

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÖKSEOTU'NUN TOROS GÖKNARI BÜYÜME VE GELİŞME
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

DOKTORA TEZİ

Murat ÖZTÜRK

**OCAK 2023
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÖKSEOTU'NUN TOROS GÖKNARI BÜYÜME VE GELİŞME
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Murat ÖZTÜRK

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (ORMAN MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 / 12 / 2022

Tezin Savunma Tarihi : 16 / 01 / 2023

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Bedri SERDAR

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

“Ökseotu’nun Toros Göknarı Büyüme ve Gelişme Parametreleri Üzerine Etkileri” isimli bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora tezimin bilimsel danışmanlığını üstlenerek, bu güncel ve özgün tez konusunun seçilmesi, çalışmanın planlanması ve bitimine kadar her aşamasında destek ve katkılarıyla çalışmamı yönlendiren, bilgilerinden sürekli istifade ettiğim, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Bedri SERDAR’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Değerli fikirlerinden her zaman yararlandığım ve bana her konuda destek olan hocalarım Sayın Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU’na, Prof. Dr. Kamil COŞKUNÇELEBİ’ye, Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ’ye ve Prof. Dr. Ömer KARA’ya teşekkür ederim. Çalışmanın başından sonuna kadar gerek arazi çalışmaları, gerek laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen, değerli fikir ve görüşleri ile katkıda bulunan ve tezdeki özgün arazi fotoğraflarının çekimini yapan Sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Kadir Alperen COŞKUNER’e teşekkür ederim. Fotosentetik pigment tayini çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi. Fahrettin ATAR’a, toprak analizleri konusunda yardımlarını esirgemeyen Sayın hocam Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK’e ve meslektaşım Arş. Gör. Esengül GENÇ’e, tezin en uzun ve yorucu kısmı olan anatomik ölçümlerin gerçekleştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşım Orm. Yük. Müh. Çağdaş GÖL’e ve kardeşim Muhammet ÖZTÜRK’e teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmalarım boyunca, arazi çalışmaları ve veri temininde yardımcı olan Milli Parklar Genel Müdürlüğü ve Niğde Milli Parklar Müdürlüğü çalışanlarına teşekkür ederim. Ayrıca, anatomik ölçümlerin yapılabilmesi için gerekli modülleri Bab Bs200Pro yazılımına eklenmesi konusunda yardımcı olan Sayın Babacan UĞUZ’a teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, meslektaş ve aynı zamanda oğlu olmaktan gurur duyduğum babama, canım anneme ve kardeşlerime teşekkürlerimi sunarım.

Doktora süreci boyunca çalışmamın başlangıcından sonuna kadarki geçen zorlu zaman dilimde, beni hep anlayışla karşılayan, her zaman yanımda olan, biricik eşim Orm. End. Yük. Müh. Güliz ÖZTÜRK’e ve canım oğlum Eren ÖZTÜRK’e müteşekkir olduğumu belirtir, bu çalışmanın ülkemize faydalı olmasını dilerim.

Murat ÖZTÜRK

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Ökseotu’nun Toros Göknarı Büyüme ve Gelişme Parametreleri Üzerine Etkileri” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Bedri SERDAR’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 16/01/2023

Murat ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	IX
SUMMARY	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XVI
KISALTMALAR DİZİNİ	XVIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Özeti	5
1.2.1. Ökseotları	5
1.2.2. <i>Viscum album</i> 'un Morfolojik Özellikleri	5
1.2.3. <i>Viscum album</i> 'un Yaşam Döngüsü	6
1.2.4. Ökseotunun Konukçunun Morfolojisi Üzerindeki Etkileri.....	9
1.2.5. Ökseotunun Konukçunun Anatomisi Üzerindeki Etkileri.....	12
1.2.6. Ökseotunun Konukçunun Fizyolojisi Üzerindeki Etkileri.....	13
1.2.7. Toros Göknarı'nın Dış Morfolojik Özellikleri.....	14
1.2.8. Toros Göknarı'nın İç Morfolojik Özellikleri	15
1.3. Araştırma Alanının Tanıtımı	17
1.3.1. Araştırma Alanının Coğrafik Konum ve Özellikleri.....	17
1.3.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri	17

1.3.3.	Araştırma Alanının Toprak Özellikleri	21
1.3.4.	Araştırma Alanının Bitki Örtüsü Özellikleri	22
1.3.5.	Araştırma Alanındaki Ökseotu Durumu.....	23
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	25
2.1.	Araştırma Alanının Seçimi	25
2.2.	Örnek Ağaçların Seçimi	26
2.3.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Yaprak Özellikleri Üzerindeki Etkilerini Belirleme Çalışmaları.....	27
2.3.1.	Yaprak Morfolojisi Ölçümleri.....	27
2.3.2.	Stoma Ölçümleri.....	28
2.3.3.	Yaprak Anatomisi Ölçümleri	29
2.3.4.	Fotosentetik Pigment Tayini	31
2.4.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Odun Anatomisi ve Artımı Üzerindeki Etkilerini Belirleme Çalışmaları	33
2.4.1.	Artım Kalemlerinin Alınması.....	33
2.4.2.	Odun Anatomisi Çalışmaları İçin Kesitlerin Alınması	34
2.4.3.	Odun Anatomisi Çalışmaları İçin Preparatların Hazırlanması.....	35
2.4.4.	Odun Kesitlerine Ait Mikro Fotoğrafların Elde Edilmesi.....	36
2.4.5.	Odun Elemanlarının Ölçümleri	36
2.4.6.	Odun Anatomisi Ölçümlerinin Standart Hale Getirilmesi	40
2.4.7.	Standardizasyon İçin Veri Tabanının Hazırlanması.....	40
2.4.8.	Yıllık Artımın Ölçülmesi ve Göğüs Yüzeyi Artımının Hesaplanması.....	42
2.5.	Verilerin Değerlendirilmesi.....	44
3.	BULGULAR	45
3.1.	Göknar Ökse Otu'nun Toros Göknarı Yaprakları Üzerindeki Etkileri	45

3.1.1.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Yapraklarının Morfolojisi Üzerindeki Etkileri	45
3.1.2.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Yapraklarının Stoma Özellikleri Üzerindeki Etkileri	47
3.1.3.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Yapraklarının Anatomik Özellikleri Üzerindeki Etkileri	48
3.1.4.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Yapraklarının Klorofil ve Karotenoid Özellikleri Üzerindeki Etkileri	52
3.2.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Odun Anatomisine Etkileri.....	54
3.2.1.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı İlkbahar Odunu Traheit Radyal Lümen Çapına Etkileri.....	54
3.2.2.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Yaz Odunu Traheit Radyal Lümen Çapına Etkileri.....	56
3.2.3.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı İlkbahar Odunu Çift Çeper Kalınlığına Etkileri	57
3.2.4.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Yaz Odunu Çift Çeper Kalınlığına Etkileri.....	59
3.2.5.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Radyal Yöndeki Traheit Sayısına Etkileri.....	61
3.2.6.	Traheit Radyal Lümen Çapının Yıllık Halka İçerisindeki Değişimi.....	63
3.2.6.	Traheit Çift Çeper Kalınlığının Yıllık Halka İçerisindeki Değişimi	67
3.3.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Artımına Etkileri	69
3.3.1.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı'nın İlkbahar Odunu Artımına Etkileri.....	70
3.3.2.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Yaz Odunu Artımına Etkileri	76
3.3.3.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Yıllık Artıma Etkileri	82
3.3.4.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Göğüs Yüzeyi Artıma Etkileri.....	88
4.	TARTIŞMA VE SONUÇ.....	94
4.1.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Yaprak Özellikleri Üzerindeki Etkileri	94
4.2.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Odun Anatomisi Özellikleri Üzerindeki Etkileri	98

4.3.	Göknar Ökseotu'nun Toros Göknarı Artımı Üzerindeki Etkileri	102
5.	ÖNERİLER	106
6.	KAYNAKLAR.....	109
ÖZGEÇMİŞ		



Doktora Tezi

ÖZET

ÖKSEOTU'NUN TOROS GÖKNARI BÜYÜME VE GELİŞME
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Murat ÖZTÜRK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Bedri SERDAR
2023, 120 Sayfa

Ökseotu, konukçusunun büyüme ve gelişmesini birçok yönden etkileyen yarı parazit bir bitkidir. Bu çalışmanın amacı Gökmar Ökseotu (*Viscum album* L. subsp. *abietis* (Wiesb.) Abromerit)'nın ülkemiz orman ekosistemlerinde doğal olarak yetişen Toros Gökmarı (*Abies cilicica* (Antoine & Kotschy) Carrière)'nın büyüme ve gelişmesi üzerindeki uzun dönemli etkilerini ortaya koymak ve mevcut etkinin ökseotu bulaşıklık derecesine göre değişimini belirlemektir. Bu amaçla ökseotu bulaşmış ve bulaşmamış ağaçların bulaş olmayan dallarından yaprak örnekleri alınmış ve morfolojik, anatomik ve stoma parametreleri ile fotosentetik pigment içeriklerine ilişkin ölçüm ve sayımlar gerçekleştirilmiştir. Örneklenen ağaçlardan artım kalemleri alınmış ve son 20 yıllık büyüme döneminde oluşan her bir yıllık halkada odun elemanlarına ait ölçüm ve sayımlar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, aynı dönem için ağaçlara ait ilkbahar ve yaz odunu genişliği ile yıllık halka genişliği ölçülmüş ve yıllık göğüs yüzeyi artımları hesaplanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre yaprakların morfolojik, anatomik ve stoma boyutları ile klorofil miktarları artan ökseotu bulaşıklığı ile azalmıştır. Anatomik boyutlardaki azalmanın orta ve çok bulaşık sınıfta, klorofil miktarındaki azalmanın ise sadece çok bulaşık sınıfta daha belirgin olduğu bulunmuştur. Artan bulaşıklık seviyesine bağlı olarak ilkbahar ve yaz odunu traheit radyal lümen çaplarının azaldığı tespit edilmiştir. Traheit çift çeper kalınlığının az ve orta bulaşık ağaçlarda artmış, çok bulaşık ağaçlarda ise azalmış olduğu tespit edilmiştir. Ökseotu bulaşmış ağaçların artımının özellikle büyüme döneminin son 10 yılında ökseotu bulaşıklık derecesinin artmasına bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gökmar ökseotu, Odun anatomisi, Yaprak anatomisi, Klorofil, Çap artımı

PhD. Thesis

SUMMARY

THE EFFECTS OF WHITE MISTLETOE ON GROWTH AND DEVELOPMENT PARAMETER OF THE CILICICAN FIR

Murat ÖZTÜRK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Bedri SERDAR
2023, 120 pages

Mistletoe is a hemi-parasitic plant that affects the growth and development of its host in many ways. The objective of this study is to determine and evaluate the effects of white mistletoe (*Viscum album* L. subsp. *abietis* (Wiesb.) Abromerit) on the long-term growth and development dynamics of Cilician Fir (*Abies cilicica* (Antoine & Kotschy) Carrière) in relation to varying mistletoe infection severity. To do this, needle samples were taken from uninfected branches of infected and uninfected trees, and morphological, anatomical, stomatal traits and photosynthetic pigment contents of needles were measured. Increment cores were taken from the mistletoe infected and uninfected trees, and anatomical traits were measured and counted for each annual ring for the last 20 years of growing period. In addition, early wood, late wood and annual ring width were measured, and basal area increment was calculated for each annual ring for the same period. The results indicated that morphological, anatomical and stomatal traits and chlorophyll content of needles decreased with increasing infection severity. Reduced dimensions in anatomical traits were only evident in needles from moderate and severe infection classes, while chlorophyll content decreased in only severely infected trees. Radial lumen diameter of early and late wood tracheid decreased with increasing infection severity. Double wall thickness of early and late wood tracheid increased in the lightly and moderately infected trees and decreased in severely infected trees. The results also indicated that radial growth of trees were affected significantly by the mistletoe infection. The magnitude of these effects increased with the increasing infection severity, especially during the last ten years of growing periods of mistletoe-infected trees.

Keywords: White mistletoe, Wood anatomy, Leaf Anatomy, Chlorophyll, Diameter increment

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	<i>Viscum album</i> subsp. <i>abietis</i> 'in habitusu (a); konukçu dalına tutunmuş tohumları (b)	7
Şekil 2.	<i>Viscum album</i> subsp. <i>abietis</i> 'in tohumlarının çimlenme sırasında konukçu dalında oluşturmuş olduğu hipokotil (a); ilk karşılıklı yaprak çifti (b)	7
Şekil 3.	<i>Viscum album</i> subsp. <i>abietis</i> 'in yaşam döngüsü (Zuber, 2004)	9
Şekil 4.	<i>Viscum album</i> subsp. <i>abietis</i> 'in konukçu tepe tacı yapısını bozması (a, b); ökseotu bulaş bölgesinde oluşan şişlik (c); bulaş bölgesi sonrası ölmüş dal kısmı (d).....	11
Şekil 5.	<i>Viscum album</i> subsp. <i>abietis</i> 'in konukçunun tepe tacında meydana getirmiş olduğu bozulmalar (a, b ve c)	12
Şekil 6.	<i>Viscum album</i> 'un sarıçam dal odunu dokularında meydana getirmiş olduğu anatomik (a); morfolojik (b, c) değişiklikler	13
Şekil 7.	<i>Abies cilicica</i> odunu, a-EK: yıllık halka sınırları belirgin, ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş ani, b-RK: homojen özışınları, boyuna traheitler, c-RK: üniseri ve biseri dizilmiş kenarlı geçitler, d-RK: boyuna traheitlerde trabekül oluşumu, e-TK: üniseri özışınları ve boyuna traheitler, f-RK: özışını paranşim hücrelerinde kristaller	16
Şekil 8.	Çalışma alanının Thornthwaite yöntemine göre hesaplanan su bilançosu	20
Şekil 9.	Çalışma alanında toprak çukurlarının açılması (a, b) ve derinlik kademelerine göre alınan toprak örnekleri (c, d)	21
Şekil 10.	Toprak örneklerine ait laboratuvarda gerçekleştirilen işlemler (a, b).....	22
Şekil 11.	Çalışma alanındaki kabuk böceği aktivitesi (a, b) ve kuruyan ağaçlar (c)	24
Şekil 12.	Çalışma alanının coğrafi konumu (a, b, c); Emli vadisinden bir görünüm (d).....	25
Şekil 13.	6 dereceli bodur ökseotu sınıflandırma sistemi (DMRS) (Hawksworth, 1977).	26
Şekil 14.	Örneklenen ağaçlardan bazılarına ait fotoğraflar; ökseotu bulaşmamış (a); az bulaşık (b); orta bulaşık (c); çok bulaşık (d).....	27

Şekil 15.	Yapraklara ait morfolojik ölçümlerin Bs200ProP görüntü analiz yazılımı ile gerçekleştirilmesi.....	28
Şekil 16.	Örnek ağaçlardan yaprak örneklerin alınması ve stoma ölçümlerinin yapılabilmesi için gerçekleştirilen iş akışı.....	29
Şekil 17.	Örnek ağaçlardan yaprak örneklerin alınması ve anatomik ölçümlerin yapılabilmesi için gerçekleştirilen iş akışı.....	30
Şekil 18.	Gökmar yapraklarının enine kesitleri üzerinde ölçümü gerçekleştirilen anatomik özellikler	31
Şekil 19.	Örnek ağaçlardan yaprak örneklerinin alınması ve fotosentetik pigment tayini yapılabilmesi için gerçekleştirilen iş akışı.....	32
Şekil 20.	Örnek ağaçlardan artım kalemlerinin alınması (a); oluklu kartona yerleştirilmesi (b).....	33
Şekil 21.	Artım kalemlerinin bölümlenmesinin şematik gösterimi	34
Şekil 22.	Artım kalemlerinden kesitlerin alınması (a) ve hazırlanan preparatlar (b).....	35
Şekil 23.	Traheitlerin yıllık halka içerisindeki konumlarının belirlenmesi ve anatomik ölçümlerinin yapılması	37
Şekil 24.	Traheitlerin çift çeper kalınlıklarının ölçülmesi ve yıllık halka içerisindeki konumlarının belirlenmesi	38
Şekil 25.	Her bir yıllık halkanın sektörlere ayrılması ve her sektöre ait ölçülen anatomik özelliklerin (traheit çapı, alanı ve çift çeper kalınlığı) grafiklere dönüştürülmesinin şematik olarak gösterimi	39
Şekil 26.	Standardizasyon öncesinde veri tabanı hazırlığı için ölçülen anatomik parametrelerin şematik gösterimi	41
Şekil 27.	Standardizasyon öncesinde veri tabanı hazırlığı	42
Şekil 28.	İlkbahar odunu (io), yaz odunu (yo) ve yıllık halka genişliklerinin ölçülmesi	43
Şekil 29.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların morfolojik özelliklerinin karşılaştırılması. yaprak yüzey alanı (a); yaprak uzunluğu (b); yaprak ağırlığı (c); yaprak genişliği (d); spesifik yaprak yüzey alanı (e). Kutu içerisindeki yatay çizgi ortanca değeri göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıkları işaret etmektedir	46

- Şekil 30. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların stoma özelliklerinin karşılaştırılması. stoma yoğunluğu (a); stoma sıra sayısı (b); stoma uzunluğu (c); stoma bant genişliği (d). Kutu içerisindeki yatay çizgi ortalanca değeri göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir.....48
- Şekil 31. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların anatomik özelliklerinin karşılaştırılması. yaprak genişliği (a); yaprak kalınlığı (b); epidermis kalınlığı (c); merkezi silindir kalınlığı (d). Kutu içerisindeki yatay çizgi ortalanca değeri göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir 50
- Şekil 32. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların anatomik özelliklerinin karşılaştırılması. yaprak enine kesit alanı (a); merkezi silindir alanı (b); epidermis + hipodermis alanı (c); reçine kanal alanı (d); mezofil alanı (e); transfüzyon alanı (f); ksilem alanı (g); floem alanı (h). Kutu içerisindeki yatay çizgi ortalanca değeri göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir. 51
- Şekil 33. Ökseotu bulaşmamış az, orta ve çok derecede bulaşık ağaçlardan elde edilen yaprakların fotosentetik pigment içeriklerinin karşılaştırılması. klorofila (a); klorofilb (b); toplam klorofil(a+b) (c); toplam karatonoid (d); karatonoid/klorofil (e). Kutu içerisindeki yatay çizgi ortalanca değeri göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir. 53
- Şekil 34. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların ilkbahar odunu traheit radyal lümen çaplarının periyotlar arasında bulaşıklık sınıflarına göre değişimi. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir.....55
- Şekil 35. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu traheit radyal lümen çaplarının periyotlar arasında bulaşıklık sınıflarına göre değişimi. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir 57
- Şekil 36. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu traheit çift çeper kalınlıklarının periyotlar arasında bulaşıklık sınıflarına göre değişimi. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir.....59
- Şekil 37. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu traheit çift çeper kalınlıklarının bulaşıklık sınıflarına göre değişimi. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir 61

Şekil 38.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların radyal yöndeki traheit sayılarının periyotlar arasında bulaşıklık sınıflarına göre değişimi. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir.....	63
Şekil 39.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların traheit radyal lümen çapları ortalamalarının her bir periyot için yıllık halka içerisindeki eğilimlerini gösteren grafikler. 2001-2005 periyodu (a); 2006-210 periyodu (b); 2011-2015 periyodu (c); 2016-2020 periyodu (d).....	66
Şekil 40.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların traheit çift çeper kalınlığı ortalamalarının her bir periyot için yıllık halka içerisindeki eğilimlerini gösteren grafikler. 2001-2005 periyodu (a); 2006-210 periyodu (b); 2011-2015 periyodu(c); 2016-2020 periyodu (d).....	69
Şekil 41.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlara ait her yıl gerçekleşen ilkbahar odunu artımına ait grafik	70
Şekil 42.	Ökseotu bulaşmış ağaçların, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla ilkbahar odunu artımlarındaki azalmanın yıllar itibari ile değişimine ait grafik.	72
Şekil 43.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların, ilkbahar odunu artımı periyot ortalamaları ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir	74
Şekil 44.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların ilkbahar odunu artımı verilerine ait bulaşıklık sınıfları ortalamalarının her bir periyottaki karşılaştırılması. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı, farklı harfler ise post-hoc testine göre anlamlı farklılıkları işaret etmektedir	75
Şekil 45.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlara ait her yıl gerçekleşen yaz odunu artımına ait grafik	76
Şekil 46.	Ökseotu bulaşmış ağaçların, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla yaz odunu artımlarındaki azalmanın yıllar itibari ile değişimine ait grafik.	78
Şekil 47.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların, ilkbahar odunu artımı periyot ortalamaları ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir	80
Şekil 48.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu artımı verilerine ait bulaşıklık sınıfları ortalamalarının her bir periyottaki karşılaştırılması. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı, farklı harfler ise post-hoc testine göre anlamlı farklılıkları işaret etmektedir	81

Şekil 49.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlara ait her yıl gerçekleşen yıllık artıma ait grafik	82
Şekil 50.	Ökseotu bulaşmış ağaçların, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla yıllık artımlarındaki azalmanın yıllar itibari ile değişimine ait grafik.	84
Şekil 51.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların, ilkbahar odunu artımı periyot ortalamaları ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir.	86
Şekil 52.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yıllık artım verilerine ait bulaşıklık sınıfları ortalamalarının her bir periyottaki karşılaştırılması. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı, farklı harfler ise post-hoc testine göre anlamlı farklılıkları işaret etmektedir	87
Şekil 53.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlara ait her yıl gerçekleşen göğüs yüzeyi artıma ait grafik.....	88
Şekil 54.	Ökseotu bulaşmış ağaçların, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla yıllık göğüs yüzeyi artımındaki azalmanın yıllar itibari ile değişimine ait grafik.....	90
Şekil 55.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların, göğüs yüzeyi artımı periyot ortalamaları ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir	92
Şekil 56.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yıllık göğüs yüzeyi artımına ait bulaşıklık sınıfları ortalamalarının her bir periyottaki karşılaştırılması. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı, farklı harfler ise post-hoc testine göre anlamlı farklılıkları işaret etmektedir	93

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Erinç yöntemine göre yağış etkinliği indis değerleri (Çepel, 1995).....	18
Tablo 2.	Araştırma alanının Thornthwaite yöntemi kullanılarak hesaplanan su bilançosu değerleri	19
Tablo 3.	Thornthwaite yöntemine göre iklim veya yağış etkinliği değerleri (Çepel, 1995)	20
Tablo 4.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların morfolojik özelliklerine ait verilere ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı için $\pm$ standart hatayı gösteren ortalamaları göstermektedir.....	45
Tablo 5.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların stoma özelliklerine ait verilere ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı için $\pm$ standart hata içeren ortalamaları göstermektedir.....	47
Tablo 6.	Ökseotu bulaşmamış, az, orta ve çok bulaşık ağaçlardan elde edilen yaprakların anatomik özelliklerine ait verilere ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı için parantez içinde standart hata içeren ortalamaları göstermektedir.	49
Tablo 7.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların klorofil ve karotenoid miktarlarına ait verilere ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı için $\pm$ standart hata içeren ortalamaları göstermektedir.....	52
Tablo 8.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların ilkbahar odunu traheit radyal lümen çaplarına ait verilere ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı ve periyot için ortalamaları göstermektedir.....	54
Tablo 9.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu traheit radyal lümen çaplarına ait verilere ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı ve periyot için $\pm$ standart hatayı gösteren ortalamaları göstermektedir.	56
Tablo 10.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların ilkbahar odunu traheitlerinin çift çeper kalınlıkları verilerine ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı ve periyot için $\pm$ standart hatayı içeren ortalamaları göstermektedir.	58
Tablo 11.	Ökseotu bulaşmamış ve bulamış ağaçların yaz odunu traheitlerinin çift çeper kalınlıkları verilerine ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı ve periyot için $\pm$ standart hatayı içeren ortalamaları göstermektedir.	60

Tablo 12.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların radyal yöndeki traheit sayısı verilerine ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı ve periyot $\pm$ standart hatayı içeren ortalamaları göstermektedir.....	62
Tablo 13.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların traheit radyal lümen çapları ortalamalarının her bir periyot için yıllık halka içerisindeki değişimi. Değerler, her bir sektör için $\pm$ standart hatayı gösteren ortalamaları göstermektedir.	64
Tablo 14.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların traheit çift çeper kalınlığı ortalamalarının her bir periyot için yıllık halka içerisindeki değişimi. Değerler, her bir sektör için $\pm$ standart hatayı gösteren ortalamaları göstermektedir.	68
Tablo 15.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlara ait ilkbahar odunu artımlarına ait verilere ilişkin özet tablo.	71
Tablo 16.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların ilkbahar odunu artımı verilerine ait bulaşıklık sınıfları ve periyot ortalamalarına ilişkin özet tablo.	73
Tablo 17.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlara ait yaz odunu artımlarına ait verilere ilişkin özet tablo.....	77
Tablo 18.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu artımı verilerine ait bulaşıklık sınıfları ve periyot ortalamalarına ilişkin özet tablo.	79
Tablo 19.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yıllık artımlarına ait verilere ilişkin özet tablo.....	83
Tablo 20.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yıllık artım verilerine ait bulaşıklık sınıfları ve periyot ortalamalarına ilişkin özet tablo.	85
Tablo 21.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yıllık göğüs yüzeyi artımlarına ait verilere ilişkin özet tablo.	89
Tablo 22.	Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yıllık göğüs yüzeyi artımı verilerine ait bulaşıklık sınıfları ve periyot ortalamalarına ilişkin özet tablo.	91

KISALTMALAR DİZİNİ

EK	: Enine Kesit
TK	: Teğet Kesit
RK	: Radyal Kesit
DMRS	: Bodur Ökseotu Sınıflandırma Sistemi
İO	: İlkbahar Odunu
YO	: Yaz Odunu
TRÇ	: Traheit Radyal Lümen Çapı
ÇÇK	: Çift Çeper Kalınlığı
TS	: Traheit Sayısı
SH	: Standart Hata
ORT.	: Ortalama
İOA	: İlkbahar Odunu Artımı
YOA	: Yaz Odunu Artımı
YA	: Yıllık Artım
GYA	: Göğüs Yüzeyi Artımı
SLA	: Spesifik Yaprak Yüzey Alanı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Canlılar için önemli besin ve enerji kaynaklarının başında gelen bitkiler, yaşamları boyunca biyotik (mantarlar, böcekler, parazitik bitkiler vb.) ve abiyotik (kuraklık, sıcaklık, toprak tuzluluğu vb.) birçok stres faktörünün etkilerine maruz kalmaktadır (Teshome vd., 2020). Bu stres faktörlerinden birçoğu bitkilerin büyüme ve gelişmeleri üzerinde dönemsel etkiler oluştururken, parazitik bitkiler ise konukçusu olduğu bitki üzerinde uzun süre yaşayabilme kabiliyetlerinden dolayı uzun dönemli etkiler oluşturur (Press ve Phoenix, 2005; Mudgal vd., 2022). Angiosperm bitki grubuna dâhil olan parazitik bitkiler, çeşitli taksonları içerisinde bulundurmakta ve 20 familyaya ait 4,500'ün üzerinde tür ile temsil edilmektedirler. Ayrıca bu bitkiler dünya üzerindeki tüm angiosperm türlerinin yaklaşık %1'ini oluşturmaktadır (Nickrent Daniel L. vd., 1998; Press ve Phoenix, 2005). Parazitik bitki grubunun içerisinde yer alan yarı parazit bitkilerin en önemlilerinden biri de ökseotlarıdır.

Ökseotları, konukçularının dalları ve gövdeleri gibi toprak üstü kısımlarında yetişen, herdem yeşil, odunsu, çalı formundaki yarı parazit bitkilerdir. Konukçusu olduğu türlerin ksilemine ulaşmak ve tutunmak için haustoryum adı verilen özelleşmiş kök benzeri bir yapı oluştururlar (Mathiasen vd., 2008). Haustoryum, konukçudan su ve mineral besinleri almak için ökseotu ile konukçu arasında bir köprü görevi görmektedir (Glatzel, 1983; Tennakoon ve Pate, 1996; Popp ve Richter, 1998; Watson, 2001). Ökseotları genellikle konukçularına göre daha yüksek stomatal iletkenlik ve terleme oranlarına sahiptir (Ullmann vd., 1985; Glatzel ve Geils, 2009) ve temel besin elementlerini yapraklarında biriktirebilirler (Mutlu, Osma, vd., 2016). Ökseotu yapraklarındaki yüksek besin elementi birikimi konukçudan ökseotuna su ve besin maddelerinin transferini hızlandırır. Konukçunun su dengesinde meydana gelen değişikliklerin bir sonucu olarak, ökseotu bulaşmış ağaçlar özellikle kurak alanlarda su stresi yaşamaya başlar (Glatzel ve Geils, 2009). Ökseotunun neden olduğu su stresi ve konukçu dokularında meydana gelen kaynak dağılımındaki değişiklikler, ağaçların büyüme ve gelişmeleri üzerinde önemli etkilere sahip olmaktadır (Glatzel ve Geils, 2009; Mutlu, Osma, vd., 2016). Ayrıca ikincil faktörlerin de etkileri ile ağaçlarda kurumalar yaşanmaktadır (Mathiasen vd., 2008).

Ökseotları, dünya üzerinde kurak alanlardan, boreal kuşak ormanlarına ve tropik yağmur ormanlarına kadar birçok doğal ve yapay olarak tesis edilmiş orman ekosisteminde geniş yayılım alanına sahiptirler (Norton ve Carpenter, 1998). *Santalaceae* familyası içerisinde yer alan Avrupa Ökseotu (*Viscum album*), Avrupa’da birçok orman ekosisteminde yayılım göstermekte ve konukçusu olduğu türlere göre farklılaşan dört alt türle temsil edilmektedir (Zuber, 2004). Türkiye, çoğunlukla iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerinde bulunan *Viscum album*’un üç alt türüne ev sahipliği yapmaktadır (Davis, 1982). Bunlardan *Viscum album* subsp. *album* (Ökseotu) çoğunlukla yaprak döken ağaçlar üzerinde, *Viscum album* subsp. *austriacum* (Çam Ökseotu) çoğunlukla çam, nadiren ladin türleri üzerinde bulunmaktadır. Bu çalışmanın da konusunu oluşturan, *Viscum album* subsp. *abietis* (Göknar Ökseotu) ise çoğunlukla göknar türleri üzerinde bulunmakta ve dünyadaki göknar ormanlarını etkileyen en önemli biyotik faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Oliva ve Colinas, 2007; Idzajtich vd., 2008; Barbu, 2012; Szmidla vd., 2019).

Ökseotunun, bu geniş yayılım alanı ve konukçu üzerinde yapmış olduğu önemli etkilerden dolayı ökseotu-konukçu etkileşimi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar çoğunlukla, ökseotunun konukçusu olduğu ağaçların biyolojisi (Persoh vd., 2010; Mutlu, Osmalı, vd., 2016), fizyolojisi (Ehleringer vd., 1986; Glatzel ve Geils, 2009), morfolojisi (Rigling vd., 2010), anatomisi (Göl vd., 2018; Öztürk vd., 2019) ve büyümesi (Kanat vd., 2010; Bilgili vd., 2018; Sakıcı vd., 2020) üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koymaya çalışmıştır. Ökseotunun ağaçların enine büyümesi üzerine etkileri konusunda ülkemizde ve dünyada farklı türlere ilişkin yapılan çalışmalar mevcuttur. Yapılan çalışmalar sonucunda ökseotunun sarıçam türünde %64’e (Eroğlu ve Başkaya, 1995; Sönmez, 2014), karaçam türünde %60’a (Kanat vd., 2010; Çatal ve Carus, 2011) varan oranlarda çap artımı kayıplarına neden olduğu ortaya konulmuştur. Bulaşıklık derecesinin artışına bağlı olarak çap artımı kayıp oranları ise, sarıçam türünde %41-64 (Bilgili vd., 2018) ve göknar türünde %28-36 (Sakıcı vd., 2020) arasında değişmektedir. Bu oranlar çalışma yapılan alanlardaki artım kaybı ortalamalarını göstermekte ve sadece yıllık halka genişliklerine dayalı olarak, ökseotunun gövde büyümesi üzerindeki etkilerini bir yıllık zamansal çözünürlükte açıklamaktadır.

Bir ağacın büyüme ve gelişimini etkileyen en önemli organ bitkide yapısal kaynakların üretildiği yapraklardır. Bu nedenle son yıllarda ökseotunun, konukçu bitkilerin yaprak morfolojisi, anatomisi ve biyokimyası üzerindeki etkileri üzerinde gerçekleştirilen birçok yeni

Çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birçoğu dal seviyesinde ve genellikle tek bir bulaşıklık sınıfının (orta veya çok), kseotu bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırmasını içermekte (Logan vd., 2002; Littlely vd., 2008; ztrk vd., 2019) iken farklı bulaşıklık sınıflarının karşılaştırmasını yapan sadece birkaç alışma (Barbu, 2012; Villier vd., 2017) bulunmaktadır. Çalışmalardaki yaprak rneklemelerine bakıldığında, incelenen yaprakların bulaş olan dallardan örneklendiği anlaşılmaktadır. Bu yaklaşım, sadece ökseotunun bulaş olan dallardaki gelişen yapraklar üzerindeki doğrudan etkisini değerlendirmeye olanak tanımakta ve dolayısıyla ökseotunun tüm ağaç düzeyinde yaprak gelişimi üzerindeki etkilerini yansıtmada konusunda eksik kalabilmektedir.

Ksilem ve floem arasında yer alan kambiyum, dışarıya doğru sekonder floemi ve içeriye doğru ise sekonder ksilemi, vererek sekonder kalınlaşmayı sağlar. Ağaçların bulunduğu ortamdaki çevresel değişiklikler kambiyum faaliyetlerini etkiler ve mevcut etki yıllık halkayı oluşturan hücrelerin gelişim süreçlerinde yüksek bir çözünürlükte kaydedilirler. Günümüzde meydana gelen yeni teknik ve teknolojik gelişmeler, yıllık halka içerisindeki çok sayıda hücre üzerinde lümen çapı, lümen alanı, çeper kalınlığı gibi odun anatomisi özeliklerinin llmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede ağaçların enine büyümeleri sırasındaki çeşitli çevresel faktörlerin değişimi sonucu meydana gelen etkiler, daha yüksek çözünürlükte nicel olarak analiz edilebilmektedir.

Odun anatomistleri geçmişten günümüze kadar iklim kuşakları ve çevresel gradyanlar boyunca veya farklı alanlarda yetişen cinsler de varyasyonların analizi ile bitkilerdeki adaptasyon anlayışını ilerleterek, odun anatomisi ve ekoloji arasındaki ilişki hakkında önemli bilgiler sağlamışlardır (Wimmer, 2002). Ağaçların yıllık halkaları boyunca su ileten hücrelerin boyutlarındaki yıllar arası değişkenliğin nicel analizi, odunun bölgesel evre koşullarındaki değişiklikleri yansıtan yıllık bilgileri taşıyabileceğini göstermiştir (Fonti vd., 2010).

Yıllık halka genişliği ile ilkbahar odunu ve yaz odunun yıllık halka içerisindeki genişliği özelikle kurak alanlarda çevresel koşullardan önemli derecede etkilenmektedir. Buna ek olarak odunun yetişme ortamındaki ekolojik değişiklikleri kodlayabilen anatomik yapısı, zaman içinde ağaç büyümesi ve çeşitli çevresel faktörler arasındaki ilişkiyi daha iyi karakterize etmek için yeni ufuklar açmış ve zamansal çözünürlüğü arttırmıştır (Fonti vd., 2010). Odunun anatomik özelliklerindeki değişiklikler, ağaçların değişen çevresel koşullarla başa çıkabilmek için destek, depolama ve iletim ihtiyaçları arasında en uygun dengeyi kurarak oluşturmuş oldukları yapısal

özmleri temsil etmektedir (Chave vd., 2009). Bu nedenle odun anatomisindeki değişimleri inceleyen çalışmalar, bitki bilimlerinde önemli bir bilgi kaynağı olmuştur (Larson, 2012).

Sıcaklık, yağış, havadaki buhar basıncı açığı, toprak nemliliği gibi abiyotik faktörlerin ağaçların enine büyümeleri üzerindeki etkilerinin hücre düzeyinde ve uzun dönemli inceleyen çalışmaların sayısı oldukça fazladır. Ancak bilindiği kadarıyla kseotu gibi bir biyotik faktörün ağaçların enine büyümeleri üzerindeki etkilerinin hücre düzeyinde ve uzun dönemli olarak inceleyen çalışma bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasının ana amacı Göknar kseotu (*Viscum album* subsp. *abietis*)’nın ülkemiz orman ekosistemlerinde doğal olarak yetişen ve önemli orman ağalarımızdan olan Toros Göknarı (*Abies cilicica* subsp. *cilicica*)’nın büyüme ve gelişme dinamikleri üzerindeki uzun dönemli etkilerini ortaya koymak ve mevcut etkinin kseotu bulaşıklık derecesine göre değişimini belirlemektir.

Tez çalışmasında, ana amaca ulaşmak için birbiri ile ilişkili olan üç adet hedef belirlenerek çalışma planlanmış ve sonuçlar üç bölüm halinde verilmiştir. Bunlar;

- Göknar kseotu’nun, Toros Göknarı ağaçlarının, bulaş olmayan dallarında büyüyen yaprakların morfolojik ve anatomik özelliklerinde ve fotosentetik pigment içeriğinde meydana getirdiği etkinin nicel olarak belirlenmesi ve mevcut etkinin değişen kseotu bulaşıklık derecesine bağlı olarak değişimin tespit edilmesi,
- Göknar kseotu’nun, Toros Göknarı ağaçlarının gövdesindeki odun elemanlarında uzun dönemli (yıllar arası ve yıllar içi) oluşturduğu etkinin nicel olarak belirlenmesi ve mevcut etkinin değişen kseotu bulaşıklık derecesine bağlı olarak değişimin tespit edilmesi,
- Göknar kseotu’nun, Toros Göknarı ağaçlarının enine yöndeki büyümesinde meydana getirdiği etkinin ortaya konulması ve mevcut etkinin değişen kseotu bulaşıklık derecesine bağlı olarak değişimin tespit edilmesidir.

Çalışma sonuçlarının ökseotunun ağaçların büyüme ve gelişme seyri üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacağı ve kseotu bulunan orman ekosistemlerinin korunması ve yönetilmesi için uygulayıcılara faydalı bilgiler sunabileceği düşünülmektedir.

1.2. Literatür Özeti

1.2.1. Ökseotları

Ökseotları, *Loranthaceae* ve *Viscaceae* familyasına ait cinsleri içeren, *Santalales* takımı içerisindeki parazit angiosperm bitki gruplarının başında gelmektedirler (Kuijt, 1969; Barlow, 1987). Daha önce yapılan çalışmalarda *Viscaceae* familyası genellikle *Loranthaceae* familyası içerisinde konumlandırılrsa da çiçek yapısı, embriyolojisi ve kromozom özellikleri bakımından farklılıklar göstermesi nedeniyle genellikle iki ayrı familya olarak değerlendirilmiştir (Calder ve Bernhardt, 1983). Daha sonra gerçekleştirilen moleküler filogenetik çalışmalar bu değerlendirmeyi desteklemiş ve sonuç olarak bu familyalar iki ayrı familya olarak sistematikteki yerini almıştır (Nickrent D.L. ve Duff, 1996; Nickrent D., 2002). Günümüzde ise *Viscum* cinsini de içerisinde bulunduran *Viscaceae* familyası *Santalaceae* familyası olarak adlandırılmaktadır (Bremer vd., 1998).

Ökseotu kavramı ilk olarak, *Santalaceae* familyası içerisinde bulunan ve bu çalışmanın da konusunu oluşturan, *Viscum album* türü için kullanılmıştır (Kahle-Zuber, 2008). Yapılan çalışmalarda 17. ve 18. yüzyılda bulunan yeni taksonlar, morfolojileri ve yaşam döngüleri bakımından *Viscum album* türüne benzerlikleri dolayısıyla ökseotu olarak adlandırılmıştır (Kuijt, 1969; Calder ve Bernhardt, 1983; Barlow, 1987).

1.2.2. *Viscum album*'un Morfolojik Özellikleri

Viscum album çok yıllık her dem yeşil yarı parazit bir çalıdır. Gelişiminin ilk yıllarında karşılıklı dalları ile yelpaze gibi bir görünüme sahip iken ilerleyen yıllarda çapı 150 cm'ye kadar ulaşan küremsi bir yapı gösterebilir. Yapraklar karşılıklı dizilmiş olup, tam kenarlı, sapsız, 3-5 damarlı, sarımsı-yeşil renkte ve ters yumurta-dikdörtgenimsi-sivri ile yuvarlak arası şeklindedir (Ball, 1993; Ergun vd., 1994). Yaprak uzunluğu 2-8 cm, yaprak genişliği ise 0,3-4,3 cm arasındadır (Zuber, 2004).

Çiçekler, genellikle kaynaşmış bir çift bırakte tarafından desteklenen bir dikazyumdur. Bitki iki evcikli, çiçekler sapsız, küçük ve sarımsı-yeşil renktedir. Erkek çiçekler, dişi çiçeklerden daha büyüktür. Erkek çiçeklerde, tepal sayısı 4 adet, yumurtamsı, akut, 4-5 mm

boyundadır. Stamen sayısı tepal kadar ve her biri ile kaynaşmış durumdadır. Dişi çiçeklerin tepalleri de 4 adet, üçgensel, akut, 0.5-0.75 mm boyundadır. Ovaryum iki karpelden meydana gelmiş, çiçek tablasının içine gömülmüş vaziyette ve ovaryumun tepesinde nektaryum bulunur. Dişi ve erkek çiçeklerin her ikisi de nektar üretmektedir. Ancak dişi çiçekler erkek çiçeklere kıyasla daha fazla nektar içermektedir (Zuber, 2004).

Üzümsü meyveler 6-10 mm çapında küresel veya armut şeklinde, etli, şeffaf görünümde ve tek tohumludur. Ekzokarp genellikle beyaz, bazen sarımsı-beyaz renkte ve periant izlerini taşımaktadır. Ekzokarpın içi viskin adı verilen akışkan ve yapışkan bir madde ile doludur.

Viscum album'un ülkemizde konukçu olduğu bitkiye göre değişen üç alttürü bulunmaktadır. Bunlardan;

1. *Viscum album* subsp. *album*; çoğunlukla yaprak döken ağaçlar üzerinde,
2. *Viscum album* subsp. *austriacum*; çoğunlukla *Pinus* (Çam) türleri, nadiren *Picea* (Ladin),
3. *Viscum album* subsp. *abietis*; çoğunlukla *Abies* (Gökmar) türleri üzerinde, bulunmaktadır.

Bu alttürleri morfolojik olarak ayırmada aşağıdaki teşhis anahtarı kullanılmaktadır (Davis, 1982)

1. Tohumlar çoğunlukla üç köşeli, meyve çoğunlukla küresel, yaprak boyu eninin dört katından daha kısa..... ***V. album* subsp. *album***
1. Tohumlar oblong, bombeli kenarlı, meyve çoğunlukla armut şeklinde, yaprak boyu, eninin dört katından biraz uzun veya kısa.
2. Meyve sarı, yaprak boyu, eninin dört katından daha uzun.. ***V. album* subsp. *austriacum***
2. Meyve beyaz, yaprak boyu, eninin dört katından daha kısa..... ***V. album* subsp. *abietis***

1.2.3. *Viscum album*'un Yaşam Döngüsü

Ökseotunun bir konukçudan diğer bir konukçuya yayılmasını sağlayan en önemli faktörlerin başında kuşlar gelmektedir (Reid, 1991; DelRio vd., 1996; Aukema, 2003). Ökseotu meyveleri birçok kuş türü için önemli bir besin kaynağıdır. Ökseotunun parlak renkli üzümsü meyveleri bulunmaktadır (Şekil 1a). Meyvenin mezokarp kısmında viscin adı verilen yapışkan bir madde bulunmaktadır (Kuijt, 1969; Reid, 1991). Kuşların ökseotunun meyveleri ile beslenmeleri sırasında, olgunlaşmış meyvesinin ekzokarpının parçalanması sonucu mezokarpta

bulunan bu madde yardımı ile tohum, kuşun gagası, bacakları veya tüylerine yapışmaktadır. Kuş diğer bir konukçuya hareket ettiğinde, konukçunun dal ve gövde gibi kısımlarına sürtünmesi ile tohum bu kısımlara yapışmaktadır (Şekil 1b). Yine benzer şekilde kuşun beslenmiş olduğu tohumun dışkı ile atılımı sırasında tohum etrafında kalan az miktarda viscin tohumun dal ve gövdeye yapışması için yeterli olmaktadır.



Şekil 1. *Viscum album* subsp. *abietis*'in habitusu (a); konukçu dalına tutunmuş tohumları (b)

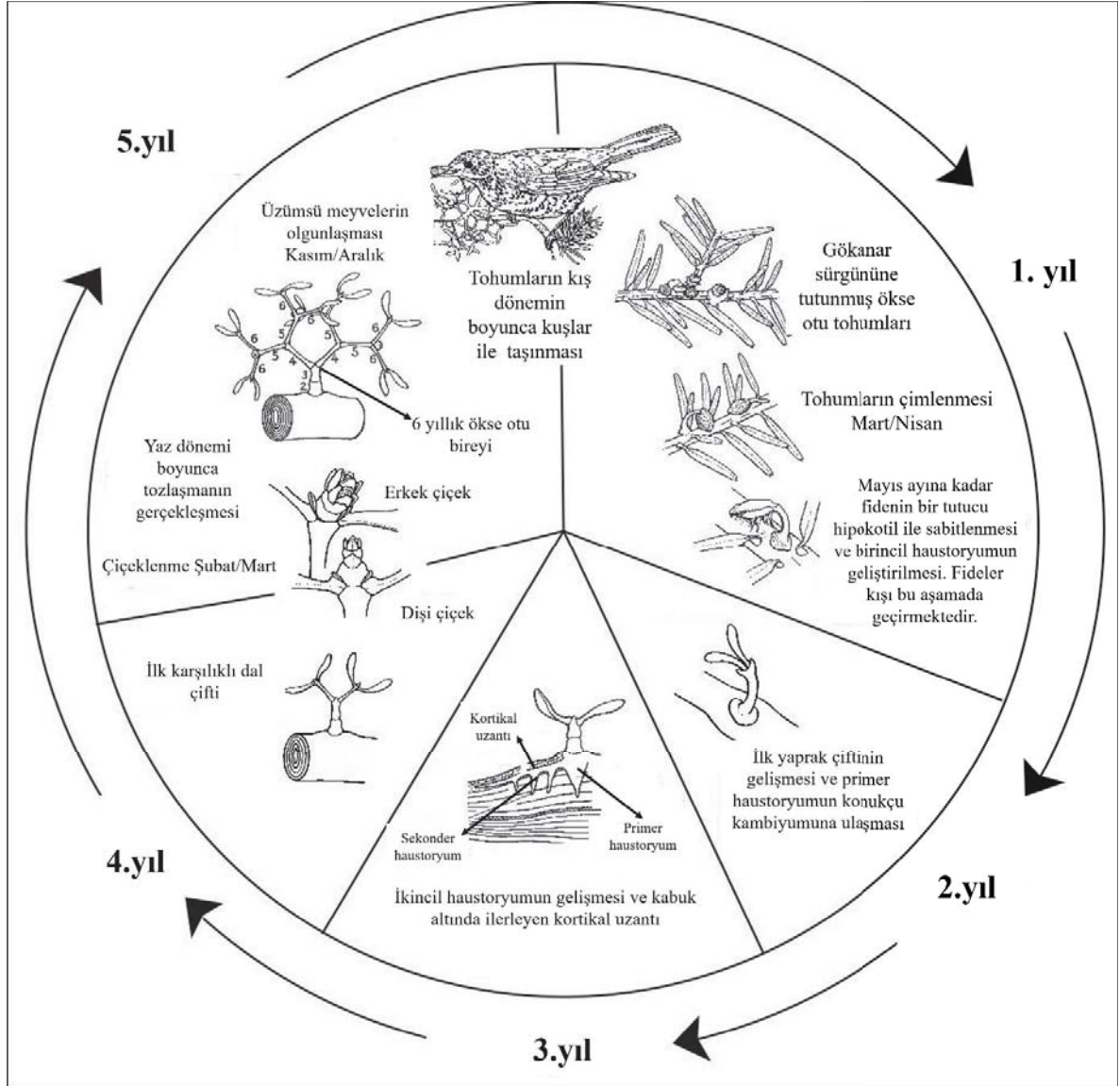
Konukçunun dal ve gövdesine tutunan tohumların çimlenmesinde, sıcaklık, nem ve ışık gibi abiyotik faktörler etkili olmaktadır (Aukema, 2003). Aynı zamanda, ökseotu tohumlarının çimlenmesi konukçunun boyu, kabuk kalınlığı vb. etkilenmektedir (Aukema ve Martínez del Rio, 2002). Tohumlar, konukçu dala sıkıca bağlanan bir tutucu oluşturan kadar, uzayan bir hipokotil oluşturur (Şekil 2a).



Şekil 2. *Viscum album* subsp. *abietis*'in tohumlarının çimlenme sırasında konukçu dalında oluşturmuş olduğu hipokotil (a); ilk karşılıklı yaprak çifti (b)

Ökseotu tohumlarının endosperm ve embriyoları klorofil içerdiğinden çimlenmeden sonra enerji kaynağı olarak basit şekerler üretebilir (Lemont, 1983). Uygun koşulları bulan tohumun başarılı bir şekilde çimlenmesinin ardından, konağın epidermisine veya kabuğuna mekanik olarak nüfuz eden ve sonunda floem ve ksilemiyle temas eden bir yayılma mandalı gelişir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda, konukçu dokuya nüfuz sırasında meydana gelen herhangi bir kimyasal bozulma tespit edilmemiştir. Bu nedenle ökseotunun konukçu dokusuna nüfuz etmesinin mekanik yolla olduğu düşünülmektedir (Mathiasen vd., 2008). Ökseotu konukçu dokuya nüfuz ettikten sonra birincil haustoryumlarını konukçunun kambiyumuna ulaştırır ve bu sırada ilk yaprak çiftini (Şekil 2b) de oluşturmaya başlar. Bu aşamaya kadar geçen süre yaklaşık iki yıl sürmektedir.

