki güney bakılarda kuzey bakılara kıyasla daha geniş halkalar ölçülmesi, yükselti artışına bağlı olarak sıcaklık stresinin hafiflemesi ve büyüme döneminde güney bakının sağladığı ışık avantajıyla açıklanabilir. Bu bulgu, bakı etkisinin tüm göknarlarda aynı şekilde tezahür etmediğini; bölgesel iklim karakteri ve yükselti ile etkileşimli bir biçimde değerlendirilmesi gerektiğini bir kez daha göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, yıllık halka genişliği üzerinde bölgesel iklim özellikleri, rakım ve bakı faktörlerinin birlikte etkili olduğu görülmektedir. Sonuçlar, Karadeniz ikliminin etkisi altındaki Kastamonu popülasyonlarının radyal büyüme bakımından Akdeniz ikliminin etkisindeki Çanakkale popülasyonlarına göre daha avantajlı koşullara sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Odun anatomisine ilişkin veriler incelendiğinde, traheid uzunluğu, traheid genişliği, hücre çeperi kalınlığı ve özışın boyutları gibi parametrelerin yöre, yükselti ve bakı yönüne bağlı olarak değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Traheid uzunluğu açısından Kastamonu örnekleri genel olarak Çanakkale örneklerinin üzerinde değerler almıştır. En yüksek traheid uzunluğu Kastamonu üst rakım-kuzey bakı grubunda, en düşük

değer ise Çanakkale üst rakım-güney bakı grubunda ölçülmüştür. İğne yapraklı türlerde traheid uzunluğu hem mekanik destek işlevi hem de su iletimi kapasitesi bakımından belirleyici bir anatomik özellik olarak ön plana çıkmaktadır. Uzun traheidler, kambiyal faaliyet süresinin ve hücre uzama aşamasının uygun koşullar altında tamamlandığını göstermektedir. Buna göre Kastamonu'nun üst rakım-kuzey bakı grubunda elde edilen yüksek traheid uzunluğu, söz konusu alandaki nem ve sıcaklık dengesinin hücre gelişim süreçlerini desteklediğini düşündürmektedir.

Traheid genişliği bakımından en yüksek değerlerin Kastamonu'nun düşük rakım-kuzey bakı grubuna ait olması, bu alanda odun dokusunun su iletim kapasitesinin daha gelişmiş bir düzeyde bulunduğuna işaret etmektedir. Ancak traheid genişliği ile kuraklığa duyarlılık arasındaki ilişkinin dikkatli bir gözle yorumlanması gerekmektedir. Geniş iletim elemanları su iletim verimliliğini artırmakla birlikte, belirgin su stresi koşullarında hidrolik güvenlik riski de yaratabilmektedir. Bu nedenle Kastamonu'daki yüksek traheid genişlik değerleri, elverişli nem koşullarında elde edilen büyüme avantajı olarak yorumlanabilirken; Çanakkale örneklerinde görülen daha kısıtlı genişlik değerleri, kuraklığa karşı geliştirilmiş koruyucu bir anatomik uyum mekanizması olarak değerlendirilebilir.

Traheid lümen genişliği değerlerinin gruplar arasında büyük farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu durum, lümen genişliğinin incelenen örneklerde diğer anatomik ölçütlere kıyasla çevresel değişkenliğe karşı daha sınırlı bir duyarlılık sergilediğini ortaya koymaktadır. Lümen genişliği, su iletimiyle işlevsel bir bağ taşımakla birlikte, tek başına ele alındığında yetersiz bir anlam ifade eder; traheid genişliği, hücre çeperi kalınlığı ve yıllık halka genişliğiyle birlikte bütünleşik olarak yorumlanmalıdır. Lümen genişliğinin dar bir değer bandında kalması, Kazdağı göknarında bu parametrenin çevresel dalgalanmalara karşı görece dengeli bir seyir izlediğine işaret etmektedir.