Üçüncü yıl ökseotu ikincil haustoryumlarını geliştirerek konukçu dokusuna iyice yerleşmektedir. Dördüncü yıl ilk karşılıklı dal çifti oluşmaktadır. Beşinci yıl Şubat-Mart aylarında dişi ve erkek çiçekler oluşmakta ve yaz aylarında tozlaşma gerçekleşmektedir. Ökseotlarında tozlaşma rüzgâr, kuşlar ve böcekler tarafından gerçekleştirilmektedir. *Loranthaceae* familyasındaki ökseotlarında tozlaşma genellikle kuşlar tarafından gerçekleştirilirken (Calder ve Bernhardt, 1983), *Viscaceae* familyasındaki ökseotlarında tozlaşmayı temelde böcekler gerçekleştirmektedir (Gill ve Hawksworth, 1961; Kuijt, 1969). *Viscum* sp. ve *Arceuthobium* sp. gibi bazı taksonlar da ise tozlaşma hem böcekler hem de rüzgâr yoluyla gerçekleşebilmektedir (Kahle-Zuber, 2008). Beşinci yılın sonuna gelindiğinde Kasım-Aralık aylarında tozlaşmanın gerçekleştiği dişi çiçekler meyveyi meydana getirmektedir. Kuşlar olgunlaşan meyveler ile beslenirken tohumları aynı konukçu üzerinde başka kısımlara ve başka konukçulara taşımakta, döngü yeniden başlamakta ve sürekli devam etmektedir (Şekil 3).



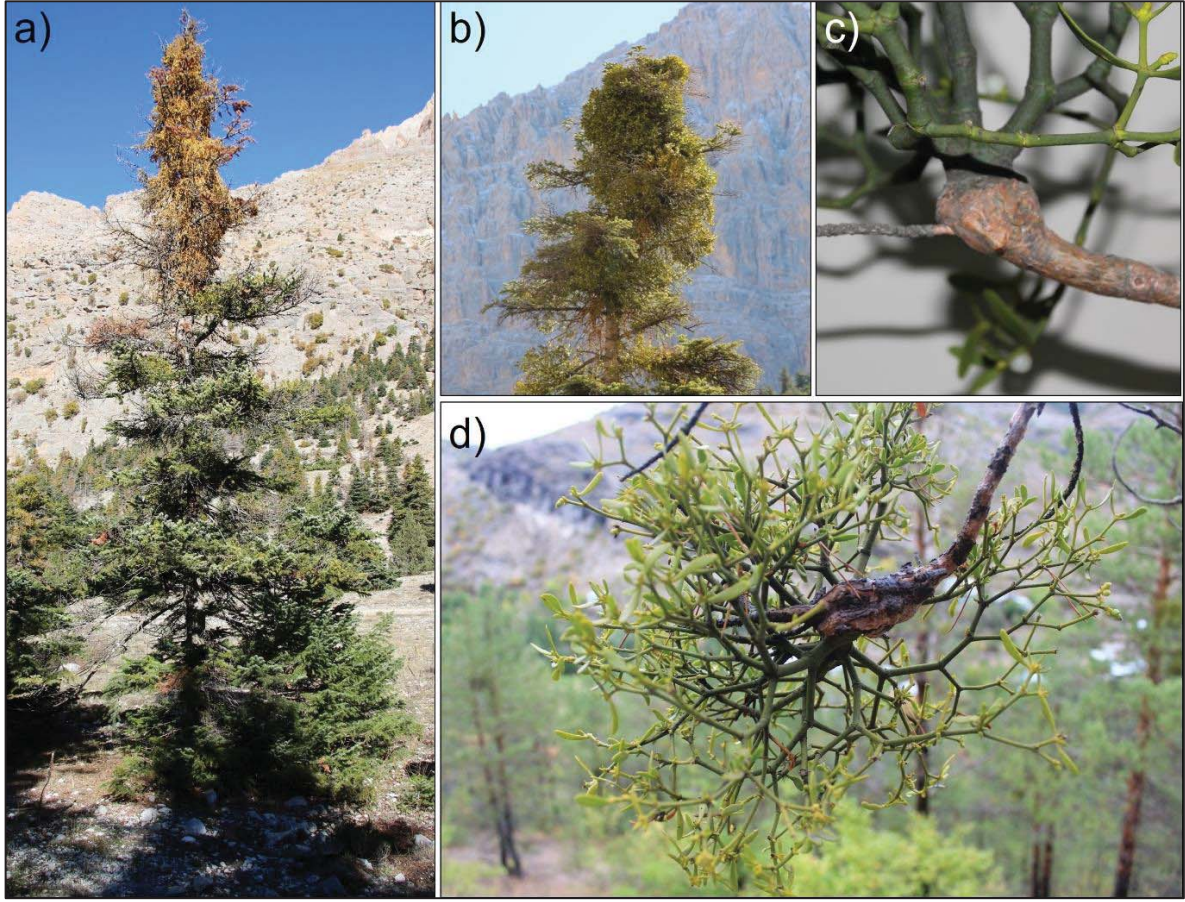
Şekil 3. *Viscum album* subsp. *abietis*'in yaşam döngüsü (Zuber, 2004)

1.2.4. Ökseotunun Konukçunun Morfolojisi Üzerindeki Etkileri

Ökseotu, konukçuya tutunduğu bulaş bölgesinde normal doku gelişiminin bozulmasından kaynaklanan konukçu dokuların lokalize hipertrofisine (şişmesine) neden olur (Kuijt, 1969; Mathiasen vd., 2008) (Şekil 4c). Konukçu dokusunun şişmesinin, bulaş bölgesinde artan kambiyal aktivite sonucu sekonder ksilem hücrelerinin oluşması veya konukçu ksilem ve floem dokusunun yer değiştirmesiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir (Kuijt, 1969). Konukçu

dokusunun bulaş nedeniyle aşırı şişmesinin, ökseotu-konukçu uyumsuzluğunun göstergesi olduğu varsayılmaktadır (Kuijt, 1964; Hawksworth ve Wiens, 1996).

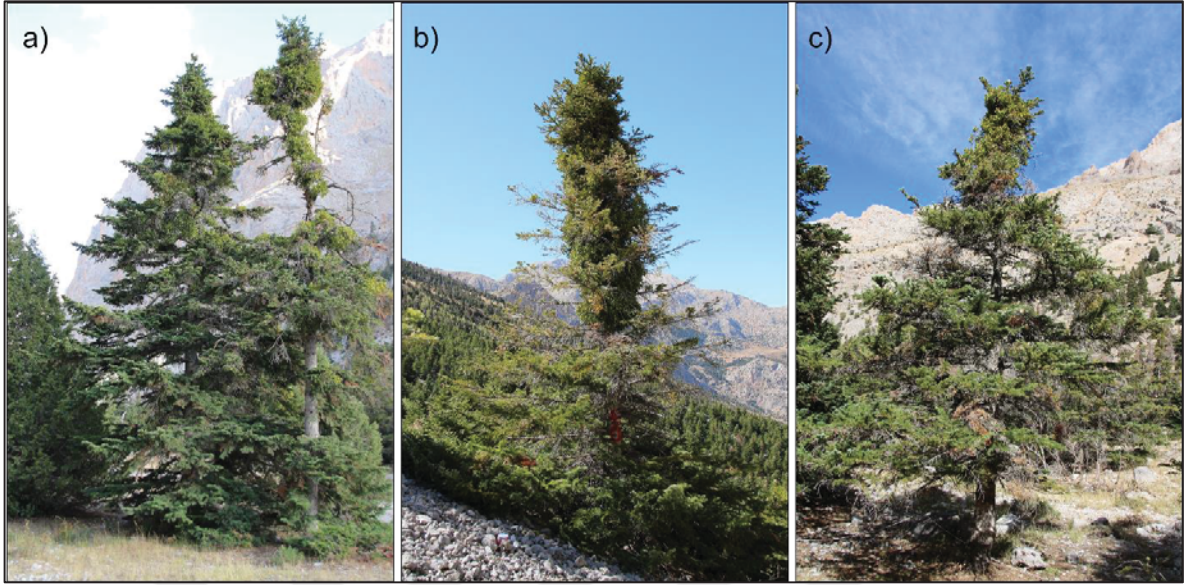
Ökseotu bulaşıklığının en yaygın belirtisi, ökseotu bulunan dalların zaman içerisinde gelişiminin gerilemesidir (Şekil 4a ve d). Ökseotunun konukçu dalına bağlandığı noktanın sonrasındaki kısım ökseotunun büyümesine ve iletim demetlerinin tıkanmasına paralel olarak zaman içerisinde ölmektedir. Ökseotu öncesindeki dal kısmı ise canlı kalmakta ve ökseotuna su ve besin sağlamaya devam etmektedir. Çoğu zaman ökseotu sonrasındaki dal kısmı düşmekte ve sonunda büyük bir ökseotu öbeği kalmaktadır (Kuijt, 1969; Howell ve Mathiasen, 2004) (Şekil 4d). Ağaçların üst tepe bölümünde, ana gövde üzerinde gelişen ökseotları ise, konukçunun kökleri tarafından emilen su ve minerallere ortak olarak, konukçunun en üstteki dallarının gelişimi için ihtiyaç duyulan kaynaklardan mahrum bırakır. Sonunda, ökseotunun büyümesi ve bulaşıklık derecesinin artması nedeniyle, ağacın tepesi artık yaşayamayacak bir noktaya gelir ve çok yüksek ökseotu bulaşıklığı belirtisi olarak ağaç tepesi ölür (Mathiasen vd., 2008) (Şekil 4a ve b). Ökseotu bulaşmış dallardaki ve tepelerdeki büyüme gerilemesi birçok ökseotu-konukçu kombinasyonu için ortaya konulmuştur (Rigling vd., 2010; Barbu, 2012; Bilgili vd., 2018). Dal büyümesindeki gerileme özellikle su açığının fazla olduğu alanlarda daha belirgin hale gelmektedir (Lei, 2001).



Şekil 4. *Viscum album* subsp. *abietis*'in konukçu tepe tacı yapısını bozması (a, b); ökseotu bulaş bölgesinde oluşan şişlik (c); bulaş bölgesi sonrası ölmüş dal kısmı (d)

Ökseotu bulunduğu dallar üzerindeki yaprakların morfolojik gelişimlerini de olumsuz etkilemektedir. Yapılan çalışmalar ökseotunun bulunduğu dallar üzerinde gelişen yaprakların boyutlarının azaldığını göstermektedir (Rigling vd., 2010; Barbu, 2012; Bilgili vd., 2018). Yaprak boyutlarındaki bu azalmanın ökseotunun konukçunun dalına bağlandığı nokta sonrasındaki kısımda daha belirgin olduğu ortaya konulmuştur (Öztürk vd., 2019).

Hem yaprak boyutlarının azalması hem de dal büyümesinin gerilemesinin bir sonucu olarak, ökseotu bulaşıklık derecesi arttıkça konukçunun tepe tacında önemli derecede bozulmalar meydana gelebilmektedir (Rigling vd., 2010; Barbu, 2012; Bilgili vd., 2018) (Şekil 5).



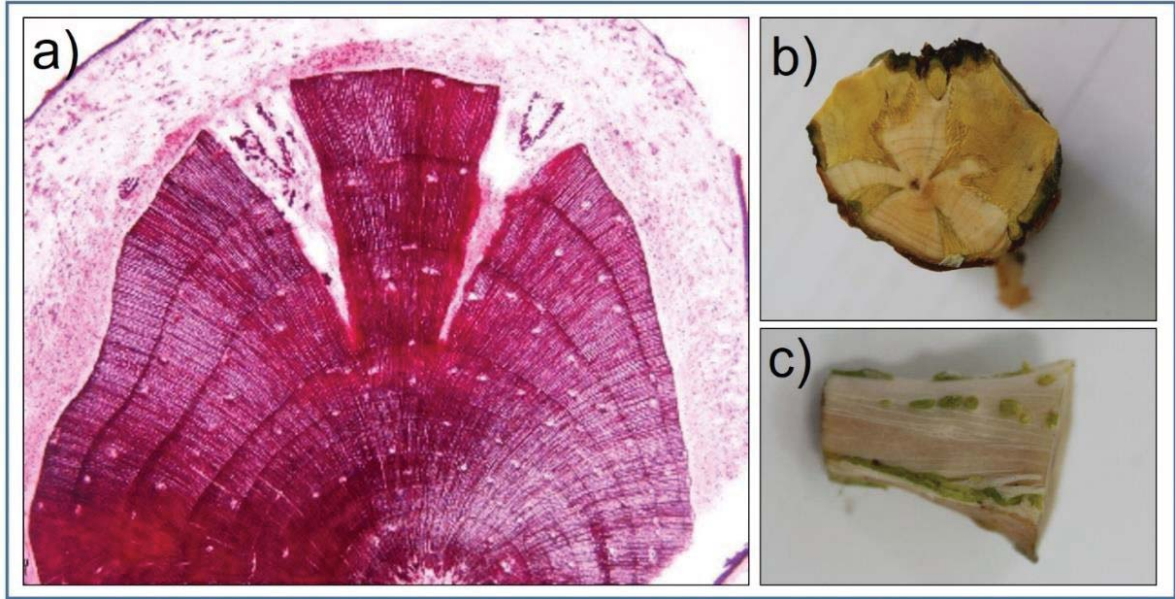
Şekil 5. *Viscum album* subsp. *abietis*'in konukçunun tepe tacında meydana getirmiş olduğu bozulmalar (a, b ve c)

1.2.5. Ökseotunun Konukçunun Anatomisi Üzerindeki Etkileri

Ökseotu konukçuya başarılı bir şekilde bağlandığı andan itibaren ökseotunun bulunduğu bitki kısmında lokal morfolojik ve anatomik değişiklikler meydana gelmektedir (Heide-Jørgensen, 2008) (Şekil 6). Ökseotu büyüdükçe konukçu bitkinin organları üzerindeki etkisi daha belirgin hale gelmektedir (Press ve Phoenix, 2005).

Ökseotunun konukçuya bağlanması, konukçu ile arada bir köprü görevi görerek su ve suda çözülmüş minerallerin konukçudan ökseotuna akışına izin veren ve haustoryum olarak bilinen bir organ tarafından gerçekleştirilir (Press vd., 1991; Press ve Phoenix, 2005). Haustoryumun önemi nedeniyle, parazitik bitki anatomisi üzerine yapılan çalışmalar genellikle ökseotu bulaşmış konukçu dokulardaki haustoryumun gelişimi sırasındaki lokal anatomik değişikliklere odaklanmıştır (Cohen, 1954; Calvin, 1967; Kuijt ve Lye, 2005). Yapılan lokal bölge çalışmalarından farklı olarak, iğne yapraklı yedi tür üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, konukçu odunundaki özışınları içinde gelişen haustoryumun, özışınlarının şekil ve boyutunda değişikliklere neden olduğunu ve ayrıca traheit şeklinde düzensizliklere neden olduğu ortaya konulmuştur (Srivastava ve Esau, 1961). Son yıllarda gerçekleştirilen nicel odun anatomisi

çalışmaların da konukçu ağaçların dallarının ökseotu sonrasında yer alan kısmında traheit radyal ve tanjansiyal lümen çapı, traheit lümen alanı, traheit çift çeper kalınlığı, traheit uzunluğu, öz ışını genişliği ve yüksekliğinin azaldığı ve birim alandaki traheit sayısının arttığı tespit edilmiştir (Öztürk vd., 2019).



Şekil 6. *Viscum album*'un sarıçam dal odunu dokularında meydana getirmiş olduğu anatomik (a); morfolojik (b, c) değişiklikler

Ayrıca ökseotu, bulunduğu dallar üzerinde büyüyen yaprakların anatomik gelişimlerini de olumsuz olarak etkilemektedir. Yapılan çalışmalar ökseotunun bulunduğu dallar üzerinde gelişen yapraklara ait doku elemanlarının boyutlarının azaldığını göstermektedir. Yaprak doku elemanlarının boyutlarındaki bu azalmanın ökseotunun konukçunun dalına bağlandığı noktadan sonrasında bulunan dal bölümünde büyüyen yapraklarda daha belirgin olduğu ortaya konulmuştur (Öztürk vd., 2019).

1.2.6. Ökseotunun Konukçunun Fizyolojisi Üzerindeki Etkileri

Ökseotları, su potansiyellerini konukçusundan daha düşük tutarak konukçusundan su ve suda çözülmüş mineralleri emer. Bu durum genellikle konukçunun su stresine girmesine neden

olur. Ökseotları genellikle konukçularından daha yüksek yaprak transpirasyon oranına ve stomatal iletkenliğe sahiptir (Ullmann vd., 1985; Glatzel ve Geils, 2009). Ökseotlarının yüksek transpirasyon oranları konukçu dallarında ksilem su potansiyelinin azalmasına neden olur (Stewart ve Press, 1990; Mathiasen vd., 2008). Konukçudaki su potansiyelinin azalması, yapraklardaki stomaların kapanmasına neden olur. Stomaların kapanması, karbondioksitin yaprak parankimasına difüzyonunu sınırlar ve bu nedenle konukçu yaprakların fotosentez hızını ve su kullanım etkinliğini azaltır (Glatzel ve Geils, 2009).

Ökseotlarının bünyesindeki yüksek mineral konsantrasyonları, onların oldukça etkili parazitler olduklarını göstermektedir (Ehleringer vd., 1985; Mutlu, Osma, vd., 2016). Ökseotunun yapısındaki besin elementlerini önemli derecede biriktirdiği (Glatzel, 1983; Karunaichamy vd., 1999; Mutlu, Osma, vd., 2016) ve bu sayede konukçudan daha fazla su çekerek konukçusunu kurak yaz mevsimlerinde ciddi derecede su stresine soktuğu bilinmektedir (Glatzel ve Geils, 2009; Mutlu, Osma, vd., 2016). Ökseotu dokusunda osmotik olarak çözünen maddelerin birikmesi, konukçusu ile karşılaştırıldığında dokularında daha düşük ksilem su potansiyeli olmasına neden olur, bunun bir sonucu olarak konukçudan su ve çözünen minerallerin emilimi daha da kolaylaşır. Ökseotu bulaş noktasının sonrasındaki dal kısmının ksilem hidrolik iletkenliğini azaltır ve ökseotu sonrasındaki dal kısmının ölmesine neden olur. Ancak ökseotu canlı kalır ve bulunduğu daldan su ve mineral emmeye devam eder (Tennakoon ve Pate, 1996; Mathiasen vd., 2008). Sonuç olarak, konukçu bitki su eksikliği nedeniyle strese girer ve su kaybını dengelemek için, gövdesi, dalları ve yapraklarından ziyade, daha fazla su elde edebilmek amacıyla kaynaklarını köklerini büyütmek için tahsis eder (Chaves vd., 2003).

1.2.7. Toros Göknarı'nın Dış Morfolojik Özellikleri

Toros göknarı, 30-40 metreye kadar boylanabilen birinci sınıf bir orman ağacıdır. Gövde kabuğu genç bireylerde gri renkli ve pürüzsüz, ilerleyen yaşlarda ise pulsu derin çatlaklıdır. Ağaç üzerindeki dallar gövdeye dik, nadiren dar açılıdır. Sürgünler tüylü veya tüysüz, tomurcuklar reçineli veya reçinesizdir. Yapraklar 1-3×0,1-0,2 cm boyutlarında, dar dikdörtgenimsidir. İğne yaprakların alt yüzeyinde belirgin iki adet stoma bandı bulunur. Yaprakların uç kısımları ağaçtaki konumuna göre küt, sivri veya kertiklidir. Doğal göknar türlerimizden en büyük kozalaklısıdır. Kozalaklar 15-25 cm uzunluğunda 4-6 cm genişliğinde

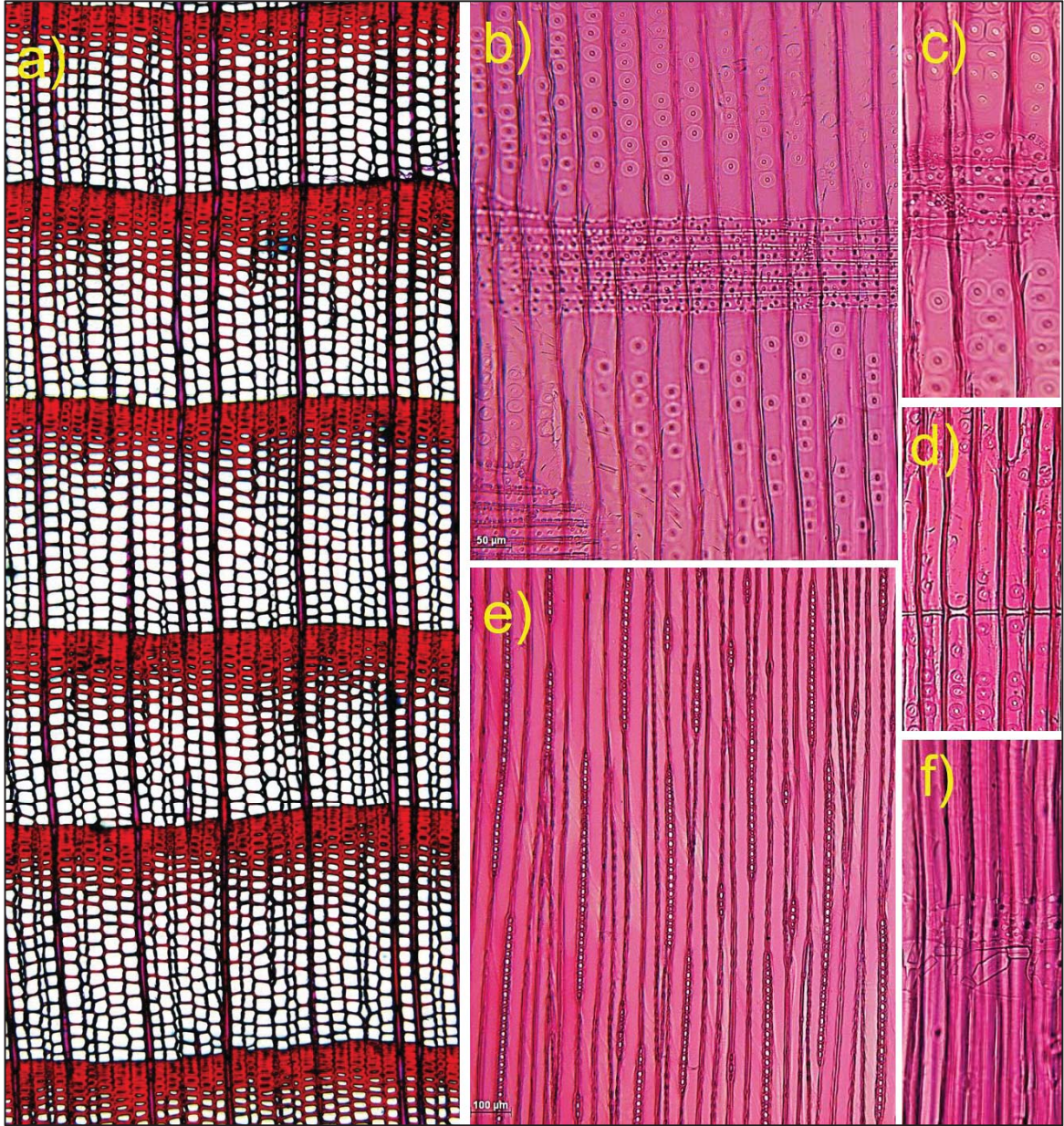
ve üzerleri bol reçinelidir. Kozalak başlangıçta yeşil, sonraları kırmızımsı-kahverengidir. Kozalak olgunlaştığı zaman dağılır. Kozalak pulları üçgen şeklinde olup dış pul iç puldan kısadır ve dışarıdan görünmez. Doğal yayılış alanı Güney Anadolu’da Toroslar ve Antitoroslar ve Amanos Dağlarıdır. Bu alanlarda, 925-2010 m arasında karstik ve yüksek dağ kesimleri, kireçtaşı alanlarda saf veya katranağacı (*Juniperus oxycedrus* L.), karaçam (*Pinus nigra* J.F.Arnold) ile karışık olarak bulunabilmektedir. Ülkemizdeki yayılışının dışında Lübnan ve Suriye’de yerel olarak yayılış göstermektedir (Anşin ve Özkan, 2006; Mataracı ve Kandemir, 2018).

Önceleri *A. cilicica*’ ya ait *A. cilicica* subsp. *cilicica* ve *A. cilicica* subsp. *isaurica* adında iki alttür var olduğu düşünülse de ülkemiz için oluşturulan son florada, herbaryum örneklerinde, morfolojik farklılıkların (reçinenin tomurcuklardaki ve pullar arasındaki miktarı, pulların çıkıklığı veya yatıklığı, genç sürgünlerin tüylülük durumu, yaprak boyutu, gövde kabuk rengi, dokusu ve kozalak boyutu) kararlı olmadığı gözlemlenmiş ve bu alttürler sinonim olarak değerlendirilmiştir (Mataracı ve Kandemir, 2018).

1.2.8.Toros Göknarı’nın İç Morfolojik Özellikleri

Göknar odununun öz odunu ve diri odunu arasında belirgin bir renk farkı yoktur. Odunu genellikle mat beyaz, sarımsı beyaz renktedir. Öz ışınları mat renkli odun içerisinde parlak renklidir. Odunun yoğunluğu türe, yetiştirme yeri koşullarına ve yıllık halka genişliğine göre değişmektedir.

Mikroskobik olarak bakıldığında ilkbahar ve yaz odunu geçişi oldukça hızlı olduğundan kesin bir şekilde birbirinden ayrılabilir (Şekil 7a). İlkbahar odunu traheitlerinin radyal çeperlerinde 1-2 sıra halinde dizilen kenarlı geçitler bulunur (Şekil 7c). Yaz odunu traheitlerin de bulunan kenarlı geçitler daha küçük boyutludur. Özışını homojendir (Şekil 7b). Özışını paranzim hücrelerinin kalın çeperlerinde bol miktarda basit geçitler bulunur (Şekil 7b ve c). Özışınlarında kristaller bulunabilir (Şekil 7f). Boyuna traheitler ile özışını paranzim hücrelerinin karşılaşma yerlerinde 1-2 veya 1-4 adet taxodioid tip veya cupressoid tip geçit bulunur (Şekil 7b ve c). Odunda normal reçine kanalı ve enine traheit yoktur. Ancak bazı durumlarda, travmatik reçine kanalı oluşabilir (Merev, 2003).



Şekil 7. *Abies cilicica* odunu, a-EK: yıllık halka sınırları belirgin, ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş anı, b-RK: homojen özışınları, boyuna traheitler, c-RK: üniseri ve biseri dizilmiş kenarlı geçitler, d-RK: boyuna traheitlerde trabekül oluşumu, e-TK: üniseri özışınları ve boyuna traheitler, f-RK: özışını paranşim hücrelerinde kristaller

1.3. Araştırma Alanının Tanıtımı

1.3.1. Araştırma Alanının Coğrafi Konum ve Özellikleri

Çalışmaların gerçekleştirildiği Aladağlar Milli Parkı, 06.09.1995 tarihli ve 22396 sayılı resmi gazetede yayımlanan 95/7144 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile Milli Park olarak ilan edilmiştir. Toplam 55.064 hektar alana sahip olan Aladağlar Milli Parkı, Orta Torosların kuzeye doğru kıvrılan Aladağlar silsilesi üzerinde yer almaktadır. Bu konumu ile ülkemizin İç Anadolu Bölgesi'nin Niğde (Çamardı ilçesi) ve Kayseri (Yahyalı ilçesi) illeri ile Akdeniz bölgesinin Adana (Aladağ ilçesi) ili sınırları içinde bulunmakta olup oldukça engebeli topoğrafik yapıya sahiptir (DKMP, 2016).

1.3.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri

Aladağlar Milli Parkı, coğrafi konumu ve değişen topografyasına bağlı olarak farklı iklim koşullarını bünyesinde barındırmaktadır. Bölge, bütün olarak değerlendirildiğinde, karasal iklim koşullarının etkin olduğu görülmektedir. Milli park alanının güney ve güneybatısındaki dağ sırasının doğu-batı kısmından Akdeniz üzerinden gelen tropikal hava kütlelerinin iç kısımlara geçişini engellemesi nedeniyle alanın orta ve batı kesimlerinde karasal iklim daha belirgindir. Buna karşın milli park alanının doğusundaki Zamantı ırmağı ile bu ırmağı besleyen çay ve derelerin kuzey-güney ve kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda oluşturduğu geniş ve derin vadiler, söz konusu tropikal hava kütlelerinin iç kısımlara geçişine izin verecek konumda olması, alanın bu kesiminde Akdeniz iklim koşullarının etkinliğini sağlamıştır. Nitekim bu kesimde gece ve gündüz sıcaklık farklılıklarının daha düşük, yağış miktarının daha yüksek olması yanında Akdeniz maki topluluğuna ait çok sayıda taksonun geniş yayılış alanı bulması Akdeniz iklim koşullarının etkinliğinin önemli bir göstergesidir (DKMP, 2016).

Milli park dâhilinde kapsamlı meteorolojik rasat yapan bir istasyon bulunmamaktadır. Çalışma alanına en yakın istasyon olan Çamardı istasyonu ise yeni kurulmuş ve sadece 3-5 yıllık veri kaydı bulunmaktadır. Bu nedenle, çalışma alanına ait iklim verileri Amerikan Uzay ve Havacılık Dairesi (NASA)'nin POWER projesinden elde edilmiştir (NASA, 2022).

Çalışma alanına ait iklim tipi Erinç yöntemine göre, son 20 yıllık (2001-2021) iklim verileri kullanılarak tespit edilmiştir. Erinç yöntemine göre yağış etkinliği indisi aşağıdaki formül (1) yardımıyla hesaplanmıştır:

$$Im: P/T_{om} \quad (1)$$

Burada; Im: Yağış etkinliği indisini, P: Yıllık toplam yağışı (mm), T_{om} ise; Yıllık ortalama yüksek sıcaklığı ($^{\circ}C$) ifade etmektedir. Yağış etkinliği indis değerleri sınıflandırması ise Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Erinç yöntemine göre yağış etkinliği indis değerleri (Çepel, 1995)

Yağış etkinliği sınıfı	Yağış etkinliği indisi (Im)
Yarı kurak	$8 < Im < 23$
Yarı nemli	$23 < Im < 37$
Yarı nemli-nemli	$37 < Im < 43$
Nemli	$43 < Im < 55$
Çok nemli	$Im > 55$

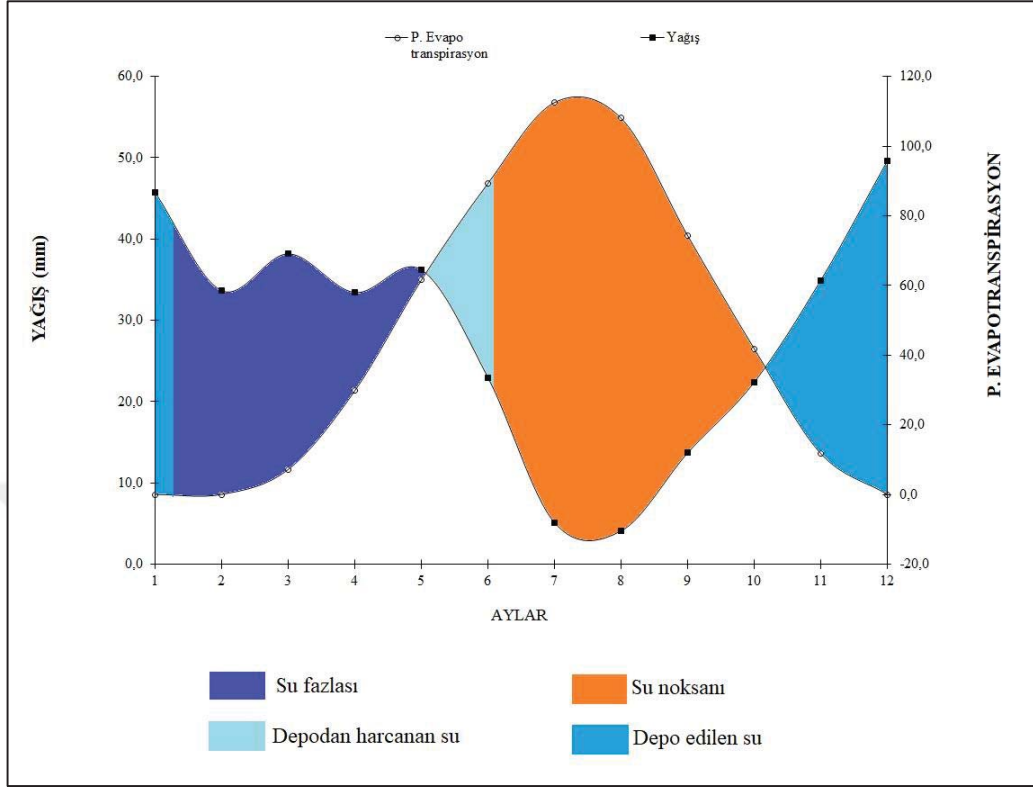
Erinç yöntemine göre uzun dönem iklim verileri değerlendirildiğinde, çalışma sahası için yağış etkinliği indisi 10,34 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla çalışma alanı Erinç yöntemine göre yarı kurak olarak sınıflandırılan alan olarak değerlendirilmiştir (Tablo 1).

Bir bölgenin iklim özelliklerinin tespitinde kullanılan diğer bir yöntem de Thornthwaite yöntemidir. Bu yöntem de bölgeye ait su bilançosu da hesaplanabilmektedir (Çepel, 1995). Bu nedenle araştırma alanına ait iklim tipi sınıflandırması Thornthwaite yöntemine göre de belirlenmiştir (Thornthwaite, 1948). Çalışma alanına ait son 20 yıllık (2001-2021) iklim verileri kullanılarak su bilançosu değerleri hesaplanmış Tablo 2 ve Şekil 8’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Araştırma alanının Thornthwaite yöntemi kullanılarak hesaplanan su bilançosu değerleri

Depo Kapasitesi (mm)	100	Thornthwaite metoduna göre Su Bilançosu											
Enlem	37,76												
İstasyon Adı:		AYLAR											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Bilanço Elemanları	-3,7	-2,0	1,7	6,2	11,1	15,6	19,2	19,7	15,5	9,7	3,3	-1,5	7,9
Sıcaklık	0,0	0,0	0,2	1,4	3,3	5,6	7,7	7,9	5,6	2,7	0,5	0,0	35,0
Sıcaklık İndisi	0,0	0,0	7,0	27,0	50,2	72,3	89,8	92,1	71,7	43,4	13,9	0,0	
Düzeltilmemiş PE	0,0	0,0	7,2	29,8	61,6	89,3	112,6	108,1	74,3	41,8	11,7	0,0	536,3
Düzeltilmiş PE	45,7	33,6	38,2	33,4	36,2	23,0	5,1	4,1	13,7	22,4	34,9	49,6	339,9
PRECIPITATION	27,2	0,0	0,0	0,0	25,3	66,4	8,3	0,0	0,0	0,0	23,2	49,6	
Depo Değişikliği	100,0	100,0	100,0	100,0	74,7	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	23,2	72,8	
Depolama	0,0	0,0	7,2	29,8	61,6	89,3	13,4	4,1	13,7	22,4	11,7	0,0	253,1
Ger. evapotranspirasyon	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,2	104,0	60,6	19,4	0,0	0,0	283,2
Su noksanı	18,5	33,6	31,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,8
Su fazlası	9,2	26,1	32,3	17,3	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,8
Yüzeysel akış	0,0	0,0	4,3	0,1	-0,4	-0,7	-1,0	-1,0	-0,8	-0,5	2,0	0,0	
Nemlilik oranı													
PE: Potansiyel evapotranspirasyon													

PE: Potansiyel evapotranspirasyon



Şekil 8. Çalışma alanının Thornthwaite yöntemine göre hesaplanan su bilançosu

Thornthwaite yöntemine göre çalışma alanında Temmuz-Eylül ayları arasında su noksanlığı bulunurken, Şubat-Mayıs ayları arasında ise su fazlalığı olduğu belirlenmiştir (Şekil 8, Tablo 2). Thornthwaite yöntemine göre iklim veya yağış etkinliği değerleri Tablo 3’de verilmiştir. Thornthwaite yöntemine göre uzun dönem iklim verileri incelendiğinde, çalışma alanı -15,50 yağış etkinliği değeri ile yarı nemli-kurak sınıfında yer almaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Thornthwaite yöntemine göre iklim veya yağış etkinliği değerleri (Çepel, 1995)

İm	İklim sınıfı
100’den büyük	Çok nemli
100-20	Nemli
20-0	Yarı nemli
(0)- (-20)	Yarı nemli-Kurak
(-20)-(-40)	Yarı kurak
(-40)’tan küçük	Tam kurak

1.3.3. Araştırma Alanının Toprak Özellikleri

Çalışma alanının genel toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla seçilen ağaçların bulunduğu yetiştirme ortamından üç adet toprak çukuru açılmış ve derinlik kademelerine göre toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 9a). Bir ve iki nolu toprak çukurlarından 0-20, 20-40, 40-60 cm derinlik kademelerinden ve üç nolu toprak çukurundan ise 0-20, 20-40, 40-60 ve 60-80 cm derinlik kademelerinden bozulmuş toprak örnekleri alınmış, naylon torbalara konarak etiketlenmiş ve analiz yapılmak üzere laboratuvara getirilmiştir (Şekil 9b).



Şekil 9. Çalışma alanında toprak çukurlarının açılması (a, b) ve derinlik kademelerine göre alınan toprak örnekleri (c, d)

Derinlik kademelerine göre alınan toprak örnekleri laboratuvarında hava kurusu hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Hava kurusu hale gelen toprak örnekleri, porselen havanda öğütülmüş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 10). Bu toprak

örneklerinde tekstür (Bouyoucos, 1962), pH, elektriksel iletkenlik (EC analizi) ve organik karbon yaş yakma yöntemine göre (Walkley, 1947) belirlenmiştir. Toprak örneklerine ilişkin bu analizler Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Toprak Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 10. Toprak örneklerine ait laboratuvarda gerçekleştirilen işlemler (a, b)

Toprak örnekleri tekstür bakımından incelendiğinde kumlu ve balçık türünde oldukları belirlenmiştir. Kil içeriği oldukça düşüktür (%1-12). Örnek alan toprakları hafif alkali reaksiyondadır ($pH=7,2-7,4$). Elektriksel iletkenlik değerleri bitkilerin gelişimi için sorun teşkil etmeyecek düzeydedir ($198-394 \mu S/cm$). Araştırma alanındaki topraklar organik madde bakımından zengindir (%6,37-16,11). Çalışma alanındaki toprakların faydalanılabilir su kapasitesi %4,0 ile %11,72 arasında değişmektedir. Araştırma alanındaki topraklar her ne kadar organik madde bakımından zengin olsa da yüksek kum içeriğinden dolayı faydalanılabilir su tutma kapasitesi düşük çıkmıştır. Sonuç olarak, çalışma alanı toprakları; kumlu tekstürde, drenajı iyi (süzek), hafif alkali, organik madde bakımından zengin, tuzluluk problemi olmayan, faydalanılabilir su kapasitesi düşük karakterdedir.

1.3.4. Araştırma Alanının Bitki Örtüsü Özellikleri

Çalışma alanının ağaç ve çalı katı değerlendirildiğinde, alanda; *Abies cilicica* (Antoine & Kotschy) Carrière, *Berberis crataegina* DC., *Colutea cilicica* Boiss. & Balansa, *Daphne oleoides* Schreb., *Juniperus excelsa* M.Bieb., *Juniperus oxycedrus* L., *Populus tremula* L., *Rosa*

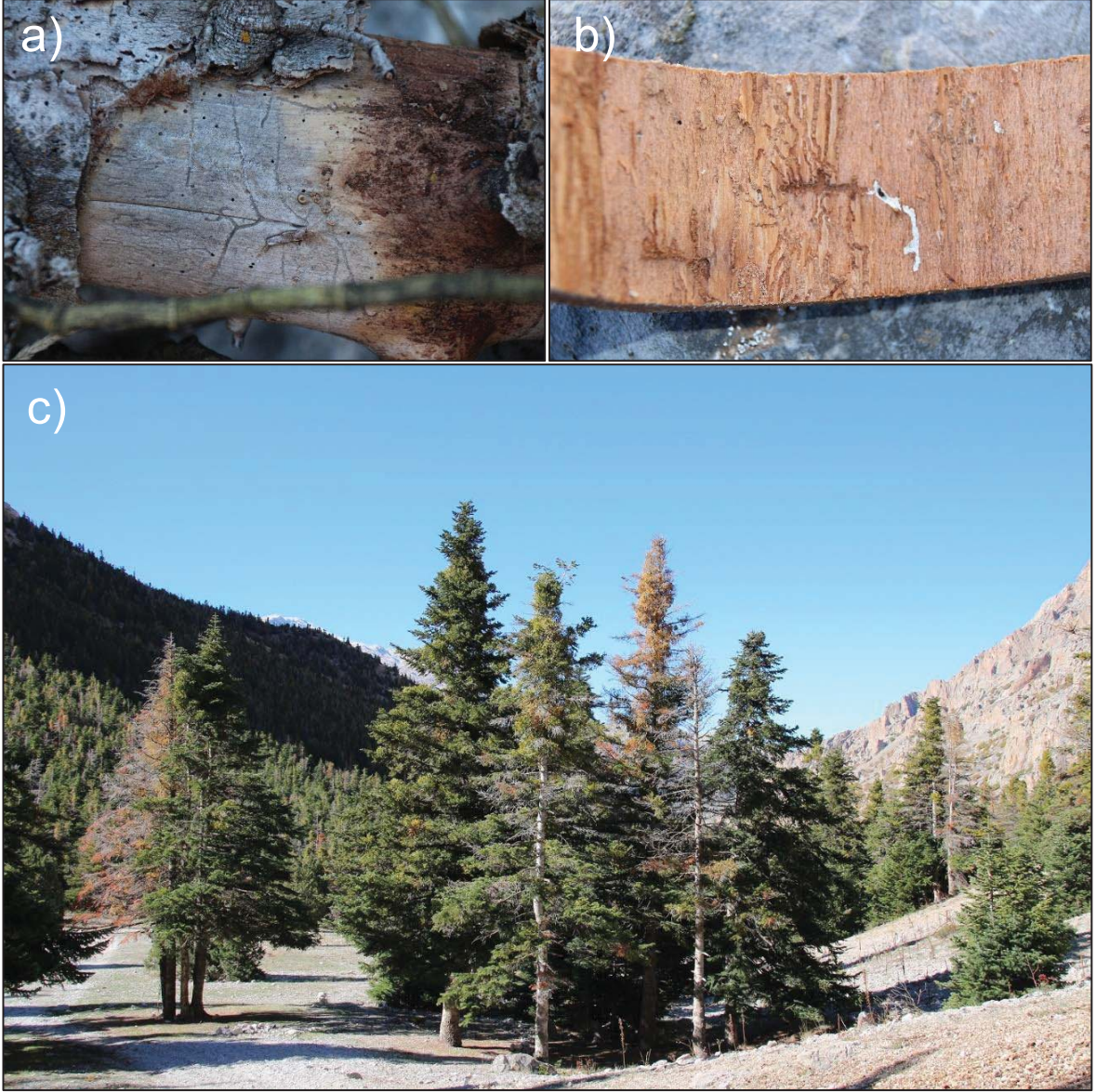
canina L. bulunmaktadır. Alt tabakada ise *Ebenus laguroides* Boiss., *Globularia trichosantha* Fisch. & C.A.Mey., *Marrubium globosum* Montbret & Aucher ex Benth., *Tanacetum armenum* (DC.) Sch.Bip., *Teucrium chamaedrys* L., *Astragalus tauricolus* Boiss., *Campanula glomerata* L., *Campanula psilostachya* Boiss. & Kotschy, *Euphorbia kotschyana* Fenzl, *Cruciata taurica* (Pall. ex Willd.) Ehrend., *Galium verticillatum* Danthoine ex Lam., *Allium scorodoprasum* L. *Muscari tenuiflorum* Tausch gibi taksonlar bulunmaktadır (Tüfekçi vd., 2002).

1.3.5. Araştırma Alanındaki Ökseotu Durumu

Araştırma alanındaki Toros Göknaı meşcerelerin de Göknaı Ökseotu yoğunluğunu belirleyebilmek amacıyla, 500 m² büyüklüğünde 3 adet örnek alanda 244 ağaç üzerinde ön değerlendirme çalışması yapılmıştır.

Bu örnek alanlarda ökseotunun konukçu ağaçlar üzerindeki yayılışının belirlenmesi amacıyla ağaçlarda çap, boy ve ökseotu bulunma durumları ile yetiştirme ortamına ilişkin bakı, yükselti, bitki örtüsü, kapalılık, eğim gibi alanı tanımlayıcı bazı parametreler ölçülmüş ve arazi karnesine not edilmiştir. Örneklenen alanlarda ölçümleri gerçekleştirilen toplam 244 ağacın ortalama göğüs yüksekliği çapı 10,5 cm, ortalama boyu 6,05 m olup, ortalama yaşı ise 78'dir. Deneme alanlarındaki ağaçların %32'sinde ökseotu bulunmazken, %68'inde ökseotu bulaşıklığı bulunmaktadır. Ökseotu bulaşıklığı olan ağaçların %28'i az derecede bulaşık, %23'ü orta derecede bulaşık ve %17'si ise çok derecede bulaşık durumdadır. Bu sonuca göre, alandaki ağaçların %40'ı orta ve çok bulaşık seviyesinde olup bu ağaçlar fizyolojik olarak zayıflamış durumdadırlar.

Örnek alanlarda ökseotu bulaşıklığı olan ağaçlar üzerinde ökseotu yoğunluğunun ağaçların üzerindeki dağılımlarına bakıldığında; ağaçların üst, orta ve alt tepe bölümlerinin sırasıyla %68'inin, %38'inin ve %9'unun çok bulaşık olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca alandaki ökseotu bulunan ağaçlarda kurumalar başlamıştır (Şekil 11c). Alanda kuruma olan ağaçlar incelendiğinde bu ağaçlarda yoğun ökseotu bulunduğu ve kabuk böceği aktivitesinin var olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 11a,b).

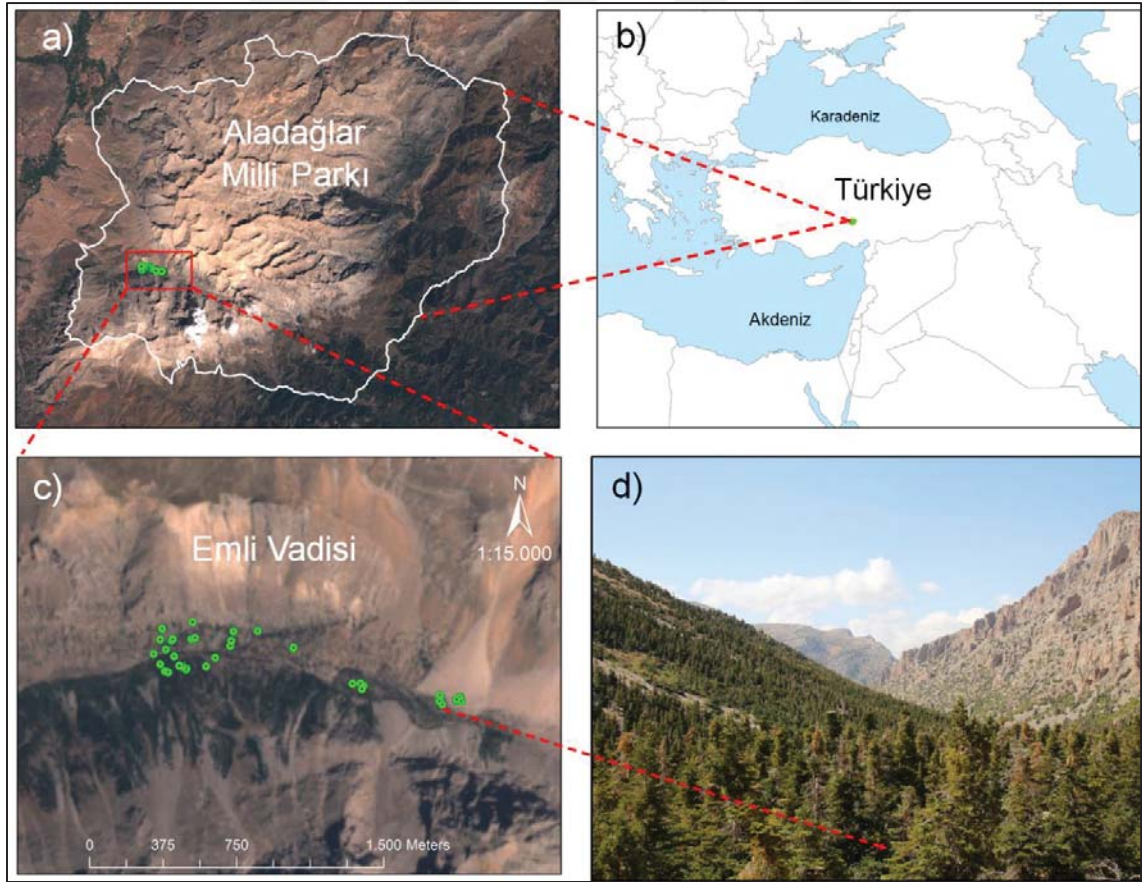


Şekil 11. Çalışma alanındaki kabuk böceği aktivitesi (a, b) ve kuruyan ağaçlar (c)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Araştırma Alanının Seçimi

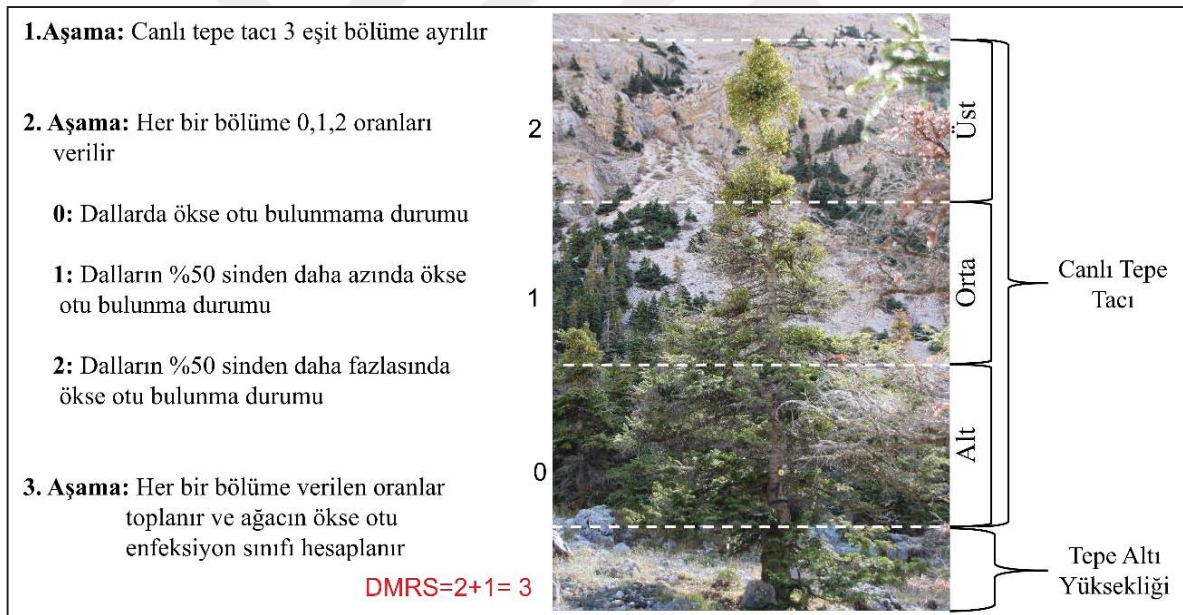
Araştırma, Niğde-Aladağlar Milli Parkı sınırları içerisinde bulunan, $37^{\circ} 45' 56''$ kuzey ve $35^{\circ} 07' 31''$ doğu boylamları arasındaki Emli Boğazı Vadisi'nde yayılış gösteren değişik yaşlı saf Toros Gökmarı meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 12). Ökseotunun vadideki yoğunluğunun fazla olması, alanın milli park sahası olması nedeniyle dış müdahaleye kapalı olması ve dolayısıyla doğal süreçlerin devam ettiği düşüncesi nedeniyle ökseotunun ağaçlar üzerindeki zamansal etkisinin daha iyi görülebileceği düşünülmüş ve bu alan araştırma alanı olarak seçilmiştir.