Traheid hücre çeperi kalınlığının en yüksek değere Kastamonu üst rakım-kuzey bakı grubunda ulaştığı görülmüştür. Odunun mekanik dayanımını ve dış etmenlere karşı yapısal direncini büyük ölçüde belirleyen hücre çeperi kalınlığı, önemli bir anatomik parametre olma niteliğini korumaktadır. Üst rakım ve kuzey bakı koşullarının bir arada

bulunduğu ortamlarda daha kalın hücre çeperlerinin oluşması; düşük sıcaklık, sert rüzgâr, kar yükü ve kısalan vejetasyon dönemi gibi olumsuz çevre koşullarına karşı türün geliştirdiği yapısal bir uyum yanıtı biçiminde değerlendirilebilir. Çanakkale üst rakım-kuzey bakı grubunda ise en ince hücre çeperlerinin ölçülmesi, bu yöredeki anatomik tepkilerin farklı bir seyir izlediğini ve yerel yetişme ortamının belirleyiciliğinin ön plana çıktığını göstermektedir.

Özışın yüksekliği ve özışın genişliği bakımından da yöreler arasında belirgin ayrımlar göze çarpmaktadır. En yüksek özışın yüksekliği Çanakkale üst rakım-kuzey bakı grubunda, en yüksek özışın genişliği ise Kastamonu üst rakım-kuzey bakı grubunda saptanmıştır. Odun içinde yatay yönde madde taşıma ve depolama işlevi üstlenen özışınlar, karbonhidrat birikimi, yara iyileşmesi ve stres koşullarına anatomik uyum açısından kritik bir doku niteliği taşımaktadır. Çanakkale üst rakım-kuzey bakı grubunda özışın yüksekliğinin belirgin biçimde artması, bu bireylerin yatay iletim ve depo doku kapasitelerini daha çok geliştirdiği şeklinde yorumlanabilir. Kastamonu üst rakım-kuzey bakı grubundaki yüksek özışın genişliği değerleri ise bu alanda anatomik açıdan daha güçlü bir odun yapısının oluştuğuna işaret etmektedir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında, bu araştırmanın bulguları Kazdağı göknarındaki büyüme ve odun anatomisi özelliklerinin tek bir çevresel etmen çerçevesinde açıklanamayacağını açıkça ortaya koymaktadır. Yıllık halka genişliği, traheid boyutları, hücre çeperi kalınlığı ve özışın karakteristikleri; bölgesel iklim, yükselti basamağı, bakı yönü, su varlığı ve meşcere yapısının karmaşık bir etkileşimi sonucunda biçimlenmektedir. Kastamonu popülasyonunda, özellikle kuzey bakılarda, daha geniş yıllık halkalar, daha uzun traheidler ve bazı gruplarda daha kalın hücre çeperlerinin bir arada gözlemlenmesi, bu yörenin mikroklimatik özelliklerinin radyal büyüme ve odun oluşum süreçleri üzerindeki destekleyici etkisini somutlaştırmaktadır. Çanakkale örneklerinde ise görece dar halkalar ve bazı anatomik parametrelerdeki sınırlı gelişim, yaz dönemi kuraklığının ve yerel stres faktörlerinin büyüme dinamiklerini baskı altına alabileceğini akla getirmektedir.

Sonuç olarak, Kazdağı göknarının farklı yetişme ortamlarında belirgin morfolojik ve anatomik farklılıklar ortaya koyması, türün çevresel koşullara uyum sağlama

kapasitesinin, bir başka deyişle ekolojik plastisitesinin genişliğini gözler önüne sermektedir. Elde edilen bu bulgular, Kazdağı göknarı gibi coğrafi yayılışı kısıtlı ve ekolojik açıdan hassas türlerde yetişme ortamı özelliklerinin kapsamlı biçimde araştırılmasının zorunluluğuna dikkat çekmektedir. Üstelik iklim değişikliğinin giderek daha hissedilir hale gelen kuraklık ve sıcaklık baskıları da göz önünde bulundurulduğunda, bu türün farklı popülasyonlarındaki büyüme eğilimlerinin ve odun anatomisi tepkilerinin uzun vadeli izlenmesi hem doğa koruma biyolojisi hem de sürdürülebilir ormancılık yönetimi açısından stratejik bir önem kazanmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Kastamonu ve Çanakkale illerinde doğal yayılış gösteren Kazdağı göknarının farklı rakım (alt ve üst) ile bakı (kuzey ve güney) koşullarındaki morfolojik, dendroekolojik ve odun anatomik özellikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular, çevresel faktörlerin Kazdağı göknarının büyüme performansı ve odun anatomik özellikleri üzerinde önemli düzeyde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Morfolojik ve anatomik karakterlerin büyük çoğunluğunda yöre, rakım ve bakı faktörlerine bağlı olarak istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar belirlenmiş ($p<0,05$), yalnızca bazı karakterlerde çevresel faktörlerin etkisinin sınırlı olduğu görülmüştür.

Morfolojik özellikler değerlendirildiğinde, ağaç boyu, göğüs çapı, ibre uzunluğu ve ibre genişliği bakımından Kastamonu ve Çanakkale popülasyonları arasında belirgin farklılıklar tespit edilmiştir. Toplam popülasyon karşılaştırmasında Kastamonu popülasyonu ağaç boyu bakımından daha yüksek ortalama değerlere sahip olurken, Çanakkale popülasyonunda göğüs çapı, ibre uzunluğu ve ibre genişliği daha yüksek bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonuçları, bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Bununla birlikte, alt rakım popülasyonları karşılaştırıldığında ağaç boyu ve ibre uzunluğu bakımından iki yöre arasında anlamlı farklılık belirlenmezken, göğüs çapı ve ibre genişliği bakımından önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Üst rakım popülasyonlarında ise ibre uzunluğu dışında değerlendirilen morfolojik karakterlerin tamamı istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir.

Yıllık halka genişliği bakımından Kastamonu popülasyonlarının genel olarak Çanakkale popülasyonlarından daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek yıllık halka genişliği Kastamonu üst rakım kuzey bakıda (3,65 mm), en düşük değer ise Çanakkale alt rakım kuzey bakıda (1,55 mm) ölçülmüştür. Toplam popülasyon değerlendirmesinde yıllık halka genişliği bakımından iki yöre arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F=3,910$; $p=0,048$). Ancak Çanakkale'de bakı ve rakım grupları arasındaki karşılaştırmalarda yıllık halka genişliği

bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmemiştir ($p>0,05$). Bu durum, yıllık halka gelişiminin yalnızca bakı veya rakımdan değil, iklim koşulları, toprak nemi ve yetişme ortamı özelliklerinin birlikte etkisiyle şekillendiğini göstermektedir.

Odun anatomik özellikleri bakımından elde edilen sonuçlar, çevresel faktörlerin Kazdağı göknarının ksilem yapısı üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Traheid genişliği, traheid lümen genişliği, hücre çeperi kalınlığı ile özışını yüksekliği ve özışını genişliği bakımından popülasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p<0,05$). Buna karşılık traheid uzunluğu toplam popülasyon karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemiştir ($F=3,092$; $p=0,079$).

Traheid uzunluğu bakımından en yüksek değer Kastamonu üst rakım kuzey bakıda, en düşük değer ise Çanakkale üst rakım güney bakıda belirlenmiştir. Bununla birlikte, toplam popülasyon karşılaştırmasında traheid uzunluğu bakımından anlamlı farklılık bulunmaması, bu karakterin diğer anatomik özelliklere göre çevresel değişkenlere karşı daha kararlı olduğunu göstermektedir. Buna karşın traheid genişliği ve traheid lümen genişliği bakımından Kastamonu popülasyonu daha yüksek değerlere sahip olmuş, bu farklılıklar istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). Daha geniş iletim elemanlarının Kastamonu'daki daha serin ve nemli yetişme ortamı koşullarında su iletim etkinliğini artırdığı düşünülmektedir.

Traheid hücre çeperi kalınlığı bakımından ise Çanakkale popülasyonunun daha yüksek ortalama değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle üst rakım gruplarında hücre çeperi kalınlığının belirgin şekilde artması, yaz kuraklığı ve çevresel stres koşullarına karşı geliştirilen yapısal bir adaptasyon olarak değerlendirilebilir. Aynı şekilde özışını yüksekliği ve özışını genişliği bakımından Çanakkale popülasyonlarının daha yüksek değerler göstermesi, stres koşullarında depo ve yatay iletim dokularının gelişimini destekleyen anatomik değişimlerin gerçekleştiğini düşündürmektedir.