Şekil 12. Çalışma alanının coğrafi konumu (a, b, c); Emli vadisinden bir görünüm (d)

2.2. Örnek Ağaçların Seçimi

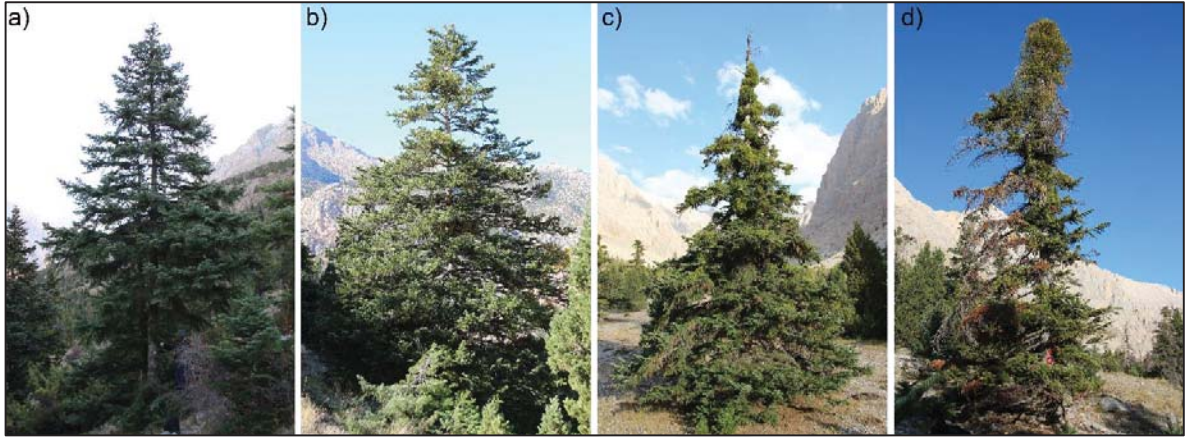
Ökseotunun ağaç üzerindeki miktar ve yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla 6 dereceli bodur ökseotu sınıflandırma sistemi kullanılmıştır (DMRS) (Hawksworth, 1977). Bodur ökseotu sınıflandırma sisteminde, bulaşma derecesi 6 sınıf dikkate alınarak belirlenmektedir. Bu yöntemde ağacın tepesi 3 eşit bölüme ayrılır ve her üç bölüm için ökseotunun dallarda bulunma durumu dikkate alınarak %50 ve aşağısı için "1" değeri, %50'den yukarısı için ise "2" değeri verilir. Toplam oranın belirlenmesinde ağaç tepe tacının her üç bölümü için verilen oranlar toplanır. Bulaşma derecesine göre sınıflar: bulaşmanın olmadığı ağaçlar için "0" değeri, hafif bulaşma için "1-2", orta derecede bulaşma için "3-4", yüksek derece bulaşma için "5" ve "6" arasında değişen değerler verilmek suretiyle belirlenir (Şekil 13).



Şekil 13. 6 dereceli bodur ökseotu sınıflandırma sistemi (DMRS) (Hawksworth, 1977).

Çalışma alanında belirlenen örnek alanlar içerisinde, 13'ü ökseotu bulaşmamış, 14'ü az bulaşık, 16'sı orta derecede bulaşık ve 18'i çok derecede bulaşık olmak üzere toplam 61 adet Toros Göknarı ağacı seçilmiş ve bu ağaçlardan araştırma için gerekli materyaller elde edilmiştir. Örneklenen ağaçların tümünden artım kalemi örneği alınırken, 48'inden yaprak örneği alınmıştır. Ağaçlar seçilirken Kraft'ın gövde sınıflandırma sistemine göre üst tabakaya katılan

galip gövdeler seçilmeye çalışılmıştır (Kraft, 1884). Seçilen ağaçların güney bakıda ve direk güneş ışığı görüyor olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca boyutsal farklılıklardan kaynaklanabilecek olası etkileri en aza indirmek amacıyla seçilen ağaçların benzer yaş, boy, çap, tepe çapına sahip olan ağaçlardan seçilmesine özen gösterilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Örneklenen ağaçlardan bazılarına ait fotoğraflar; ökseotu bulaşmamış (a); az bulaşık (b); orta bulaşık (c); çok bulaşık (d)

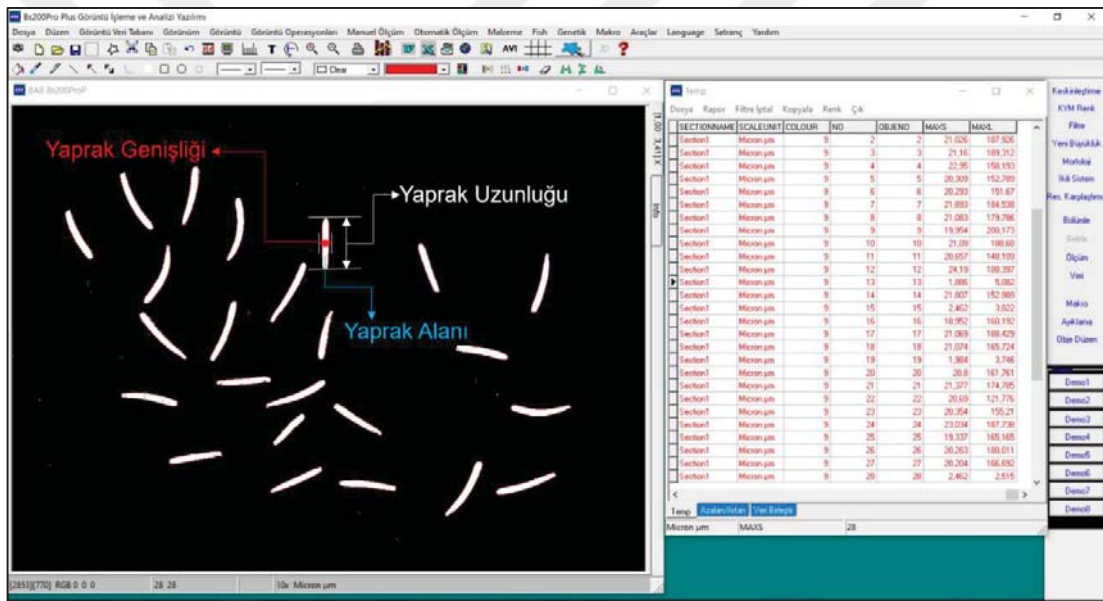
2.3. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmarı Yaprak Özellikleri Üzerindeki Etkilerini Belirleme Çalışmaları

Ökseotunun Toros Gökmarı yapraklarının morfolojik, anatomik ve fotosentetik pigment içerikleri üzerindeki etkilerini belirleyebilmek amacıyla, ağaçların tepe taçlarının orta kısımlarından vejetasyon periyodunun sonunda yaprak örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yapılırken, ağaçların güneye bakan ve ışığı tam gören dallarından örnekler alınmasına özen gösterilmiştir. Tüm yapraklar ağaçların, bulaş olmayan dallarından alınmıştır (Şekil 16).

2.3.1. Yaprak Morfolojisi Ölçümleri

Ökseotunun Toros Gökmarı yapraklarının morfolojisi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla her bir ağaç için örneklenen bulaş olmayan dallar üzerinde yetişen 1 yaşında 30 adet yaprak rastgele yöntem ile seçilmiş ve toplam 1440 adet yaprak örneği üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Örnekler 48 saat boyunca 80 °C'de etüvde kurutulmuş ve hassas terazi ile

0,001 gr hassasiyette tartılarak ağırlıkları not edilmiştir. Daha sonra yaprak örnekleri bir tarayıcı (Hewlett Packard Scanjet G2410) yardımı ile siyah beyaz olarak 600 dpi çözünürlükte taranmış ve görüntüler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Siyah-beyaz tarama görüntüdeki kontrastı artırmak ve görüntü analizini kolaylaştırmak için tercih edilmiştir. Daha sonra elde edilen dijital görüntüler Bs200Pro Plus görüntü analiz yazılımı (BAB Imaging Systems Ltd, Ankara, Türkiye) kullanılarak, yaprakların tek tarafından yaprak uzunluğu, yaprak genişliği ve yaprak alanı ölçülmüştür (Şekil 15). Spesifik yaprak yüzey alanı (SLA), Bs200Pro yazılımı kullanılarak ölçülen yaprak alanının, yaprak kuru kütlesine oranlanması ile hesaplanmıştır.

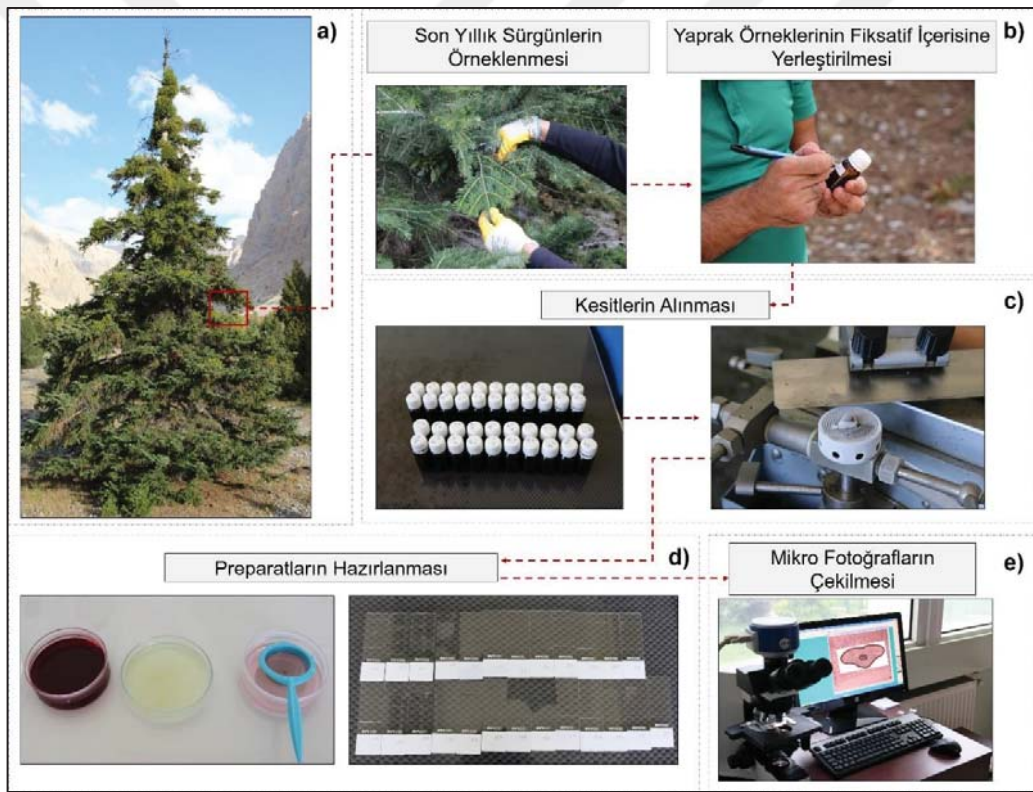


Şekil 15. Yapraklara ait morfolojik ölçümlerin Bs200ProP görüntü analiz yazılımı ile gerçekleştirilmesi

2.3.2. Stoma Ölçümleri

Ökseotunun Toros Göknarı yapraklarının stoma boyutları ve yoğunluğu üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla, her bir ağacın bulaş olmayan dallarından bir yaşında beş adet yaprak rastgele yöntem ile örneklenmiş (Şekil 16a, b), toplam 240 yaprak üzerinde ölçüm ve sayımlar gerçekleştirilmiştir. Yaprakların orta kısımlarından yaklaşık 5 mm uzunluğunda parçalar kesilmiştir. Yapraklardaki mezofil dokusunu uzaklaştırmak ve bu sayede stomaların

görünürlüğünü arttırmak amacıyla, örnekler 24 saat boyunca %20'lik sodyum hipoklorit (NaClO) içinde bekletilmiş ve daha sonra saf su ile yıkanmıştır. Yarı saydam hale gelen epidermal yüzey saf su ortamında lam ve lamel arasına monte edilmiştir (Şekil 16c). Hazırlanan preparatlar, Olympus BX50 dijital fotomikroskobu ile incelenerek abaksiyal yüzeylerinin fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 16d). Çekilen fotoğraflardan, Bs200ProP görüntü analiz yazılımı kullanılarak stoma ve stoma sıralarının sayısı sayılmış ve stomaların uzunluğu ve stoma bandının genişliği ölçülmüştür (Şekil 16e). Stoma yoğunluğu, ölçülen birim alana karşılık gelen stoma sayısının oranı olarak hesaplanmıştır.

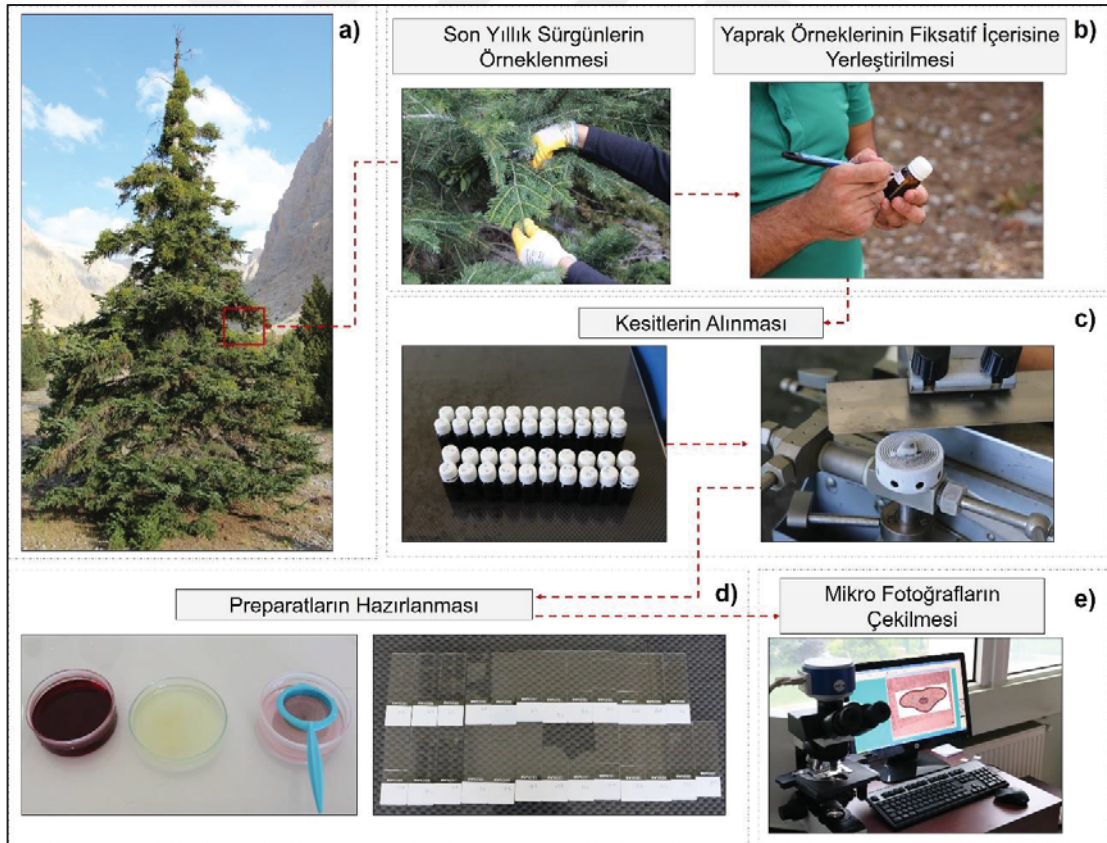


Şekil 16. Örnek ağaçlardan yaprak örneklerinin alınması ve stoma ölçümlerinin yapılabilmesi için gerçekleştirilen iş akışı

2.3.3. Yaprak Anatomisi Ölçümleri

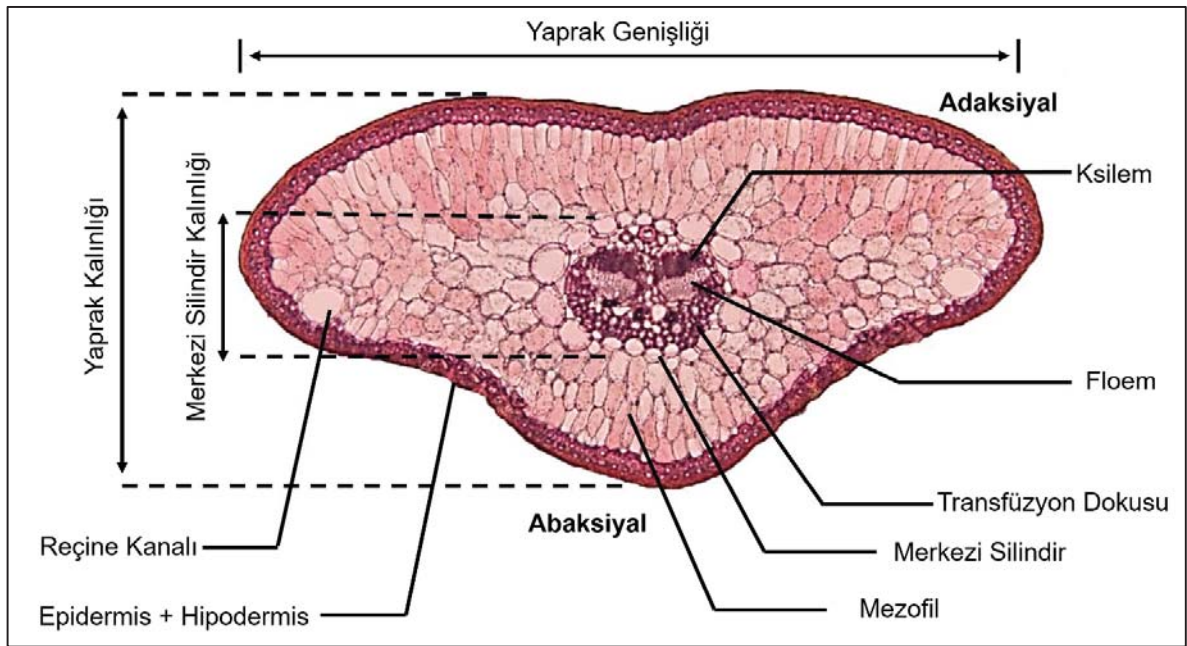
Ökseotunun Toros Göknarı yapraklarının anatomik özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla her bir ağaç için örneklenen bulaş olmayan dallar üzerinden 1 yaşında

gelişimini tam olarak tamamlamış beş adet yaprak rastgele olarak örneklenmiş (Şekil 17a), toplam 240 yaprak üzerinde ölçüm ve sayımlar gerçekleştirilmiştir. Örnekler arazide FAA (%5 Formalin, %5 Asetik asit, %90 Alkol) çözeltisi içerisinde yerleştirilmiş ve inceleme yapılana kadar bu fiksatif içerisinde bekletilmiştir (Şekil 17b). Laboratuvara getirilen yaprak örnekleri fiksatiften çıkarılarak etanol (C_2H_5OH) serilerinden (%50, %75, %100) geçirilmiş ve saf su ile durulanmıştır. Yaprakların orta noktalarından 5 mm uzunluğunda parçalar kesilmiştir. Çıkarılan parçalar karbondioksit tüpü entegre edilmiş bir kızaklı mikrotom yardımı ile buza gömülmüş ve 10 μm kalınlığında kesitler alınmıştır (Serdar ve Mazlum, 2014) (Şekil 17c). Daha sonra kesitler %1'lik safranin ile boyanmış ve lam ve lamel arasına yerleştirilmiştir (Şekil 17d). Hazırlanan preparat Olympus BX50 dijital fotomikroskop ile incelenerek dijital fotoğraflar elde edilmiştir (Şekil 17e).



Şekil 17. Örnek ağaçlardan yaprak örneklerin alınması ve anatomik ölçümlerin yapılabilmesi için gerçekleştirilen iş akışı

Elde edilen görüntülerde Bs200ProP görüntü analiz yazılımı (BAB Imaging Systems Ltd, Ankara, Türkiye) kullanılarak; yaprak enine kesit genişliği, yaprak enine kesit kalınlığı, yaprak enine kesit alanı, epidermis kalınlığı, epidermis+hipodermis alanı, mezofil alanı, merkezi silindir kalınlığı, merkezi silindir alanı, transfüzyon alanı, ksilem ve floem alanı ve reçine kanalı alanı ölçülmüştür (Şekil 18).



Şekil 18. Göknaar yapraklarının enine kesitleri üzerinde ölçümü gerçekleştirilen anatomik özellikler

2.3.4. Fotosentetik Pigment Tayini

Ökseotunun Toros Göknaarı yapraklarının fotosentetik pigment içerikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla her bir ağaç için örneklenen bulaş olmamış dallar üzerinden 1 yaşında gelişimini tam olarak tamamlamış beş adet yaprak rastgele olarak örneklenmiştir (Şekil 19a), toplam 240 yaprak üzerinde ölçüm ve sayımlar gerçekleştirilmiştir. Yaprak örnekleri plastik poşetler içerisine konularak, içerisinde buz bulunan termos bir çantaya yerleştirilmiş ve laboratuvara getirilene kadar bu şekilde muhafaza edilmiştir (Şekil 19b). Daha sonra laboratuvarında bisturi ile 1 g ağırlığında yaş örneklere bölünmüştür. Hazırlanan küçük

parçalardan 0.1 g ağırlığına sahip üç alt numune alınmıştır ve 10 ml %80 aseton çözeltisi ile öğütülerek homojenleştirilmiştir (Şekil 19c). Homojen hale getirilen örnekler 10 ml'lik plastik tüplere aktarılmış ve vorteks kullanılarak yaklaşık 5-10 saniye karıştırılmıştır. Daha sonra 300 rpm de santrifüj edilmiş (Şekil 19c) ve ardından örnekler 3 ml'lik kuvars küvetlere aktarılmış ve bir spektrofotometre kullanılarak 450, 645 ve 663 nm dalga boylarında analiz edilmiştir (Şekil 19e).



Şekil 19. Örnek ağaçlardan yaprak örneklerinin alınması ve fotosentetik pigment tayini yapılabilmesi için gerçekleştirilen iş akışı

Fotosentetik pigmentler (klorofil a, klorofil b, klorofil a+b ve karotenoid) Arnon, (1949)'a göre, elde edilen pigment ekstraktının absorpsiyon değerleri (A) aşağıdaki formüllerde (2, 3, 4 ve 5) yerine yazılarak mg/1000 ml cinsinden hesaplanmıştır.

$$\text{Klorofil a} = 12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645} \quad (2)$$

$$\text{Klorofil b} = 22,9 \times A645 - 4,68 \times A663 \quad (3)$$

$$\text{Toplam klorofil} = 20,2 \times A645 + 8,02 \times A663 \quad (4)$$

$$\text{Toplam karotenoid} = 4,07 \times A450 - (0,0435 \times \text{Kla miktarı} + 0,3367 \times \text{Klb miktarı}) \quad (5)$$

2.4. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmarı Odun Anatomisi ve Artımı Üzerindeki Etkilerini Belirleme Çalışmaları

Ökseotunun Toros Gökmarı ağaçlarının artımları ve odun anatomisi özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmak için örneklenen her bir ağaçtan vejetasyon periyodunun sonunda karşılıklı iki adet artım kalemi alınmıştır. Örnekleme sırasında, reaksiyon odunu oluşmuş, yara izleri olan veya yakın zamanda yaralanma belirtileri gösteren gövde alanlarından kaçınılmıştır (Carrer vd., 2017).

2.4.1. Artım Kalemlerinin Alınması

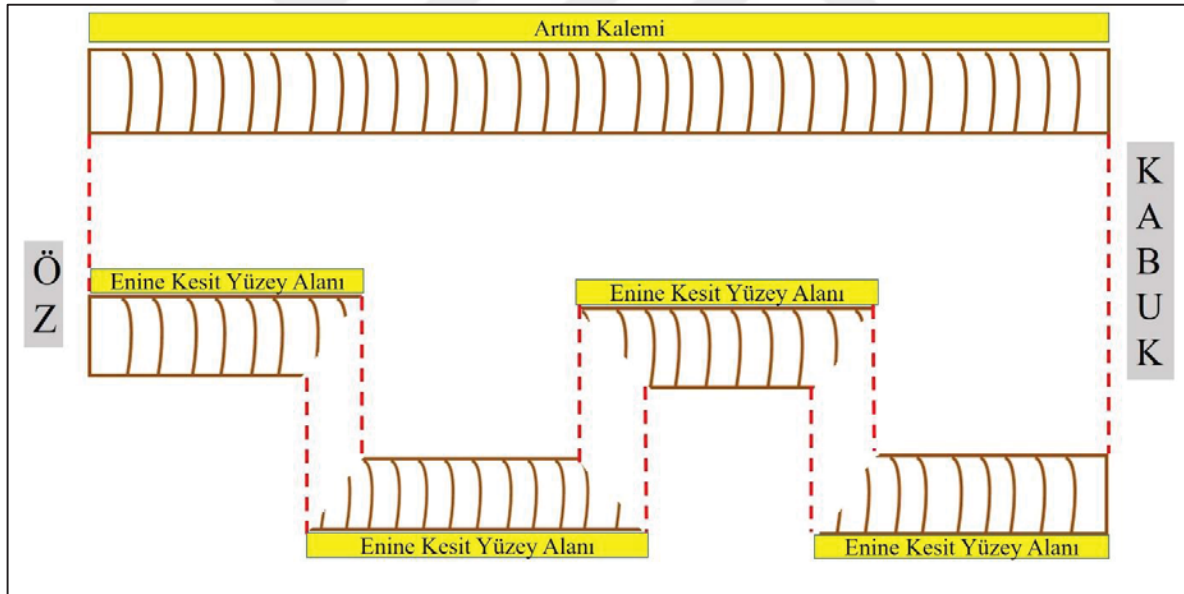
Artım kalemleri ağaçların göğüs yüksekliğinden, 5,15 mm çapına sahip Haglöl artım burgusu yardımıyla alınmıştır. Ağaç gövdesinden çıkarılan artım kalemleri arazide oluklu kartonların oluk kısımlarına yerleştirilerek maskeleme bandı yardımı ile sabitlenmiş ve üzerlerine örnek numaraları not edilmiştir (Şekil 20). Böylece laboratuvara getirilinceye kadar geçen süre içerisinde artım kalemlerinde meydana gelebilecek kıvrılma ve dönmeler engellenmiştir.



Şekil 20. Örnek ağaçlardan artım kalemlerinin alınması (a); oluklu kartona yerleştirilmesi (b)

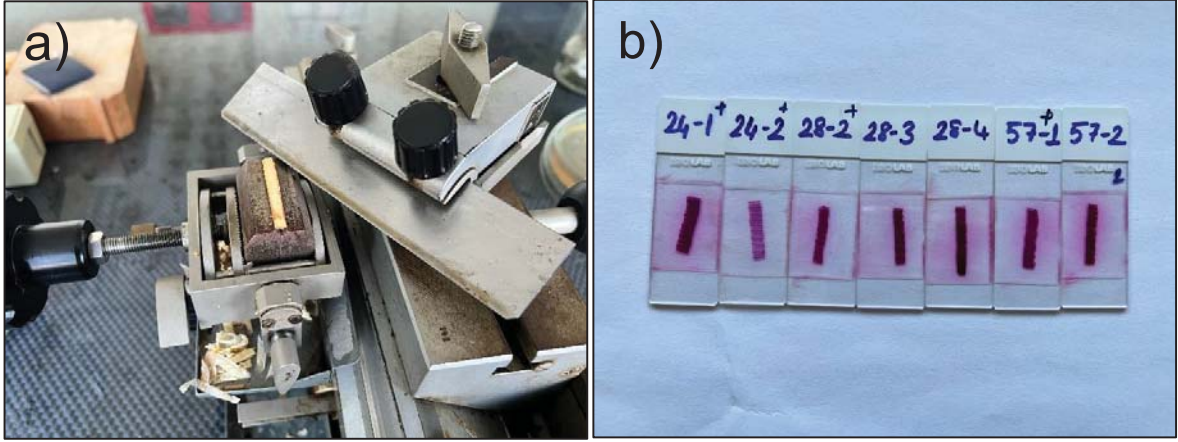
2.4.2. Odun Anatomisi Çalışmaları İçin Kesitlerin Alınması

Çalışma alanında örneklenen ağaçlar üzerindeki ökse otlarının yaşları, sürgün sayıları dikkate alınarak bir değerlendirmeye tabi tutulmuş ve en yaşlı ökse otlarının 20-25 yaş aralığında oldukları tespit edilmiştir. Bu nedenle ökseotunun ağaçların anatomik özellikleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde son yirmi yıllık dönemde (2001-2020 yılları) oluşmuş yıllık halkalar üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Artım kalemlerinin son yirmi yıllık halkayı içeren kısımları 4 cm uzunluğunda parçalara bölünlenmiştir. Bölünlenen parçalar daha sonra görüntü analizi aşamasında birleştirileceği için birbirini takip eden parçaların sırasının ve yönünün karıştırılmaması amacıyla çapraz bölümlene yapılmış ve işaretlenmiştir (Şekil 21). Elde edilen parçalar saf su içerisinde dokularının yumuşaması ve içerisindeki hava kabarcıklarının çıkarılması amacıyla dibe çökünceye kadar kaynatılmıştır.



Şekil 21. Artım kalemlerinin bölünlenmesinin şematik gösterimi

Artım kalemlerinden kesit alabilmek için (Gartner, Lucchinetti, vd., 2015)' de tarif edilen ölçü ve çizimlere göre kızaklı mikrotoma entegre olacak şekilde 4 cm uzunluğunda bir parça imal ettirilmiş ve kesit alırken artım kalemleri bu parça içerisinde sabitlenmiştir (Şekil 22a).



Şekil 22. Artım kalemlerinden kesitlerin alınması (a) ve hazırlanan preparatlar (b)

Kesit alma işlemi sırasında dokuların parçalanmaması amacıyla 10:8:7 oranında mısır nişastası, saf su, saf gliserin'den oluşan mısır nişastası solüsyonu kullanılmıştır (Gartner, Cherubini, vd., 2015). Hazırlanan solüsyon kesit alınacak odun enine kesit yüzey alanına sürülerek hücrelerin lümenlerinin bu solüsyon ile dolması sağlanmış ve bu yüzeyden 10-15µm kalınlığında ince kesitler alınmıştır.

2.4.3. Odun Anatomisi Çalışmaları İçin Preparatların Hazırlanması

Elde edilen kesitler dokulardaki gliserin ve nişastadan arındırılmak için bir pipet yardımı ile saf su ile yıkanmıştır. Kesitler boyamaya hazır hale getirilmek amacıyla %20'lik sodyum hipoklorit içerisinde 5 dk süre ile bekletilerek soldurma işlemine tabi tutulmuş ve saf su ile durulanmıştır. Daha sonra kesitler üzerine %1'lik safranin ve %0,5'lik alcian blue çözeltisi damlatılmış ve 5 dk süre ile çift boyama yapılmıştır. Çift boyama ile selüloz içeren dokular ile içermeyen dokular farklı renklere boyanmış ve bu sayede görüntü analizi için daha iyi kontrast oluşması sağlanmıştır. Boyanan kesitler dokulardaki suyu ve boya kalıntılarını uzaklaştırmak amacıyla %75, %96 ve %100'lük alkol serisinden geçirilmiştir. Boyama işlemi tamamlandıktan sonra kesitler gliserin-jelatin kullanılarak lam lamel arasına sabitlenmiş ve daimi preparatlar oluşturulmuştur (Ives, 2001) (Şekil 22b).

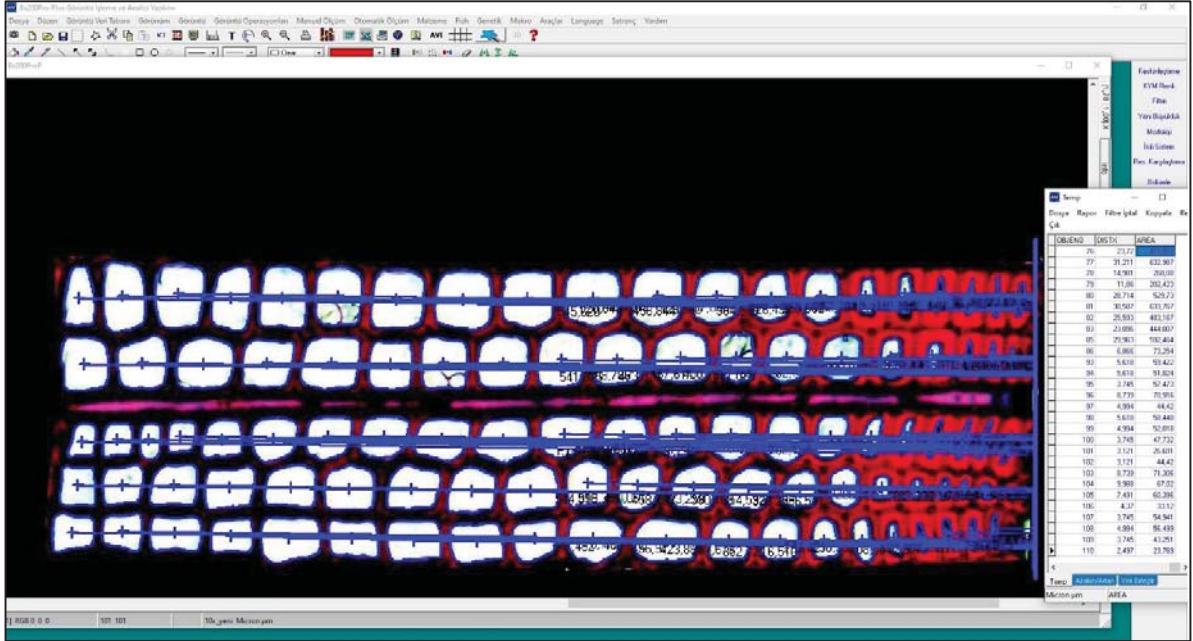
2.4.4. Odun Kesitlerine Ait Mikro Fotoğrafların Elde Edilmesi

Hazırlanan preparatlar Olympus BX50 mikroskobuna entegre edilmiş Zeiss Axiocam 105 kamera kullanılarak görüntülenmiştir. Görüntü alımı için Carl Zeiss Zen Blue yazılımının panoramik modu kullanılmıştır. Preparat üzerinde kabuktan öze doğru radyal yönde hareket edilerek bindirmeli fotoğraflar çekilmiş bu sayede incelenmek istenilen yıllık halkalara ait görüntüler bir bütün halinde elde edilmiştir. Fotoğraf çekimi sırasında düz bir hat boyunca görüntüleme yapılmış ve sağa sola yönde hareketlerden kaçınılmıştır. Bu sayede her bir preparattaki yıllık halkalar için birbirini takip eden bölgeler görüntülenmiştir.

2.4.5. Odun Elemanlarının Ölçümleri

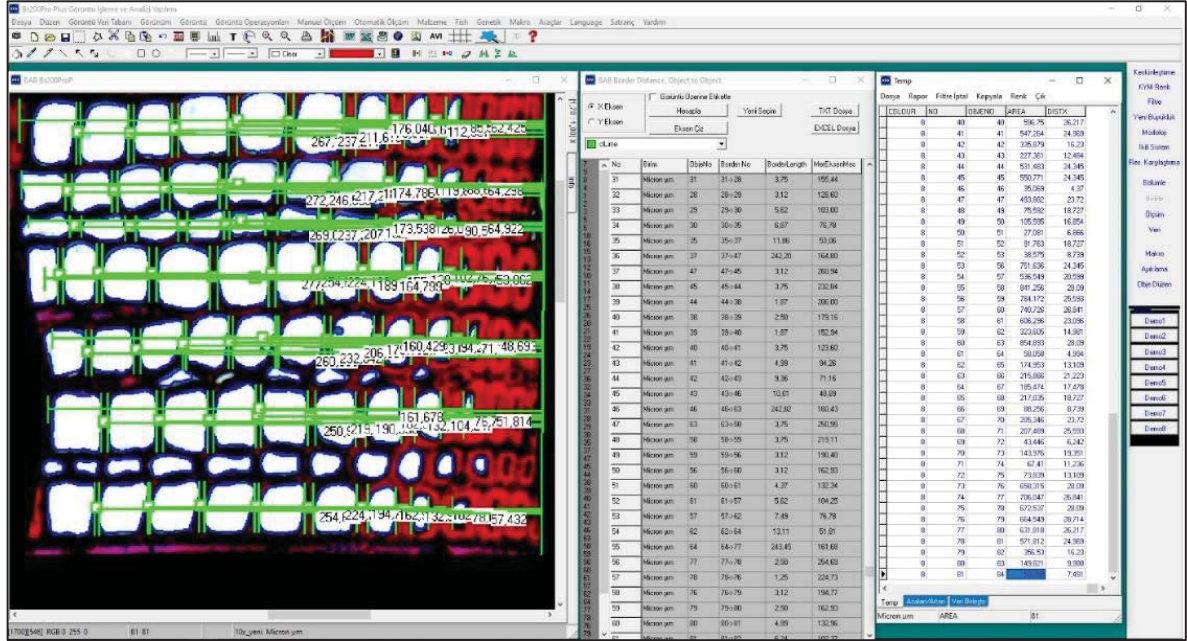
Çalışma kapsamında örneklenen 61 adet Toros Göknarı ağacından alınan artım kalemelerinden elde edilen kesitler üzerinde, toplam 1220 yıllık halkada ~286.952 traheit hücrelerine ait ~860.856 ölçüm ve sayım işlemi gerçekleştirilmiştir.

Ağaçların enine büyümesi sırasındaki evrelerin daha iyi tanımlanması ve karşılaştırılabilmesi amacıyla her bir yıllık halka boyunca ölçümü gerçekleştirilen traheit hücrelerinin radyal konumlarının tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla anatomik ölçümlerin yapılacağı Bs200pro yazılımına “RadDistR” ve “Border Distance, Object to Object” adlı iki adet yeni modül eklettirilmiştir. Bu modüllerden “RadDistR” ile öncelikle yıllık halka içerisinde ölçümü gerçekleştirilecek traheit hücrelerinin merkez noktaları belirlenmektedir. Ardından bu traheit hücrelerinin radyal lümen çapı değerleri hesaplanmaktadır. Daha sonra belirlenen merkez noktaların, manuel olarak işaretlenecek yıllık halka sınırına olan uzaklıkları hesaplanmaktadır (Şekil 23).



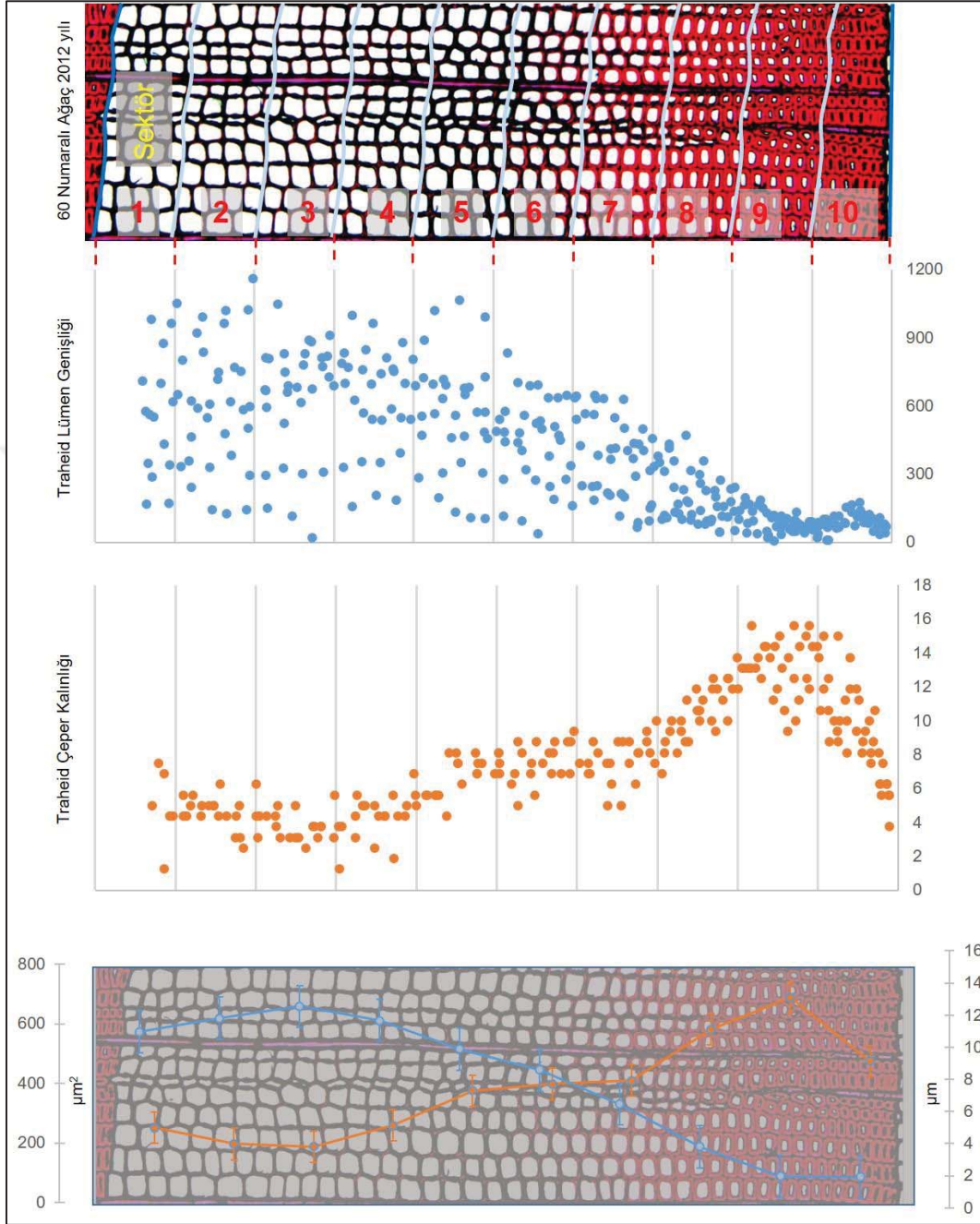
Şekil 23. Traheitlerin yıllık halka içerisindeki konumlarının belirlenmesi ve anatomik ölçümlerinin yapılması

Benzer şekilde “Border Distance, Object to Object” modülü kullanılarak, öncelikle bir önceki yıla ait yıllık halka sınırından başlamak üzere radyal yönde birbirini takip eden traheit hücreleri manuel olarak sırasıyla işaretlenmiştir. Program, seçilen her traheit hücrelerine ait atanmış obje numarasını bir veri tabanında art arda sıralamaktadır. Daha sonra hesapla komutu çalıştırıldığında birbirini takip eden her bir traheit hücresinin birbirine olan mesafesini hesaplanmaktadır. Bu mesafe radyal yöndeki traheit çift çeper kalınlığı ifade etmekte ve traheit çift çeper kalınlığı hesaplanmış olmaktadır. Traheitlerin radyal yöndeki boyutları, teğetsel yöndeki boyutlarına göre yıldan yıla daha yüksek değişkenlik gösterdiği için bu parametrenin ölçümü tercih edilmiştir (Vysotskaya ve Vaganov, 1989). Ardından ölçümü gerçekleştirilen yıllık halka sınırı manuel olarak işaretlenmiştir. Program, bu sefer hesaplanmış olduğu hücreler arası mesafenin merkez noktasını belirlemekte ve çizilen yıllık halka sınırına olan uzaklığını hesaplamaktadır. Böylece hesaplanan her bir çift çeper kalınlığı değerinin yıllık halka içerisindeki göreceli konumu belirlenmiş olmaktadır (Şekil 24).



Şekil 24. Traheitlerin çift çeper kalınlıklarının ölçülmesi ve yıllık halka içerisindeki konumlarının belirlenmesi

Ağaçların enine büyümesi sırasındaki evrelerin daha iyi tanımlanması amacıyla her bir yıllık halka boyunca ölçümü gerçekleştirilen traheit hücrelerinin her birinin göreceli radyal konumuna dayalı olarak traheit radyal çapı ve traheit çift çeper kalınlığı ile 10 adet kronoloji oluşturulmuştur. Bu her bir yıllık halkayı radyal yön boyunca 10 sektöre bölerek ve ardından her bir sektör için traheit radyal çapı ve traheit çift çeper kalınlığının ortalama değerlerini hesaplayarak yapılmıştır (Şekil 25). Sektör başına hücre sayısı ile uzamsal ve zamansal çözünürlük arasında iyi bir denge sağladıkları için sektörlere ayırma yöntemi kullanmaya karar verilmiştir (Pacheco vd., 2016; Gebregeorgis vd., 2021).



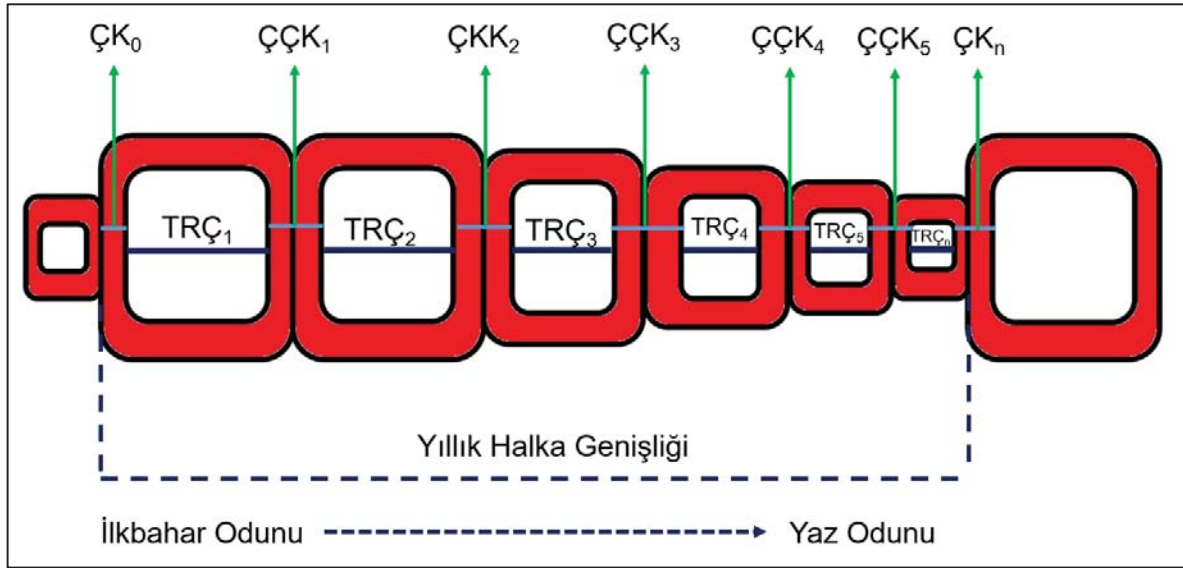
Şekil 25. Her bir yıllık halkanın sektörlere ayrılması ve her sektöre ait ölçülen anatomik özelliklerin (traheid çapı, alanı ve çift çeper kalınlığı) grafiklere dönüştürülmesinin şematik olarak gösterimi

2.4.6. Odun Anatomisi Ölçümlerinin Standart Hale Getirilmesi

Ağaç yıllık halkalarının zamansal çözünürlüğünü analiz etmek için birkaç farklı traheit standardizasyon tekniği geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntemler, ağaç yıllık halka genişliğindeki yüksek varyasyonu ve dar yıllık halkaların sık meydana gelişini göz önünde bulundurmamaktadır. Bu özellik çoğu Tropikal ve bazı Akdeniz elementi gymnospermae taksonlarının karakteristik özelliğidir (Gebregeorgis vd., 2021). Bu nedenle ılıman veya Akdeniz bölgelerinde yürütülen dendro-anatomik çalışmaların çoğunda, traheit ölçümü ve standardizasyonundan önce sektörlere ayırma işlemi yapılmaktadır (Castagneri vd., 2017; Lange vd., 2020). Ancak bu durum, oldukça dar yıllık halkalar söz konusu olduğunda, bazı sektörler için dendro-anatomik verilerin kaybolmasına sebep olabilmektedir (Lange vd., 2020). Dolayısıyla standardizasyon sonrası sektörlendirme işlemi yapmak, farklı yıllardaki benzer zamanlarda oluşan traheitlerin aynı yüzdelik konumda veya sektörlerde gruplanması olasılığını artırabilir (Gebregeorgis vd., 2021). Bu çalışmada özellikle ökseotu bulaşıklığının yüksek olduğu ağaçlara ait artım kalemlerinde oldukça dar yıllık halkalar bulunması nedeniyle standardizasyon sonrası sektörlendirme işlemi yapan “SabaTracheid” (Gebregeorgis vd., 2021) adlı program kullanılmıştır. SabaTracheid, tüm ağaç yıllık halkaları boyunca ve ağaç yıllık halkalarının farklı kısımları üzerinde dendro-anatomik ve kantitatif odun anatomisi parametrelerinin hızlı, basit ve doğru hesaplanması için bir dizi fonksiyona sahiptir.