Bakı ve rakım faktörleri birlikte değerlendirildiğinde, çevresel koşulların Kazdağı göknarının büyüme stratejileri üzerinde önemli etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Kastamonu'da kuzey bakılar ile üst rakım gruplarında yıllık halka genişliği, traheid

lümen genişliği ve bazı anatomik karakterler daha yüksek değerler gösterirken, Çanakkale'de özellikle güney bakılar morfolojik gelişimi desteklemiştir. Bu sonuçlar, aynı türün farklı iklim bölgelerinde yetişme ortamına bağlı olarak farklı büyüme stratejileri geliştirdiğini ve yüksek düzeyde ekolojik plastisite gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Kazdağı göknarının morfolojik ve odun anatomik özelliklerinin yalnızca genetik yapıdan değil, yetişme ortamının sıcaklık, yağış rejimi, rakım ve bakı gibi çevresel faktörlerinden de önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir. Kastamonu'nun daha serin ve büyüme sezonu boyunca nemini koruyan iklimi, kambiyal aktivitenin daha uzun süre devam etmesini sağlayarak daha geniş yıllık halkaların ve daha gelişmiş iletim elemanlarının oluşmasına katkıda bulunmuştur. Buna karşılık Çanakkale'de yaz kuraklığının etkisiyle gelişen su stresi, büyümeyi sınırlandırırken hücre çeperi kalınlığı ve özışını özelliklerinde belirgin anatomik uyum mekanizmalarının gelişmesini desteklemiştir.

Elde edilen tüm bulgular birlikte değerlendirildiğinde, Kazdağı göknarının farklı iklim ve yetişme ortamı koşullarına karşı yüksek düzeyde ekolojik plastisite gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum, türün mevcut çevresel koşullara uyum sağlayabilme kapasitesinin yüksek olduğunu göstermekle birlikte, gelecekte iklim değişikliğine bağlı olarak artması beklenen sıcaklık ve kuraklık streslerinin türün büyüme performansı ve odun anatomisi üzerinde önemli değişimlere neden olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle Kazdağı göknarı popülasyonlarının uzun dönemli izlenmesi, farklı ekolojik bölgelerdeki adaptasyon mekanizmalarının ortaya konulması ve ormancılık uygulamalarında iklim değişikliği senaryolarının dikkate alınması büyük önem taşımaktadır.

Bu sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

1. Bu çalışma, Kazdağı göknarının odun anatomik özelliklerinin çevresel değişkenlere karşı duyarlı olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle türün doğal yayılış alanlarının tamamını kapsayacak şekilde daha geniş coğrafi bölgelerde benzer anatomik ve ekolojik çalışmaların yapılması önerilmektedir.

2. Rakım ve bakı faktörlerinin odun anatomisi üzerindeki etkileri belirgin olduğundan, gelecekteki çalışmalarda mikroiklim değişkenleri (sıcaklık, nem, ışık rejimi ve toprak özellikleri) ile anatomik özellikler arasındaki ilişkilerin daha ayrıntılı şekilde incelenmesi gerekmektedir.

3. İklim değişikliğinin yıllık halka genişliği ve traheid yapısı üzerindeki etkilerinin belirlenebilmesi için uzun dönemli izleme çalışmalarının yürütülmesi önerilmektedir.

4. Farklı ekolojik koşullara sahip bölgelerde Kazdağı göknarının yetiştirilmesine yönelik silvikültürel uygulamaların bölgesel özellikler dikkate alınarak planlanması önem arz etmektedir.

5. Anatomik farklılıkların yalnızca çevresel değil aynı zamanda genetik faktörlerle ilişkisini ortaya koymak amacıyla moleküler düzeyde çalışmaların artırılması önerilmektedir.

6. Elde edilen anatomik bulguların odun kalitesi ve endüstriyel kullanım potansiyeli açısından değerlendirilmesi, ormancılık ve odun endüstrisine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak bu çalışma, Kazdağı göknarının farklı çevresel koşullara verdiği morfolojik ve anatomik tepkileri ortaya koyarak türün korunması, sürdürülebilir yönetimi ve iklim değişikliğine uyum çalışmalarına katkı sağlayacak bilimsel bir kaynak niteliği taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Aktürk, E., & Güney, K. (2021). Vegetation cover change analysis of phytogeographic regions of Turkey based on CORINE land cover datasets from 1990 to 2018. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 21*(2), 150-164.

Ata, C. (1975). Kazdağı göknarı (*Abies equi-trojani* Aschcrs et Sinten)'nın Türkiye'deki yayılışı ve silvikültürel özellikleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 25*(2), 165-219.

Atalay, İ. (1992). *Türkiye vejetasyon coğrafyası*. Ege Üniversitesi Yayınları.

Atalay, İ. (2011). *Türkiye coğrafyası ve jeomorfolojisi*. İmge Kitabevi.

Aussenac, G. (2002). Ecology and ecophysiology of circum-Mediterranean firs in the context of climate change. *Annals of Forest Science, 59*(8), 823-832.

Avcı, M. (2012). Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye'nin bitki örtüsü. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 13, 27-55.

Avcı, M. (2018). Türkiye'nin flora bölgeleri ve biyolojik çeşitliliği. *Türk Coğrafya Dergisi,* 70, 1–12.

Baykal, N. U. (2019). Determining potential niche competition regions between Kazdagi fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) & Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) and conservation priority areas under climate change by using maxent algorithm. Master's Thesis, *Middle East Technical University The Graduate School Of Natural And Applied Sciences*. Ankara.

Cook, E. R., & Kairiukstis, L. A. (Eds.). (1990). *Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences*. Kluwer Academic Publishers.

Çanakkale İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (2018). *Çanakkale ili turizm ve iklim raporu*. Çanakkale İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü.

Davis, P. H. (1964). Materials for a flora of Turkey VIII. Cruciferae I: *Isatis*. *Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh, 26*(1), 11–25.

Davis, P. H. (Ed.) (1970). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Vol. 3). Edinburgh University Press.

Debreczy, Z., & Rácz, I. (2011). *Conifers Around the World*. DendroPress

Doğa Derneği. (2018). *Kazdağları biyolojik çeşitliliği ve ekosistem yapısı raporu*. Doğa Derneği Yayınları.

Ekim, T. (2005). Türkiye'nin biyolojik çeşitliliği ve korunması. *Biyoloji Bilimleri Araştırmaları, 12*(2), 15–28.

EUFORGEN. (2023). *Abies bornmuelleriana* species information. European Forest Genetic Resources Programme. https://www.euforgen.org, Erişim Tarihi: 11.04.2026.

Fahn, A. (1990). *Plant anatomy* (4th ed.). Pergamon Press.

Farjon, A. (2010). *A handbook of the world's conifers* (2 vols.). Brill.

Farjon, A. (2018). The Kew review: Conifers of the world. *Kew Bulletin, 73*(1), Article 8. https://doi.org/10.1007/s12225-018-9738-5

Fonti, P., von Arx, G., García-González, I., Eilmann, B., Sass-Klaassen, U., Gärtner, H., & Eckstein, D. (2010). Studying global change through investigation of the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. *New Phytologist, 185*(1), 42–53. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03030.x

Franklin, G. L. (1945). *Preparation of thin sections of synthetic resins and wood–resin composites, and a new macerating method for wood*. Nature.

Fritts, H. C. (1976). *Tree rings and climate*. Academic Press.

Good, R. (1947). *The geography of the flowering plants*. Longmans, Green and Co.

Güner, A., & Aslan, S. (Eds.). (2012). *Türkiye bitkileri listesi (damarlı bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları.

Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., & Babaç, M. T. (Eds.). (2012). *Türkiye bitkileri listesi (damarlı bitkiler).* Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. ISBN 978-605-60425-7-7.

Hacke, U. G., Sperry, J. S., Pockman, W. T., Davis, S. D., & McCulloh, K. A. (2001). Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia, 126*(4), 457-461.

Hamrick, J. L., & Godt, M. J. W. (1996). Effects of life history traits on genetic diversity in plant species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, 351*(1345), 1291–1298.

IAWA Committee. (2004). IAWA list of microscopic features for softwood identification. *IAWA Journal, 25*(1), 1–70. https://doi.org/10.1163/22941932-90000349.

IUCN. (2022). *The IUCN Red List of Threatened Species*. https://www.iucnredlist.org, Erişim Tarihi: 24.03.2026.

Kaya, Z., & Raynal, D. J. (2001). Biodiversity and conservation of Turkish forests. *Biological Conservation, 97*(2), 131-141.

Kaya, Z., Skaggs, A., & Neale, D. B. (2008). Genetic structure of Turkish fir populations and implications for conservation of *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*. *Tree Genetics & Genomes, 4*(3), 419–429.