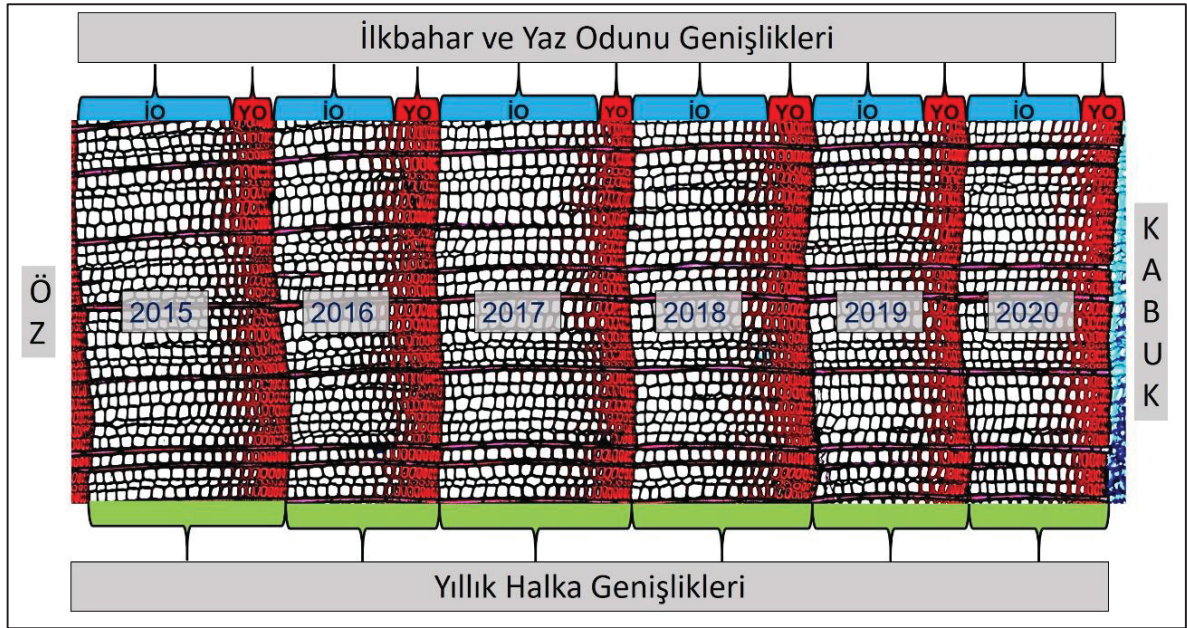
2.4.7. Standardizasyon İçin Veri Tabanının Hazırlanması

BS200pro yazılımının “Border Distance, Object to Object” modülü kullanılarak her bir yıllık halka içerisindeki bir önceki yıla ait yıllık halka sınırından başlamak üzere radyal yönde birbirini takip eden traheit hücreleri manuel olarak sırasıyla işaretlenmiştir. Daha sonra birbirini takip eden her bir hücrenin radyal çapı ve iki hücre arasındaki çeper kalınlığı hesaplanmıştır (Şekil 26).



Şekil 26. Standardizasyon öncesinde veri tabanı hazırlığı için ölçülen anatomik parametrelerin şematik gösterimi (TRÇ: traheit radyal lümen çapı, ÇÇK: çift çeper kalınlığı)

BS200pro yazılımı elde edilen verileri excel formatında sütunlar halinde vermektedir. Ancak SabaTracheid programında standardizasyon yapabilmesi için verilerin Şekil 27'deki gibi uygun bir excel formatına dönüşmesi gerekmektedir. Bu bir nevi grafiksel verinin sayısal hale dönüştürülmesi işlemidir. Oldukça zaman alıcı bir kısım olan bu aşamayı kolaylaştırabilmek amacıyla Microsoft Excel programında bir makro oluşturulmuş ve sütunlar halindeki veri seti Şekil 27'de bulunan formata getirilmiştir. Buradaki önemli diğer bir husus ilkbahar ve yaz odununun ayırım noktasını belirlemektir. Aslında SabaTracheid programı iki farklı seçenek ile çalışabilmektedir. Bunlardan birincisi ilkbahar ve yaz odunu ayırımında yaygın olarak kullanılan Mork's (Denne, 1989) indekse göre ilkbahar yaz odunu ayırımını belirlemek, diğeri ise ilkbahar odunu ve yaz odunu ayırımını görsel olarak belirlemektir. Öncelikle programdaki Mork's seçeneği ile denemeler yapılmış fakat birçok yıllık halkada ayırmda başarılı sonuç elde edilememiştir. Bu nedenle ikinci seçenek tercih edilmiş ve hücre lümeninin tedrici olarak azalmaya ve çeper kalınlığının artmaya başladığı nokta ilkbahar yaz odunu geçişi olarak belirlenmiş ve işaretlenmiştir. Veriler bu noktadan ayrılarak Şekil 27'de görüldüğü gibi bir sütun boşluk ile ayrılmıştır.



Şekil 28. İlkbahar odunu (io), yaz odunu (yo) ve yıllık halka genişliklerinin ölçülmesi

Ağaçlara ilişkin yıllık halka genişlikleri belirlendikten sonra ağaçların büyüme eğilimlerinin biyolojik olarak daha anlamlı tanımlayıcısı olan göğüs yüzeyi artımı hesaplanmıştır (Valentine, 1985; Leblanc, 1990). Göğüs yüzeyi artım hesabı yıllık halka çevresinin bir daire olarak değerlendirilerek tahmin edilebileceği varsayımına dayanmaktadır (Biondi ve Qeadan, 2008).

Bu nedenle göğüs yüzeyi artımı aşağıdaki formül (6) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$GYA_t = \pi r_t^2 - \pi r_{t-1}^2 \quad (6)$$

Burada;

r_t : t yılındaki gövde yarıçapını

r_{t-1} : t-1 yılındaki gövde yarıçapını

π : 3,14 katsayısını

GYA_t ise t yılındaki yıllık halka alanını ifade etmektedir (Phipps ve Whiton, 1988; Biondi, 1999).

2.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Ökseotu bulaşıklığının yaprak özellikleri, anatomik özellikler ve artım miktarları üzerindeki etkisini belirlemek için SPSS 26.0 yazılım programı (SPSS, 2019) kullanılarak tek yönlü varyans analizi ile test edilmiştir. Varyans analizi sonucunda anlamlı bir farklılığın bulunması durumunda ($p < 0.05$) çoklu karşılaştırma testi “Duncan” uygulanarak homojen gruplar oluşturulmuştur ($\alpha = 0.05$) farklılıkların hangi bulaşıklık derecesi ve periyotlardan kaynaklandığı test edilmiştir. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini kontrol etmek için analiz öncesinde Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri yapılmıştır.

Ayrıca ölçülen tüm parametreler için ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla kayıp yüzdeleri hesaplanmış ve bulgular kısmında verilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Gökmar Ökse Otu'nun Toros Gökmarı Yaprakları Üzerindeki Etkileri

3.1.1. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmarı Yapraklarının Morfolojisi Üzerindeki Etkileri

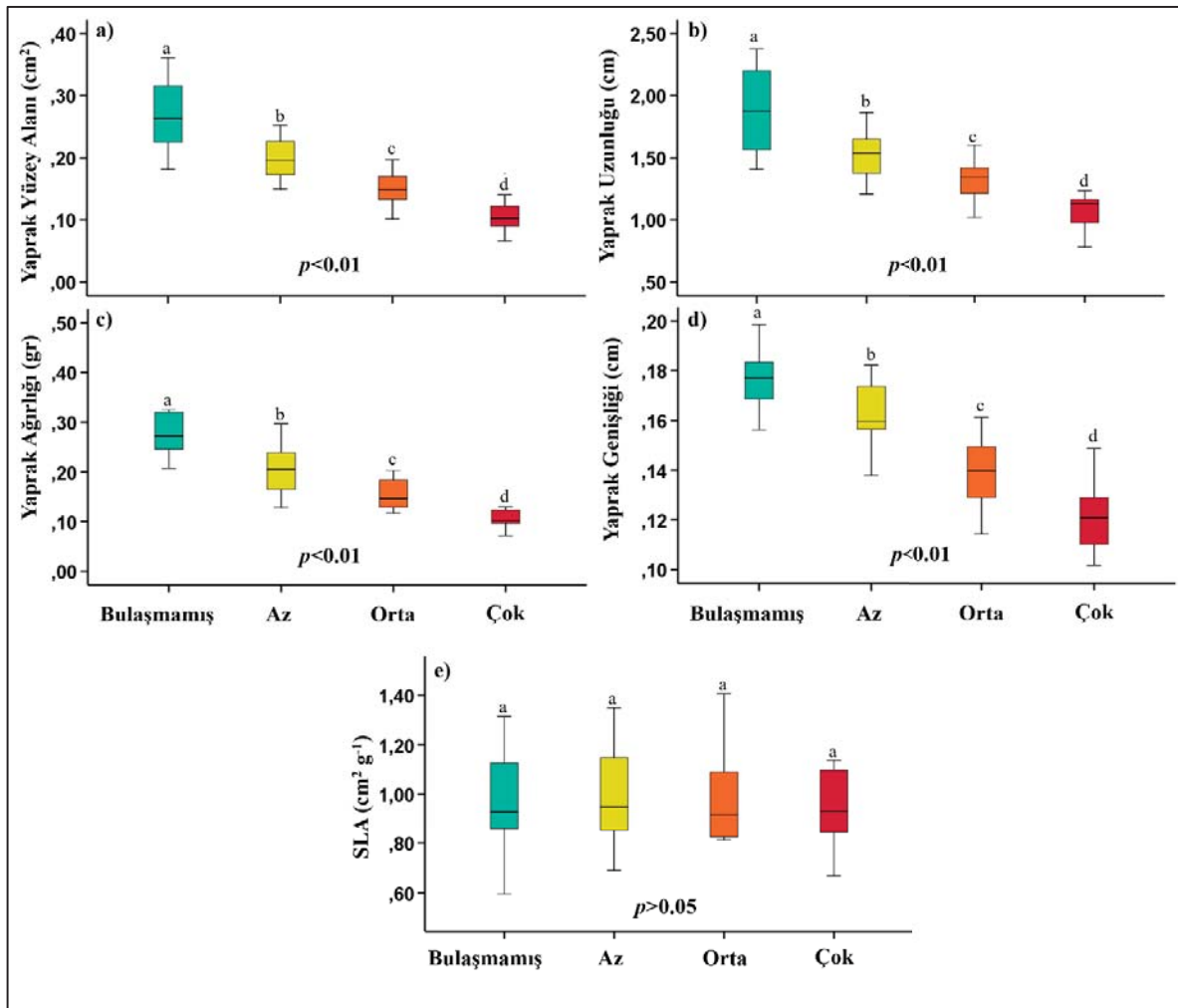
Örnek ağaçlardan alınan yaprakların morfolojik ölçümleri sonucunda elde edilen verilerin kantitatif analizi, gökmar ökseotu bulaşıklığının konukçunun yaprak morfolojisi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,001$) ve güçlü etkileri olduğunu gösterdi. Ökseotu bulaşıklık derecesindeki artışla birlikte yaprak uzunluğu, yaprak genişliği, yaprak alanı ve ağırlığının düzenli olarak azaldığı ve yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucunda tüm bulaşıklık sınıflarının ortalamalarının birbirinden önemli ölçüde farklı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4, Şekil 29a-d).

Tablo 4. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların morfolojik özelliklerine ait verilere ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı için $\pm$ standart hatayı gösteren ortalamaları göstermektedir.

Morfolojik Yaprak Özellikleri	Ökseotu Bulaşmamış	Az Bulaşık	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Ökseotu Bulaşmamışlara Göre % Değişim		
	Ortalama $\pm$ SH	Ortalama $\pm$ SH	Ortalama $\pm$ SH	Ortalama $\pm$ SH	Az	Orta	Çok
Yaprak Yüzey Alanı (cm ²)	0,27 $\pm$ 0,02	0,20 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,01	0,11 $\pm$ 0,01	-26,04	-44,84	-59,5
Yaprak Uzunluğu (cm)	1,88 $\pm$ 0,11	1,51 $\pm$ 0,05	1,32 $\pm$ 0,04	1,09 $\pm$ 0,06	-19,64	-29,99	-41,85
Yaprak Genişliği (cm)	0,17 $\pm$ 0,00	0,16 $\pm$ 0,00	0,14 $\pm$ 0,00	0,12 $\pm$ 0,01	-7,92	-21,37	-31,27
Yaprak Ağırlığı (gr)	0,29 $\pm$ 0,02	0,21 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,01	0,12 $\pm$ 0,01	-26,76	-45,95	-59,04
SLA (cm ² gr ⁻¹)	0,97 $\pm$ 0,07	0,98 $\pm$ 0,06	0,99 $\pm$ 0,05	0,96 $\pm$ 0,05	1,72	1,00	-0,86

Yaprak özelliklerindeki en büyük azalmalar orta ve çok derecede bulaşık ağaçlarda tespit edilmiştir (Tablo 4). Ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla, orta ve çok bulaşık ağaçların bulaş olmayan dallarındaki yaprakların uzunluğu, genişliği, alanı ve ağırlığındaki azalma yüzdeleri sırasıyla %41, %31, %59 ve %59' a kadar çıkmıştır (Tablo 4). Bu özelliklerdeki en az yüzde

değişimin yaprak genişliğinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4). Aynı yaprak özelliklerinde benzer fakat daha az bir azalma, az bulaşık ağaçlar için tespit edilmiştir (Tablo 4, Şekil 29a-d). Her bir bulaşıklık sınıfında yaprak alanı ve yaprak ağırlığı hemen hemen aynı oranda azaldığından (Tablo 4) spesifik yaprak yüzey alanı (SLA), artan bulaşıklık derecesine bağlı olarak değişmediği belirlenmiştir (Tablo 4, Şekil 29e).



Şekil 29. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların morfolojik özelliklerinin karşılaştırılması. yaprak yüzey alanı (a); yaprak uzunluğu (b); yaprak ağırlığı (c); yaprak genişliği (d); spesifik yaprak yüzey alanı (e). Kutu içerisindeki yatay çizgi ortalanca değeri göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıkları işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

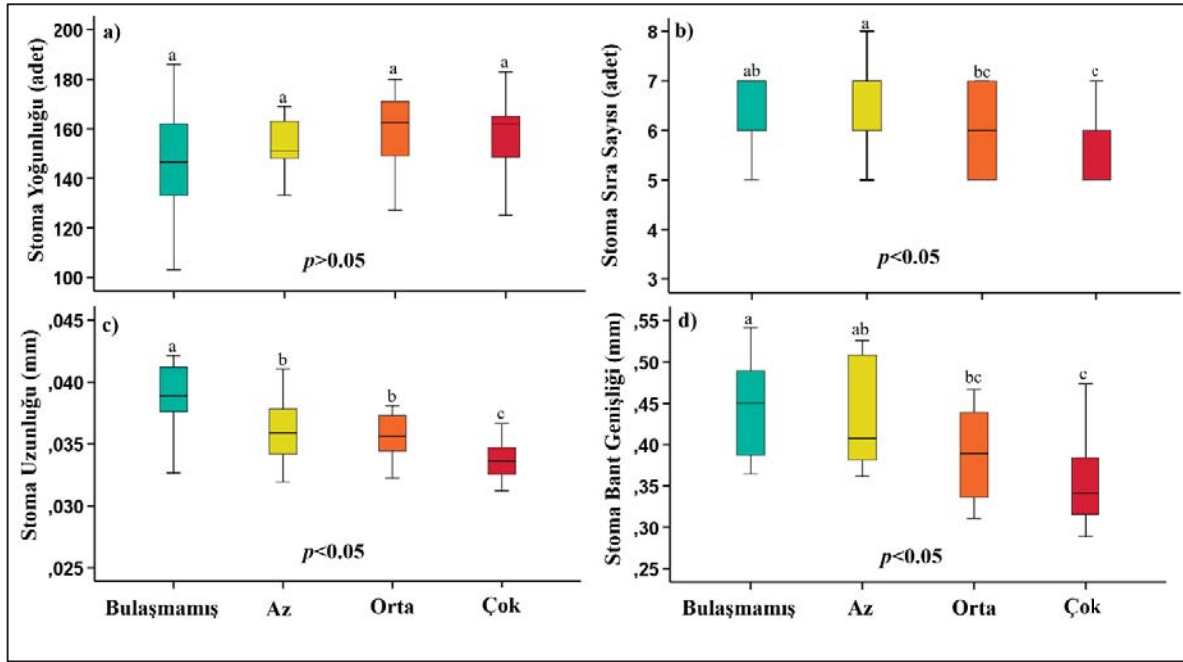
3.1.2. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmarı Yapraklarının Stoma Özellikleri Üzerindeki Etkileri

Örnek ağaçlardan alınan yaprakların abaksial yüzeyindeki stoma ölçümlerine ait verilerin kantitatif analizi sonucunda elde edilen değerler Tablo 5' de verilmiştir.

Tablo 5. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların stoma özelliklerine ait verilere ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı için $\pm$ standart hata içeren ortalamaları göstermektedir.

Stoma Özellikleri	Ökseotu Bulaşmamış	Az Bulaşık	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Ökseotu Bulaşmamışlara Göre % Değişim		
	Ortalama $\pm$ SH	Ortalama $\pm$ SH	Ortalama $\pm$ SH	Ortalama $\pm$ SH	Az	Orta	Çok
Stoma Yoğunluğu (mm ² 'de adet)	148,60 $\pm$ 8,00	155,46 $\pm$ 4,29	157,57 $\pm$ 4,67	158,72 $\pm$ 6,43	4,65	6,12	6,83
Stoma Sıra Sayısı (Adet)	6,50 $\pm$ 0,22	6,69 $\pm$ 0,29	5,86 $\pm$ 0,23	5,36 $\pm$ 0,34	-0,54	-9,94	-18,95
Stoma Uzunluğu (mm)	0,04 $\pm$ 0,00	0,04 $\pm$ 0,00	0,04 $\pm$ 0,00	0,03 $\pm$ 0,00	-6,16	-6,28	-13,12
Stoma Bant Genişliği (mm)	0,45 $\pm$ 0,02	0,44 $\pm$ 0,02	0,39 $\pm$ 0,02	0,37 $\pm$ 0,02	-1,74	-13,23	-17,79

Ökseotu bulaşıklığının konukçunun yapraklarının abaksial yüzeyindeki stoma sıra sayısı, stoma bant genişliği ve stoma uzunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) etkileri olduğu tespit edilmiştir (Şekil 30b-d). Yaprakların abaksial yüzeyindeki stoma sıra sayısı ve stoma bant genişliği artan bulaşıklık derecesi ile giderek azalmıştır (Şekil 30b,d). Stoma uzunluğunda da benzer bir eğilim tespit edilmiştir (Şekil 30c). Çok bulaşık ağaçlardan alınan yaprakların daha dar stoma bandı, daha az stoma sayısı ve daha kısa stoma uzunluğu oluşturduğu tespit edilmiştir. Çok bulaşık ağaçlarda stoma sıra sayısında %18, stoma bant genişliğinde %17 ve stoma uzunluğunda %13 azalma olduğu belirlenmiştir (Tablo 5). İstatistiki olarak anlamlı olmamakla beraber stoma yoğunluğunda orta ve çok bulaşık sınıfta %6'ya varan bir artış olduğu belirlenmiştir (Tablo 5, Şekil 30a).



Şekil 30. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların stoma özelliklerinin karşılaştırılması. stoma yoğunluğu (a); stoma sıra sayısı (b); stoma uzunluğu (c); stoma bant genişliği (d). Kutu içerisindeki yatay çizgi ortanca değeri göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p<0.05$).

3.1.3. Gökknar Ökseotu'nun Toros Gökknarı Yapraklarının Anatmik Özellikleri Üzerindeki Etkileri

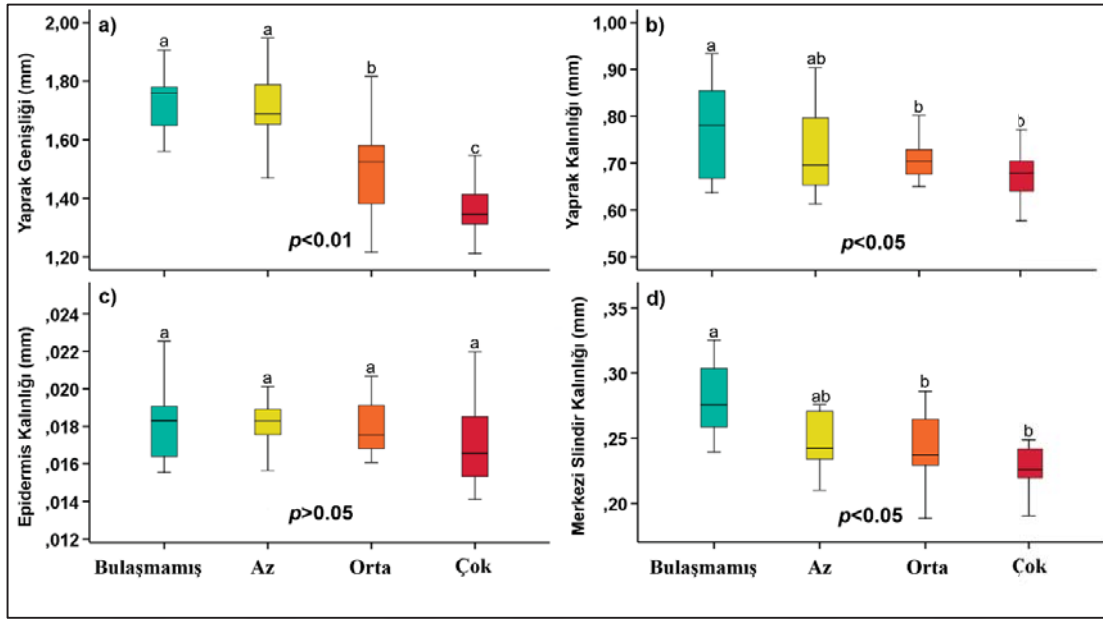
Örnek ağaçlardan alınan yaprakların anatomik ölçümleri sonucunda elde edilen verilerin kantitatif analizi, göknar ökseotu bulaşıklığının epidermis kalınlığı, floem alanı ve reçine kanalı alanı dışında tüm anatomik özellikler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri olduğunu göstermiştir. Etkilenen tüm özelliklerin, artan bulaşıklık derecesi ile boyut olarak küçülme eğiliminde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 31a-d ve 32a-h).

Orta ve çok bulaşık sınıflar için yaprak genişliğinin, bulaşık olmayan ve az bulaşık sınıfa göre daha dar olduğu bulunmuştur (Tablo 6). Yaprak genişliğindeki azalmanın çok bulaşık sınıfta daha belirgin olduğu (Şekil 31a) tespit edilmiştir. Bulaşıklık derecesi arttıkça yaprak ve merkezi silindir kalınlığında kademeli bir azalma olmuştur (Şekil 31b, d).

Tablo 6. Ökseotu bulaşmamış, az, orta ve çok bulaşık ağaçlardan elde edilen yapıkların anatomik özelliklerine ait verilere ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı için parantez içinde standart hata içeren ortalamaları göstermektedir.

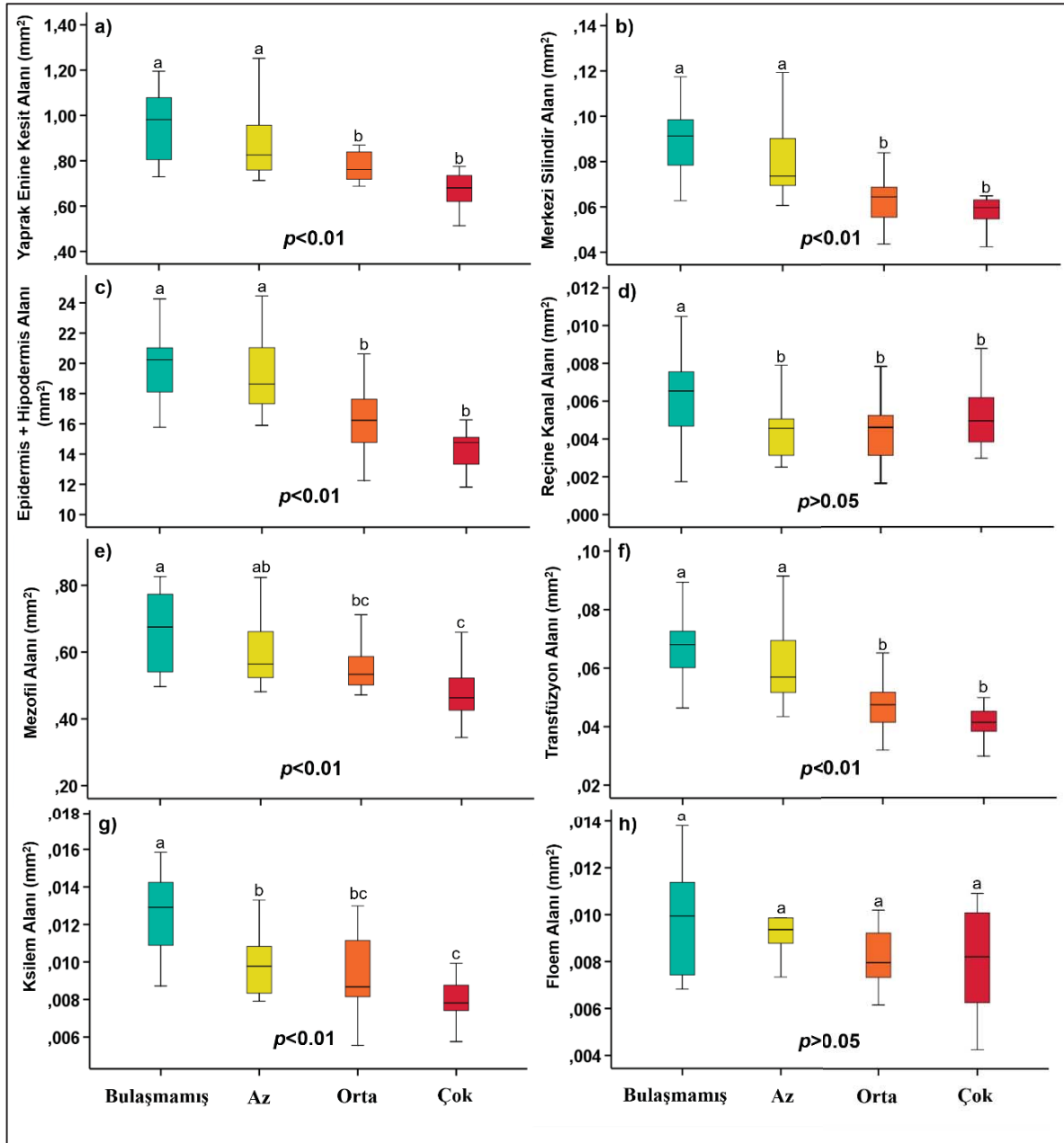
Anatomik Özellikler	Ökseotu Bulaşmamış					Ökseotu Bulaşmamışlara Göre % Değişim				
	Ortalama $\pm$ SH	Az Bulaşık	Ortalama $\pm$ SH	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Az	Orta	Çok		
Yaprak enine kesit yüzey alanı (mm ²)	0,966 $\pm$ 0,049	0,898 $\pm$ 0,051	0,765 $\pm$ 0,033	0,685 $\pm$ 0,036	-6,98	-20,78	-29,06			
Epidermis + Hipodermis alanı (mm ²)	0,199 $\pm$ 0,008	0,194 $\pm$ 0,009	0,163 $\pm$ 0,006	0,145 $\pm$ 0,006	-2,29	-17,95	-26,99			
Mezofil alanı (mm ²)	0,671 $\pm$ 0,037	0,616 $\pm$ 0,037	0,531 $\pm$ 0,024	0,475 $\pm$ 0,026	-8,15	-20,82	-29,18			
Merkezi silindirik alanı (mm ²)	0,090 $\pm$ 0,006	0,083 $\pm$ 0,006	0,066 $\pm$ 0,004	0,060 $\pm$ 0,004	-7,09	-26,10	-33,40			
Ksilem alanı (mm ²)	0,012 $\pm$ 0,001	0,010 $\pm$ 0,001	0,009 $\pm$ 0,001	0,007 $\pm$ 0,001	-16,09	-26,47	-37,27			
Floem alanı (mm ²)	0,010 $\pm$ 0,001	0,010 $\pm$ 0,000	0,008 $\pm$ 0,000	0,008 $\pm$ 0,001	-2,60	-15,48	-17,07			
Reçine kanalı alanı (mm ²)	0,006 $\pm$ 0,001	0,004 $\pm$ 0,000	0,004 $\pm$ 0,000	0,005 $\pm$ 0,001	-5,04	-9,59	-12,78			
Transfüzyon dokusu alanı (mm ²)	0,067 $\pm$ 0,004	0,063 $\pm$ 0,005	0,049 $\pm$ 0,003	0,043 $\pm$ 0,003	-6,09	-27,58	-36,41			
Yaprak kalınlığı (mm)	0,770 $\pm$ 0,033	0,731 $\pm$ 0,028	0,696 $\pm$ 0,017	0,672 $\pm$ 0,016	-5,04	-9,59	-12,78			
Yaprak genişliği (mm)	1,727 $\pm$ 0,032	1,716 $\pm$ 0,039	1,507 $\pm$ 0,041	1,381 $\pm$ 0,041	-0,65	-12,77	-20,03			
Merkezi silindirik kalınlığı (mm)	0,277 $\pm$ 0,009	0,256 $\pm$ 0,012	0,240 $\pm$ 0,007	0,232 $\pm$ 0,009	-7,58	-13,59	-16,49			
Epidermis kalınlığı (mm)	0,018 $\pm$ 0,001	0,018 $\pm$ 0,001	0,018 $\pm$ 0,001	0,017 $\pm$ 0,001	-0,06	-1,08	-6,33			

Epidermis kalınlığı değerlerine bakıldığında, bulaşıklık sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 31c). İstatistik olarak anlamlı olmasa da, epidermis kalınlığındaki azalma yüzdesi çok bulaşık sınıfta belirginleşmektedir (Şekil 31c).



Şekil 31. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların anatomik özelliklerinin karşılaştırılması. yaprak genişliği (a); yaprak kalınlığı (b); epidermis kalınlığı (c); merkezi silindir kalınlığı (d). Kutu içerisindeki yatay çizgi ortanca değeri göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p<0.05$).

Bulaşıklık derecesi arttıkça yaprakların enine kesit yüzey alanı, epidermis artı hipodermis alanı, merkezi silindir alanı ve transfüzyon dokusu alanı azalmıştır (Şekil 32a, c, b, f). Ökseotu bulaşmamış ve az bulaşık sınıfların ortalamaları arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde orta bulaşık ve çok bulaşık sınıfların ortalamaları arasındaki farkların da istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Ancak, ökseotu bulaşmamış ve az bulaşık sınıflar ile orta bulaşık ve çok bulaşık sınıflar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 32a, c, b, f). Artan bulaşıklık derecesine bağlı olarak yaprakların mezofil alanı ve ksilem alanının giderek azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 32e, g). Orta ve çok bulaşık sınıflar için mezofil ve ksilem alanındaki azalmanın sırasıyla %20 ve %29 ve %26 ve %37 oranlarında olduğu hesaplanmıştır (Tablo 6).



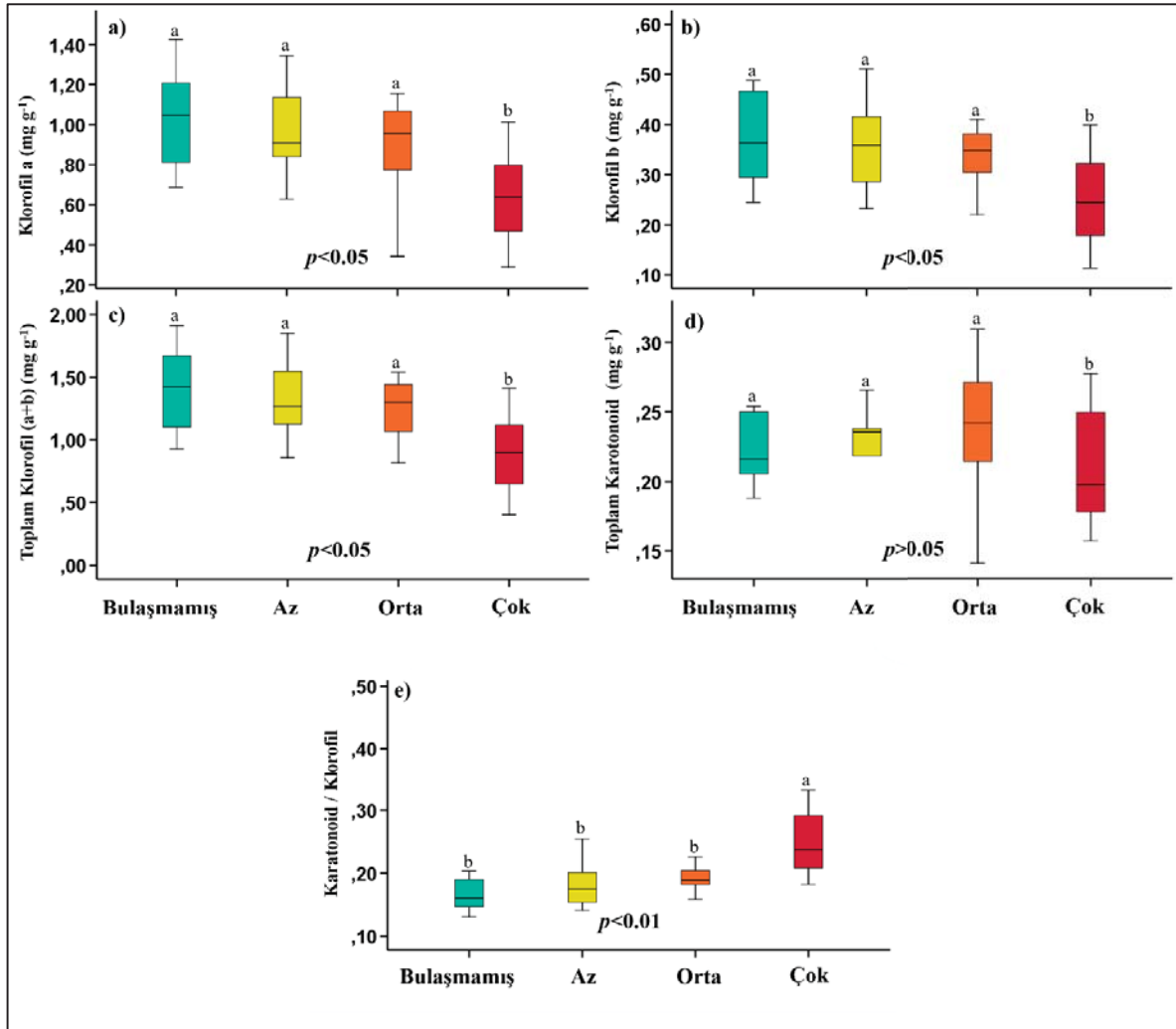
Şekil 32. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların anatomik özelliklerinin karşılaştırılması. Yaprak enine kesit alanı (a); merkezi silindir alanı (b); epidermis + hipodermis alanı (c); reçine kanal alanı (d); mezofil alanı (e); transfüzyon alanı (f); ksilem alanı (g); floem alanı (h). Kutu içerisindeki yatay çizgi ortanca değeri göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

3.1.4. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmarı Yapraklarının Klorofil ve Karotenoid Özellikleri Üzerindeki Etkileri

Örnek ağaçlardan alınan yaprakların fotosentetik pigment tayini sonucunda elde edilen kantitatif verilerin istatistiksel analizi sonucunda, gökmar ökseotu bulaşıklığının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içeriği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri olduğu tespit edilmiştir. Klorofil içeriği, ökseotu bulaşıklık derecesi arttıkça azalmıştır. Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içeriği, ökseotu bulaşmamış ağaçlardan orta bulaşık ağaçlara doğru kademeli ve bu noktadan sonra çok bulaşık ağaçlara doğru keskin bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 7, Şekil 33a-c). Çok bulaşık ağaçlarda klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içeriğindeki azalmanın ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla sırasıyla %36, %32 ve %35'e varan oranlarda olduğu tespit edilmiştir (Tablo 7). Karotenoid içeriği, taze yaprak kütlesi temelinde ifade edildiğinde bulaşıklık sınıfları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır (Şekil 33d, Tablo 7). Ancak, birim toplam klorofil başına toplam karotenoid içeriğine bakıldığında ökseotu bulaşmamış sınıftan çok bulaşık sınıfa kademeli bir artış olduğu görülmüştür. Ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında bu değer çok bulaşık ağaçlarda ~ %30 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 33e, Tablo 7).

Tablo 7. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların klorofil ve karotenoid miktarlarına ait verilere ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı için $\pm$ standart hata içeren ortalamaları göstermektedir.

Pigment İçeriği	Ökseotu Bulaşmamış	Az Bulaşık	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Ökseotu Bulaşmamışlara Göre % Değişim		
	Ortalama $\pm$ SH	Ortalama $\pm$ SH	Ortalama $\pm$ SH	Ortalama $\pm$ SH	Az	Orta	Çok
Klorofil a (mg g ⁻¹)	1,02 $\pm$ 0,07	0,96 $\pm$ 0,07	0,90 $\pm$ 0,01	0,64 $\pm$ 0,07	-6,34	-11,45	-36,97
Klorofil b (mg g ⁻¹)	0,37 $\pm$ 0,03	0,35 $\pm$ 0,03	0,33 $\pm$ 0,02	0,25 $\pm$ 0,03	-5,16	-9,76	-32,24
Toplam Klorofil (a+b) (mg g ⁻¹)	1,39 $\pm$ 0,10	1,31 $\pm$ 0,09	1,24 $\pm$ 0,08	0,89 $\pm$ 0,10	-6,03	-11,00	-35,71
Toplam Karotenoid (mg g ⁻¹)	0,22 $\pm$ 0,01	0,22 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,01	0,21 $\pm$ 0,01	0,79	6,48	-5,03
Toplam Karotenoid / Toplam Klorofil	0,17 $\pm$ 0,01	0,18 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,01	0,26 $\pm$ 0,02	8,11	11,07	30,35



Şekil 33. Ökseotu bulaşmamış az, orta ve çok derecede bulaşık ağaçlardan elde edilen yaprakların fotosentetik pigment içeriklerinin karşılaştırılması. klorofila (a); klorofilb (b); toplam klorofil(a+b) (c); toplam karatonoid (d); karatonoid/klorofil (e). Kutu içerisindeki yatay çizgi ortanca değeri göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p<0.05$).

3.2. Gökmar Ökse Otu'nun Toros Gökmarı Odun Anatomisine Etkileri

3.2.1. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmarı İlkbahar Odunu Traheit Radyal Lümen Çapına Etkileri

Örneklenen ağaçlara ait ölçülen ilkbahar odunu traheitlerinin radyal yöndeki lümen çapları, periyot ortalamaları, bulaşıklık sınıfı ortalamaları ve periyotlardaki her bir bulaşıklık sınıflarının bulaşmamış sınıfa oranla artış-azalış yüzdeleri hesaplanarak Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların ilkbahar odunu traheit radyal lümen çaplarına ait verilere ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı ve periyot için ortalamaları göstermektedir.

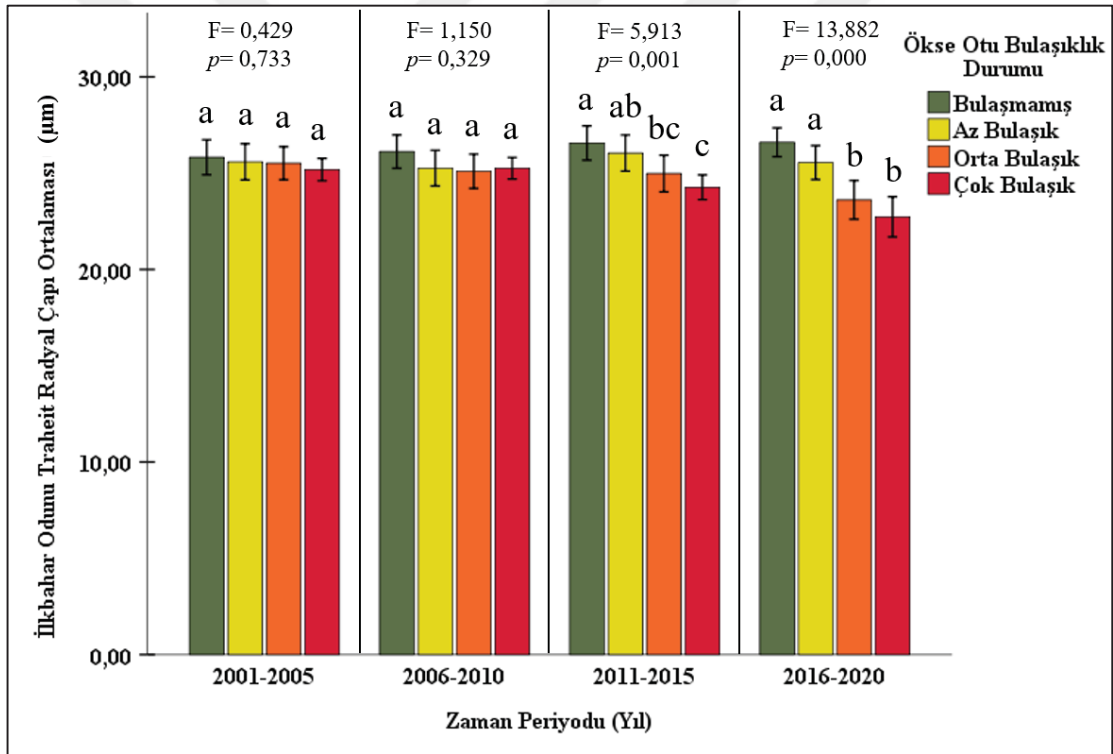
	Bulaşmamış	Az Bulaşık	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Ökseotu Bulaşmamışlara Göre % Değişim		
Periyot	Ort. İOTRÇ (µm) ± SH	Ort. İOTRÇ (µm) ± SH	Ort. İOTRÇ (µm) ± SH	Ort. İOTRÇ (µm) ± SH	Az	Orta	Çok
2001-2005	25,82 ± 0,45	25,59 ± 0,47	25,52 ± 0,43	25,19 ± 0,29	-0,91	-1,19	-2,46
2006-2010	26,12 ± 0,43	25,26 ± 0,46	25,10 ± 0,44	25,26 ± 0,28	-3,28	-3,91	-3,31
2011-2015	26,57 ± 0,45	26,04 ± 0,47	24,98 ± 0,48	24,27 ± 0,32	-1,97	-5,98	-8,65
2016-2020	26,60 ± 0,37	25,55 ± 0,44	23,61 ± 0,50	22,73 ± 0,52	-3,96	-11,25	-14,55

İOTRÇ: ilkbahar odunu traheit radyal lümen çapı, SH: standart hata

Her bir periyottaki bulaşıklık sınıflarına ait ilkbahar odunu traheit çapları ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ile ilgili yapılan varyans analizi ve oluşan farklılıkların hangi bulaşıklık sınıflarından kaynaklandığına ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucu Şekil 34'de gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, 2001-2005 ve 2006-2010 periyotlarında bulaşıklık sınıflarına ait ilkbahar odunu traheit çapı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p>0,05$) olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 34). 2011-2015 periyodunda bulaşıklık sınıflarına ait ilkbahar odunu traheit çapı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) bulunmaktadır. Bu periyotta dört farklı sınıf oluşmuş ve ilkbahar odunu traheit radyal çapı tedrici bir azalma ile çok bulaşık sınıfta 24,27 µm değerini almıştır (Şekil 34, Tablo 8).

2016-2020 periyodunda bulaşıklık sınıflarının ilkbahar odunu traheit çapı ortalamaları arasında % 99 güven düzeyi ile istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre bu iki periyotta bulaşıklık sınıfları iki farklı grupta yer almıştır. Bulaşmamış ve az bulaşmış ağaçlar bir grupta, orta bulaşık ve çok bulaşık ağaçlar ise diğer grupta yer almıştır. Bu periyotta bulaşıklık derecesi arttıkça ilkbahar odunu traheit çapı azalmaktadır ve sınıflar arasındaki fark 2011-2015 periyodundan daha belirgindir. 2016-2020 periyodunda orta ve çok bulaşık ağaçların ilkbahar odunu traheit çapları ortalamaları bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında, sırasıyla %11,25 ve %14,55 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir (Şekil 34, Tablo 8).



Şekil 34. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların ilkbahar odunu traheit radyal lümen çaplarının periyotlar arasında bulaşıklık sınıflarına göre değişimi. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

3.2.2. Göknaar Ökseotu'nun Toros Göknaarı Yaz Odunu Traheit Radyal Lümen Çapına Etkileri

Örneklenen ağaçlara ait yaz odunu traheitlerinin radyal yöndeki lümen çapları ölçülmüş, periyot ortalamaları, bulaşıklık sınıfı ortalamaları ve periyotlardaki her bir bulaşıklık sınıflarının bulaşmamış sınıfa oranla artış-azalış yüzdeleri hesaplanarak Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu traheit radyal lümen çaplarına ait verilere ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı ve periyot için $\pm$ standart hatayı gösteren ortalamaları göstermektedir.

Periyot	Ökseotu Bulaşmamış	Az Bulaşık	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Ökseotu Bulaşmamışlara Göre % Değişim		
	Ort. YOTRÇ (μm) $\pm$ SH	Ort. YOTRÇ (μm) $\pm$ SH	Ort. YOTRÇ (μm) $\pm$ SH	Ort. YOTRÇ (μm) $\pm$ SH	Az	Orta	Çok
2001-2005	7,08 $\pm$ 0,12	6,81 $\pm$ 0,14	6,50 $\pm$ 0,12	6,62 $\pm$ 0,13	-3,78	-8,13	-6,48
2006-2010	7,29 $\pm$ 0,13	6,95 $\pm$ 0,16	6,55 $\pm$ 0,10	6,44 $\pm$ 0,09	-4,64	-10,12	-11,66
2011-2015	7,08 $\pm$ 0,15	6,74 $\pm$ 0,17	6,66 $\pm$ 0,10	6,39 $\pm$ 0,10	-4,85	-5,91	-9,71
2016-2020	7,09 $\pm$ 0,19	7,07 $\pm$ 0,17	6,74 $\pm$ 0,12	6,47 $\pm$ 0,13	-0,24	-4,92	-8,80

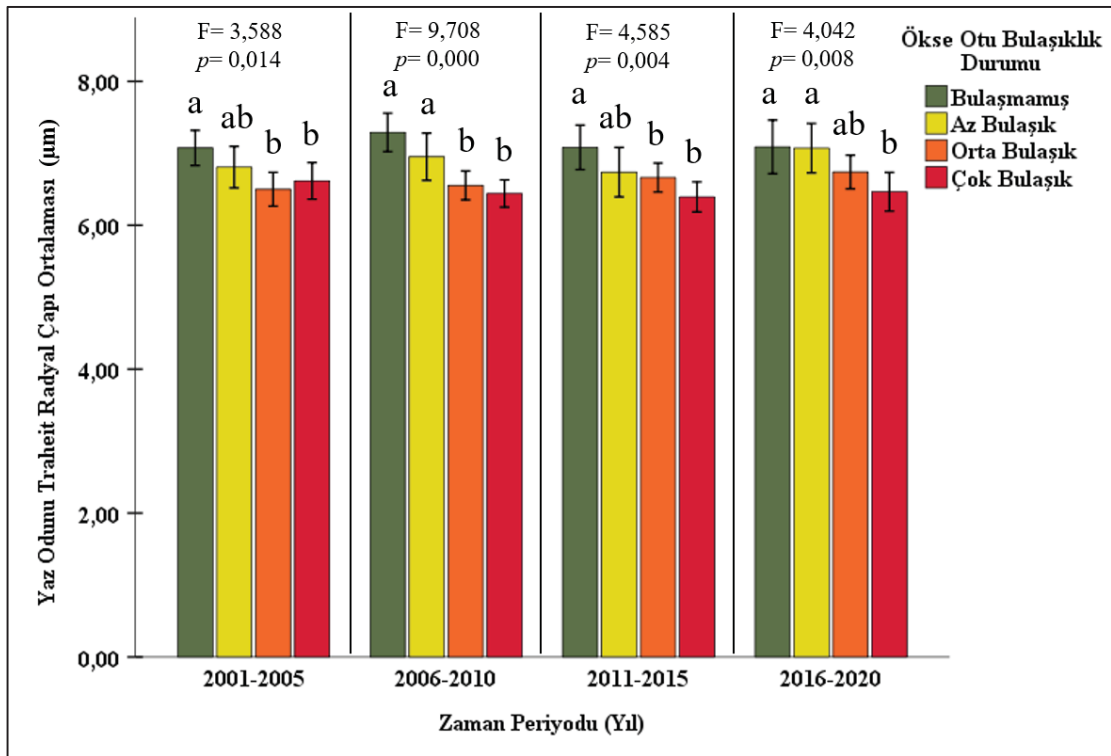
YOTRÇ: yaz odunu traheit radyal lümen çapı, SH: standart hata

Her bir periyottaki bulaşıklık sınıflarına ait yaz odunu traheit çapları ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ile ilgili yapılan varyans analizi ve oluşan farklılıkların hangi bulaşıklık sınıflarından kaynaklandığına ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucu Şekil 35' te gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, tüm periyotlarda bulaşıklık sınıflarına ait yaz odunu traheit çapı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 35). 2001-2005, 2011-2015 ve 2016-2020 periyotlarında 3 farklı sınıf oluşmuş ve yaz odunu traheit radyal çapı bulaşıklık derecesi arttıkça tedrici bir azalma ile çok bulaşık sınıfta sırasıyla 6,62 μm , 6,39 μm ve 6,47 μm değerlerini almıştır (Şekil 35, Tablo 9).