Körner, C. (2007). The use of ‘altitude’ in ecological research. *Trends in Ecology & Evolution, 22*(11), 569-574.

Leonovich, A. (1986). *Floristic Regions of the World*. University of California Press.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (2023). *Türkiye iklim ve yağış verileri*. Meteoroloji Genel Müdürlüğü.

Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of Ecology*. WB Saunders Company.

Orman Genel Müdürlüğü (OGM) (2014). *Türkiye orman varlığı*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Orman Genel Müdürlüğü (OGM) (2020). *Türkiye orman varlığı*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.

Orman Genel Müdürlüğü (OGM) (2023). *Türkiye orman kaynakları raporu*. Orman Genel Müdürlüğü.

Richardson, D. M., Allsopp, N., D'antonıo, C. M., Milton, S. J., & Rejmánek, M. (2000). Plant invasions-the role of mutualisms. *Biological Reviews, 75*(1), 65-93.

Richter, H. G., Grosser, D., Heinz, I., & Gasson, P. E. (Eds.). (2004). IAWA list of microscopic features for softwood identification. *IAWA journal, 25*(1), 1-70.

Rushforth, K. D. (1987). *Conifers*. Facts on File.

Saatçioğlu, F. (1976). *Silvikültür (orman yetiştirme bilgisi)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Sarre, A. D., & Davey, S. M. (2021). Sustainable development goals, forests and Australian forestry. *Australian Forestry, 84*(2), 41-49.

Schweingruber, F. H. (1990). *Anatomie europäischer Hölzer = Anatomy of European woods: Ein Atlas zur Bestimmung europäischer Baum-, Strauch- und Zwergstrauchhölzer.* Paul Haupt.

Silba, J. (1986). *An international census of the Coniferae* (Phytologia Memoirs No. 8). H. N. Moldenke & A. L. Moldenke.

Sperry, J. S., Hacke, U. G., & Pittermann, J. (2006). Size and function in conifer tracheids and angiosperm vessels. *American journal of botany, 93*(10), 1490-1500.

Şenkul, Ç., & Kaya, Z. (2017). Türkiye endemik bitkilerinin mekânsal dağılışı ve koruma öncelikleri. *Coğrafi Bilimler Dergisi, 15*(2), 123–138.

Topaloğlu, Y. (2013). Türkiye'de doğal yayılış yapan Uludağ göknarı (Batı Karadeniz göknarı) (Abies nordmanniana (Stev.) Spach subsp. bornmuelleriana (Mattf.)

Coode & Cullen) üzerinde morfolojik araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.

Tyree, M. T., & Zimmermann, M. H. (2002). *Xylem structure and the ascent of sap*. Springer Science & Business Media.

URL-1 http://www.theplantlist.org/, Erişim Tarihi:21.05.2026.

Usta, N., & Tavşanoğlu, Ç. (2023). Anadolu endemiği Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *equi-trojani* (Aschers. & Sint. ex Boiss) Coode et Cullen): Bildiklerimiz ve araştırma gereksinimleri. *Turkish Journal of Forestry, 24*(3), 329-345.

World Flora Online. (2023). *Abies* genus information. https://www.worldfloraonline.org, Erişim Tarihi: 21.04.2026.

Yaltırık, F. (1993). *Dendroloji II: Gymnospermae*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Yaltırık, F. (2010). *Türkiye'nin orman ağaçları ve ağaççıkları*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

Yaltırık, F., & Efe, A. (2000). *Dendroloji ders kitabı: Gymnospermae Angiospermae*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Yaman, B. (2007). Odun anatomisi çalışmalarında örnek hazırlama ve mikroteknik yöntemler. Ü. Akkemik (Ed.), *Dendroloji ve orman botaniğinde laboratuvar uygulamaları* içinde (ss. 25–37). Kırsal Çevre ve Ormancılık Sorunları Araştırma Derneği Yayını.

Yıldız, E. N., & Keleş, S. Ö. (2022). Kazdağı göknarı odununda yükseltiye bağlı morfolojik ve anatomik değişimler. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 24*(2), 211-219.

Yüce, Y. E. (2025, Aralık 4). *Kazdağı Fir.* KÜRE. https://kureansiklopedi.com/tr/detay/kazdagi-fir-1869c., Erişim Tarihi: 25.03.2026.