2006-2010 periyodunda bulaşıklık sınıflarının yaz odunu traheit çapı ortalamaları arasında %99 güven düzeyi ile istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre bu iki periyotta bulaşıklık sınıfları iki farklı grupta yer almıştır. Bulaşmamış ve az bulaşmış ağaçlar bir grupta, orta bulaşık ve çok bulaşık ağaçlar ise

diğer grupta yer almıştır. Bu periyotta bulaşıklık derecesi arttıkça yaz odunu traheit çapı azalmaktadır ve sınıflar arasındaki fark daha belirgindir (Şekil 35). 2006-2010 periyodunda orta ve çok bulaşık ağaçların yaz odunu traheit çapları ortalamaları bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında, sırasıyla %10,12 ve %11,16 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir (Tablo 9).



Şekil 35. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu traheit radyal lümen çaplarının periyotlar arasında bulaşıklık sınıflarına göre değişimi. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

3.2.3. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmar İlkbahar Odunu Çift Çeper Kalınlığına Etkileri

Örneklenen ağaçlara ait ölçülen ilkbahar odunu traheitlerinin radyal yöndeki çift çeper kalınlıkları ölçülmüş, periyot ortalamaları, bulaşıklık sınıfı ortalamaları ve periyotlardaki her bir bulaşıklık sınıflarının bulaşmamış sınıfa oranla artış-azalış yüzdeleri hesaplanarak Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların ilkbahar odunu traheitlerinin çift çeper kalınlıkları verilerine ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı ve periyot için $\pm$ standart hatayı içeren ortalamaları göstermektedir.

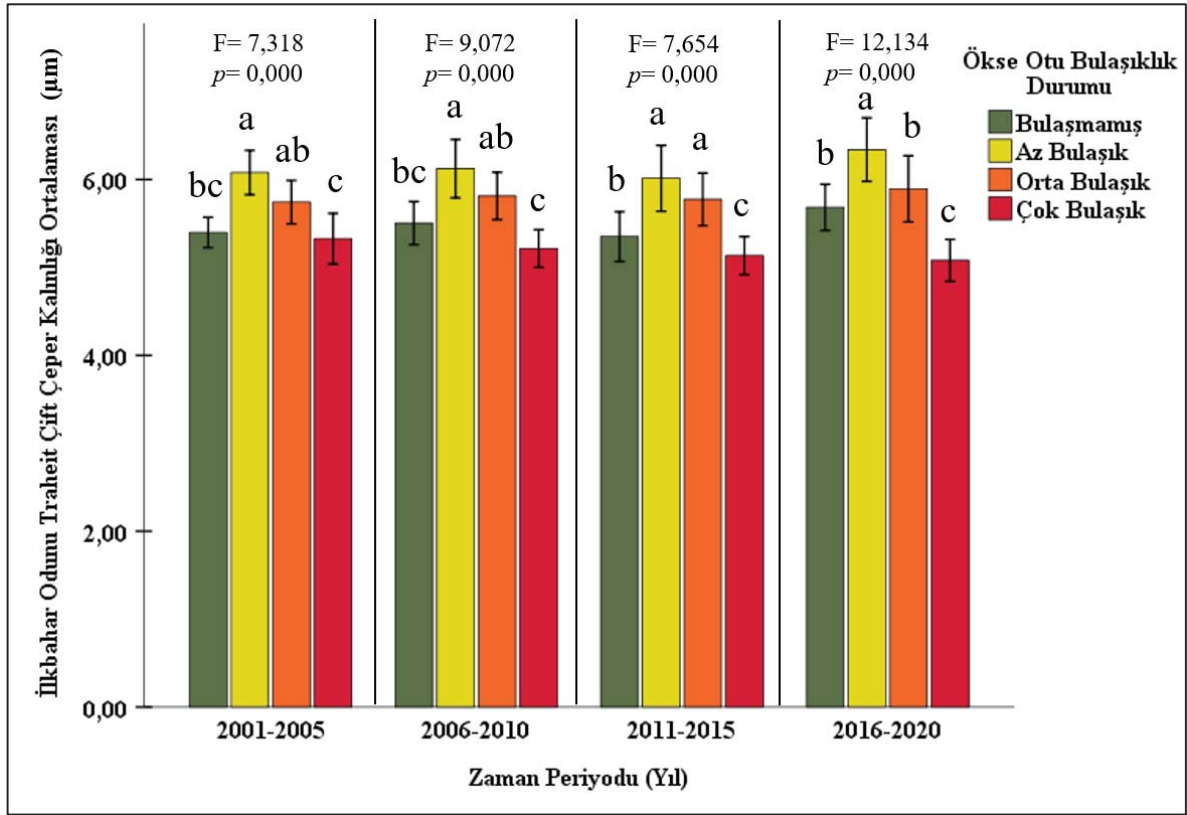
Periyot	Ökseotu Bulaşmamış	Az Bulaşık	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Ökseotu Bulaşmamışlara Göre % Değişim		
	Ort. İOÇÇK (μm) $\pm$ SH	Ort. İOÇÇK (μm) $\pm$ SH	Ort. İOÇÇK (μm) $\pm$ SH	Ort. İOÇÇK (μm) $\pm$ SH	Az	Orta	Çok
2001-2005	5,40 $\pm$ 0,09	6,08 $\pm$ 0,13	5,74 $\pm$ 0,12	5,33 $\pm$ 0,14	12,62	6,38	-1,32
2006-2010	5,50 $\pm$ 0,12	6,12 $\pm$ 0,17	5,81 $\pm$ 0,13	5,22 $\pm$ 0,11	11,25	5,61	-5,25
2011-2015	5,35 $\pm$ 0,14	6,01 $\pm$ 0,19	5,77 $\pm$ 0,15	5,13 $\pm$ 0,11	12,39	7,92	-4,05
2016-2020	5,68 $\pm$ 0,13	6,34 $\pm$ 0,18	5,89 $\pm$ 0,19	5,08 $\pm$ 0,12	11,55	3,70	-10,62

İOÇÇK: ilkbahar odunu traheit çift çeper kalınlığı, SH: standart hata

Her bir periyottaki bulaşıklık sınıflarına ait ilkbahar odunu traheit çift çeper kalınlıkları ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ile ilgili yapılan varyans analizi ve oluşan farklılıkların hangi bulaşıklık sınıflarından kaynaklandığına ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucu Şekil 36’da gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, tüm periyotlarda bulaşıklık sınıflarına ait ilkbahar odunu traheit çift çeper kalınlıkları ortalamaları arasında %99 güven düzeyi ile istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonucunda 2001-2005 ve 2006-2010 periyotlarında 4 farklı sınıf oluşmuştur (Şekil 36). Bu periyotlarda en yüksek değerlerin sırasıyla 6,08 μm ve 6,12 μm ile az bulaşık ağaçlarda olduğu, en düşük değerlerin sırasıyla 5,33 μm ve 5,22 μm ile çok bulaşık ağaçlarda bulunduğu tespit edilmiştir (Tablo 10).

2011-2015 ve 2016-2020 periyodu ilkbahar odunu çift çeper kalınlığı değerlerine ilişkin çoklu karşılaştırmaya bakıldığında 2011-2015 periyodunda iki, 2016-2020 periyodunda bulaşıklık sınıflarının üç farklı grupta yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 36). Bu periyotlarda da en düşük değerlerin sırasıyla 5,13 μm ve 5,08 μm ile çok bulaşık ağaçlarda bulunduğu tespit edilmiştir (Tablo 10). Tüm periyotlarda bulaşıklık derecesinin artmasına bağlı olarak ilkbahar odunu çift çeper kalınlığında, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla önce ~%12’lik bir artış olmuş daha sonra çok bulaşık sınıfta ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla ~% 5-10’luk bir azalma meydana gelmiştir (Tablo 10).



Şekil 36. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu traheit çift çeper kalınlıklarının periyotlar arasında bulaşıklık sınıflarına göre değişimi. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

3.2.4. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmarı Yaz Odunu Çift Çeper Kalınlığına Etkileri

Örneklenen ağaçlara ait ölçülen yaz odunu traheitlerinin radyal yöndeki çift çeper kalınlıkları ölçülmüş, periyot ortalamaları, bulaşıklık sınıfı ortalamaları ve periyotlardaki her bir bulaşıklık sınıflarının bulaşmamış sınıfa oranla artış-azalış yüzdeleri hesaplanarak Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu traheitlerinin çift çeper kalınlıkları verilerine ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı ve periyot için $\pm$ standart hatayı içeren ortalamaları göstermektedir.

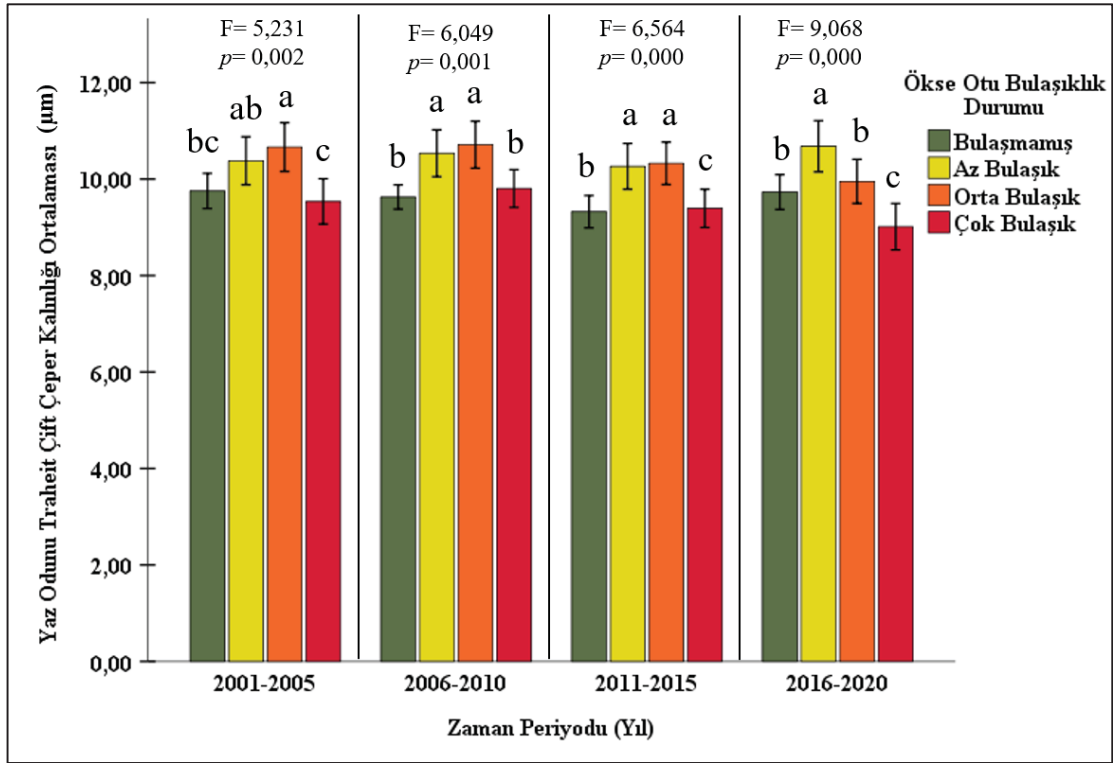
Periyot	Ökseotu Bulaşmamış	Az Bulaşık	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Ökseotu Bulaşmamışlara Göre % Değişim		
	Ort. YOÇÇK (μm) $\pm$ SH	Ort. YOÇÇK (μm) $\pm$ SH	Ort. YOÇÇK (μm) $\pm$ SH	Ort. YOÇÇK (μm) $\pm$ SH	Az	Orta	Çok
2001-2005	9,75 $\pm$ 0,18	10,38 $\pm$ 0,25	10,66 $\pm$ 0,25	9,54 $\pm$ 0,24	6,39	9,32	-2,24
2006-2010	9,63 $\pm$ 0,13	10,54 $\pm$ 0,24	10,71 $\pm$ 0,24	9,80 $\pm$ 0,20	9,42	11,27	1,82
2011-2015	9,32 $\pm$ 0,17	10,26 $\pm$ 0,24	10,33 $\pm$ 0,22	9,39 $\pm$ 0,20	10,08	10,75	0,74
2016-2020	9,73 $\pm$ 0,18	10,68 $\pm$ 0,26	9,95 $\pm$ 0,23	9,01 $\pm$ 0,24	9,76	2,28	-7,38

YOÇÇK: yaz odunu traheit çift çeper kalınlığı, SH: standart hata

Her bir periyottaki bulaşıklık sınıflarına ait yaz odunu traheit çift çeper kalınlıkları ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ile ilgili yapılan varyans analizi ve oluşan farklılıkların hangi bulaşıklık sınıflarından kaynaklandığına ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucu Şekil 37’de gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, tüm periyotlarda bulaşıklık sınıflarına ait yaz odunu traheit çift çeper kalınlıkları ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonucunda 2001-2005 periyotların da 4 farklı sınıf oluşmuştur (Şekil 37). Bu periyotda en yüksek değerlerin 10,66 μm ile orta bulaşık ağaçlarda olduğu, en düşük değerlerin ise 9,54 μm ile çok bulaşık ağaçlarda bulunduğu tespit edilmiştir (Tablo 11).

2006-2010 ve 2011-2015 yıllarında az bulaşık ağaçlar ile orta bulaşık ağaçların yaz odunu çift çeper kalınlığı değerlerinin birbirine yaklaştığı olduğu ve ökseotu bulaşmamış ve çok bulaşmış ağaçlara göre daha yüksek değerler aldığı tespit edilmiştir (Şekil 37, Tablo 11). 2016-2020 periyodunda ise en yüksek yaz odunu çift çeper kalınlığı değeri 10,68 μm ile az bulaşık ağaçlara aittir. Tüm periyotlarda bulaşıklık derecesinin artmasına bağlı olarak çift çeper kalınlığında, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla önce ~%6-10’luk bir artış olmuş daha sonra çok bulaşık sınıfta ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla ~%7’lere varan bir azalma meydana gelmiştir (Tablo 11).



Şekil 37. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu traheit çift çeper kalınlıklarının bulaşıklık sınıflarına göre değişimi. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

3.2.5. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmarı Radyal Yöndeki Traheit Sayısına Etkileri

Örneklenen ağaçlara ait ölçülen radyal yöndeki traheitler sayılmış, periyot ortalamaları, bulaşıklık sınıfı ortalamaları ve periyotlardaki her bir bulaşıklık sınıflarının bulaşmamış sınıfa oranla artış-azalış yüzdeleri hesaplanarak Tablo 12'de verilmiştir.

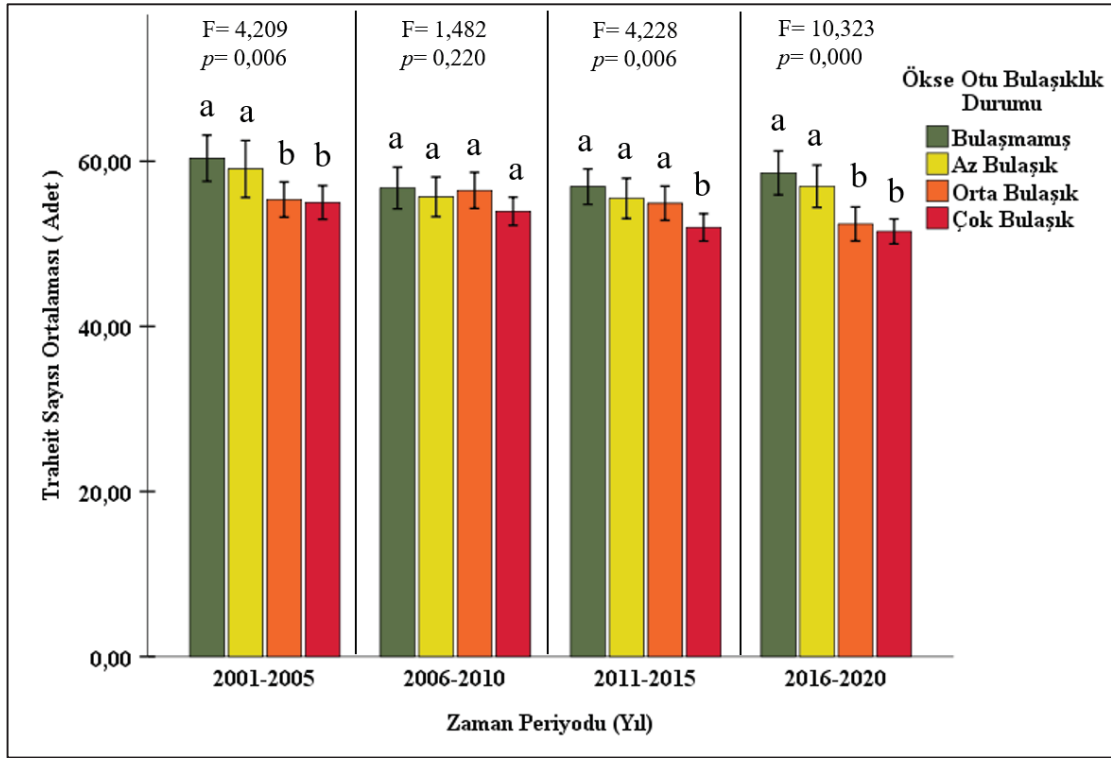
Tablo 12. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların radyal yöndeki traheit sayısı verilerine ilişkin özet tablo. Değerler, her bir bulaşıklık sınıfı ve periyot $\pm$ standart hatayı içeren ortalamaları göstermektedir.

Periyot	Ökseotu Bulaşmamış	Az Bulaşık	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Bulaşma Olmayanlara Göre % Değişim		
	Ort. TS (adet) $\pm$ SH	Ort. TS (adet) $\pm$ SH	Ort. TS (adet) $\pm$ SH	Ort. TS (adet) $\pm$ SH	Az	Orta	Çok
2001-2005	60,37 $\pm$ 1,40	59,07 $\pm$ 1,72	55,36 $\pm$ 1,07	55,01 $\pm$ 1,02	-2,16	-8,29	-8,87
2006-2010	56,76 $\pm$ 1,26	55,69 $\pm$ 1,20	56,47 $\pm$ 1,09	53,94 $\pm$ 0,85	-1,88	-0,50	-4,96
2011-2015	56,92 $\pm$ 1,07	55,50 $\pm$ 1,22	54,91 $\pm$ 1,03	51,99 $\pm$ 0,83	-2,51	-3,53	-8,66
2016-2020	58,59 $\pm$ 1,33	56,97 $\pm$ 1,28	52,40 $\pm$ 1,03	51,50 $\pm$ 0,76	-2,76	-10,56	-12,10

TS: radyal yöndeki traheit sayısı, SH: standart hata

Her bir periyottaki bulaşıklık sınıflarına ait radyal yöndeki traheit sayıları ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ile ilgili yapılan varyans analizi ve oluşan farklılıkların hangi bulaşıklık sınıflarından kaynaklandığına ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucu Şekil 38’de gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, 2001-2005, 2011-2015 ve 2016-2020 periyotlarında bulaşıklık sınıflarına radyal yöndeki traheit sayısı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 38). Çoklu karşılaştırma testi sonucunda bu periyotlarda iki farklı grup oluşmuştur. Bütün periyotlar da en yüksek traheit sayısının ökseotu bulaşmamış ağaçlarda, en düşük traheit sayısı ise çok bulaşık ağaçlarda tespit edilmiştir (Tablo 12). Ökseotu bulaşıklığının artmasına bağlı olarak radyal yöndeki traheit sayısı ortalamasının azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 38, Tablo 12).



Şekil 38. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların radyal yöndeki traheit sayılarının periyotlar arasında bulaşıklık sınıflarına göre değişimi. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

3.2.6. Traheit Radyal Lümen Çapının Yıllık Halka İçerisindeki Değişimi

Farklı ökseotu bulaşıklığı etkisindeki Toros Göknarı ağaçlarının son yirmi yıllık dönemde, oluşturmuş olduğu yıllık halkalar içerisindeki traheitlerin lümenlerinin radyal yöndeki çapının eğiliminin değişimini belirleyebilmek amacıyla, metodoloji bölümünde belirtilen standardizasyon yöntemi sonrasında elde edilen ortalama sektör değerleri Tablo 13’de verilmiş ve oluşan trendler Şekil 39’da gösterilmiştir.

Tablo 13. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların traheit radyal lümen çapları ortalamalarının her bir periyot için yıllık halka içerisindeki değişimi. Değerler, her bir sektör için $\pm$ standart hatayı gösteren ortalamaları göstermektedir.

Periyot	Sektörler (İlkbahar Odunu $\longrightarrow$ Yaz Odunu)									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
BS	Traheit Radyal lümen Çapı (um) $\pm$ SH									
2001-2005	B	27,89 $\pm$ 0,52	29,52 $\pm$ 0,53	29,86 $\pm$ 0,51	29,18 $\pm$ 0,55	28,14 $\pm$ 0,55	27,18 $\pm$ 0,56	24,61 $\pm$ 0,53	20,69 $\pm$ 0,60	12,66 $\pm$ 0,48
	AB	28,15 $\pm$ 0,55	29,74 $\pm$ 0,54	29,95 $\pm$ 0,56	29,20 $\pm$ 0,58	27,95 $\pm$ 0,60	25,80 $\pm$ 0,56	23,38 $\pm$ 0,59	19,05 $\pm$ 0,62	11,70 $\pm$ 0,44
	OB	27,73 $\pm$ 0,52	29,27 $\pm$ 0,53	29,50 $\pm$ 0,53	28,79 $\pm$ 0,53	27,75 $\pm$ 0,51	26,53 $\pm$ 0,48	24,31 $\pm$ 0,45	19,89 $\pm$ 0,45	11,87 $\pm$ 0,38
	ÇB	27,48 $\pm$ 0,44	29,28 $\pm$ 0,44	29,61 $\pm$ 0,37	28,92 $\pm$ 0,35	27,94 $\pm$ 0,31	26,04 $\pm$ 0,32	23,30 $\pm$ 0,39	19,10 $\pm$ 0,40	11,79 $\pm$ 0,31
2006-2010	B	27,84 $\pm$ 0,48	29,10 $\pm$ 0,52	29,64 $\pm$ 0,55	29,15 $\pm$ 0,59	28,76 $\pm$ 0,54	27,69 $\pm$ 0,50	25,04 $\pm$ 0,56	21,13 $\pm$ 0,67	13,72 $\pm$ 0,57
	AB	27,15 $\pm$ 0,49	28,28 $\pm$ 0,54	28,95 $\pm$ 0,56	28,68 $\pm$ 0,57	27,75 $\pm$ 0,54	26,17 $\pm$ 0,55	23,46 $\pm$ 0,53	19,14 $\pm$ 0,55	11,80 $\pm$ 0,42
	OB	27,22 $\pm$ 0,54	28,12 $\pm$ 0,58	28,62 $\pm$ 0,56	28,38 $\pm$ 0,55	27,73 $\pm$ 0,53	26,20 $\pm$ 0,48	23,85 $\pm$ 0,48	19,77 $\pm$ 0,49	11,99 $\pm$ 0,35
	ÇB	27,18 $\pm$ 0,40	28,88 $\pm$ 0,39	29,39 $\pm$ 0,36	29,02 $\pm$ 0,34	27,81 $\pm$ 0,35	26,04 $\pm$ 0,33	23,22 $\pm$ 0,37	18,55 $\pm$ 0,44	10,93 $\pm$ 0,37
2011-2015	B	28,33 $\pm$ 0,53	30,12 $\pm$ 0,52	30,07 $\pm$ 0,57	29,73 $\pm$ 0,56	28,88 $\pm$ 0,58	27,56 $\pm$ 0,60	25,87 $\pm$ 0,68	21,85 $\pm$ 0,66	13,49 $\pm$ 0,56
	AB	27,54 $\pm$ 0,50	29,07 $\pm$ 0,58	29,62 $\pm$ 0,60	29,56 $\pm$ 0,57	28,80 $\pm$ 0,59	27,31 $\pm$ 0,54	24,71 $\pm$ 0,48	19,68 $\pm$ 0,46	11,50 $\pm$ 0,39
	OB	26,96 $\pm$ 0,58	28,28 $\pm$ 0,63	28,74 $\pm$ 0,64	28,33 $\pm$ 0,62	27,48 $\pm$ 0,60	25,93 $\pm$ 0,59	23,25 $\pm$ 0,58	18,56 $\pm$ 0,54	11,08 $\pm$ 0,38
	ÇB	26,28 $\pm$ 0,39	27,48 $\pm$ 0,39	28,15 $\pm$ 0,38	27,71 $\pm$ 0,39	26,68 $\pm$ 0,41	25,20 $\pm$ 0,44	22,29 $\pm$ 0,45	17,38 $\pm$ 0,46	9,95 $\pm$ 0,33
2016-2021	B	28,57 $\pm$ 0,41	29,96 $\pm$ 0,42	29,56 $\pm$ 0,46	29,64 $\pm$ 0,53	29,00 $\pm$ 0,58	28,33 $\pm$ 0,60	26,00 $\pm$ 0,57	21,62 $\pm$ 0,54	13,52 $\pm$ 0,46
	AB	27,71 $\pm$ 0,56	28,63 $\pm$ 0,57	28,92 $\pm$ 0,58	28,33 $\pm$ 0,57	27,36 $\pm$ 0,51	26,59 $\pm$ 0,52	23,92 $\pm$ 0,51	18,75 $\pm$ 0,51	11,27 $\pm$ 0,38
	OB	25,89 $\pm$ 0,59	26,42 $\pm$ 0,62	26,55 $\pm$ 0,65	26,30 $\pm$ 0,68	25,58 $\pm$ 0,57	24,55 $\pm$ 0,67	22,12 $\pm$ 0,68	17,39 $\pm$ 0,57	10,64 $\pm$ 0,33
	ÇB	25,02 $\pm$ 0,61	25,84 $\pm$ 0,63	26,11 $\pm$ 0,62	25,72 $\pm$ 0,63	25,01 $\pm$ 0,63	23,32 $\pm$ 0,61	20,22 $\pm$ 0,59	15,41 $\pm$ 0,54	9,25 $\pm$ 0,32

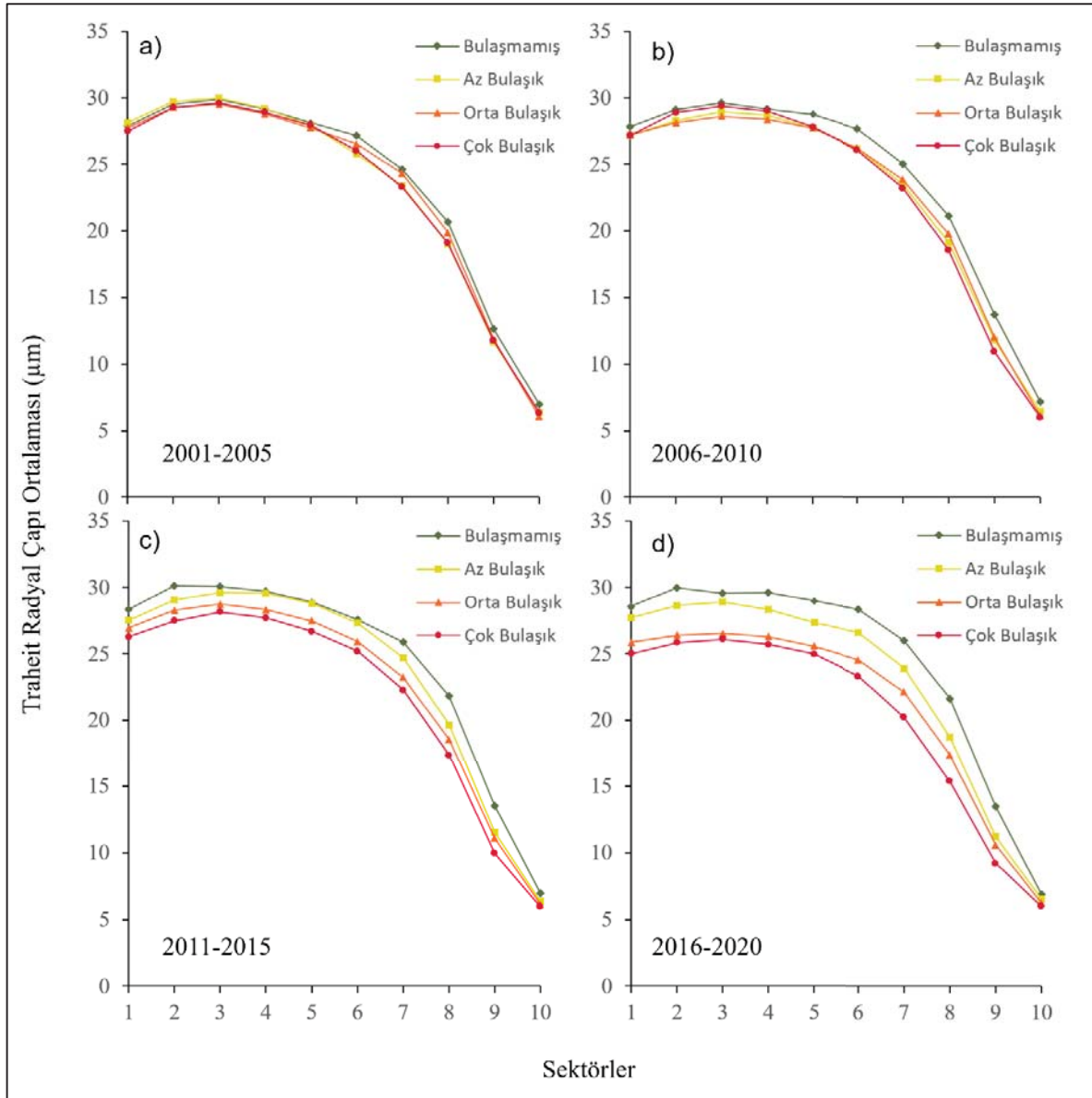
BS: Bulaşıklık sınıfı, B: Bulaşmamış, AB: Az Bulaşık, OB: Orta Bulaşık, ÇB: Çok Bulaşık, S1: Sektör 1, S2: Sektör 2, S3: Sektör 3, S4: Sektör 4, S5: Sektör 5, S6: Sektör 6, S7: Sektör 7, S8: Sektör 8, S9: Sektör 9, S10: Sektör 10

Bulaşıklık sınıflarındaki ağaçların 2001-2005 yılları arasındaki traheit radyal lümen çapları ortalamalarına bakıldığında ilk 5 sekördeki traheit lümen çapları arasında belirgin bir farklılık olmadığı görülmektedir (Şekil 39, Tablo 13). Az bulaşık, orta ve çok bulaşık sınıftaki ağaçlara ait 6, 7, 8 ve 9. sektörlerde traheit lümen çaplarının, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla ~%2-7 arasında değişen miktarda azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 13).

Bulaşıklık sınıflarındaki ağaçların 2006-2010 yılları arasındaki traheit lümen çapları ortalamalarına bakıldığında ilk 5 sekördeki traheit lümen çapları arasındaki farkın 2001-2005 yılındakine oranla arttığı görülmektedir (Şekil 39). Bu sektörlerde ökseotu bulaşmamış ağaçların radyal yönde daha geniş traheitlere sahip olduğu görülmektedir (Tablo 13). Az bulaşık, orta ve çok bulaşık sınıftaki ağaçlara ait 6, 7, 8 ve 9. sektörlerde traheit lümen çaplarının, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla ~%5-12 arasında değişen oranlarda azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma çok bulaşık ağaçların bulunduğu sınıfta 9. sektörde %20'lere kadar ulaşmıştır.

Bulaşıklık sınıflarındaki ağaçların 2011-2015 yılları arasındaki traheit lümen çapları ortalamalarına bakıldığında, ökseotu bulaşmamış ve az bulaşık sınıftaki ağaçların ilk 5 sektör için benzer bir trend gösterdiği ve traheit lümen çapı değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu sınıflar arasındaki fark 6, 7, 8, 9 ve 10. sektörlerde artmıştır (Şekil 39). Ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında orta ve çok bulaşık sınıftaki ağaçların traheit lümen çaplarının 6, 7, 8 ve 9. sektörlerde ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla ~%5-26 arasında değişen oranlarda azaldığı tespit edilmiştir.

Bulaşıklık sınıflarındaki ağaçların 2016-2020 yılları arasındaki traheit lümen çapları ortalamalarına bakıldığında, ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile diğer bulaşıklık sınıflarındaki ağaçların traheit lümen çapları arasındaki farkın bütün sektörlerde artmış olduğu görülmektedir (Şekil 39). Bu fark özellikle 6, 7, 8 ve 9. sektörlerde bulaşıklık derecesinin artışına bağlı olarak %32'lere ulaşmış olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemde tüm sektörlerde bulaşıklık derecesi arttıkça traheit lümen çapı azalmıştır.



Şekil 39. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların traheit radyal lümen çapları ortalamalarının her bir periyot için yıllık halka içerisindeki eğilimlerini gösteren grafikler. 2001-2005 periyodu (a); 2006-2010 periyodu (b); 2011-2015 periyodu (c); 2016-2020 periyodu (d)

3.2.6. Traheit Çift Çeper Kalınlığının Yıllık Halka İçerisindeki Değişimi

Farklı ökseotu bulaşıklığı etkisindeki Toros Göknarı ağaçlarının son yirmi yıllık dönemde, oluşturmuş olduğu yıllık halkalar içerisindeki traheitlerin radyal yöndeki çift çeper kalınlıklarının nasıl bir eğilim izlediklerini belirleyebilmek için, metodoloji bölümünde belirtilen standardizasyon yöntemi sonrasında elde edilen ortalama sektör değerleri Tablo 14’de verilmiş ve oluşan trendler Şekil 40’da gösterilmiştir.

Bulaşıklık sınıflarındaki ağaçların 2001-2005 yılları arasındaki traheit çift çeper kalınlığı ortalamalarına bakıldığında, ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında az bulaşık sınıftaki ağaçların ilk 8 sekördeki traheit çift çeper kalınlığında ~%10-17 oranında bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu artış oranı 9. ve 10. sektörlerde azalmıştır. Orta bulaşık sınıftaki ağaçlarda ise ilk 4 sektöre kadar ~ %12 oranında bir artış olmuş daha sonraki sektörlerde bu artış oranı ~%4’lere kadar gerilemiştir. Son sektörde ise ~ %12’lik bir artış söz konusudur.

Bulaşıklık sınıflarındaki ağaçların 2006-2010 yılları arasındaki traheit çift çeper kalınlığı ortalamalarına bakıldığında ise, ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında az bulaşık sınıftaki ağaçların ilk 8 sekörde traheit çift çeper kalınlığında ~%10-17 oranında bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu artış oranı 9. ve 10. sektörlerde azalmıştır. Orta bulaşık sınıftaki ağaçlarda ise ilk 4 sektöre kadar ~ %7 oranında bir artış olmuş daha sonraki sektörlerde bu artış oranı ~ %4’ lere kadar gerilemiştir. Son sektörde ise ~ %14’lük bir artış söz konusudur.

Bulaşıklık sınıflarındaki ağaçların 2011-2015 yılları arasındaki traheit çift çeper kalınlığı ortalamalarına bakıldığında, ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında az ve orta bulaşık sınıftaki ağaçların ilk 8 sekördeki traheit çift çeper kalınlığının arasında sırasıyla ~%10 ve %23’lere varan bir artış olduğu tespit edilmiştir. Çok bulaşık sınıftaki ağaçlarda ise ~%1-5 oranında azalma olduğu belirlenmiştir.

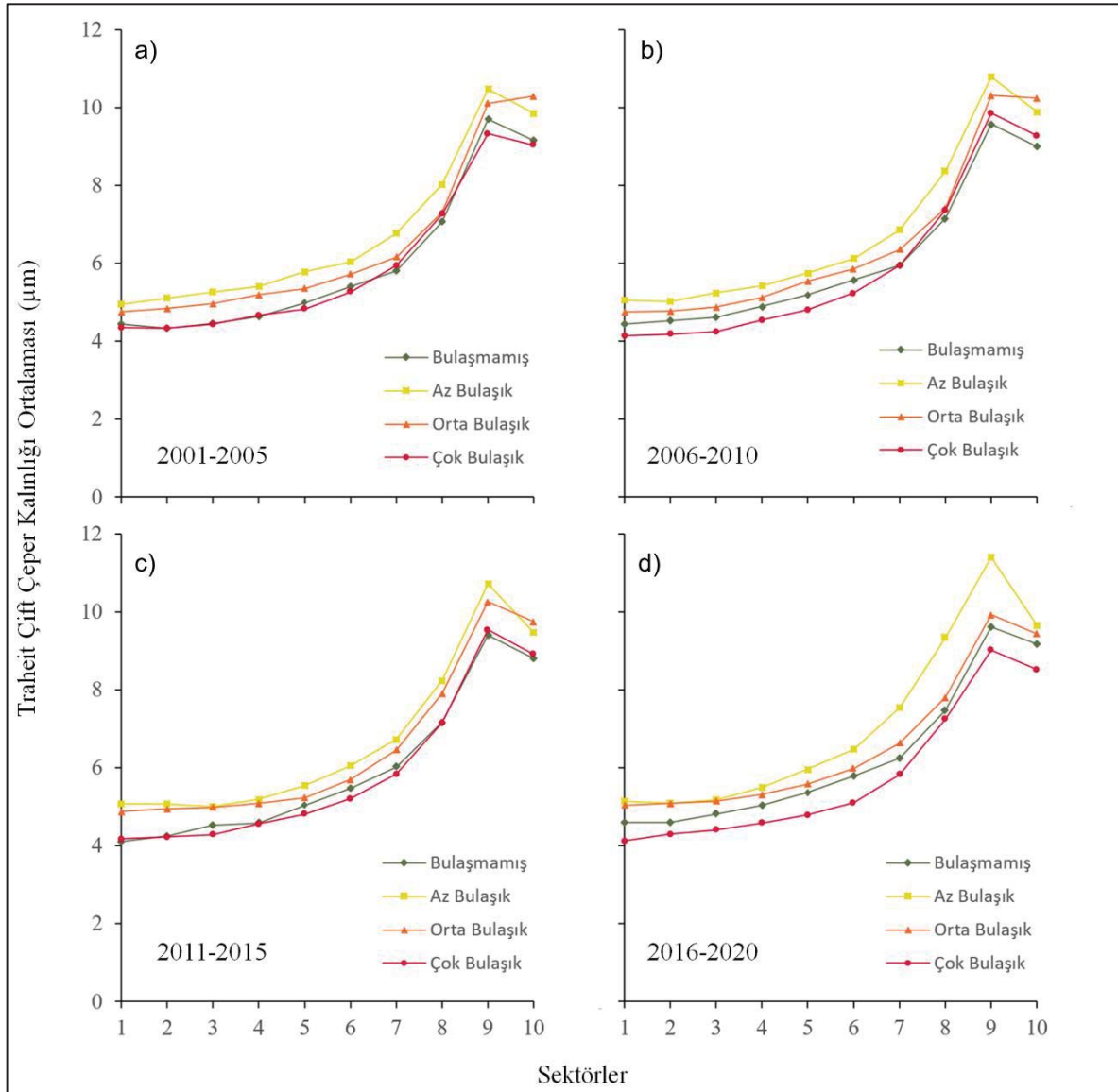
Bulaşıklık sınıflarındaki ağaçların 2016-2020 yılları arasındaki traheit çift çeper kalınlığı ortalamalarına bakıldığında, ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında az ve orta bulaşık sınıftaki ağaçların tüm sekördeki traheit çift çeper kalınlığının arasında sırasıyla ~%5 ve %25’lere varan bir artış olduğu tespit edilmiştir. Çok bulaşık sınıftaki ağaçlarda ise ~%3-12 oranında azalma olduğu belirlenmiştir.

Tablo 14. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların traheit çift çeper kalınlığı ortalamalarının her bir periyot için yıllık halka içerisindeki değişimi. Değerler, her bir sektör için $\pm$ standart hatayı gösteren ortalamaları göstermektedir.

Sektörler (İlkbahar Odunu $\longrightarrow$ Yaz Odunu)											
Periyot	B.S.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Traheit Çift Çeper Kalınlığı Ortalamaları (um) $\pm$ SH											
2001-2005	B	4,44 $\pm$ 0,12	4,34 $\pm$ 0,11	4,47 $\pm$ 0,11	4,64 $\pm$ 0,10	4,99 $\pm$ 0,11	5,41 $\pm$ 0,11	5,81 $\pm$ 0,12	7,07 $\pm$ 0,18	9,71 $\pm$ 0,28	9,15 $\pm$ 0,21
	AB	4,95 $\pm$ 0,14	5,11 $\pm$ 0,15	5,26 $\pm$ 0,14	5,41 $\pm$ 0,15	5,79 $\pm$ 0,17	6,04 $\pm$ 0,16	6,78 $\pm$ 0,20	8,03 $\pm$ 0,26	10,47 $\pm$ 0,32	9,85 $\pm$ 0,24
	OB	4,76 $\pm$ 0,14	4,84 $\pm$ 0,14	4,96 $\pm$ 0,14	5,19 $\pm$ 0,14	5,35 $\pm$ 0,13	5,73 $\pm$ 0,14	6,17 $\pm$ 0,15	7,31 $\pm$ 0,21	10,10 $\pm$ 0,30	10,29 $\pm$ 0,25
	ÇB	4,35 $\pm$ 0,17	4,34 $\pm$ 0,14	4,44 $\pm$ 0,14	4,67 $\pm$ 0,14	4,83 $\pm$ 0,14	5,26 $\pm$ 0,16	5,95 $\pm$ 0,20	7,27 $\pm$ 0,12	9,34 $\pm$ 0,30	9,04 $\pm$ 0,23
2006-2010	B	4,44 $\pm$ 0,16	4,53 $\pm$ 0,15	4,62 $\pm$ 0,14	4,89 $\pm$ 0,12	5,19 $\pm$ 0,14	5,58 $\pm$ 0,15	5,95 $\pm$ 0,17	7,15 $\pm$ 0,21	9,58 $\pm$ 0,25	9,01 $\pm$ 0,15
	AB	5,06 $\pm$ 0,19	5,03 $\pm$ 0,16	5,24 $\pm$ 0,16	5,43 $\pm$ 0,17	5,75 $\pm$ 0,19	6,12 $\pm$ 0,20	6,87 $\pm$ 0,21	8,37 $\pm$ 0,29	10,78 $\pm$ 0,34	9,89 $\pm$ 0,21
	OB	4,76 $\pm$ 0,15	4,78 $\pm$ 0,14	4,88 $\pm$ 0,14	5,13 $\pm$ 0,15	5,55 $\pm$ 0,17	5,86 $\pm$ 0,17	6,36 $\pm$ 0,19	7,41 $\pm$ 0,21	10,31 $\pm$ 0,25	10,24 $\pm$ 0,26
	ÇB	4,14 $\pm$ 0,11	4,19 $\pm$ 0,10	4,26 $\pm$ 0,10	4,55 $\pm$ 0,10	4,81 $\pm$ 0,12	5,24 $\pm$ 0,14	5,95 $\pm$ 0,18	7,37 $\pm$ 0,22	9,86 $\pm$ 0,26	9,28 $\pm$ 0,18
2011-2015	B	4,10 $\pm$ 0,13	4,25 $\pm$ 0,14	4,53 $\pm$ 0,14	4,59 $\pm$ 0,15	5,04 $\pm$ 0,20	5,48 $\pm$ 0,20	6,03 $\pm$ 0,21	7,17 $\pm$ 0,25	9,41 $\pm$ 0,25	8,80 $\pm$ 0,18
	AB	5,08 $\pm$ 0,20	5,07 $\pm$ 0,20	5,01 $\pm$ 0,19	5,19 $\pm$ 0,19	5,55 $\pm$ 0,20	6,05 $\pm$ 0,22	6,73 $\pm$ 0,23	8,23 $\pm$ 0,30	10,71 $\pm$ 0,37	9,47 $\pm$ 0,22
	OB	4,88 $\pm$ 0,16	4,95 $\pm$ 0,16	4,99 $\pm$ 0,15	5,09 $\pm$ 0,16	5,22 $\pm$ 0,16	5,70 $\pm$ 0,17	6,46 $\pm$ 0,21	7,91 $\pm$ 0,25	10,26 $\pm$ 0,26	9,75 $\pm$ 0,23
	ÇB	4,17 $\pm$ 0,12	4,22 $\pm$ 0,13	4,29 $\pm$ 0,11	4,56 $\pm$ 0,11	4,81 $\pm$ 0,12	5,22 $\pm$ 0,13	5,84 $\pm$ 0,16	7,16 $\pm$ 0,21	9,54 $\pm$ 0,25	8,90 $\pm$ 0,19
2016-2021	B	4,60 $\pm$ 0,11	4,59 $\pm$ 0,13	4,81 $\pm$ 0,15	5,03 $\pm$ 0,13	5,36 $\pm$ 0,15	5,79 $\pm$ 0,16	6,25 $\pm$ 0,20	7,47 $\pm$ 0,24	9,61 $\pm$ 0,29	9,18 $\pm$ 0,17
	AB	5,13 $\pm$ 0,21	5,10 $\pm$ 0,20	5,17 $\pm$ 0,20	5,49 $\pm$ 0,18	5,96 $\pm$ 0,21	6,47 $\pm$ 0,21	7,54 $\pm$ 0,24	9,34 $\pm$ 0,34	11,39 $\pm$ 0,36	9,66 $\pm$ 0,25
	OB	5,04 $\pm$ 0,22	5,09 $\pm$ 0,20	5,15 $\pm$ 0,20	5,31 $\pm$ 0,21	5,58 $\pm$ 0,21	5,99 $\pm$ 0,22	6,62 $\pm$ 0,22	7,80 $\pm$ 0,25	9,93 $\pm$ 0,29	9,43 $\pm$ 0,22
	ÇB	4,12 $\pm$ 0,12	4,29 $\pm$ 0,12	4,41 $\pm$ 0,12	4,59 $\pm$ 0,12	4,79 $\pm$ 0,13	5,10 $\pm$ 0,13	5,83 $\pm$ 0,16	7,25 $\pm$ 0,21	9,02 $\pm$ 0,27	8,52 $\pm$ 0,23

BS: Bulaşıklık sınıfı, B: Bulaşmamış, AB: Az Bulaşık, OB: Orta Bulaşık, ÇB: Çok Bulaşık, S1: Sektör 1, S2: Sektör 2, S3: Sektör 3, S4: Sektör 4, S5: Sektör 5, S6: Sektör 6,

BS: Bulaşıklık sınıfı, B: Bulaşmamış, AB: Az Bulaşık, OB: Orta Bulaşık, ÇB: Çok Bulaşık, S1: Sektör 1, S2: Sektör 2, S3: Sektör 3, S4: Sektör 4, S5: Sektör 5, S6: Sektör 6, S7: Sektör 7, S8: Sektör 8, S9: Sektör 9, S10: Sektör 10



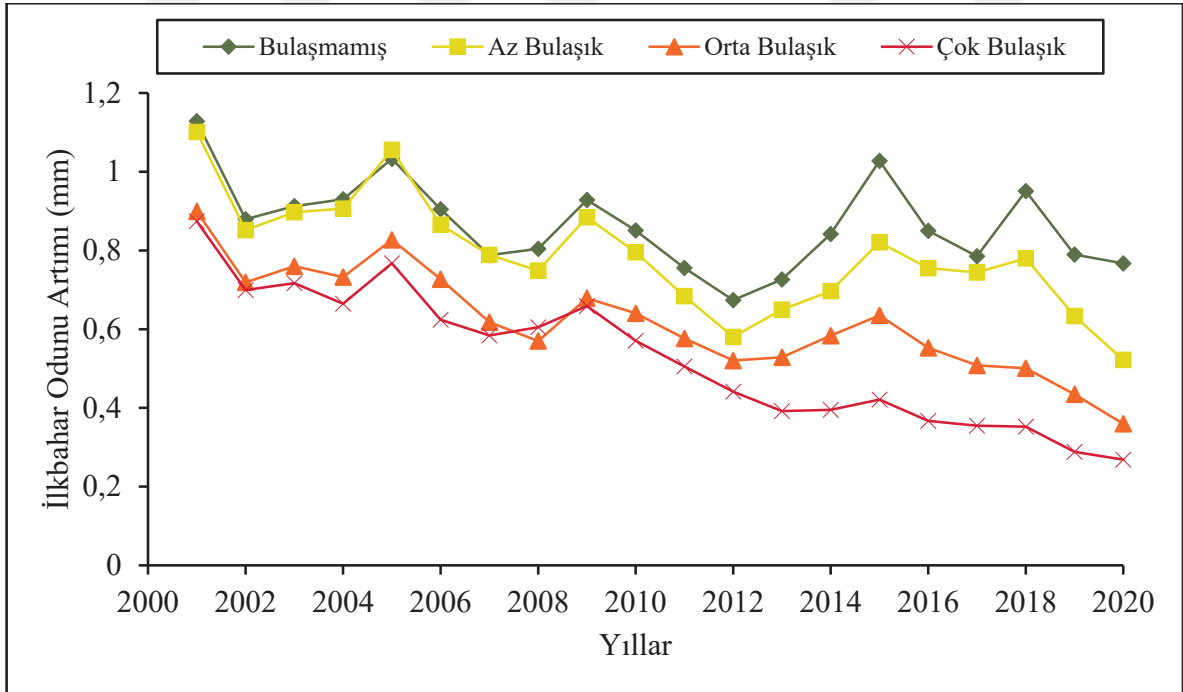
Şekil 40. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların traheit çift çeper kalınlığı ortalamalarının her bir periyot için yıllık halka içerisindeki eğilimlerini gösteren grafikler. 2001-2005 periyodu (a); 2006-210 periyodu (b); 2011-2015 periyodu (c); 2016-2020 periyodu (d)

3.3. Göknaar Ökseotu'nun Toros Göknaarı Artımına Etkileri

Çalışma kapsamında örneklenen ağaçlara ilişkin 2001-2020 yılları arasında ağaçların son 20 yıllık periyotta her yıl gerçekleşen ilkbahar odunu, yaz odunu, yıllık artım değerleri ölçülmüş ve göğüs yüzeyi artımları hesaplanmıştır.

3.3.1. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmarı İlbahar Odunu Artımına Etkileri

Örnek ağaçlara ilişkin 2001-2020 yılları arasında ağaçların her yıl gerçekleştirdiği ilkbahar odunu artımları ölçülmüş ve her bir bulaşıklık sınıfına ait elde edilen ortalama değerler Tablo 15' de verilmiştir. Ökseotu bulaşıklık sınıfları karşılaştırıldığında, 2009 yılına kadar olan ilk 9 yıllık dönemde, az bulaşık olan ağaçların ilkbahar odunu artımının ökseotu bulaşıklığı olmayan ağaçlara oldukça yakın seyrettiği görülmektedir (Şekil 41, Tablo 15). Aynı dönem içerisinde orta derecede bulaşık olan ağaçlar ile çok derecede bulaşık olan ağaçların ilkbahar odunu artımının birbirine yakın olduğu, bulaşma olmayan ağaçlar ile karşılaştırıldığında artım miktarlarında fark olduğu görülmektedir (Şekil 41). 2009 yılında bulaşma olmayan ağaçlar ile bulaşma olan ağaçların tümünün ilkbahar odunu artımlarının bir miktar artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu yıldan sonra, bulaşma olmayan ağaçlar ile bulaşma olan ağaçlar arasındaki ilkbahar odunu artımları arasındaki fark giderek artmaya başlamıştır. Özellikle orta bulaşık ve çok bulaşık ağaçlardaki ilkbahar odunu artım miktarı 2009 yılından sonra azalma eğilimine kademeli olarak devam etmiştir (Şekil 41).



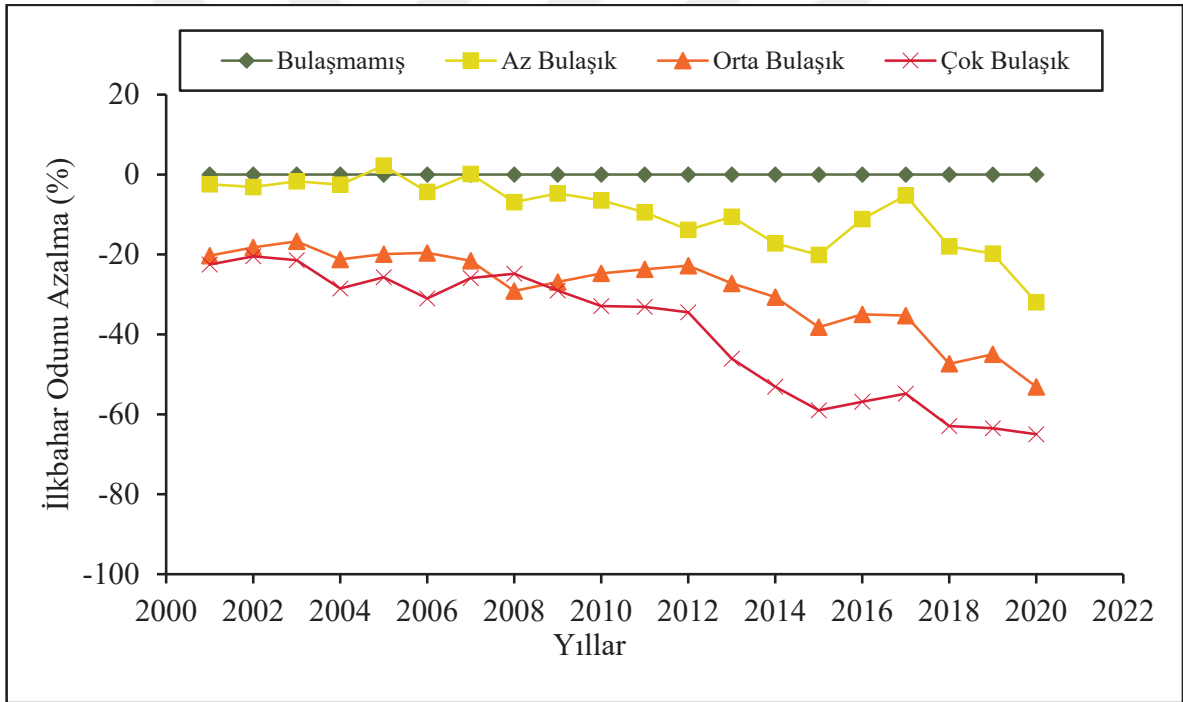
Şekil 41. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlara ait her yıl gerçekleşen ilkbahar odunu artımına ait grafik

Tablo 15. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlara ait ilkbahar odunu artımlarına ait verilere ilişkin özet tablo.

Yıllar	Bulaşmamış				Az Bulaşık				Orta Bulaşık				Çok Bulaşık			
	Ortama İO Artımı (mm)	Standart Hata	Min.	Mak.	Ortama İO Artımı (mm)	Standart Hata	Min.	Mak.	Ortama İO Artımı (mm)	Standart Hata	Min.	Mak.	Ortama İO Artımı (mm)	Standart Hata	Min.	Mak.
2001	1,13	0,12	0,50	2,16	1,10	0,24	0,28	3,03	0,90	0,10	0,52	1,95	0,87	0,13	0,28	2,05
2002	0,88	0,11	0,30	1,84	0,85	0,14	0,27	1,68	0,72	0,08	0,35	1,38	0,70	0,11	0,24	1,53
2003	0,91	0,11	0,29	1,71	0,90	0,13	0,24	1,82	0,76	0,08	0,32	1,56	0,72	0,10	0,27	1,64
2004	0,93	0,13	0,20	1,95	0,91	0,14	0,27	1,79	0,73	0,09	0,27	1,69	0,66	0,09	0,24	1,47
2005	1,03	0,13	0,36	2,21	1,06	0,19	0,31	2,52	0,83	0,11	0,22	1,92	0,77	0,10	0,26	1,80
2006	0,90	0,10	0,32	1,76	0,87	0,14	0,27	2,00	0,73	0,08	0,35	1,49	0,62	0,08	0,19	1,46
2007	0,79	0,10	0,20	1,60	0,79	0,12	0,20	1,70	0,62	0,07	0,30	1,10	0,58	0,07	0,30	1,10
2008	0,80	0,11	0,30	1,98	0,75	0,13	0,26	1,82	0,57	0,06	0,33	0,97	0,60	0,07	0,22	1,18
2009	0,93	0,10	0,38	1,94	0,88	0,12	0,28	1,78	0,68	0,08	0,29	1,41	0,66	0,08	0,21	1,59
2010	0,85	0,13	0,32	2,00	0,80	0,11	0,19	1,46	0,64	0,08	0,34	1,55	0,57	0,07	0,18	1,36
2011	0,76	0,11	0,33	1,75	0,68	0,08	0,20	1,14	0,58	0,06	0,24	0,96	0,51	0,06	0,14	1,15
2012	0,67	0,10	0,25	1,60	0,58	0,07	0,26	0,99	0,52	0,06	0,18	0,85	0,44	0,05	0,10	0,89
2013	0,73	0,11	0,34	1,79	0,65	0,07	0,31	1,10	0,53	0,06	0,16	0,94	0,39	0,04	0,08	0,69
2014	0,84	0,12	0,28	1,68	0,70	0,08	0,26	1,29	0,58	0,08	0,13	1,10	0,40	0,05	0,09	0,83
2015	1,03	0,15	0,41	2,17	0,82	0,09	0,38	1,41	0,64	0,08	0,08	1,30	0,42	0,06	0,07	1,10
2016	0,85	0,12	0,27	1,77	0,76	0,09	0,34	1,44	0,55	0,08	0,09	1,15	0,37	0,05	0,04	1,00
2017	0,79	0,08	0,28	1,40	0,74	0,07	0,36	1,33	0,51	0,07	0,04	0,96	0,35	0,05	0,07	1,05
2018	0,95	0,12	0,23	1,84	0,78	0,08	0,31	1,44	0,50	0,08	0,07	1,03	0,35	0,06	0,03	1,18
2019	0,79	0,10	0,12	1,61	0,63	0,07	0,30	1,14	0,43	0,07	0,02	0,93	0,29	0,05	0,04	0,99
2020	0,77	0,10	0,09	1,50	0,52	0,06	0,37	1,01	0,36	0,08	0,02	0,71	0,27	0,07	0,03	0,76

İO : ilkbahar odunu

2001-2020 yılları arasında her bir yıl için ökseotu bulaşmış ağaçların ilkbahar odunu artımı ortalamaları, ökseotu bulaşmamış ağaçlara ait ilkbahar odunu artımı ortalamalarına bölünerek her bir sınıf için ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla artım kaybı yüzdesi hesaplanmış ve Şekil 42’de gösterilmiştir. 2010 yılına kadar olan ilk 10 yıllık dönemde tüm bulaşıklık sınıflarına ait azalma yüzdesinin yatay seyrettiği ve ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında az bulaşık ağaçların ilkbahar odunu artımı azalma yüzdesinin çok düşük olduğu görülmektedir. 2010 yılından sonraki dönemde tüm bulaşık sınıflarının ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla ilkbahar odunu artımındaki azalma yüzdesi giderek artmıştır. 2020 yılına gelindiğinde, bu azalma yüzdesi orta bulaşık ağaçların bulunduğu sınıfta %53’e ulaşırken, çok bulaşık ağaçların bulunduğu sınıfta %65’e ulaşmıştır.



Şekil 42. Ökse otu bulaşmış ağaçların, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla ilkbahar odunu artımlarındaki azalmanın yıllar itibari ile değişimine ait grafik.

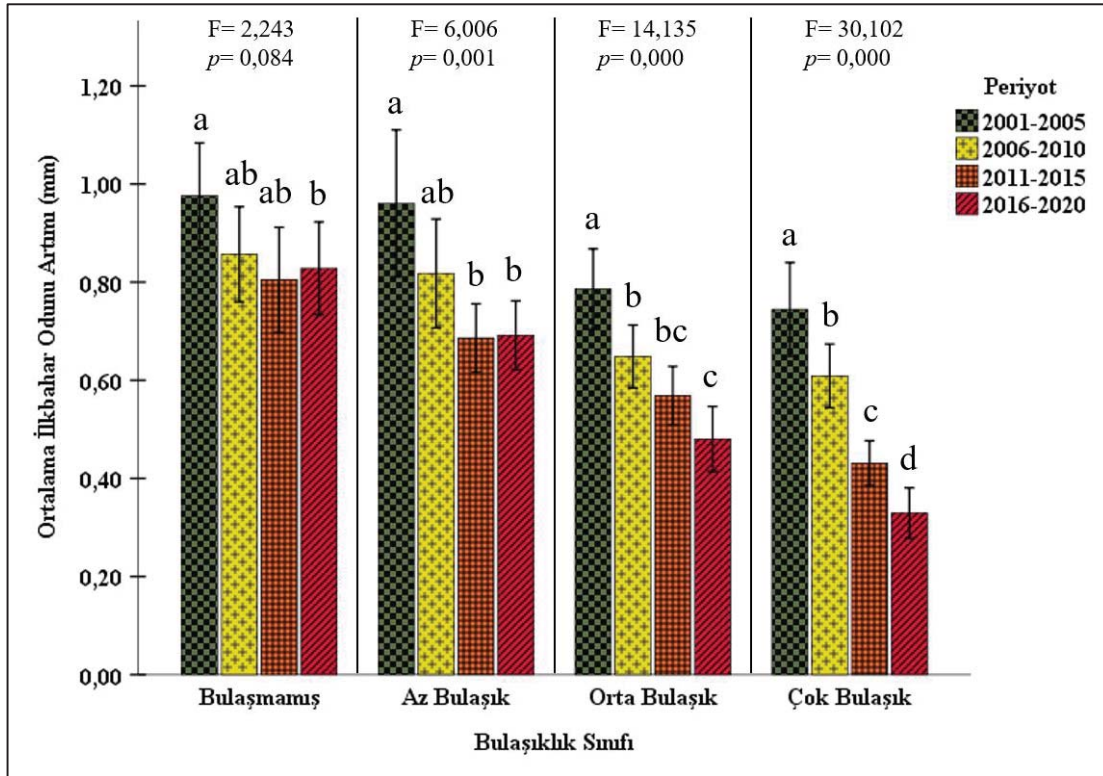
Örneklenen ağaçlara ait ölçülen ilkbahar odunu artımlarının, periyot ortalamaları ve bulaşıklık sınıfı ortalamaları ve periyotlardaki her bir bulaşıklık sınıfının bulaşmamış sınıfa oranla artış-azalış yüzdeleri hesaplanarak Tablo 16’da verilmiştir. Her bir bulaşıklık sınıfına ait periyotlar arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı varyans analizi ile test edilmiştir.

Tablo 16. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların ilkbahar odunu artımı verilerine ait bulaşıklık sınıfları ve periyot ortalamalarına ilişkin özet tablo.

Periyot	Bulaşmamış	Az Bulaşık	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Bulaşma Olmayanlara Göre % Değişim		
	Ort. İOA (mm) $\pm$ SH	Ort. İOA (mm) $\pm$ SH	Ort. İOA (mm) $\pm$ SH	Ort. İOA (mm) $\pm$ SH	Az	Orta	Çok
2001-2005	0,98 $\pm$ 0,05	0,96 $\pm$ 0,07	0,79 $\pm$ 0,04	0,74 $\pm$ 0,05	-1,60	-19,47	-23,71
2006-2010	0,86 $\pm$ 0,05	0,82 $\pm$ 0,06	0,65 $\pm$ 0,03	0,61 $\pm$ 0,03	-4,56	-24,31	-28,92
2011-2015	0,80 $\pm$ 0,05	0,69 $\pm$ 0,03	0,57 $\pm$ 0,03	0,43 $\pm$ 0,02	-14,76	-29,36	-46,44
2016-2020	0,83 $\pm$ 0,05	0,69 $\pm$ 0,04	0,48 $\pm$ 0,03	0,33 $\pm$ 0,03	-16,47	-42,01	-60,21

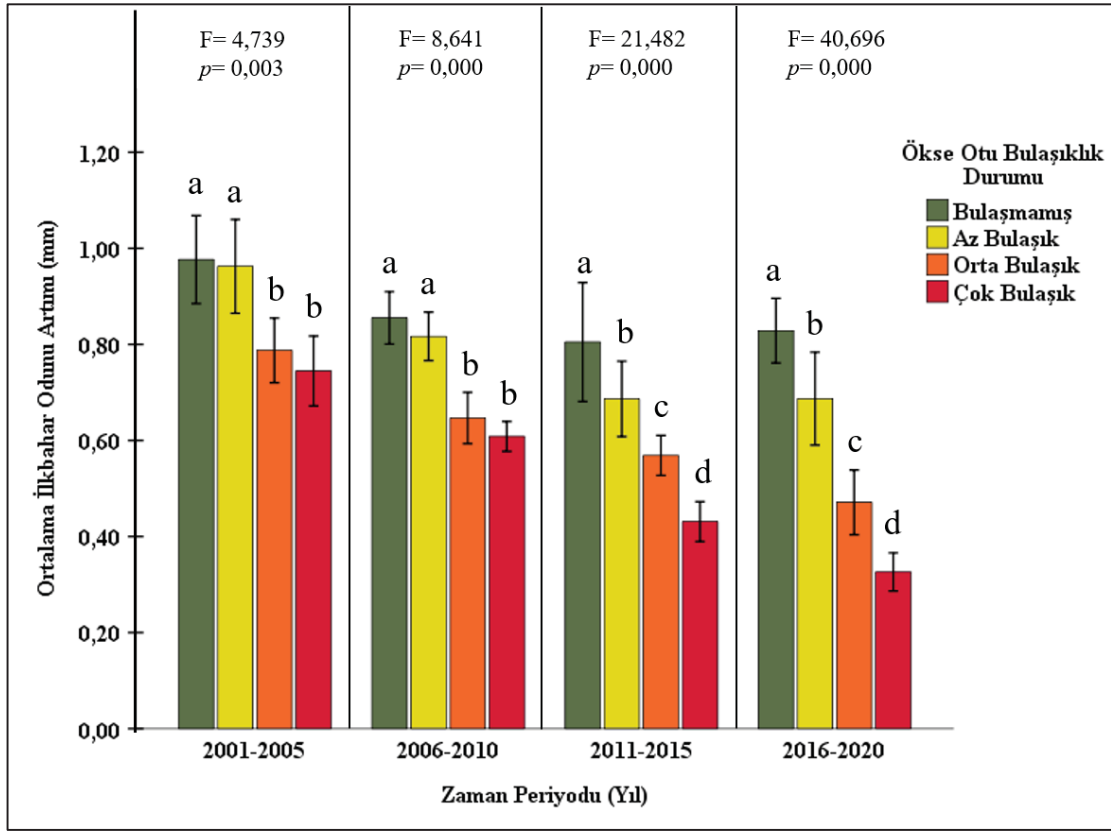
İOA : İlkbahar odunu artımı

Ökseotu bulaşmamış ağaçların ilkbahar odunu artımı miktarlarına bakıldığında, periyot ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir (Şekil 43). Az bulaşık ağaçların ilkbahar odunu artımları değerlendirildiğinde, periyot ortalamaları arasında anlamlı farklılık ($p<0,01$) bulunduğu tespit edilmiştir. Yapılan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre bu sınıfta periyot ortalamaları açısından üç farklı grup olduğu, ağaçların 2011-2015 periyodu ve 2016-2020 periyodu arasında gerçekleştirmiş olduğu ilkbahar odunu artımının birbirine yakın ve aynı grupta yer aldığı ve 2001-2005 periyoduna göre daha düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 43). Orta ve çok bulaşık ağaçların ilkbahar odunu artımları değerlendirildiğinde, periyot ortalamalarının istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($p<0,001$) gösterdiği tespit edilmiştir. Orta bulaşık ağaçların periyot ortalamaları bakımından dört farklı grup olduğu ve en düşük ilkbahar artım ortalaması değerinin 0,48 mm ile 2016-2020 periyodunda gerçekleştiği belirlenmiştir (Tablo 16). Çok bulaşık ağaçlarda ise her bir periyot ilkbahar odunu artımı ortalamaları tek başına birer grupta yer almış ve 2001-2005 periyodundan 2016-2020 periyoduna doğru ilkbahar odunu artımı düzenli olarak azaldığı tespit edilmiştir. Bu bulaşıklık sınıfında en yüksek ortalama artım değerinin 0,74 mm ile 2001-2005 periyodunda, en düşük ortalama artım değerinin ise 0,33 mm ile 2016-2020 periyodunda gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 43, Tablo 16).



Şekil 43. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların, ilkbahar odunu artımı periyot ortalamaları ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p<0.05$).

Her bir periyottaki bulaşıklık sınıflarına ait ortalama ilkbahar odunu artımları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ile ilgili yapılan varyans analizi ve oluşan farklılıkların hangi bulaşıklık sınıflarından kaynaklandığına ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucu Şekil 44’de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, bütün periyotlarda bulaşıklık sınıflarına ait ortalama ilkbahar odunu artımları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,001$) tespit edilmiştir (Şekil 44). Çoklu karşılaştırma testi ile her periyotta bu farklılıkların hangi bulaşıklık sınıflarından kaynaklandığı incelenmiştir. 2001-2005 periyodunda iki farklı grup oluşurken bulaşmamış ve az bulaşmış ağaçlar bir grupta, orta bulaşık ve çok bulaşık ağaçlar ise diğer grupta yer almıştır (Şekil 44). Bu periyottaki ilkbahar odunu artımları bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında, orta ve çok bulaşık ağaçlara ait ilkbahar odunu artımının sırasıyla %19,47 ve %23,71 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 16).

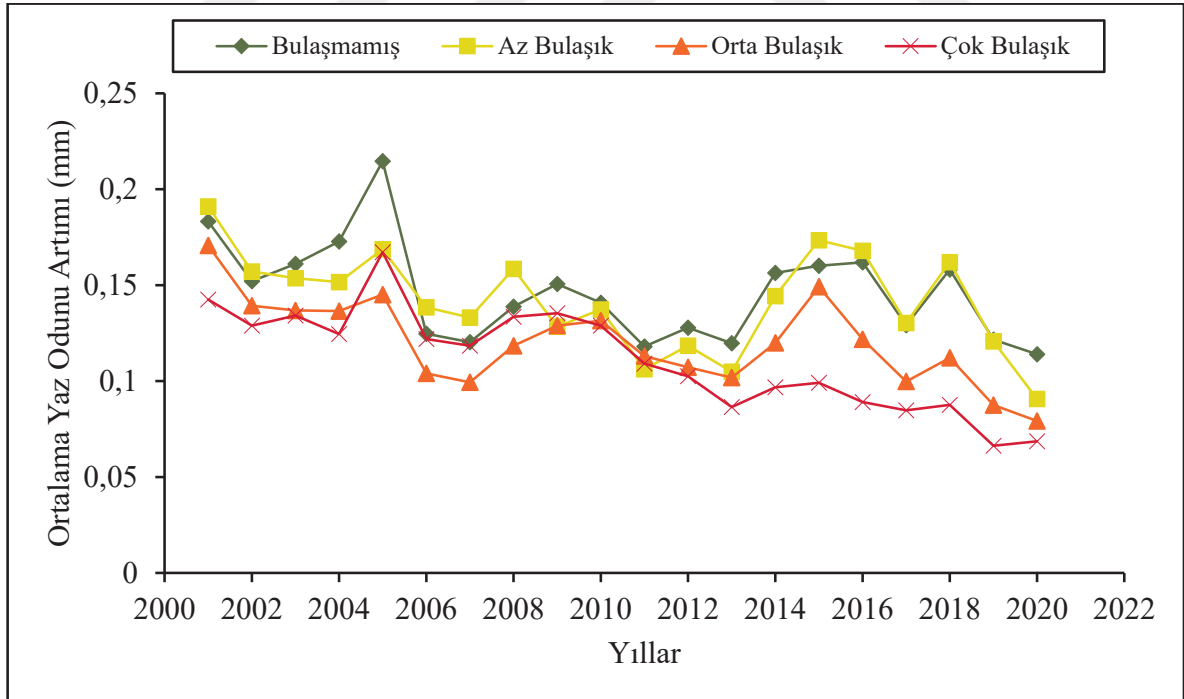


Şekil 44. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların ilkbahar odunu artımı verilerine ait bulaşıklık sınıfları ortalamalarının her bir periyottaki karşılaştırılması. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı, farklı harfler ise post-hoc testine göre anlamlı farklılıkları işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

2006-2010 periyodunda bir önceki periyottakine benzer durum söz konusu olup, orta ve çok bulaşık ağaçlara ait ilkbahar odunu artımı bir miktar daha azalarak bu oran sırasıyla %24,31 ve %28,92 olmuştur (Tablo 16). 2011-2015 ve 2016-2020 periyodunda bulaşıklık sınıfı ortalamaları birbirinden anlamlı olarak farklıdır ve ilkbahar odunu artımı bulaşıklık derecesi arttıkça düzenli bir şekilde azalmıştır (Şekil 44). Ökseotu bulaşmamış ağaçlara kıyasla 2011-2015 periyodunda ilkbahar odunu artımı az, orta ve çok bulaşık ağaçlarda sırasıyla %14,76, %29,36, %46,44 oranlarında azalırken, 2016-2020 periyodunda sırasıyla %16,47, %42,01, %60,21 oranlarında azalmıştır (Tablo 16).

3.3.2. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmarı Yaz Odunu Artımına Etkileri

Örnek ağaçlara ilişkin 2001-2020 yılları arasında her yıl gerçekleşen ortalama yaz odunu artımları Tablo 17'de verilmiştir. Ökseotu bulaşıklık sınıfları karşılaştırıldığında, 2013 yılına kadar olan ilk 13 yıllık dönemde, bütün bulaşıklık sınıflarındaki ağaçların yaz odunu artımının birbirlerine yakın seyrettiği görülmektedir (Şekil 45, Tablo 17). Bu dönem içerisinde 2005 yılında bütün sınıflarda ciddi bir artış olmuş ancak genel eğilim olarak tedrici bir azalma söz konusudur. 2013 yılından sonra çok bulaşık ağaçlar için yaz odunu artımındaki azalma eğilimi devam etmiş, diğer bulaşıklık sınıflarında ise 2017 yılına kadar bir artış eğilimi söz konusu olmuştur. 2017 yılından sonra ise bütün bulaşıklık sınıflarında yaz odunu artımı azalmıştır (Şekil 45). Bu yıldan sonra, bulaşma olmayan ağaçlar ile az bulaşık olan ağaçlara ait yaz odunu artımı aynı yönde ve birlikte seyretnmiştir. Orta derecede bulaşık ağaçlar ve çok bulaşık ağaçlara ait ortalama yaz odunu artımı ile ökseotu bulaşmamış ağaçlara ait ortalama yaz odunu artımı karşılaştırıldığında aradaki fark giderek artmıştır (Şekil 45).



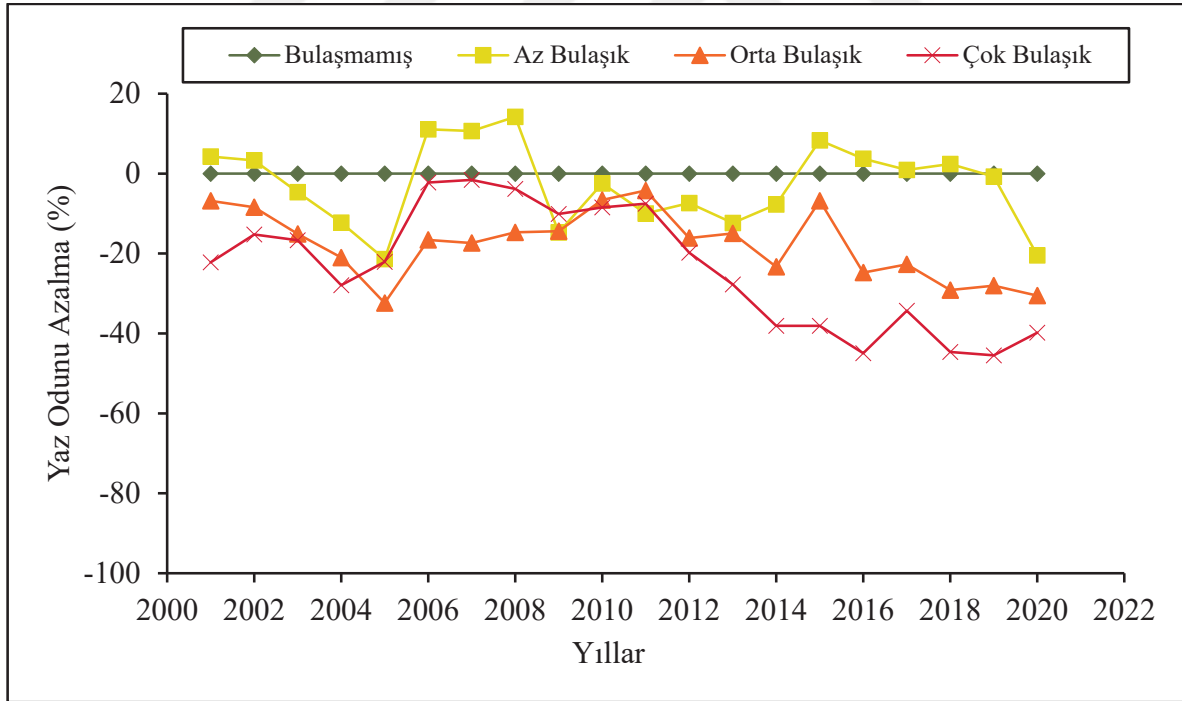
Şekil 45. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlara ait her yıl gerçekleşen yaz odunu artımına ait grafik

Tablo 17. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlara ait yaz odunu artımlarına ait verilere ilişkin özet tablo.

Yıllar	Bulaşmamış				Az Bulaşık				Orta Bulaşık				Çok Bulaşık			
	Ortama YO Artımı (mm)	Standart Hata	Min.	Mak.	Ortama YO Artımı (mm)	Standart Hata	Min.	Mak.	Ortama YO Artımı (mm)	Standart Hata	Min.	Mak.	Ortama YO Artımı (mm)	Standart Hata	Min.	Mak.
2001	0,18	0,02	0,07	0,30	0,19	0,04	0,08	0,55	0,17	0,02	0,07	0,35	0,14	0,02	0,06	0,31
2002	0,15	0,02	0,07	0,36	0,16	0,03	0,06	0,46	0,14	0,01	0,06	0,30	0,13	0,02	0,06	0,38
2003	0,16	0,03	0,05	0,35	0,15	0,02	0,06	0,29	0,14	0,01	0,07	0,24	0,13	0,02	0,05	0,35
2004	0,17	0,03	0,06	0,35	0,15	0,02	0,07	0,27	0,14	0,02	0,06	0,34	0,12	0,02	0,05	0,32
2005	0,21	0,04	0,06	0,48	0,17	0,02	0,07	0,29	0,15	0,02	0,05	0,29	0,17	0,02	0,05	0,42
2006	0,12	0,01	0,05	0,21	0,14	0,01	0,07	0,26	0,10	0,01	0,06	0,20	0,12	0,01	0,04	0,29
2007	0,12	0,01	0,06	0,22	0,13	0,02	0,06	0,26	0,10	0,01	0,05	0,19	0,12	0,02	0,06	0,32
2008	0,14	0,02	0,05	0,31	0,16	0,02	0,05	0,31	0,12	0,01	0,05	0,26	0,13	0,02	0,04	0,31
2009	0,15	0,02	0,08	0,27	0,13	0,01	0,07	0,22	0,13	0,01	0,08	0,27	0,14	0,03	0,05	0,54
2010	0,14	0,02	0,06	0,24	0,14	0,02	0,06	0,27	0,13	0,01	0,07	0,25	0,13	0,02	0,05	0,38
2011	0,12	0,01	0,06	0,25	0,11	0,01	0,06	0,18	0,11	0,01	0,06	0,24	0,11	0,02	0,04	0,31
2012	0,13	0,02	0,07	0,28	0,12	0,01	0,05	0,20	0,11	0,01	0,04	0,16	0,10	0,01	0,03	0,27
2013	0,12	0,02	0,07	0,24	0,10	0,01	0,04	0,20	0,10	0,01	0,04	0,17	0,09	0,01	0,02	0,26
2014	0,16	0,02	0,06	0,29	0,14	0,02	0,05	0,25	0,12	0,01	0,05	0,21	0,10	0,01	0,04	0,27
2015	0,16	0,02	0,08	0,29	0,17	0,03	0,07	0,44	0,15	0,02	0,03	0,29	0,10	0,02	0,03	0,27
2016	0,16	0,02	0,07	0,30	0,17	0,02	0,07	0,37	0,12	0,02	0,03	0,27	0,09	0,01	0,03	0,23
2017	0,13	0,02	0,05	0,21	0,13	0,02	0,06	0,25	0,10	0,01	0,03	0,17	0,08	0,01	0,02	0,26
2018	0,16	0,02	0,05	0,27	0,16	0,02	0,08	0,30	0,11	0,01	0,02	0,23	0,09	0,01	0,02	0,22
2019	0,12	0,01	0,03	0,21	0,12	0,01	0,07	0,22	0,09	0,01	0,02	0,15	0,07	0,01	0,03	0,15
2020	0,11	0,01	0,02	0,18	0,09	0,01	0,05	0,17	0,08	0,01	0,03	0,13	0,07	0,01	0,02	0,19

YO: Yaz odunu

2001-2020 yılları arasında her bir yıl için ökseotu bulaşmış ağaçlara ait yaz odunu artımı ortalamaları, ökseotu bulaşmamış ağaçlara ait yaz odunu artımı ortalamalarına oranlanarak her bir sınıf için ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla artım kaybı yüzdesi hesaplanmış ve Şekil 46'da gösterilmiştir. 2005 yılına kadar olan ilk 5 yıllık dönemde tüm ökseotu bulaşıklığı olan sınıflarda yıllar geçtikçe yaz odunu artımının azalma yüzdesi artmıştır. 2005 yılından 2010 yılına kadar olan dönemde tüm bulaşıklık sınıflarına ait azalma yüzdesinin yatay seyrettiği görülmektedir. Bu dönemde ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında az bulaşık ağaçların bazı yıllarda negatif yönden pozitive dönerek ökseotu bulaşmamış ağaçlardan yaklaşık %15-20 oranında daha fazla yaz odunu artımı yaptığı tespit edilmiştir. 2010 yılından sonraki dönemde tüm bulaşık sınıflarının ökseotu bulaşıklığı olmayan ağaçlara oranla yaz odunu artımındaki azalma yüzdesi giderek artmıştır. 2020 yılına gelindiğinde, bu azalma yüzdesi orta bulaşık ağaçlarda %30'a ulaşırken, çok bulaşık ağaçların bulunduğu sınıfta %40'a ulaşmıştır (Şekil 46).



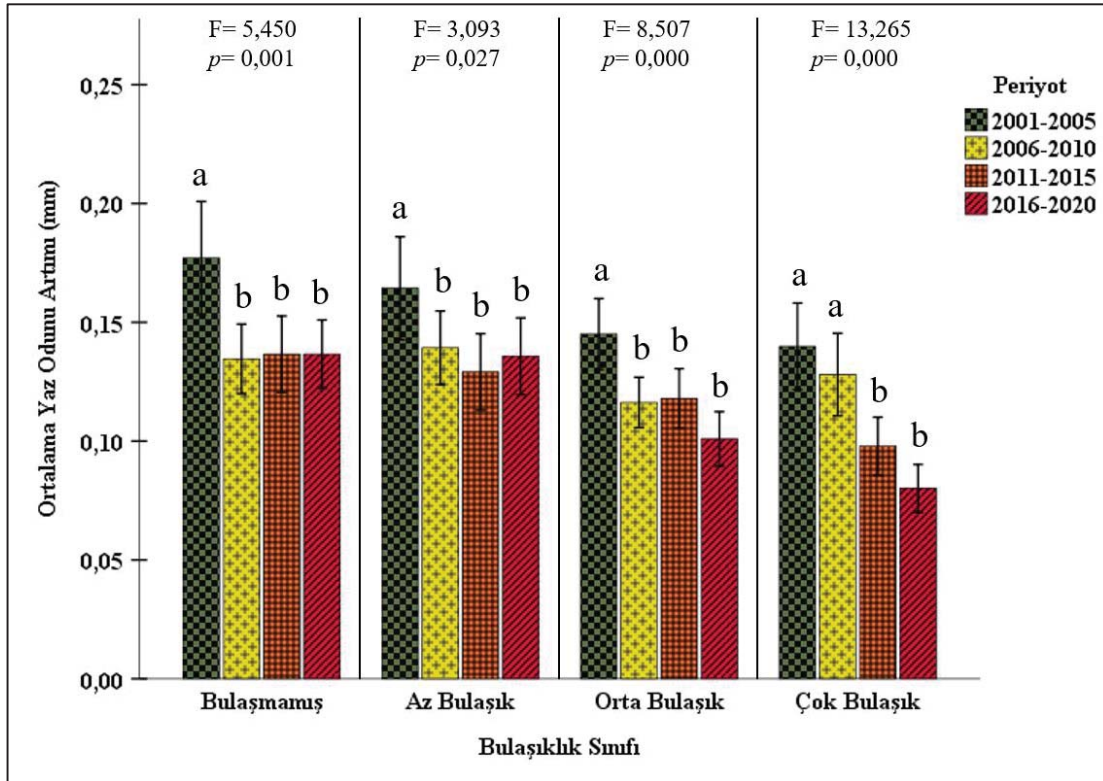
Şekil 46. Ökseotu bulaşmış ağaçların, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla yaz odunu artımlarındaki azalmanın yıllar itibari ile değişimine ait grafik.

Örneklenen ağaçlara ait ölçülen yaz odunu artımlarının, periyot ortalamaları ve bulaşıklık sınıfı ortalamaları ve periyotlardaki her bir bulaşıklık sınıfının bulaşmamış sınıfa oranla artış-azalış yüzdeleri hesaplanarak Tablo 18’de verilmiştir. Her bir bulaşıklık sınıfına ait periyotlar arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı varyans analizi ile test edilmiştir.

Tablo 18. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu artımı verilerine ait bulaşıklık sınıfları ve periyot ortalamalarına ilişkin özet tablo.

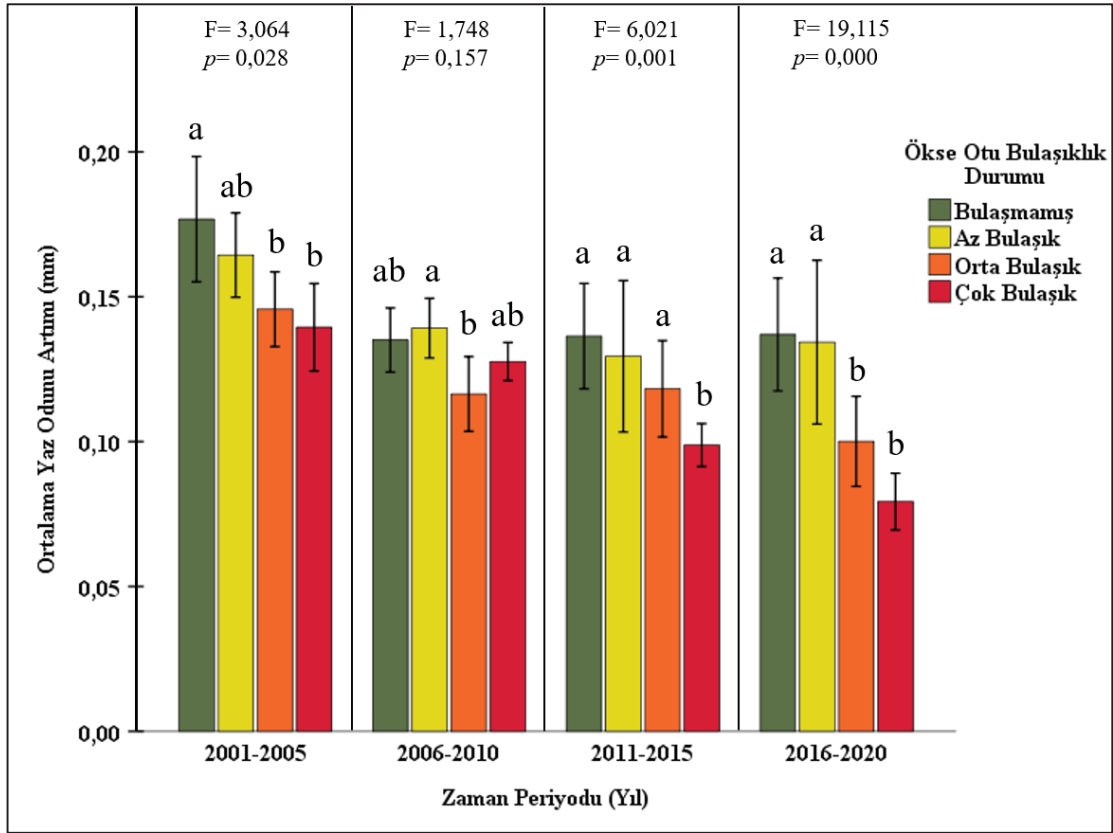
Periyot	Bulaşmamış	Az Bulaşık	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Bulaşma Olmayanlara Göre Yüzde Değişim		
	Ort. YOA (mm) $\pm$ SH	Ort. YOA (mm) $\pm$ SH	Ort. YOA (mm) $\pm$ SH	Ort. YOA (mm) $\pm$ SH	Az	Orta	Çok
2001-2005	0,18 $\pm$ 0,01	0,16 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,01	0,14 $\pm$ 0,01	-7,23	-18,07	-21,01
2006-2010	0,13 $\pm$ 0,01	0,14 $\pm$ 0,01	0,12 $\pm$ 0,01	0,13 $\pm$ 0,01	3,49	-13,60	-4,90
2011-2015	0,14 $\pm$ 0,01	0,13 $\pm$ 0,01	0,12 $\pm$ 0,01	0,10 $\pm$ 0,01	-5,49	-13,62	-28,33
2016-2020	0,14 $\pm$ 0,01	0,14 $\pm$ 0,01	0,10 $\pm$ 0,01	0,08 $\pm$ 0,01	-0,66	-26,13	-41,36

Ökseotu bulaşmamış, az bulaşık ve orta bulaşık sınıftaki ağaçların yaz odunu artımı miktarlarına bakıldığında, periyot ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 47). Bu üç sınıfa ait çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına bakıldığında 2006-2010, 2011-2015 ve 2016-2020 periyodunun aynı grupta yer aldığı, 2001-2005 periyodunun ise daha yüksek yaz odunu artımı değerine sahip olarak farklı bir grupta yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 47). Çok bulaşık ağaçların ortalama ilkbahar odunu artımları değerlendirildiğinde, periyot ortalamaları arasında anlamlı farklılık ($p<0,01$) bulunduğu tespit edilmiştir. Yapılan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre bu sınıfta periyot ortalamaları açısından iki farklı grup olduğu, ağaçların 2001-2005 ve 2006-2010 periyodu arasında gerçekleştirmiş olduğu yaz odunu artımının birbirine yakın ve aynı grupta yer aldığı 2011-2015 periyodu ile 2016-2020 periyodu arasında gerçekleştirmiş olduğu yaz odunu artımının birbirine yakın ve aynı grupta daha düşük değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 47). Bu bulaşıklık sınıfında en yüksek ortalama artım değerinin 0,14 mm ile 2001-2005 periyodunda, en düşük ortalama artım değerinin ise 0,08 mm ile 2016-2020 periyodunda gerçekleştiği belirlenmiştir (Tablo 18).



Şekil 47. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların, ilkbahar odunu artımı periyot ortalamaları ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

Her bir periyottaki bulaşıklık sınıflarına ait ortalama ilkbahar odunu artımları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ile ilgili yapılan varyans analizi ve oluşan farklılıkların hangi bulaşıklık sınıflarından kaynaklandığına ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucu Şekil 48’de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, 2001-2005 periyodunda bulaşıklık sınıflarına ait yaz odunu artımlarının istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p < 0,05$) gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 48). Çoklu karşılaştırma testi sonucuna bakıldığında, ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile az bulaşık ağaçlar arasındaki farkın fazla belirgin olmadığı, orta ve çok bulaşık ağaçlar ile ökseotu bulaşmamış ağaçlar arasındaki yaz odunu farkının ise daha belirgin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 48).

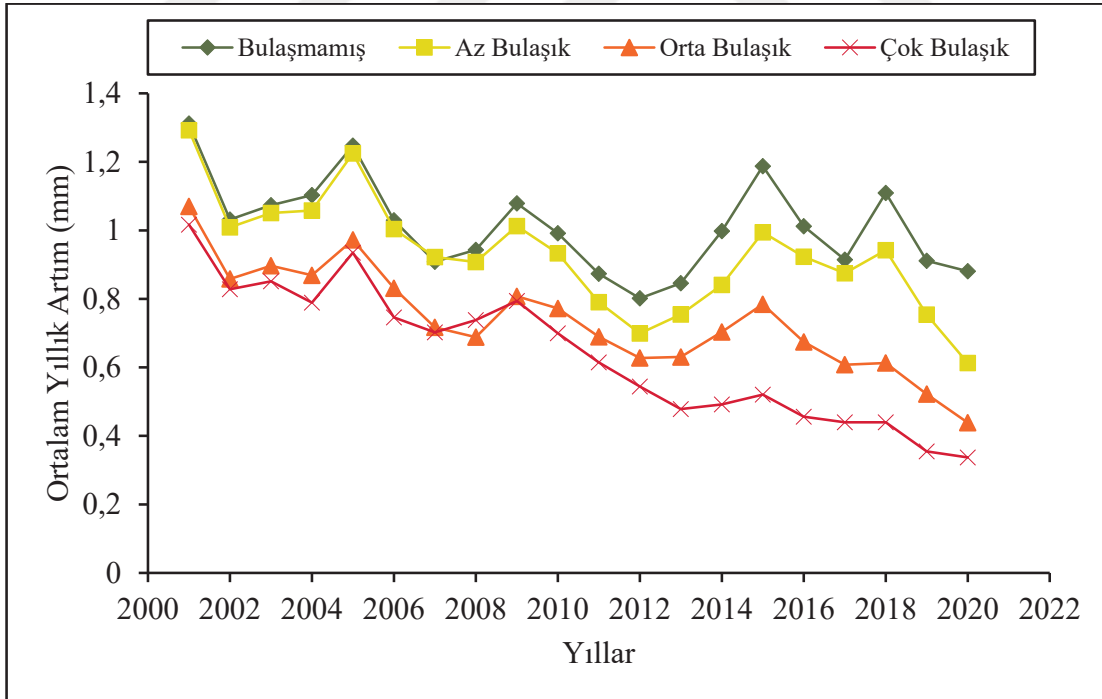


Şekil 48. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yaz odunu artımı verilerine ait bulaşıklık sınıfları ortalamalarının her bir periyottaki karşılaştırılması. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı, farklı harfler ise post-hoc testine göre anlamlı farklılıkları işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

2006-2010 periyodunda bulaşıklık sınıflarına ait yaz odunu artımları arasında anlamlı farklılıklar ($p > 0,05$) olmadığı tespit edilmiştir. 2011-2015 ve 2016-2020 periyodunda bulaşıklık sınıflarına ait yaz odunu artımlarının %99 güven düzeyi ile farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 48). 2011-2015 periyodunda çok bulaşık ağaçların yaz odunu artımı bulaşmamış ağaçlara göre %28 oranında azalmış ve diğer gruplardan farklı olarak tek başına bir grup oluşturmuştur (Şekil 48, Tablo 18). 2016-2020 periyodunda ise ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile az bulaşık ağaçların yaz odunu artımı ortalamaları birbirine yakın ve aynı grupta iken orta bulaşık ve çok bulaşık ağaçlar diğer bir grupta yer almıştır. Bu periyotta orta bulaşık ve çok bulaşık ağaçların, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla yaz odunu artımı kaybına bakıldığında sırasıyla %26 ve %41 oranında bir azalma olduğu tespit edilmiştir (Tablo 18).

3.3.3. Göknaar Ökseotu'nun Toros Göknaarı Yıllık Artıma Etkileri

Örnek ağaçlara ilişkin 2001-2020 yılları arasında her yıl gerçekleşen yıllık artım miktarı ölçülmüş ve her bir bulaşıklık sınıfına ait elde edilen ortalama değerler Tablo 9'da verilmiştir. Ökseotu bulaşıklık sınıfları karşılaştırıldığında, 2009 yılına kadar olan ilk 9 yıllık dönemde, az bulaşma olan ağaçların artımının ökseotu bulaşıklığı olmayan ağaçlara oldukça yakın seyrettiği görülmektedir (Şekil 49, Tablo 19). Aynı dönem içerisinde orta derecede bulaşık olan ağaçlar ile çok derecede bulaşık olan ağaçların artımının da birbirine yakın olduğu, bulaşma olmayan ağaçlar ile karşılaştırıldığında artım miktarları arasında da fark olduğu görülmektedir (Şekil 49). 2009 yılında bulaşma olmayan ağaçlar ile bulaşma olan ağaçların tümünün artımlarının bir miktar artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu yıldan sonra, bulaşma olmayan ağaçlar ile bulaşma olan ağaçlar arasındaki artım miktarları arasındaki fark giderek artmaya başlamıştır. Özellikle orta bulaşık ve çok bulaşık ağaçlardaki artım miktarı 2009 yılından sonra giderek azalma eğilimine devam ettiği tespit edilmiştir (Şekil 49).

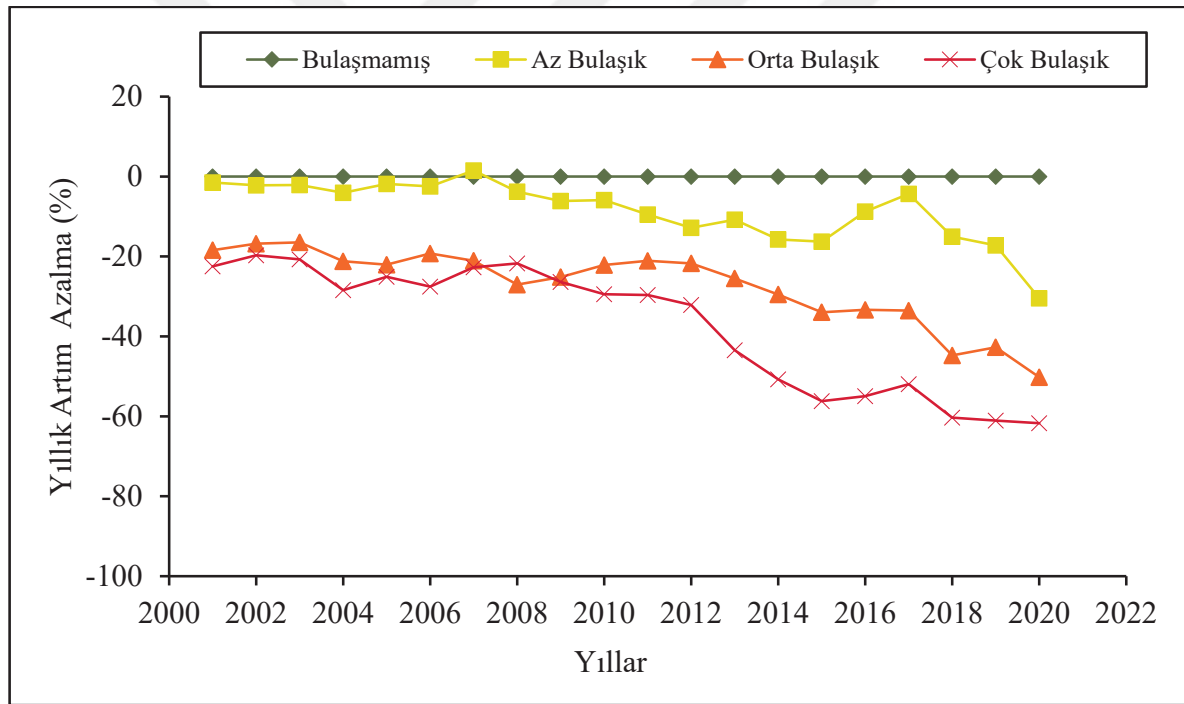


Şekil 49. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlara ait her yıl gerçekleşen yıllık artıma ait grafik

Tablo 19. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yıllık artımlarına ait verilere ilişkin özet tablo.

Bulaşmamış					Az Bulaşık				Orta Bulaşık				Çok Bulaşık			
Yıllar	Ortama Yıllık Artım (mm)	Standart Hata	Min.	Mak.	Ortama Yıllık Artım (mm)	Standart Hata	Min.	Mak.	Ortama Yıllık Artım (mm)	Standart Hata	Min.	Mak.	Ortama Yıllık Artım (mm)	Standart Hata	Min.	Mak.
2001	1,31	0,14	0,57	2,46	1,29	0,27	0,37	3,58	1,07	0,12	0,59	2,25	1,02	0,15	0,34	2,36
2002	1,03	0,12	0,37	2,03	1,01	0,16	0,33	2,14	0,86	0,09	0,43	1,51	0,83	0,13	0,31	1,83
2003	1,07	0,13	0,34	1,95	1,05	0,15	0,30	2,05	0,90	0,09	0,39	1,78	0,85	0,12	0,32	1,98
2004	1,10	0,15	0,26	2,20	1,06	0,15	0,34	2,03	0,87	0,10	0,34	1,97	0,79	0,10	0,30	1,70
2005	1,25	0,16	0,42	2,70	1,22	0,20	0,40	2,75	0,97	0,12	0,27	2,14	0,93	0,12	0,31	2,07
2006	1,03	0,11	0,37	1,97	1,00	0,15	0,35	2,21	0,83	0,09	0,44	1,69	0,75	0,09	0,24	1,75
2007	0,91	0,11	0,30	1,73	0,92	0,14	0,31	2,00	0,72	0,07	0,31	1,28	0,70	0,08	0,35	1,45
2008	0,94	0,13	0,35	2,29	0,91	0,14	0,31	2,06	0,69	0,07	0,40	1,23	0,74	0,09	0,26	1,49
2009	1,08	0,12	0,45	2,18	1,01	0,13	0,35	2,01	0,81	0,09	0,37	1,56	0,79	0,10	0,26	1,90
2010	0,99	0,14	0,38	2,24	0,93	0,13	0,25	1,71	0,77	0,09	0,44	1,80	0,70	0,09	0,23	1,73
2011	0,87	0,12	0,41	1,91	0,79	0,09	0,26	1,27	0,69	0,07	0,30	1,12	0,61	0,07	0,19	1,46
2012	0,80	0,12	0,31	1,88	0,70	0,08	0,32	1,16	0,63	0,07	0,24	1,02	0,54	0,06	0,13	1,16
2013	0,85	0,12	0,41	2,04	0,75	0,08	0,36	1,25	0,63	0,07	0,20	1,11	0,48	0,05	0,11	0,95
2014	1,00	0,13	0,34	1,97	0,84	0,09	0,31	1,51	0,70	0,09	0,18	1,31	0,49	0,06	0,13	1,04
2015	1,19	0,17	0,50	2,46	0,99	0,11	0,45	1,74	0,78	0,10	0,11	1,59	0,52	0,07	0,10	1,34
2016	1,01	0,14	0,34	1,98	0,92	0,11	0,41	1,81	0,67	0,09	0,12	1,37	0,46	0,06	0,07	1,09
2017	0,91	0,09	0,32	1,58	0,87	0,09	0,42	1,57	0,61	0,08	0,07	1,11	0,44	0,06	0,09	1,17
2018	1,11	0,14	0,27	2,07	0,94	0,10	0,40	1,64	0,61	0,09	0,09	1,21	0,44	0,07	0,05	1,30
2019	0,91	0,11	0,15	1,83	0,75	0,08	0,37	1,31	0,52	0,08	0,04	1,08	0,35	0,06	0,07	1,12
2020	0,88	0,11	0,11	1,66	0,61	0,07	0,43	1,11	0,44	0,09	0,05	0,83	0,34	0,08	0,07	0,89

2001- 2020 yılları arasında her bir yıl için ökseotu bulaşmış ağaçlara ait yıllık artım ortalamaları, ökseotu bulaşmamış ağaçlara ait yıllık artım ortalamalarına oranlanarak her bir sınıf için ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla artım kaybı yüzdesi hesaplanmış ve Şekil 50’de gösterilmiştir. Şekil 50 incelendiğinde 2010 yılına kadar olan ilk 10 yıllık periyotta tüm bulaşıklık sınıflarına ait azalma yüzdesinin yatay seyrettiği ve ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında az bulaşık ağaçların yıllık azalma yüzdesinin çok düşük olduğu görülmektedir. 2010 yılından sonraki dönemde tüm bulaşık sınıflarının ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla yıllık artımındaki azalma yüzdesi giderek artmıştır. Bu azalma yüzdesi orta bulaşık ağaçlarda 2020 yılına gelindiğinde %50’ye ulaşırken, çok bulaşık ağaçların bulunduğu sınıfta %62’ye ulaşmıştır.



Şekil 50. Ökseotu bulaşmış ağaçların, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla yıllık artımlarındaki azalmanın yıllar itibari ile değişimine ait grafik.

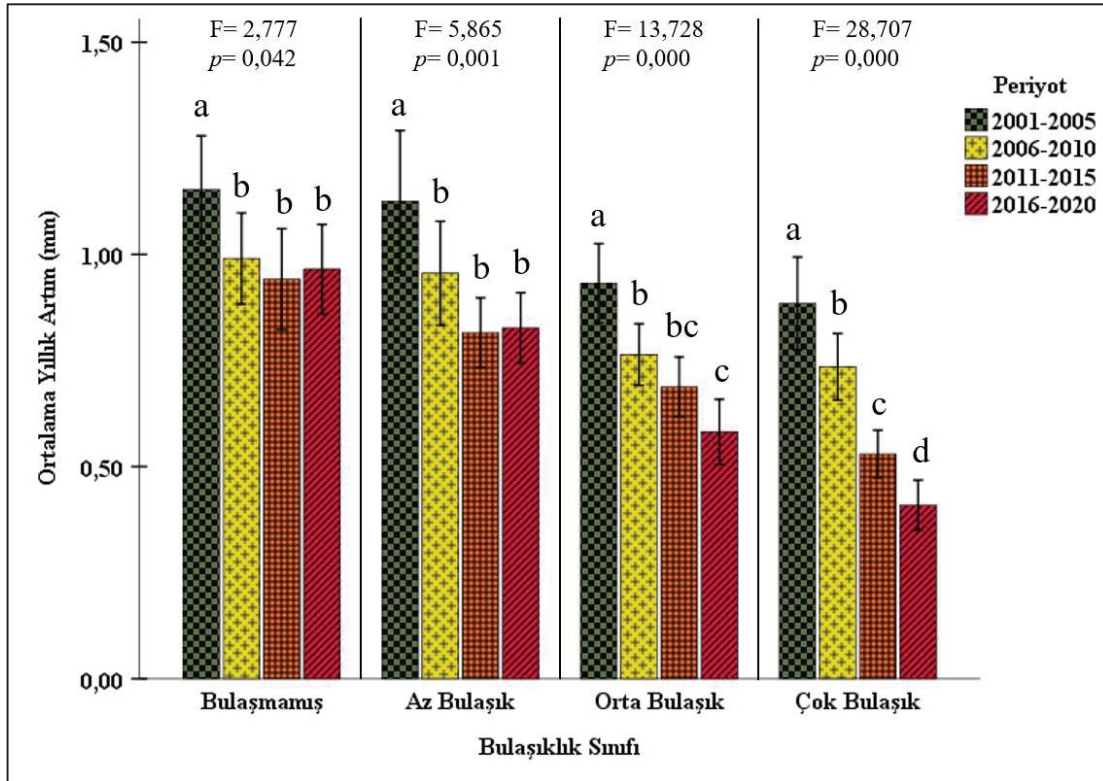
Örneklenen ağaçlara ait ölçülen yıllık artımların, periyot ortalamaları ve bulaşıklık sınıfı ortalamaları ve periyotlardaki her bir bulaşıklık sınıfının bulaşmamış sınıfa oranla artış-azalış yüzdeleri hesaplanarak Tablo 10’da verilmiştir. Her bir bulaşıklık sınıfına ait periyotlar arasında

anamlı bir farklılık olup olmadığı varyans analizi ile test edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi ile oluşan farklılıkların hangi periyotlar da anlamlı olduğu test edilerek sonuçlar Şekil 51’de gösterilmiştir.

Tablo 20. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yıllık artım verilerine ait bulaşıklık sınıfları ve periyot ortalamalarına ilişkin özet tablo.

Periyot	Bulaşmamış	Az Bulaşık	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Bulaşma Olmayanlara Göre Yüzde Değişim		
	Ort YA (mm) $\pm$ SH	Ort YA (mm) $\pm$ SH	Ort YA (mm) $\pm$ SH	Ort YA (mm) $\pm$ SH	Az	Orta	Çok
2001-2005	1,15 $\pm$ 0,06	1,12 $\pm$ 0,08	0,93 $\pm$ 0,05	0,88 $\pm$ 0,05	-2,45	-19,19	-23,30
2006-2010	0,99 $\pm$ 0,05	0,96 $\pm$ 0,06	0,76 $\pm$ 0,04	0,74 $\pm$ 0,04	-3,50	-22,87	-25,75
2011-2015	0,94 $\pm$ 0,06	0,82 $\pm$ 0,04	0,69 $\pm$ 0,04	0,53 $\pm$ 0,03	-13,37	-26,97	-43,77
2016-2020	0,97 $\pm$ 0,05	0,83 $\pm$ 0,04	0,58 $\pm$ 0,04	0,41 $\pm$ 0,03	-14,36	-39,72	-57,61

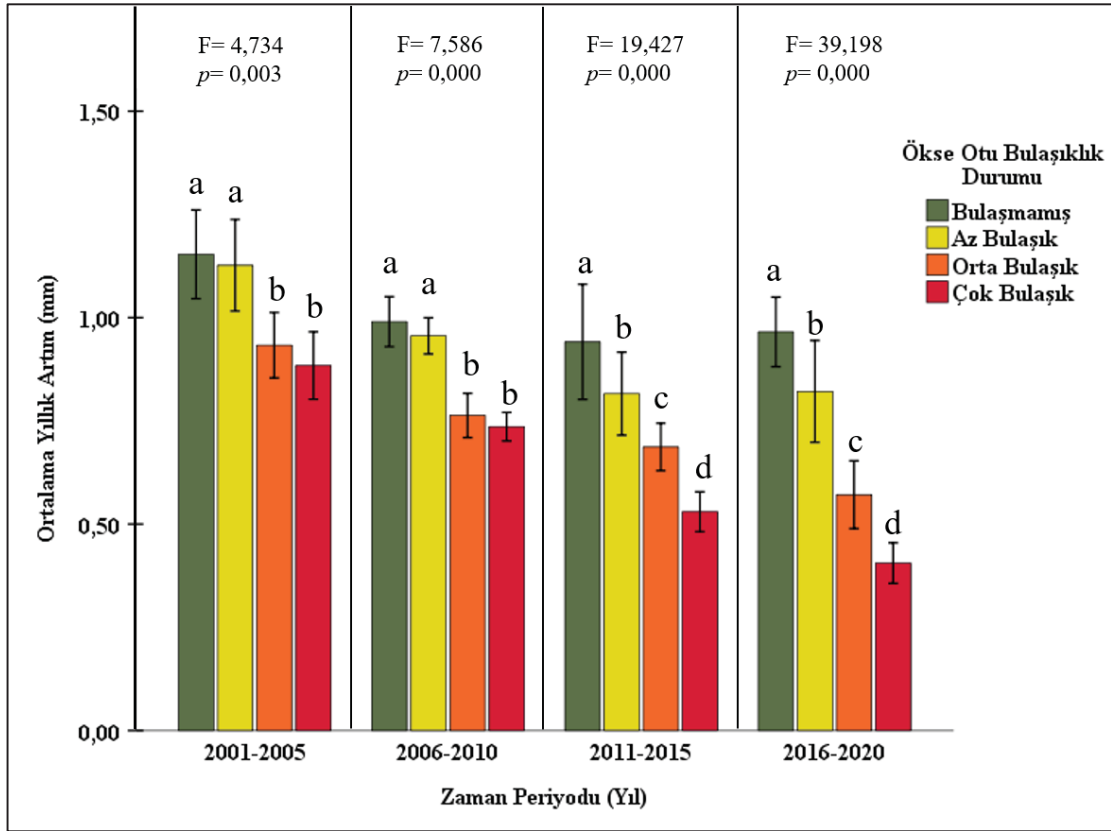
Ökseotu bulaşmamış ağaçların yıllık artım miktarlarına bakıldığında, periyot ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testiyle bu farklılığın hangi periyottan kaynaklandığına bakıldığında 2001-2005 periyodunun 1,15 mm ile en yüksek değeri alarak diğer periyotlardan ayrı bir grup oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 51, Tablo 20). Az bulaşık ağaçların yıllık artımları değerlendirildiğinde, periyot ortalamaları arasında anlamlı farklılık ($p<0,01$) bulunduğu tespit edilmiştir. Yapılan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre bu sınıfta 2001-2005 periyodunun 1,12 mm ile en yüksek değeri alarak diğer periyotlardan ayrı bir grup oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 51, Tablo 20). Orta ve çok bulaşık ağaçların yıllık artımları değerlendirildiğinde, periyot ortalamalarının istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($p<0,001$) gösterdiği tespit edilmiştir. Orta bulaşık ağaçlara ait periyotlara ilişkin çoklu karşılaştırma testine bakıldığında, dört farklı grup olduğu ve en düşük yıllık artım ortalaması değerinin 0,58 mm ile 2016-2020 periyodunda gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 51, Tablo 20). Çok bulaşık ağaçlarda ise her bir periyot yıllık artımı ortalamaları tek başına birer grupta yer almış ve 2001-2005 periyodundan 2016-2020 periyoduna doğru yıllık artım düzenli olarak azaldığı tespit edilmiştir. Bu bulaşıklık sınıfında en yüksek ortalama yıllık artım değerinin 0,88 mm ile 2001-2005 periyodunda, en düşük ortalama artım değerinin ise 0,41 mm ile 2016-2020 periyodunda gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 51, Tablo 20).



Şekil 51. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların, ilkbahar odunu artımı periyot ortalamaları ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

Her bir periyottaki bulaşıklık sınıflarına ait ortalama yıllık artımlar arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ile ilgili yapılan varyans analizi ve oluşan farklılıkların hangi bulaşıklık sınıflarından kaynaklandığına ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucu Şekil 52’de gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, bütün periyotlarda bulaşıklık sınıflarına ait yıllık ortalama artımların istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p < 0.001$) gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 52). Çoklu karşılaştırma testi ile her periyotta bu farklılıkların hangi bulaşıklık sınıflarından kaynaklandığı incelenmiştir. 2001-2005 periyodunda iki farklı grup oluşurken bulaşmamış ve az bulaşmış ağaçlar bir grupta, orta bulaşık ve çok bulaşık ağaçlar ise diğer grupta yer almıştır.

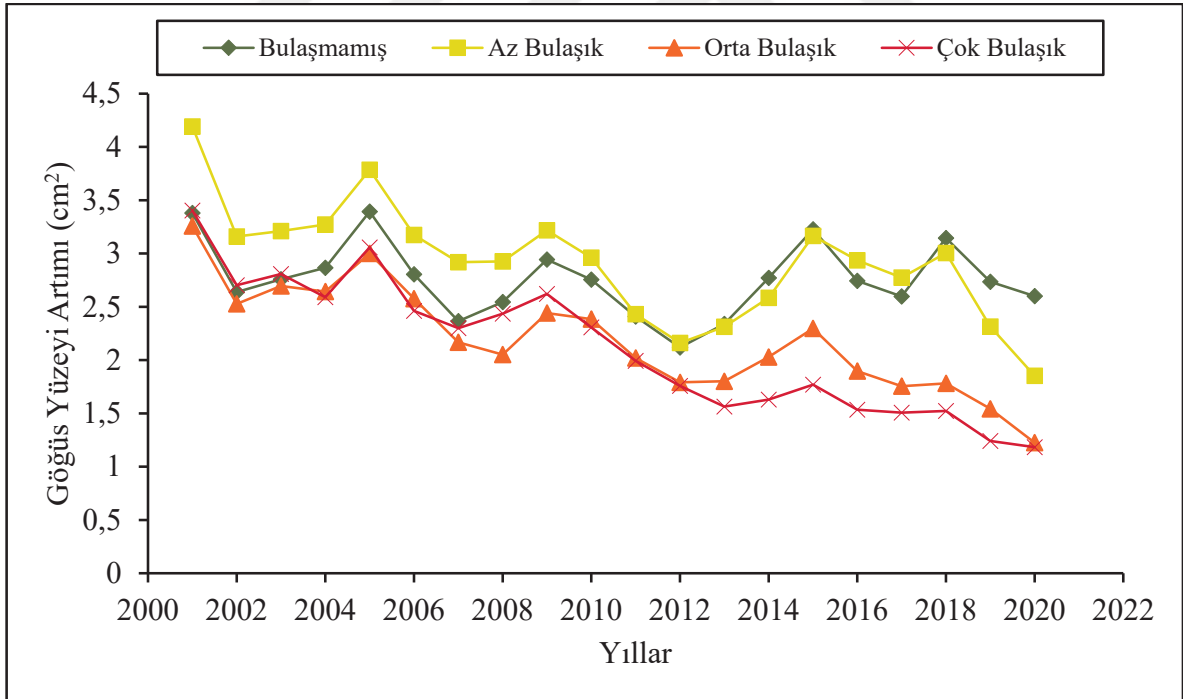


Şekil 52. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yıllık artım verilerine ait bulaşıklık sınıfları ortalamalarının her bir periyottaki karşılaştırılması. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı, farklı harfler ise post-hoc testine göre anlamlı farklılıkları işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

Bu periyottaki yıllık artımlar bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında, orta ve çok bulaşık ağaçlara ait yıllık artımının sırasıyla %19,19 ve %23,30 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 52, Tablo20). 2006-2010 periyodunda bir önceki periyottakine benzer durum söz konusu olup, orta ve çok bulaşık ağaçlara ait yıllık artım miktarı biraz daha azalarak bu oran sırasıyla %22,87 ve %25,75 olmuştur (Şekil 52, Tablo 20). Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre 2011-2015 ve 2016-2020 periyodunda dört farklı grup oluşmuş olup, her bir bulaşıklık sınıfı tek başına ayrı bir grupta yer almıştır. Bu periyotlar da yıllık artım miktarı bulaşıklık derecesi arttıkça düzenli bir şekilde azalmıştır. Ökseotu bulaşmamış ağaçlara kıyasla 2011-2015 periyodunda yıllık artım az, orta ve çok bulaşık ağaçlarda sırasıyla %13,37, %26,97, %43,77 oranlarında azalırken, 2016-2020 periyodunda sırasıyla %14,36, %39,72, %57,61 oranlarında azalmıştır (Şekil 52, Tablo20).

3.3.4. Gökner Ökseotu'nun Toros Gökneri Göğüs Yüzeyi Artıma Etkileri

Örnek ağaçlara ilişkin göğüs yüzeyi çapları ve ağaçların 2001-2020 yılları arasında her yıl gerçekleşen yıllık artımları ölçülmüş ve bu değer yardımı her bir ağaca ait yıllık göğüs yüzeyi artımı hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerin bulaşıklık sınıflarına ait yıllık ortalamaları Tablo 21'de verilmiştir. Ökseotu bulaşıklık sınıfları karşılaştırıldığında, 2009 yılına kadar olan ilk 9 yıllık dönemde, az bulaşma olan ağaçların göğüs yüzeyi artımları bulaşmamış, orta ve çok bulaşık ağaçlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 53). Bu dönemde bütün bulaşıklık sınıfları benzer artış trendi göstermiştir. 2009 yılından sonra bulaşmamış sınıftaki ağaçlar ile az bulaşık sınıftaki ağaçlar arasındaki göğüs yüzeyi artımı kapanmış ve son üç yıllık dönemde bulaşmamış ağaçların göğüs yüzeyi artımı az bulaşık ağaçlardan daha fazla olmuştur. 2009 yılından sonra orta ve çok bulaşık ağaçların göğüs yüzeyi artımı ise azalma eğilimine başlamış ve bulaşmamış ağaçlar ile göğüs yüzeyi artımı farkı giderek artmıştır (Şekil 53).



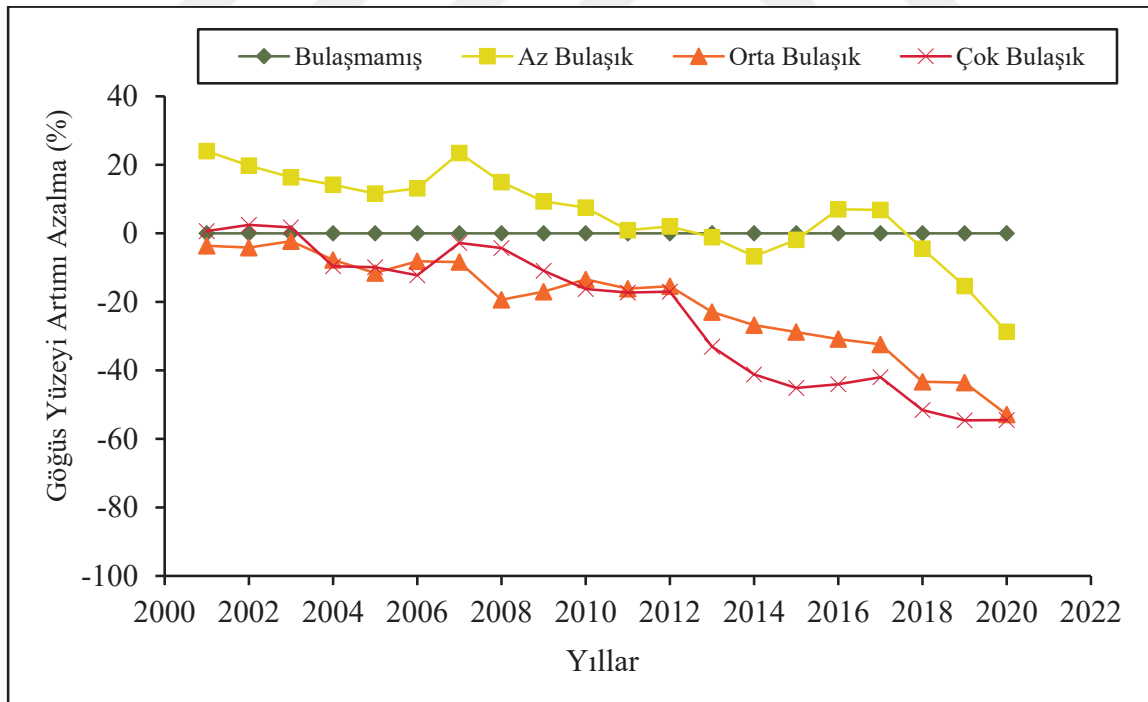
Şekil 53. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçlara ait her yıl gerçekleşen göğüs yüzeyi artıma ait grafik

Tablo 21. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yıllık göğüs yüzeyi artımlarına ait verilere ilişkin özet tablo.

Yıllar	Bulaşmamış			Az Bulaşık			Orta Bulaşık			Çok Bulaşık		
	Ortama GYA Artımı (cm ²)	Standart Hata	Min. Mak.	Ortama GYA Artımı (cm ²)	Standart Hata	Min. Mak.	Ortama GYA Artımı (cm ²)	Standart Hata	Min. Mak.	Ortama GYA Artımı (cm ²)	Standart Hata	Min. Mak.
2001	3,38	1,94	1,17 6,96	4,19	5,09	0,64 15,39	3,26	2,83	0,96 12,56	3,40	2,81	0,56 8,98
2002	2,64	1,49	0,90 5,81	3,16	3,02	0,52 9,52	2,53	1,86	0,80 8,47	2,70	2,20	0,65 7,80
2003	2,76	1,58	0,81 5,66	3,21	2,89	0,62 10,98	2,70	2,18	0,82 10,02	2,81	2,12	0,60 7,68
2004	2,87	1,79	0,63 6,45	3,27	2,93	0,54 10,95	2,64	2,45	0,88 11,16	2,59	1,99	0,72 8,05
2005	3,39	2,17	0,99 8,01	3,79	3,64	0,64 14,04	3,00	2,77	0,72 12,16	3,06	2,29	0,75 9,83
2006	2,80	1,62	0,90 5,93	3,17	3,07	0,59 12,09	2,58	2,16	0,63 9,67	2,46	1,71	0,58 6,04
2007	2,36	1,31	0,73 5,24	2,92	2,81	0,58 10,99	2,17	1,57	0,45 7,25	2,30	1,50	0,69 5,25
2008	2,55	1,67	0,85 7,03	2,93	2,94	0,62 11,40	2,05	1,49	0,76 7,11	2,44	1,60	0,55 5,17
2009	2,94	1,63	1,08 6,77	3,22	2,87	0,73 11,15	2,44	1,93	0,55 9,00	2,62	1,77	0,65 5,87
2010	2,75	1,80	0,80 7,03	2,96	2,56	0,53 9,58	2,38	2,23	0,75 10,44	2,31	1,56	0,58 5,41
2011	2,41	1,48	0,76 6,07	2,43	1,79	0,56 6,32	2,02	1,27	0,75 6,12	1,99	1,30	0,53 4,61
2012	2,12	1,35	0,77 6,03	2,16	1,73	0,74 6,51	1,79	1,09	0,63 5,23	1,76	1,09	0,45 3,87
2013	2,34	1,52	1,00 6,58	2,31	1,72	0,79 5,71	1,80	1,05	0,51 4,82	1,56	0,95	0,26 3,67
2014	2,77	1,67	0,84 6,43	2,59	1,99	0,78 6,92	2,03	1,36	0,61 6,10	1,63	1,09	0,32 4,71
2015	3,23	1,81	1,24 7,66	3,17	2,69	1,06 9,92	2,30	1,57	0,42 6,83	1,77	1,47	0,24 6,61
2016	2,74	1,50	0,85 6,44	2,94	2,52	0,99 8,59	1,90	1,09	0,44 4,52	1,54	1,22	0,18 5,38
2017	2,60	1,34	0,81 5,30	2,77	2,31	0,91 9,04	1,76	1,10	0,28 4,45	1,51	1,29	0,23 5,79
2018	3,14	1,76	0,68 7,00	3,00	2,41	0,88 9,46	1,78	1,27	0,33 5,42	1,52	1,46	0,12 6,50
2019	2,73	1,70	0,37 6,24	2,31	1,51	0,81 5,51	1,54	1,24	0,14 5,23	1,24	1,26	0,17 5,60
2020	2,60	1,54	0,27 5,70	1,85	1,61	0,72 6,44	1,23	1,12	0,17 3,95	1,18	1,24	0,13 4,33

GY: göğüs yüzeyi

2001-2020 yılları arasında her bir yıl için ökseotu bulaşmış ağaçlara ait göğüs yüzeyi artım ortalamaları, ökseotu bulaşmamış ağaçlara ait ortalama göğüs yüzeyi artıma oranlanarak her bir sınıf için ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla göğüs yüzeyi artım kaybı yüzdesi hesaplanmış ve Şekil 54’de gösterilmiştir. Şekil 54 incelendiğinde 2001 yılında az bulaşık sınıfın ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla yaklaşık %20 daha fazla göğüs yüzeyi artımı yapmış olduğu ve geçen zaman içerisinde bu oranın tedrici olarak azalarak 2012 yılında sıfırlandığı tespit edilmiştir (Şekil 54). 2012 yılına kadar geçen ilk 12 yıllık dönemde orta bulaşık ve çok bulaşık ağaçlara ait göğüs yüzeyi artımı yüzdesinin birbirine oldukça yakın ve yatay bir seyir izlediği görülmektedir. Bu yıldan sonra az bulaşık ağaçlara ait göğüs yüzeyi artım yüzdesi dalgalı bir seyir takip etmiş ve 2018-2020 yılları arasında ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla azalmıştır. 2012 yılından sonra orta ve çok bulaşık ağaçların göğüs yüzeyi artımı yüzdesindeki azalma, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla giderek artmıştır. Bu azalma yüzdesi orta bulaşık ağaçlarda 2020 yılına gelindiğinde % 52’ye ulaşırken, çok bulaşık ağaçların bulunduğu sınıfta %54’e ulaşmıştır (Şekil 54).



Şekil 54. Ökseotu bulaşmış ağaçların, ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla yıllık göğüs yüzeyi artımındaki azalmanın yıllar itibari ile değişimine ait grafik.

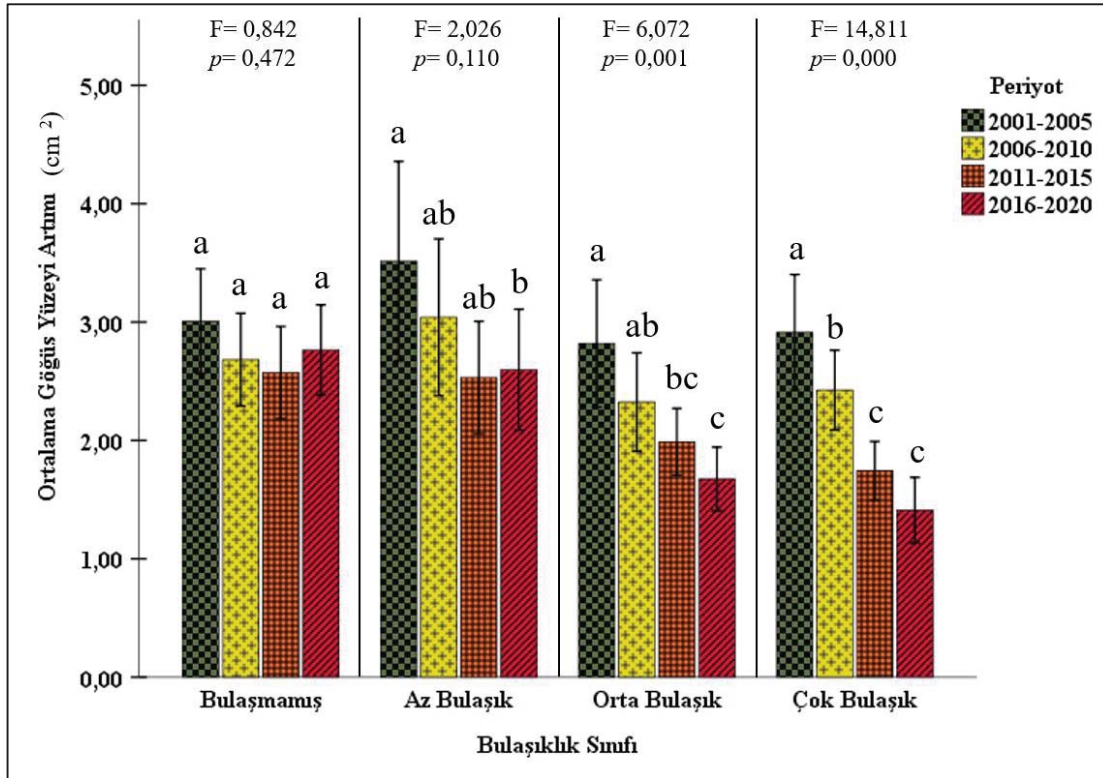
Örneklenen ağaçlara ait hesaplanan göğüs yüzeyi artımlarının, periyot ortalamaları ve bulaşıklık sınıfı ortalamaları ve periyotlardaki her bir bulaşıklık sınıflarının bulaşmamış sınıfa oranla artış-azalış yüzdeleri hesaplanarak Tablo 22’de verilmiştir. Her bir bulaşıklık sınıfına ait periyotlar arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı varyans analizi ile test edilmiştir

Tablo 22. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yıllık göğüs yüzeyi artımı verilerine ait bulaşıklık sınıfları ve periyot ortalamalarına ilişkin özet tablo.

Periyot	Bulaşmamış	Az Bulaşık	Orta Bulaşık	Çok Bulaşık	Bulaşma Olmayanlara Göre Yüzde Değişim		
	Ort. GYA (cm ²) ± SH	Ort. GYA (cm ²) ± SH	Ort. GYA (cm ²) ± SH	Ort. GYA (cm ²) ± SH	Az	Orta	Çok
2001-2005	3,01 ± 0,22	3,51 ± 0,42	2,82 ± 0,27	2,91 ± 0,24	16,87	-6,24	-3,10
2006-2010	2,68 ± 0,20	3,04 ± 0,33	2,32 ± 0,21	2,43 ± 0,17	13,32	-13,36	-9,60
2011-2015	2,57 ± 0,19	2,53 ± 0,24	1,99 ± 0,14	1,74 ± 0,12	-1,62	-22,75	-32,25
2016-2020	2,76 ± 0,19	2,60 ± 0,26	1,67 ± 0,13	1,41 ± 0,14	-6,02	-39,43	-48,97

GYA: göğüs yüzeyi artımı

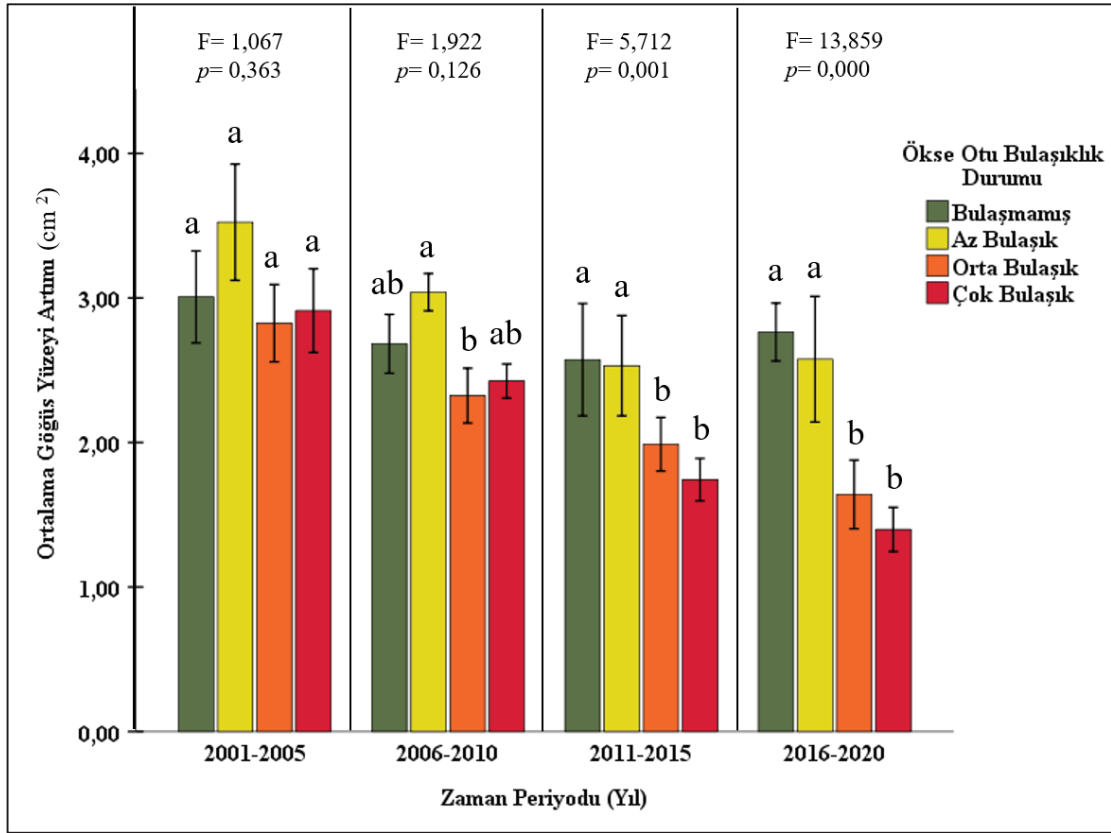
Ökseotu bulaşmamış ağaçların ve az bulaşık ağaçların yıllık göğüs yüzeyi artım miktarlarına bakıldığında, periyot ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir (Şekil 55). Ökseotu orta bulaşık ağaçların yıllık göğüs yüzeyi artım miktarları incelendiğinde, periyot ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Bu sınıfta, çoklu karşılaştırma testiyle bu farklılığın hangi periyottan kaynaklandığına bakıldığında dört farklı grup oluştuğu, yıllar ilerledikçe periyotlardaki göğüs yüzeyi artımının azaldığı ve 2016-2020 periyodunda 1,67 cm² ile en düşük değeri aldığı tespit edilmiştir (Şekil 55, Tablo 22). Ökseotu çok bulaşık ağaçların yıllık göğüs yüzeyi artımları değerlendirildiğinde, periyot ortalamalarının % 99 güven düzeyi ile istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($p<0,001$) gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sınıfta çoklu karşılaştırma testinde üç farklı grup oluşmuş ilk periyottan son periyoda doğru göğüs yüzeyi artımı düzenli olarak azalmıştır (Şekil 55). Bu bulaşıklık sınıfında en yüksek ortalama yıllık göğüs yüzeyi artım değerinin 2,91 cm² ile 2001-2005 periyodunda, en düşük ortalama artım değerinin ise 1,41 cm² ile 2016-2020 periyodunda gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 55, Tablo 22).



Şekil 55. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların, göğüs yüzeyi artımı periyot ortalamaları ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı göstermektedir. Kutu üzerindeki farklı harfler, post-hoc testine göre anlamlı farklılıklara işaret etmektedir (Duncan, $p<0.05$).

Her bir periyottaki bulaşıklık sınıflarına ait ortalama göğüs yüzeyi artımları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ile ilgili yapılan varyans analizi ve oluşan farklılıkların hangi bulaşıklık sınıflarından kaynaklandığına ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucu Şekil 56'da gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, 2001-2005 ve 2006-2010 periyotlarında bulaşıklık sınıflarına ait göğüs yüzeyi artımlarının istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p>0.05$) göstermediği tespit edilmiştir (Şekil 56). Bu periyotlarda az bulaşık ağaçların ortalama göğüs yüzeyi artımı sırasıyla $3,51 \text{ cm}^2$ ve $2,82 \text{ cm}^2$ ile en yüksek değerleri almıştır (Tablo 22).



Şekil 56. Ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların yıllık göğüs yüzeyi artımına ait bulaşıklık sınıfları ortalamalarının her bir periyottaki karşılaştırılması. Kutu üzerindeki çizgiler standart hatayı, farklı harfler ise post-hoc testine göre anlamlı farklılıkları işaret etmektedir (Duncan, $p < 0.05$).

2011-2015 ve 2016-2020 periyotlarında bulaşıklık sınıflarının göğüs yüzeyi artımlarının %99 güven düzeyi ile istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre bu iki periyotta bulaşıklık sınıfları iki farklı grupta yer almıştır (Şekil 56). Her iki periyotta bulaşmamış ve az bulaşmış ağaçlar bir grupta, orta bulaşık ve çok bulaşık ağaçlar ise diğer grupta yer almıştır. Bu periyotlardaki göğüs yüzeyi artımları bulaşmamış ağaçlar ile karşılaştırıldığında, orta ve çok bulaşık ağaçlara ait göğüs yüzeyi artımının 2011-2015 periyodunda sırasıyla %22,75 ve %32,25 oranında, 2016-2020 periyodunda sırasıyla %39,43 ve %48,97 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 22).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmarı Yaprak Özellikleri Üzerindeki Etkileri

Bu çalışma kapsamında, ökseotunun Gökmar yapraklarının morfolojik ve anatomik özellikleri ile fotosentetik pigment içeriği üzerindeki etkisi kantitatif olarak ortaya konulmaya çalışılmış ve mevcut etkinin ökseotu bulaşıklık derecesine göre değişimi belirlenmiştir. Yaprak morfolojisi ve anatomisinin incelenmesi, ağaçların fizyolojisinin altında yatan mekanizmaların anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır (Yan vd., 2012). Ökseotu bulaşıklığının ağaçların yaprak morfolojisi, anatomisi ve fotosentetik pigment içeriğinde meydana getirmiş olduğu değişiklikler, farklı ökseotu ve konukçu etkileşimleri için yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Littley vd., 2008; Barbu, 2012; Logan vd., 2013; Öztürk vd., 2019). Bu çalışmalarda çoğunlukla ökseotu çok bulaşık ağaçlar ile ökseotu bulaşmamış ağaçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan örneklemeler, ağaçların ökseotu bulaşıklığı olan dallarının ökseotu sonrasındaki kısımlarına odaklanmış ve dal düzeyinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Konu ile ilgili mevcut literatürün incelenmesi sonucunda, bugüne kadar değişen ökseotu bulaşıklık derecesine (DMR = 0-6) bağlı olarak gökmar ağaçlarının bulaşıklık olmayan dallarındaki yaprak morfolojisi, anatomisi ve fotosentetik pigment içeriği dikkate alınarak ağaçları karşılaştıran bir çalışma yapılmadığı görülmüştür. Ökseotu bulaşıklığının konukçu ağaçların morfolojisi ve anatomisi üzerindeki etkilerinin ortaya konulması, yalnızca konukçu-parazit etkileşimlerinin değil, aynı zamanda konukçunun büyüme gücü ve üretilen kaynakların ağaç içerisindeki dağılımının anlaşılmasını da kolaylaştırabilir.

Ökse otları, konukçusundan su ve suda çözünmüş mineralleri alarak, konukçu morfolojisi ve fizyolojisini etkileyen yarı parazit bitkilerdir (Mathiasen vd., 2008). Genel olarak ökse otları konukçusundan daha yüksek stomatal iletkenlik ve transpirasyon oranına sahip olmaları nedeniyle daha düşük su kullanım verimliliğine sahiptirler (Ullmann vd., 1985; Mathiasen vd., 2008). Bu durum özellikle kuraklığa eğilimli bölgelerde ökseotuna bağlı kuraklık stresinin etkisini arttırmaktadır (Glatzel ve Geils, 2009). Kuraklık stresinin, hücre genişlemesi sırasında turgor kaybı nedeniyle hücre boyutunda azalmaya yol açtığı ve bu durumun ağaçlarda daha kısa ve daha ince yaprak gelişimi ile sonuçlandığı bilinmektedir (Chaves vd., 2003; Larcher, 2003).

Kuraklığın yaprak boyutu üzerindeki etkisi, gymnospermae taksonları için kapsamlı bir şekilde ortaya konulmuştur (Irvine vd., 1998; Cinnirella vd., 2002; Grill vd., 2004). Ökseotu bulaşıklığı olan ağaçların, dalların da ve tüm ağaç seviyesinde ökseotu bulaşıklığının neden olduğu su sınırlamasına yanıt olarak daha kısa ve daha küçük yapraklar geliştirmesi muhtemeldir (Cechin ve Press, 1993; Scaloni vd., 2017). Örneğin, Gökmar Ökseotu bulaşmış Gümüş Gökmar (*Abies alba* Mill.) yaprak uzunluklarının, artan bulaşıklık derecesi ile azaldığı ve ökseotu çok bulaşık ağaçların orta kısmındaki dallar üzerinde büyüyen yaprakların, ökseotu bulaşmamış ağaçlardakinden %22-35 daha kısa olduğu ortaya konulmuştur (Barbu, 2012). Öztürk ve ark., (2019), çam ökseotu bulaşıklık derecesi ile yaprak morfolojik özellikleri arasında önemli bir negatif korelasyon olduğunu ve çam ökseotu bulaşmış sarıçam ağaçlarının yapraklarının, ökseotu bulaşmamış ağaçların yapraklarından %20-50 daha kısa ve daha küçük olduğunu tespit etmiştir.

Çalışma sonuçlarından benzer, ancak daha belirgin bulgular elde edilmiştir (Şekil 29, Tablo 4). Morfolojik yaprak özellikleri ökseotu bulaşıklığından önemli ölçüde etkilenmiştir ve bu etkilerin büyüklüğü artan bulaşıklık derecesi ile artmıştır (Şekil 29). Tüm ağaçların morfolojik yaprak özellikleri için elde edilen verilerin ortalamalarına bakıldığında, ökseotu bulaşıklık derecesinin artmasına bağlı olarak yaprak boyutlarındaki azalmaların; yaprak uzunluğunda %41,8'e, yaprak genişliğinde %31,3'e, yaprak alanında %60'a ve yaprak ağırlığında %59'a kadar vardığı belirlenmiştir (Tablo 4). Bu çalışmada gözlemlenen yaprak boyutlarındaki azalmanın, ökseotunun neden olduğu su stresinin bir sonucu olarak azalan turgorun beraberinde getirdiği hücre genişlemesinin engellenmesinden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, stoma uzunluğunun, stoma bant genişliğinin ve stoma sırası sayısının artan bulaşıklık derecesi ile kademeli olarak azaldığını ve bunun bir sonucu olarak istatistiksel olarak anlamlı olmasa da birim alandaki stoma sayısının %6 oranında arttığını göstermiştir (Şekil 30, Tablo 5). Daha önceki çalışmalarda, ökseotu bulaşmış ağaçlardan elde edilen yaprakların stoma sıra sayısının daha düşük ve stoma yoğunluğunun daha yüksek olduğunu da göstermiştir (Littley vd., 2008). Yaprakların stomalarının daha küçük boyutlarda olması yaprağa karbondioksit CO₂ difüzyonunun azalmasına neden olduğu düşünülmektedir (Parkhurst, 1994; Maherali vd., 2002). Bununla birlikte, daha küçük stoma boyutunun, bitkilerin çevresel değişikliklere daha hızlı tepki vermesine izin vererek potansiyel

olarak CO₂ asimilasyonunu artıracakı öne sürülmektedir (Hetherington ve Woodward, 2003; Franks ve Beerling, 2009). Böyle bir ayarlama, özellikle su eksikliği koşullarında avantajlı olabilir. Bazı çalışmalar, düşük stoma yoğunluğunun kuraklığa toleransı artırabileceğini savunurken (Hepworth vd., 2015), diğerleri kuraklık stresinin stoma yoğunluğunu arttırdığı (Fahn, 1990; Larcher, 2003) ve su kaybının bu sayede daha iyi kontrol edildiği (Larcher, 2003) görüşündedir. Bu iki görüş çelişkili görünse de, farklı türler arasında veya aynı tür içerisinde farklı stoma morfolojilerinin, su kaybının kontrolünde farklılıklar gösterebileceği unutulmamalıdır (Grill vd., 2004). Bu çalışmada gözlemlenen bulaşıklık derecesinin artmasıyla birlikte ökseotunun neden olduğu su stresinden kaynaklanan stoma boyutundaki azalma ve stoma yoğunluğundaki artış, yaprakların karbondioksit alma kapasitesini artırabilecek ve su kaybını daha iyi düzenleyebilecek anatomik adaptasyonlar gerçekleştirebileceğine dair kanıtlar sağlamıştır.

Ağaçların kuraklık stresine karşı adaptasyonu hem morfolojik hem de anatomik özelliklerde görülebilir. Bu çalışmanın sonuçları, yaprak enine kesit yüzey alanının artan bulaşıklık derecesi ile kademeli olarak azaldığını göstermiştir (Şekil 32e). Azalan yaprak enine kesit yüzey alanı, artan ökseotu bulaşıklık derecesi ile yaprak kalınlığı ve genişliğinin önemli ölçüde azalmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 31a, b, Tablo 6). Bu sonuçlar, ökseotu bulaşmış dalların ökseotu sonrasındaki kısmında azalan yaprak enine kesit yüzey alanı, yaprak genişliği ve kalınlığı olduğunu ortaya koyan çalışmalar (Logan vd., 2002; Littlely vd., 2008; Öztürk vd., 2019) ile paralellik göstermektedir. Yaprak enine kesit alanındaki bir azalma, daha düşük yaprak kuru kütlelerine ve daha düşük yaprak alanı bazlı fotosentetik kapasiteye neden olabilir (Han vd., 2003; Waren vd., 2003). Bu çalışmada analiz edilen bazı anatomik özellikler, bulaşıklık derecesi arttıkça Toros Göknarı yapraklarının fotosentetik kapasitesinin azaldığını gösteren kanıtlar sunmaktadır. Önceki bir çalışmaya (Öztürk vd., 2019) paralel olarak, bu çalışmada da orta bulaşık ve çok bulaşık ağaçlardan alınan yaprakların, bitkilerin fotosentetik kapasitesini etkileyen bir faktör olarak sıklıkla tartışılan daha düşük mezofil alanına (Roderick vd., 1999; Niinemets vd., 2007) sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 32a, Tablo 6). İğne yapraklı ağaçların yaprakları, endodermis ile vasküler doku arasında yer alan transfüzyon adı verilen özel bir dokuya sahiptirler. Bu doku, vasküler doku ile mezofil arasında su veya asimilatların transferine hizmet etmektedir (Hu ve Yao, 1981; Aloni vd., 2013). Bu çalışmada, vasküler dokuyu çevreleyen transfüzyon dokusunun da artan ökseotu bulaşıklığı ile birlikte

önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 32b, Tablo 6). Bu nedenle, artan ökseotu bulaşıklığı ile transfüzyon dokusundaki azalma, mezofil dokusuna daha az su verilmesine neden olarak konağın fotosentetik kapasitesinin azalmasına sebep olabilir.

İğne yapraklı ağaçlarının yapraklarına ait merkezi silindir; ksilem, floem, transfüzyon dokusu ve endodermisten oluşur (Lin vd., 2001; Bert vd., 2021). Toros göknarı yapraklarının merkezi silindiri iki adet vasküler demet içermekte ve her bir vasküler demet ise ksilem ve floemden oluşmaktadır. Bu çalışmada artan ökseotu bulaşıklığı ile birlikte merkezi silindir alanı, ksilem alanı, floem alanı ve mezofil alanın azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 32f, c, d, a). Bu azalmanın, çok bulaşık ağaçlarda ksilem alanı için %37'ye ve floem alanı için %17'ye ulaştığı tespit edilmiştir (Tablo 6). Bu nedenle yapraklardaki vasküler dokulardaki ökseotu bulaşıklık derecesi ile ilişkili azalmaların, ağaçların su, mineraller ve fotosentetik üretim sonucu oluşan maddelerin ökseotu tarafından sınırlandırılmasına bağlanabilir (Lin vd., 2001). Bu sonuç, artan ökseotu bulaşıklık derecesi ile birlikte azalan fotosentetik oranların ve hidrolik dengenin bir başka kanıtı olarak da değerlendirilebilir.

Ekstrem yetiştirme koşulları genellikle fotosentetik kapasitenin azalmasına neden olur (Lukjanova vd., 2013). Yapraklardaki fotosentetik pigmentlerin biyosentezini etkileyen kuraklık, tuzluluk vb. birçok abiyotik faktör vardır (Esteban vd., 2015). Yapılan bir çalışma, klorofil içeriğinin genellikle kuraklık stresi altında azaldığını göstermiştir (Dubos vd., 2003). Benzer şekilde, ökseotu bulaşıklığı da hem yaprak hem de tüm ağaç seviyesinde fotosentetik kapasitede bir azalmaya yol açar (Meinzer vd., 2004; Bilgili vd., 2018). Klorofil ve karotenoid içeriklerindeki değişiklikler, çevresel stresin bitki büyümesi üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılmıştır. Bu nedenle, ökseotunun neden olduğu kuraklık stresi, yapraklardaki pigmentlerin biyosentezini etkileyebilir. Son zamanlarda yapılan birçok çalışma, orta ve çok ökseotu bulaşık ağaçlardaki ökseotu bulunan dalların yapraklarındaki toplam klorofil konsantrasyonunun, ökseotu bulunmayan dallara oranla %30 ve %50'ye varan oranlarda düşük olduğunu göstermiştir (Mutlu, İlhan, vd., 2016; Villier vd., 2017).

Çalışmadan benzer bulgular ve sonuçlar elde edilmiştir. Yaprakların klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil (a+b) içeriğinin, ökseotu bulaşık olmayan ağaçlardan orta bulaşık ağaçlara doğru azaldığı orta derece bulaşık ağaçlardan, çok bulaşık ağaçlara doğru ani bir azalma olduğu tespit edilmiştir (Şekil 33). Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içeriğindeki azalma oranlarının, çok bulaşık ağaçların bulunduğu sınıfta sırasıyla %36, %32 ve %35'e kadar attığı

tespit edilmiştir (Tablo 6). Çok bulaşık ağaçlardan elde edilen yapraklardaki klorofil içeriğindeki önemli düşüşün, bu ağaçların daha düşük fotosentetik kapasiteye sahip olabileceğini düşündürmektedir (Villier vd., 2017). Bunun yanı sıra, toplam karotenoid içeriğinin artan bulaşıklık derecesi ile değişmediği tespit edilmiştir (Şekil 33d). Ancak, hem karotenoid içeriği hem de karotenoid/klorofil oranı ışıktan korunma mekanizmalarının kapasitesi ile ilişkilidir ve karotenoid içeriği genellikle fotosentetik dokulardaki toplam klorofil içeriği bazında ifade edilir (Logan vd., 1996). Bu çalışmada, karotenoid/klorofil oranının ökseotu çok bulaşmış ağaçlarda önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir (Şekil 33e, Tablo 6). Yapısal rollerinin yanı sıra karotenoidler, reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonu da dâhil olmak üzere serbest radikal hasarını en aza indiren antioksidanlardır (Asada, 1996; Halliwell ve Gutteridge, 2015). Mutlu vd. (2016), ökseotunun neden olduğu kuraklık stresinin, reaktif oksijen türlerinin seviyelerini artırarak zar lipidlerinde önemli hasara yol açtığını bulmuştur. Bu nedenle, ökseotu çok bulaşık ağaçların yapraklarında gözlemlenen karotenoid/klorofil oranı artışı, ağaçlardaki ökseotu bulaşıklığından kaynaklanan su stresine bağlanabilir.

4.2. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmarı Odun Anatomisi Özellikleri Üzerindeki Etkileri

Çalışma kapsamında, bulaşma olmuş ve olmamış Toros Gökmarı ağaçlarının son yirmi yıllık büyüme dönemindeki odun anatomisi özellikleri nicel olarak analiz edilmiştir. Yapılan analiz ile ökseotunun Toros Gökmarı odun elemanları üzerindeki etkisinin bulaşıklık derecesine bağlı değişimi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ökseotu bulaşıklığının ağaçların odun anatomisinde meydana getirmiş olduğu değişiklikler, farklı ökseotu-konukçu etkileşimleri için ortaya konulmuştur (Teixeira-Costa ve Ceccantini, 2015; Göl vd., 2018; Öztürk vd., 2019). Yapılan çalışmalarda çoğunlukla ökseotu çok bulaşık ağaçlar ile ökseotu bulaşmamış ağaçlar karşılaştırılmıştır. Örneklemeler ise çoğunlukla dal odunundan yapılmıştır. Gövde odunundan alınan örnekler üzerinde yapılan çalışmalar ise son yıllık halkaları kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bugüne kadar değişen ökseotu bulaşıklık derecesine (DMR = 0-6) bağlı olarak Toros Gökmarı ağaçlarının odun anatomisi özelliklerinin uzun vadeli değişimini ortaya koyan bir çalışma yapılmadığı saptanmıştır. Odun anatomisinde meydana gelen değişiklikler ağaçların değişen çevresel koşullar altında iletim, depolama ve destek görevleri arasında en

uygun dengeyi sağlayabilmesi için oluşturmuş olduğu yapısal çözümleri ifade etmektedir (Chave vd., 2009; Fonti vd., 2010). Meydana gelen değişimler, bitki biliminde ağaçların büyümeleri ile ilgili önemli bir bilgi kaynağıdır (Larson, 2012). Bu nedenle ökseotu bulaşıklığının konukçu ağaçların odun anatomisi üzerindeki uzun dönemli etkilerinin ortaya konulması, yalnızca konukçu-parazit etkileşiminin değil, aynı zamanda konukçunun büyüme gücünde meydana gelen değişimlerin de anlaşılmasını kolaylaştırabilir.

Ökseotu bulaşıklığının neden olduğu su ve mineral madde sınırlamasına bağlı olarak ağaçların dalların da ve gövdelerindeki odun elemanlarının boyutlarında küçülmelerin olması muhtemeldir (Teixeira-Costa ve Ceccantini, 2015; Göl vd., 2018). Örneğin, Çam Ökseotu'nun sarıçam ağacının dal odununda meydana getirmiş olduğu anatomik değişikliklerin kantitatif olarak ortaya konulduğu bir çalışma sonucunda, ökseotu bulunan dalların bulaş bölgesi sonrasındaki kısmında ilkbahar odunu ve yaz odunu traheit radyal lümen çapının %17,4 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Öztürk vd., 2019). Yapılan çalışmada literatürdeki çalışmaya benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, ökseotu bulaşıklığına bağlı meydana gelen etkinin, bulaşıklık derecesinin artmasıyla zaman içerisinde değiştiği tespit edilmiştir. 2001-2010 yıllarını kapsayan ilk 10 yıllık dönemde, ökseotu bulaşmamış ağaçlarla bulaşmış ağaçlar arasında ilkbahar odunu traheit radyal lümen çapları ortalamaları bakımından anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 34). 2011-2020 periyodunu kapsayan ikinci 10 yıllık dönemde ise ökseotu bulaşıklık derecesinin artışına bağlı olarak ilkbahar odunu traheit lümen çapları giderek azalmış ve bu azalma 2016-2020 dönemi sonunda orta ve çok bulaşık ağaçlarda sırasıyla %11,25 ve %14,55'e kadar ulaşmıştır (Şekil 34, Tablo 8). Yaz odunu traheit radyal lümen çapları ortalamaları karşılaştırıldığında ise orta ve çok bulaşık sınıfta yaz odunu traheit radyal lümen çaplarında sırasıyla %10,1 ve %11,2'ye varan oranlarda azalma olduğu tespit edilmiştir (Tablo 9). Tüm periyotlarda ökseotu bulaşıklık derecesi arttıkça yaz odunu traheit radyal lümen çapı tedrici olarak azalmıştır. Vejetasyon periyodu (büyüme dönemi) boyunca hücre genişlemesinin büyük ölçüde su mevcudiyetine ve hücre turgoruna bağlı olduğu ve bu nedenle kuraklık döneminin hücre gelişiminin bu önemli aşamasını güçlü bir şekilde etkileyebileceği iyi bilinmektedir (Taiz ve Zeiger, 2010; Cuny vd., 2014). Su stresi yoğunluğunun artması, ağaçlarda hidrolik iletkenliği azaltarak, su taşıma kapasitesini ve büyümeyi sınırlayacak şekilde traheit boyutlarının küçülmesine neden olabilir (McDowell vd., 2008). Genel olarak ökseotları konukçularından daha yüksek stomatal iletkenlik, transpirasyon oranı ve daha düşük su

kullanım verimliliğine sahiptirler (Ullmann vd., 1985; Mathiasen vd., 2008). Dolayısıyla kurak bölgelerde konukçu dokularında ökseotu bağı su stresinin etkisi artmaktadır (Glatzel ve Geils, 2009). Bu nedenle çalışma sonucunda elde edilen artan ökseotu bulaşıklığına bağlı olarak traheit hücrelerinin radyal lümen çaplarının küçülmesinin ökseotundan kaynaklı su stresinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bulaşıklık sınıflarına ait ortalama traheit çaplarının yıl içerisindeki değişimlerine bakıldığında 2001-2005 ve 2006-2010 yılları arasında bulaşıklık sınıflarına ait 1, 2, 3 ve 4. sektörlerin traheit çapları ortalamalarının birbirine yakın olduğu görülmektedir (Şekil 39, Tablo 13). Ancak daha sonraki dönemlerde bu sektörlerdeki bulaşıklık sınıflarına ait traheit çapı ortalamaları arasındaki fark giderek artmıştır. Tüm periyotlarda ökseotu bulaşmamış ağaçlarla karşılaştırıldığında, bulaşıklık olan ağaçların 5, 6, 7, 8 ve 9. sektörlerinin traheit çap ortalamalarının daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca bu sektörlerdeki fark bulaşıklık derecesi arttıkça artmaktadır (Şekil 39, Tablo 13). Akdeniz ekosistemlerinde yetişen ağaç türlerinin kambiyum aktivitelerinin, temel olarak büyüme dönemi boyunca su mevcudiyeti tarafından kontrol edildiği (Cherubini vd., 2003) ve su mevcudiyetinde meydana gelen değişikliklerin traheit hücrelerinin anatomik özelliklerini etkileyebileceği bilinmektedir (Pacheco vd., 2016). Büyüme döneminin ilk periyodu ve öncesinde, çalışma alanında su fazlası ve su deposunun bulunması (Şekil 9, Tablo 2), ağaçların ilk 10 yıllık dönemde büyüme periyodunun başında oluşturmuş oldukları 1, 2, 3 ve 4. sektörlerde bulunan hücrelerin geniş çaplı olmasını açıklayabilir. Benzer şekilde, Haziran ayından sonra çalışma alanında artan su açığının olması (Şekil 9, Tablo 2) ve tüm periyotlarda 5. sektörden sonra oluşan traheit hücrelerinin lümen çaplarının azalması, bu sektörlerdeki traheit hücrelerinin Haziran ayından sonra oluştuğunu düşündürmektedir. Traheit hücrelerinin boyutu ağaçlarda hidrolik iletkenlik ve kavitasyona karşı savunma konusunda önemli rol oynar (Hacke ve Sperry, 2001; Willson ve Jackson, 2006) ve traheit hücrelerinin radyal genişlemesi esnasındaki su mevcudiyeti ve turgor ile yakından alakalıdır (Vaganov vd., 2006; Vieira vd., 2010). Bu çalışmada, 2001-2005 periyodunda, 5. sektörden sonraki sektörlerde ve diğer periyotlarda bütün sektörlerde ökseotu bulaşmamış ağaçlarla karşılaştırıldığında, diğer bulaşıklık sınıflarındaki ağaçların traheit radyal lümen çaplarının azalması ve özellikle 5. sektörden sonraki sektörlerde bu azalmanın bulaşıklık derecesi arttıkça artmasının büyüme döneminde yetişme ortamında su açığının fazla olması ve

ökseotu bulaşıklığı derecesinin artışına bağlı olarak konukçuda oluşan artan su stresine bağlı turgor kaybından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen traheit çift çeper kalınlığı ölçümleri sonuçlarına göre, yaz odunu ve ilkbahar odunu traheit çift çeper kalınlıklarında bütün periyotlarda bulaşıklık sınıfları ortalamaları bakımından farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 36,37). Elde edilen farklılığın ökseotu bulaşıklık sınıfları arasında değişimine bakıldığında, tüm periyotlarda ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla ilkbahar odunu traheit çift çeper kalınlığının az ve orta bulaşık ağaçlarda sırasıyla %11-12 ve %3-8 oranında daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 10). Ancak bu periyotlarda çok bulaşık sınıftaki ağaçların ilkbahar odunu çift çeper kalınlığı ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla %1-10 oranında azalmıştır (Tablo 10). Benzer ve daha belirgin sonuçlar yaz odu çift çeper kalınlığı içinde elde edilmiştir (Şekil 37, Tablo 10). Sonuç olarak, ökseotu bulaşıklığının artmasına bağlı olarak traheit çift çeper kalınlığında orta bulaşık seviyeye kadar bir artış ve daha sonra ise bir azalma olduğu görülmektedir. Aynı durum yıllık halka içerisinde sektörel bazda da gözlemlenmiştir (Şekil 40, Tablo 14). İğne yapraklı ağaçlar su stresi koşullarında traheitlerin çaplarını azaltıp ve çeper kalınlıklarını arttırarak, kavitasyon ve hücre çökmesi riskini azaltmaya çalışırlar (Hacke vd., 2001; Cochard vd., 2004). Kuraklık döneminde daha ince çeperlerin oluşması, bitkide azalan fotosentez sonucu oluşturulan sınırlı kaynakların enine büyüme yerine kök büyümesine ve depolamaya tahsis edilmesinden kaynaklanabilir (Dewar vd., 1994; Sterck vd., 2008; Wiley ve Helliker, 2012). Bu durum, bitkiye kuraklık koşullarına daha uzun süre dayanarak hayatta kalma olasılığı sunan temel stratejilerdendir (Wiley ve Helliker, 2012; Hentschel vd., 2014). Dolayısıyla çalışmasından elde edilen sonuçlar, ökseotu bulaştıktan sonra ağaçların orta bulaşık seviyeye gelene kadar ökseotu bulaşıklığına bağlı su stresinden kaynaklanabilecek kavitasyon riskini azaltabilmek için çeper kalınlığını belli bir noktaya kadar artırdığını düşündürmektedir. Ağaçların çok bulaşık seviye geldiğinde traheit çeper kalınlıklarını ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla azaltması ise yapraklar ile ilgili yukarıda tartışılan ökseotuna bağlı fotosentez kapasitesinin düşmesine ve buna bağlı olarak sınırlı kaynaklarını hücre çeperi oluşumu yerine bitkinin başka kısımlara kaydırılmasından kaynaklanıyor olabileceğini düşündürmektedir.

4.3. Gökmar Ökseotu'nun Toros Gökmar Artımı Üzerindeki Etkileri

Ökseotu konukçusu olduğu ağaçlarda meydana getirmiş olduğu, doğrudan ve dolaylı etkiler sonucu ağaçlarda artım kaybına ve dolayısıyla büyük ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Gökmar Ökseotu dünyadaki gökmar ormanlarını etkileyen en önemli biyotik faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Oliva ve Colinas, 2007; Idzotić vd., 2008; Barbu, 2012; Szmidla vd., 2019). Bu nedenle Gökmar Ökseotu'nun gökmarların büyümesi üzerine etkisini ortaya koymak önem arz etmektedir. Gökmar Ökseotu'nun ülkemizde Karadeniz kesiminde doğal olarak yayılış gösteren, Kazdağı Gökmarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*)'nın çap artımına etkisi ile ilgili yapılmış bir çalışma bulunurken (Sakıcı vd., 2020), güneyinde yayılış gösteren Toros Gökmarı (*Abies cilicica*) ile ilgili yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır.

Kazdağı Gökmarı üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, ökseotu bulaşmamış ve bulaşmış ağaçların, son 30 yıllık büyüme döneminde 10'ar yıllık dönemler için ortalama kabuk altı çap artışları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda ökseotu bulaşmış Kazdağı Gökmarları'nın tüm dönemlerde daha düşük çap artışları yaptığı bulunmuştur (Sakıcı vd., 2020). Sakıcı vd. (2020), tarafından elde edilen sonuçlar, çalışmadan elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermesine rağmen, çalışmada ilk dönemlerde ökseotu bulaşmamış ağaçlar ile ökseotunun az bulaşık olduğu ağaçlar arasında yıllık artım bakımından önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir (Şekil 49, Tablo 19). Benzer şekilde, ökseotu orta bulaşık ve çok bulaşık ağaçlar arasında da birbirlerine göre yıllık artım bakımından önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir (Şekil 49, Tablo 19). Ancak ökseotu bulaşmamış ve az bulaşık sınıf ile orta ve çok bulaşık sınıftaki ağaçlar arasında yıllık artım bakımından önemli farklılık bulunmaktadır (Şekil 49, Tablo 19). Yine Kazdağı Gökmarı üzerinde gerçekleştirilen çalışmada bulaşıklık sınıfları arasında yıllar itibari ile çap artımında önemli bir fark bulunmamakla birlikte, sadece araştırma periyodunun son yıllarında fark oluştuğu ve bunun da çok bulaşık sınıfta belirgin olduğu bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre son 20 yıllık büyüme döneminde Kazdağı Gökmarı meşcerelerinin çap artış kayıpları az, orta ve çok bulaşık sınıflar için sırasıyla %28, %26 ve %36 olarak bulunmuştur (Sakıcı vd., 2020). Çalışmadan benzer, ancak daha belirgin sonuçlar elde edilmiştir. Toros Gökmarı'nın son yirmi yıllık büyüme döneminde ilk 9-10 yıl ökseotu bulaşmamış ve bulaşık ağaçlar benzer büyüme trendi gösterirken, sonrasında ökseotu bulaşık ağaçların yıllık artımları

ökseotu bulaşmamışlara göre azalan bir eğilim göstermiştir (Şekil 49). Ayrıca bu yıldan sonra ökseotu bulaşıklık derecesi arttıkça ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla yıllık artım giderek azalmıştır (Şekil 49, Şekil 51). 20 yıllık büyüme döneminin sonunda ökseotu bulaşık Toros Göknarı ağaçlarındaki artım kayıpları az, orta ve çok bulaşık sınıflarda sırasıyla %30, %50 ve %61 olmuştur (Şekil 50). Kazdağı Göknarı ile karşılaştırıldığında Toros Göknarı'nda özellikle orta ve çok bulaşık sınıflarda iki katına varan bir artım kaybı olduğu görülmektedir. Çalışma sonucunda oluşan bu farklılığın bu iki tür ile ilgili yapılan çalışmaların yetiştirme ortamı koşullarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, ülkemizde yapılan farklı ökseotu konukçu etkileşimi için elde edilen artım kaybı sonuçlarıyla da benzerlik göstermektedir. Örneğin, Kahramanmaraş yöresinde Karaçam meşcerelerinde çam ökseotunun yıllık çap artışına etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, ökseotunun yıllık çap artışını olumsuz etkilediğini ve son 9 yıllık dönemde ökseotu bulaşık ağaçlarda ağaçların yıllık çap artışlarının ökseotu bulaşmamış ağaçlara göre %41 daha düşük olduğu bulunmuştur (Kanat vd., 2010). Yine Erzurum yöresinde gerçekleştirilen bir çalışmada ökseotunun sarıçam meşcerelerin de son 10 yıllık dönemde %40'luk bir artım kaybına sebep olduğu bulunmuştur (Sönmez, 2014). Trabzon yöresinde Sarıçam meşcerelerinin de gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise büyüme döneminin son 10 yıllık periyodunda ökseotu bulaşmış ağaçlarda, bulaşmamışlara oranla %56'luk bir artım kaybı olduğu tespit edilmiştir (Eroğlu ve Başkaya, 1995). Bu çalışmalarda bulaşık derecelerine göre bir sınıflandırma bulunmamaktadır. Bulaşıklık derecelerini dikkate alan Isparta yöresinde Karaçam meşcerelerin de gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise ağaçların son 8 yıllık büyüme döneminde ökseotu az, orta ve çok bulaşık sınıfları için sırasıyla %26, %39 ve %63 oranında artım kaybı olduğu bulunmuştur (Çatal ve Carus, 2011). Yapılan çalışmalar ağaçların göğüs çapı artımı ile ilgili bir fikir verseler de göğüs yüzeyi artımı ile ilgili bilgi içermemektedir.

Çalışmada, ağaçlara ilişkin yıllık halka genişlikleri belirlendikten sonra ağaçların büyüme eğilimlerinin biyolojik olarak daha anlamlı tanımlayıcısı olan göğüs yüzeyi artımı hesaplanmıştır (Valentine, 1985; Leblanc, 1990). Çalışma sonuçlarına göre ilk 10 yıllık dönemde ökseotu bulaşmamış ağaçlarla, bulaşmış ağaçlara ait yıllık göğüs yüzeyi artımı arasında anlamlı farklılıklar bulunmamaktadır (Şekil 54). Hatta ökseotu az bulaşık ağaçların göğüs yüzeyi artımı çalışma döneminin son 3 yılına kadar ökseotu bulaşmamış ağaçların üzerinde ya da çok yakın seyretmiştir (Şekil 53). Ancak onuncu yıldan sonra orta ve çok bulaşık

ağaçların göğüs yüzeyi artımı ökseotu bulaşmamış ağaçlara göre giderek azalmıştır (Şekil 53). Son yıla gelindiğinde ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla ökseotu az, orta ve çok bulaşık sınıfları için sırasıyla %29, %53 ve %54 oranında göğüs yüzeyi artımında azalma gerçekleşmiştir (Şekil 54). Çalışma sonuçlarına benzer olarak, Gümüşhane yöresinde gerçekleştirilen başka bir çalışmada Çam Ökseotu'nun, sarıçamın göğüs yüzeyi artımında orta ve çok bulaşık sınıfları için sırasıyla %44, %48 ve %64 oranlarında azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir (Bilgili vd., 2018). Yine Fransa'da yapılan bir çalışmada ökseotu bulaşıklığı ile Gümüşü Göknarın (*Abies alba* Mill.) göğüs yüzeyi artımı arasında negatif korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Durand-Gillmann vd., 2014). Sonuç olarak, bu çalışmaların ve çalışmamızın ortak noktasına bakıldığında, ağaçların gerek yıllık artımları gerekse göğüs yüzeyi artımları genellikle son 10 yıllık dönemde ciddi şekilde azalmakta ve bu azalmanın şiddeti bulaşıklık derecesi arttıkça artmaktadır. Bu durumun altında yatan sebep için ökseotunun ağaç üzerindeki gelişim seyrine bakmak gerekmektedir.

Yapılan çalışmalar ökseotunun ağaç üzerindeki biokütlesinin ökseotu yaşıyla yakından ilişkili olduğunu ve ökseotu biokütlesinin ilk yedi-on yıllık dönemde yavaş arttığını, onuncu yıldan sonra ise üstel bir şekilde aniden arttığını göstermiştir (Noetzli vd., 2003; Bilgili vd., 2018). Buna karşılık konukçunun yaprak miktarı ise ökseotu miktarı ve yoğunluğu arttıkça azalmaktadır (Bilgili vd., 2018). Çalışma sonuçlarında yukarıda tartışıldığı üzere, ökseotu bulaşıklık derecesine bağlı olarak ağaçların yapraklarının morfolojik, anatomik ve fotosentetik pigment içeriklerinde fotosentez kapasitelerini azaltabilecek değişimler olduğu tespit edilmiştir. Yine yapılan çalışmalar ökseotu bulaşıklığının artışına bağlı olarak konukçuda yaklaşık %22-43 oranında karbonhidrat kaybı olduğunu göstermiştir (Szmidla vd., 2019). Tüm bu değişimler ökseotu bulaşıklık derecesinin artışına bağlı olarak ağaçlardaki özellikle onuncu yıldan sonra enine yönde büyümenin azalışını açıklar niteliktedir.

Bu çalışmada ayrıca ilk defa olarak, yıllık halka içi düzeyde ilkbahar odunu ve yaz odunu artım miktarlarının ökseotu bulaşıklık derecesine bağlı olarak değişimi de ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre ilkbahar odunu artımı yıllık artıma oldukça benzer bir eğilim göstermiştir (Şekil 41, Şekil 49). Çalışılan dönemin ilk 9 yılından sonraki süreçte az, orta ve çok bulaşık ağaçların ilkbahar odunu artımı azalmış ve sırasıyla bu azalma %32, %53 ve %65'e kadar ulaşmıştır (Şekil 42). Yaz odunu artımındaki azalma ise çalışma dönemimin ilk 12 yıllık döneminden sonraki yıllarda özellikle orta ve çok bulaşık ağaçlarda belirginleşmeye

başlamıştır (Şekil 45). Ancak ilkbahar odunu kadar belirgin bir azalma yoktur. Orta ve çok bulaşık ağaçların yaz odunu artımının ökseotu bulaşmamış ağaçlara oranla ve sırasıyla %31 ve %40 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 46). İlkbahar odunu ve yaz odununun yıllık halka içerisindeki oransal değişimi odunun yoğunluğunda etkilemektedir (Merev, 2003). Dolayısıyla yıllar içerisinde ökseotuna bağlı bu yoğunluk değişimi odunun mekanik ve teknik özelliklerini etkileyebilir. Nitekim ökseotu bulaşmış ve bulaşmamış sarıçam ağaçları üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada ökseotu bulaşmış ağaçların bazı mekanik özelliklerinin olumsuz yönde etkilendiği bulunmuştur (Ulusoy vd., 2017). Bu durumun Toros Göknaarı özelinde yapılacak mekanik ve teknolojik testler ile ilerleyen çalışmalarda test edilmesi gerekmektedir.



5. ÖNERİLER

Çalışması kapsamında elde edilen bulgular, sonuçlar ve gözlemler ışığında, ökseotu bulunan orman ekosistemlerinden sürdürülebilir bir şekilde faydalanılması, korunması ve yönetilmesinde faydalı olabileceği düşünülen bazı öneriler sunulmaya çalışılmıştır.

Çalışma alanı özelinde bakıldığında Emli Vadisi, Aladağlar Milli Parkı'nın sahip olduğu doğal kaynak değerlerinin başında gelmektedir. Vadi içerisinde Milli Park alanı içerisinde tanımlanan hassas koruma bölgesinde Toros Göknarı orman alanları yer almaktadır. Çalışmanın sonuç ve tartışma bölümünde bahsedildiği gibi, ökse otları alanda bulunan ağaçları fizyolojik olarak zayıflatmış ve ağaçlarda önemli artım ve büyüme kayıplarına sebep olmuştur. Her ne kadar ökse otları alandaki ağaçları fizyolojik olarak zayıflatırsa da, ökseotunun alandaki bitkisel biyoçeşitliliğin bir parçası olduğu ve başta ardıç kuşu türleri olmak üzere, birçok yaban hayvanı türünün bu bitkinin meyveleri ve yaprakları ile beslendiği unutulmamalıdır. Arazi gözlemleri sonucu alandaki nihai ağaç kurumalarına sebep olan etkenin, ağaçlardaki fizyolojik zayıflama sonucunda ağaçlara arız olan kabuk böcekleri olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle alanda ökseotu-kabuk böceği etkileşiminin araştırılmasına yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Ökseotunun dünyada ve ülkemizdeki orman ekosistemlerinde değişen iklim koşulları ile yatay ve dikey yöndeki yayılış ve yoğunluğunun arttığı bilinen bir gerçektir. Bu tez çalışmasının sonuçlarından ve yapılan farklı ökseotu konukçu etkileşimi çalışmalarından görüldüğü üzere ökseotu, üretim ormanlarında ciddi artım dolayısıyla ekonomik kayıp oluşturabilecek potansiyele sahiptir. Bu noktada öncelikle gerek yersel ölçümler gerekse teknolojik imkânlardan faydalanılarak (uzaktan algılama vb.) ülkemiz için ökseotu bulaşıklık ve yoğunluk haritaları yapılması önerilmektedir.

Ülkemizde orman amenajman planları belirli periyotlar da yenilenmektedir. Bu nedenle planlar hazırlanırken gerçekleştirilen envanter çalışmaların da alandaki ökseotu bulaşıklık durumu değerlendirilebilir oluşturulacak ortak bir veri tabanına girilebilir. Böylelikle yersel değerlendirmelere ek bir kaynak ayırmadan, ormanlık alanlarımızdaki meşcerelerin ökseotu açısından sağlık durumu dinamik ve zamansal olarak değerlendirilebilir.

Ökseotunun mevcut yayılış ve yoğunluğu belirlendikten sonra, ökseotunun yatay yöndeki en önemli taşıyıcı vektörü olan kuş türlerinin, değişen iklim koşullarındaki davranışları belirlenmeli ve dikey yönde ökseotunun çıkabileceği yükselti kademeleri tespit edilmelidir. Elde edilen veriler ile ökseotunun yayılması modellenilebilir ve mevcut bulunduğu noktalardan yatayda ve dikeyde yayılabileceği noktalar tahmin edilebilir.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, ökseotu bulaşmış ve bulaşmamış ağaçların yıllık halka düzeyinde yıllar itibari ile ve yıllık halka içerisinde hücresel boyutta büyüme dinamiklerini yansıtmaktadır. Bu yönüyle çalışmadan elde edilen veriler, ökseotu bulaşmış ve bulaşmamış ağaçlara ilişkin geliştirebilecek büyüme modellerinde kullanılabilecek niteliktedir. Ayrıca elde edilen veriler, ağaçların artan ökseotu bulaşıklık derecesine bağlı olarak üretebildikleri sınırlı kaynakları, enine büyüme yerine başka kısımlarına tahsis ettiklerini düşündürmektedir. Ancak bu çalışmada, ökseotunun ağaçların büyümesi üzerindeki etkisinin tam anlamıyla görülebilmesi için yetiştirme ortamı aynı olan benzer alometrik ölçülerdeki ağaçlar örneklenmiştir. Bu noktada ağaçların büyüme ve gelişimlerinde etkileri olan diğer parametreler üzerinde çalışmalar yapılabilir ve artan bulaşıklık seviyesine bağlı olarak ağaçlardaki kaynak dağılımının nasıl şekillendiği tespit edilebilir. Ayrıca, bu çalışmadan elde edilen verilerin birer girdi olarak kullanılması sonucunda fizyolojik tabanlı ve dinamik büyüme modelleri geliştirilebilir. Bu sayede yukarıda önerilen amenajman planı yapım sürecinde, ekonomik olarak işletilen orman alanlarındaki ökseotu durumunun değerlendirilmesi ve oluşturulan büyüme modelleri yardımıyla alandan alınması öngörülen eta miktarının daha doğru tahmin edilebilmesi sağlanabilir.

Çalışma sonucunda yıllık halka içi düzeyde oluşan hücrelerin anatomik özelliklerinin, çalışma alanında özellikle su açığının olduğu dönemde bulaşıklık derecesinin artışına bağlı olarak etkilendiği düşünülmektedir. Ancak bu gözlemin ileride yapılacak kambiyum fenolojisi çalışmaları ile araştırılması ve elde edilen bulguların iklim parametreleri ile ilişkisinin incelenmesi ve ortaya konulması gerekmektedir. Böylece, ökseotu bulaşmış ağaçların iklim değişikliğine bağlı olarak ilerleyen aşamalarda verecekleri tepki ve büyüme trendi değişimleri hakkında önemli bilgiler elde edilebilir.

Çalışma sonuçlarına göre ökseotunun ağaçlar üzerindeki en belirgin etkisinin, ökseotu ağaca bulaşmasının üzerinden 10-12 yıl geçtikten sonra oluştuğu ve ağaçların bu noktadan sonra fizyolojik olarak oldukça zayıfladığı düşünülmektedir. Bu nedenle herhangi bir alanda

ökseotuna yönelik bir mücadele çalışması planlanması durumunda, ökseotunun alana gelmesinden sonra ilk 10-12 yıl içerisinde müdahale etmenin önemli olabileceği düşünülmektedir. Ökse otlarına zararlı olduğu bilinen pek çok organizma varlığının keşfedilmiş olmasına rağmen, orman ekosistemlerinde henüz başarılı bir biyolojik ajan kullanılarak etkin bir mücadele gerçekleştirilememiştir. İlerleyen aşamalarda bu biyolojik ajanlar üzerinde çalışılmalı ve özellikle orman ekosistemlerinde kullanılabilirliği açısından fayda maliyet analizleri yapılmalıdır. Faydanın fazla olduğuna karar verilmesi durumunda biyokontrol stratejileri, silvikültürel yaklaşımlarla senkronize edilerek kullanılmalıdır. Ökseotu bulaşıklığının bulunduğu alanlarda, yapılacak olan silvikültürel müdahalelerde dikkatli olunması gerekmektedir. Kapalılığın fazla kırılmamasına özen göstererek bir yandan ökseotu gelişimini baskılamak diğer yandan biyolojik ajanlarla ökse otlarına müdahale etmek etkili bir mücadele yaklaşımı olabilir. Bu sayede ökseotu bulaşmış ağaçların artım kayıpları azaltılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Aloni R., Foster A. ve Mattsson J., 2013. Transfusion Tracheids in The Conifer Leaves of *Thuja plicata* (Cupressaceae) are Derived from Parenchyma and Their Differentiation is Induced by Auxin, American Journal of Botany, 100, 10, 1949-1956.
- Anşın, R. ve Özkan, C.Ö., 2006. Tohumlu Bitkiler (*Spermatophyta*) Odunsu Taksonlar, KTÜ Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 167, Fakülte Yayın No: 19, Trabzon.
- Arnon D. I., 1949. Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, Plant Physiology, 24, 1, 1-15.
- Asada K., 1996. Radical Production and Scavenging in the Chloroplasts, Photosynthesis and the Environment, Neil R. Baker (Ed.), Springer Netherlands, Dordrecht, 123-150.
- Aukema J. E., 2003. Vectors, Viscin, and Viscaceae: Mistletoes as Parasites, Mutualists, and Resources, Frontiers in Ecology and the Environment, 1, 4, 212-219.
- Aukema J. E. ve Martínez del Rio C., 2002. 7 Mistletoes as Parasites and Seed-dispersing Birds as Disease Vectors: Current Understanding, Challenges and Opportunities, Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation, D. J. Levey, V. R. Silva ve M. Galetti (Ed.), CAB International, 99-110.
- Ball P. W., 1993. *Viscum album* L. In flora Europaea., Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK., 86.
- Barbu C. O., 2012. Impact of White Mistletoe (*Viscum album* ssp *abietis*) Infection on Needles and Crown Morphology of Silver Fir (*Abies alba* Mill.), Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 40, 2, 152-158.
- Barlow B. A., 1987. Mistletoes, Biologist, UK, 34, 5, 261-269.
- Bert D., Le Provost G., Delzon S., Plomion C. ve Gion J. M., 2021. Higher Needle Anatomic Plasticity is Related to Better Water-Use Efficiency and Higher Resistance to Embolism in Fast-Growing *Pinus pinaster* Families Under Water Scarcity, Trees, 35, 1, 287-306.
- Bilgili E., Öztürk M., Coşkun K. A., Baysal İ., Serdar B., Yavuz H., Eroğlu M. ve Usta Y., 2018. Quantifying the Effect of Pine Mistletoe on The Growth of Scots Pine, Forest Pathology, 48, 4, 1-9.
- Biondi F., 1999. Comparing Tree-ring Chronologies and Repeated Timber Inventories as Forest Monitoring Tools, Ecological Applications, 9, 1, 216-227.

- Biondi F. ve Qeadan F., 2008. A Theory-Driven Approach to Tree-Ring Standardization: Defining the Biological Trend from Expected Basal Area Increment, Tree-Ring Research, 64, 2, 81-96.
- Bouyoucos G. J., 1962. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils, Agronomy, 54, 5, 464-465.
- Bremer K., Chase M. W., Stevens P. F., Anderberg A. A., Backlund A., Bremer B., Briggs B. G., Endress P. K., Fay M. F., Goldblatt P., Gustafsson M. H. G., Hoot S. B., Judd W. S., Kallersjo M., Kellogg E. A., Kron K. A., Les D. H., Morton C. M., Nickrent D. L., Olmstead R. G., Price R. A., Quinn C. J., Rodman J. E., Rudall P. J., Savolainen V., Soltis D. E., Soltis P. S., Sytsma K. J., Thulin M. ve Grp A. P., 1998. An Ordinal Classification for The Families of Flowering Plants, Annals of the Missouri Botanical Garden, 85, 4, 531-553.
- Calder D. M. ve Bernhardt P., 1983. The biology of mistletoes, Academic press Sydney.
- Calvin C. L., 1967. Anatomy of Endophytic System of Mistletoe *Phoradendron flavescens*, Botanical Gazette, 128, 2, 117-137.
- Carrer M., Castagneri D., Prendin A. L., Petit G. ve von Arx G., 2017. Retrospective Analysis of Wood Anatomical Traits Reveals a Recent Extension in Tree Cambial Activity in Two High-Elevation Conifers, Frontiers in Plant Science, 8, 737.
- Castagneri D., Fonti P., von Arx G. ve Carrer M., 2017. How does climate influence xylem morphogenesis over the growing season? Insights from long-term intra-ring anatomy in *Picea abies*, Annals of Botany, 119, 6, 1011-1020.
- Çatal Y. ve Carus S., 2011. Effect of pine mistletoe on radial growth of crimean pine (*Pinus nigra*) in Turkey, Journal of Environmental Biology, 32, 3, 263-270.
- Cechin I. ve Press M. C., 1993. Nitrogen Relations of the *Sorghum striga*-*Hermonthica* Host-Parasite Association - Germination, Attachment and Early Growth, New Phytologist, 124, 4, 681-687.
- Chave J., Coomes D., Jansen S., Lewis S. L., Swenson N. G. ve Zanne A. E., 2009. Towards a Worldwide Wood Economics Spectrum, Ecology Letters, 12(4), 351-366.
- Chaves M. M., Maroco J. P. ve Pereira J. S., 2003. Understanding Plant Responses to Drought - from Genes to The Whole Plant, Functional Plant Biology, 30, 3, 239-264.
- Cherubini P., Gartner B. L., Tognetti R., Bräker O. U., Schoch W. ve Innes J. L., 2003. Identification, Measurement and Interpretation of Tree Rings in Woody Species From Mediterranean Climates, Biol Rev Camb Philos Soc, 78, 1, 119-148.

- Cinnirella S., Magnani F., Saracino A. ve Borghetti M., 2002. Response of a Mature *Pinus laricio* Plantation to a Three-Year Restriction of Water Supply: Structural and Functional Acclimation to Drought, Tree Physiology, 22, 1, 21-30.
- Cochard H., Froux F., Mayr F. F. S. ve Coutand C., 2004. Xylem Wall Collapse in Water-Stressed Pine Needles, Plant Physiology, 134, 1, 401-408.
- Cohen L. I., 1954. The Anatomy of the Endophytic System of the Dwarf Mistletoe, *Arceuthobium-Campylopodum*, American Journal of Botany, 41, 10, 840-847.
- Çepel N., 1995. Orman Ekolojisi, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 433, 536.
- Davis P. H., 1982. Flora of Turkey and The East Aegean Islands, Edinburgh University Press, Edinburgh,
- DelRio C. M., Silva A., Medel R. ve Hourdequin M., 1996. Seed Dispersers as Disease Vectors: Bird Transmission of Mistletoe Seeds to Plant Hosts, Ecology, 77, 3, 912-921.
- Denne M. P., 1989. Definition of Latewood According to Mork (1928), Iawa Bulletin, 10, 1, 59-62.
- Dewar R. C., Ludlow A. R. ve Dougherty P. M., 1994. Environmental Influences on Carbon Allocation in Pines, Ecological Bulletins, 43, 92-101.
- DKMP, 2016. Aladağlar Milli Parkı Uzun Devreli Gelişim Planı, T.C.Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma Ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü.
- Dubos C., Le Provost G., Pot D., Salin F., Lalane C., Madur D., Frigerio J. M. ve Plomion C., 2003. Identification and Characterization of Water-Stress-Responsive Genes in Hydroponically Grown Maritime Pine (*Pinus pinaster*) seedlings, Tree Physiology, 23, 3, 169-179.
- Durand-Gillmann M., Cailleret M., Boivin T., Nageleisen L. M. ve Davi H., 2014. Individual Vulnerability Factors of Silver fir (*Abies alba* Mill.) to Parasitism by Two Contrasting Biotic agents: mistletoe (*Viscum album* L. ssp *abietis*) and Bark Beetles (*Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae*) during a decline process, Annals of Forest Science, 71, 6, 659-673.
- Ehleringer J. R., Cook C. S. ve Tieszen L. L., 1986. Comparative Water-Use and Nitrogen Relationships in a Mistletoe and Its Host, Oecologia, 68, 2, 279-284.
- Ehleringer J. R., Schulze E. D., Ziegler H., Lange O. L., Farquhar G. D. ve Cowar I. R., 1985. Xylem-Tapping Mistletoes - Water or Nutrient Parasites, Science, 227, 4693, 1479-1481.

- Ergun F., Deliorman D. ve Şener B., 1994. *Viscum album* L. (Ökse otu) (*Loranthaceae*) Bitkisinin Morfolojik Özellikleri ve Türkiye'deki Yayılışı Hakkında Bazı Araştırmalar, Ot Sistematiği Dergisi, 1, 2, 47-62.
- Eroğlu M. ve Başkaya Ş., 1995. The Causes and Results of The Mistletoe (*Viscum album*) Infection in Scots Pine Forests, Turkish Journal of Forestry Engineering, 4, 25-31.
- Esteban R., Barrutia O., Artetxe U., Fernández-Marín B., Hernández A. ve García-Plazaola J. I., 2015. Internal and External Factors Affecting Photosynthetic Pigment Composition in Plants: a Meta-Analytical Approach, New Phytologist, 206, 1, 268-280.
- Fahn A., 1990. Plant Anatomy, Second edition. Pergamon Press, Oxford. New York.
- Fonti P., von Arx G., Garcia-Gonzalez I., Eilmann B., Sass-Klaassen U., Gartner H. ve Eckstein D., 2010. Studying Global Change Through Investigation of The Plastic Responses of Xylem Anatomy in Tree Rings, New Phytologist, 185, 1, 42-53.
- Franks P. J. ve Beerling D. J., 2009. CO₂-Forced Evolution of Plant gas Exchange Capacity and Water-Use Efficiency Over the Phanerozoic, Geobiology, 7, 2, 227-236.
- Gartner H., Cherubini P., Patrick F. I., von Arx G., Schneider L., Nievergelt D., Verstege A., Bast A., Schweingruber F. H. ve Buntgen U., 2015. A Technical Perspective in Modern Tree-ring Research - How to Overcome Dendroecological and Wood Anatomical Challenges, Jove-Journal of Visualized Experiments, 97.
- Gartner H., Lucchinetti S. ve Schweingruber F. H., 2015. A New Sledge Microtome to Combine Wood Anatomy and Tree-Ring Ecology, IAWA Journal, 36, 4, 452-459.
- Gebregeorgis E. G., Boniecka J., Piatkowski M., Robertson I. ve Rathgeber C. B. K., 2021. SabaTracheid 1.0: A Novel Program for Quantitative Analysis of Conifer Wood Anatomy - A Demonstration on African Juniper From the Blue Nile Basin, Frontiers in Plant Science, 12, 595258.
- Gill L. S. ve Hawksworth F. G., 1961. The Mistletoes: A Literature Review, Technical Bulletin No. 1242, Forest Service United States Department of Agriculture, Washington D.C., 2-24.
- Glatzel G., 1983. Mineral Nutrition and Water Relations of Hemiparasitic Mistletoes a Question of Partitioning Experiments with *Loranthus europaeus* on *Quercus petraea* and *Quercus robur*, Oecologia, 56, 2-3, 193-201.
- Glatzel G. ve Geils B. W., 2009. Mistletoe Ecophysiology: Host-Parasite Interactions, Botany-Botanique, 87, 1, 10-15.

- Göl C., Serdar B., Öztürk M., Coşkun K. A. ve Bilgili E., 2018. The Effect of Pine Mistletoe (*Viscum album* L. subsp. *austriacum* (Wiesb.) Vollman) on Wood Anatomy of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.), Duzce University Journal of Science and Technology, 6, 4, 1354 - 1363.
- Grill D., Tausz M., Pollinger U., Jimenez M. S. ve Morales D., 2004. Effects of Drought on Needle Anatomy of *Pinus canariensis*, Flora, 199, 2, 85-89.
- Hacke U. G. ve Sperry J. S., 2001. Functional and Ecological Xylem Anatomy, Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics, 4, 2, 97-115.
- Hacke U. G., Sperry J. S., Pockman W. T., Davis S. D. ve McCulloch K. A., 2001. Trends in Wood Density and Structure are Linked to Prevention of Xylem Implosion by Negative Pressure, Oecologia, 126, 4, 457-461.
- Halliwell B. ve Gutteridge J. M., 2015. Free Radicals in Biology and Medicine, Oxford university press, USA.
- Han Q., Kawasaki T., Katahata S., Mukai Y. ve Chiba Y., 2003. Horizontal and Vertical Variations in Photosynthetic Capacity in A *Pinus densiflora* Crown in Relation to Leaf Nitrogen Allocation and Acclimation to Irradiance, Tree Physiology, 23, 12, 851-857.
- Hawksworth F. G., 1977. The 6-Class Dwarf Mistletoe Rating System, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 7.
- Hawksworth F. G. ve Wiens D., 1996. Dwarf Mistletoes: Biology, Pathology, and Systematics., U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service., Washington, D.C., 410 s.
- Heide-Jørgensen H. S., 2008. Parasitic Flowering Plants, Brill.
- Hentschel R., Rosner S., Kayler Z. E., Andreassen K., Børja I., Solberg S., Tveito O. E., Priesack E. ve Gessler A., 2014. Norway Spruce Physiological and Anatomical Predisposition to Dieback, Forest Ecology and Management, 322, 27-36.
- Hepworth C., Doheny-Adams T., Hunt L., Cameron D. D. ve Gray J. E., 2015. Manipulating Stomatal Density Enhances Drought Tolerance Without Deleterious Effect on Nutrient Uptake, New Phytologist, 208, 2, 336-341.
- Hetherington A. M. ve Woodward F. I., 2003. The Role of Stomata in Sensing and Driving Environmental Change, Nature, 424, 6951, 901-908.
- Howell B. E. ve Mathiasen R. L., 2004. Growth impacts of *Psittacanthus angustifolius* Kuijt on *Pinus oocarpa* Schiede in Honduras, Forest Ecology and Management, 198, 1-3, 75-88.

- Hu Y.-S. ve Yao B.-J., 1981. Transfusion Tissue in *Gymnosperm* Leaves, Botanical Journal of the Linnean Society, 83, 3, 263-272.
- Idzajt M., Pernar R., Glavas M., Zebec M. ve Diminic D., 2008. The Incidence of Mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) on Silver fir (*Abies alba*) in Croatia, Biologia, 63, 1, 81-85.
- Irvine J., Perks M. P., Magnani F. ve Grace J., 1998. The Response of *Pinus sylvestris* to drought: stomatal control of transpiration and hydraulic conductance, Tree Physiology, 18, 6, 393-402.
- Ives E., 2001. A Guide to Wood Microtomy: Making Quality Microslides of Wood Sections, Ernie Ives.
- Kahle-Zuber D., 2008. Biology and Evolution of The European Mistletoe (*Viscum album*), Phd Thesis, ETH Zurich, 2008.
- Kanat M., Alma M. H. ve Sivrikaya F., 2010. The Effect of *Viscum album* L. on Annual Diameter Increment of *Pinus nigra* Arn., African Journal of Agricultural Research, 5, 2, 166-171.
- Karunaichamy K. S. T. K., Paliwal K. ve Arp P. A., 1999. Biomass and Nutrient Dynamics of Mistletoe (*Dendrophthoe falcata*) and Neem (*Azadirachta indica*) Seedlings, Current Science, 76, 6, 840-842.
- Kraft G., 1884. Beitrage zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben, Hannover, Germany: Klindworth's.
- Kuijt J., 1964. Critical Observations on The Parasitism of New World Mistletoes, Canadian Journal of Botany, 42, 9, 1243-1278.
- Kuijt J., 1969. The Biology of Parasitic flowering Plants, University of California Press, Berkeley, California, USA., 246 s.
- Kuijt J. ve Lye D., 2005. Gross Xylem Structure of The Interface of *Psittacanthus ramiflorus* (*Loranthaceae*) with Its Hosts and with a Hyperparasite, Botanical Journal of the Linnean Society, 147, 2, 197-201.
- Lange J., Carrer M., Pisarcic M. F. J., Porter T. J., Seo J.-W., Trouillier M. ve Wilmking M., 2020. Moisture-Driven Shift in The Climate Sensitivity of White Spruce Xylem Anatomical Traits is Coupled to Large-Scale Oscillation Patterns Across Northern Treeline in Northwest North America, Global change biology, 26, 3, 1842-1856.
- Larcher W., 2003. Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups, Springer Science & Business Media.

- Larson P. R., 2012. The Vascular Cambium: Development and Structure, Springer Science & Business Media.
- Leblanc D. C., 1990. Relationships between Breast-Height and Whole-Stem Growth Indexes for Red Spruce on Whiteface Mountain, New-York, Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere, 20, 9, 1399-1407.
- Lei S. A., 2001. Survival and Development of *Phoradendron californicum* and *Acacia greggii* During a Drought, Western North American Naturalist, 61, 1, 78-84.
- Lemont B., 1983. Germination of Mistletoes, The Biology of Mistletoes (eds M. Calder & P. Bernhardt), (Ed.), Academic Press, Sydney., 129-143.
- Lin J. X., Jach M. E. ve Ceulemans R., 2001. Stomatal Density and Needle Anatomy of Scots pine (*Pinus sylvestris*) are Affected by Elevated CO₂, New Phytologist, 150, 3, 665-674.
- Little E., Friedman C. M. R. ve Flood N. J., 2008. The Effects of *Arceuthobium americanum* Infection on *Pinus contorta* var. *latifolia* Needles, Northwest Science, 82, 3, 237-240.
- Logan B. A., Barker D. H., demmig-Adams B. ve Adams III W. W., 1996. Acclimation of Leaf Carotenoid Composition and Ascorbate Levels to Gradients in The Light Environment within an Australian Rainforest, Plant, Cell & Environment, 19, 9, 1083-1090.
- Logan B. A., Huhn E. R. ve Tissue D. T., 2002. Photosynthetic Characteristics of Eastern Dwarf Mistletoe (*Arceuthobium pusillum* Peck) and Its Effects on The Needles of Host White Spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss), Plant Biology, 4, 6, 740-745.
- Logan B. A., Reblin J. S., Zonana D. M., Dunlavy R. F., Hricko C. R., Hall A. W., Schmiede S. C., Butschek R. A., Duran K. L., Emery R. J. N., Kurepin L. V., Lewis J. D., Pharis R. P., Phillips N. G. ve Tissue D. T., 2013. Impact of Eastern Dwarf Mistletoe (*Arceuthobium pusillum*) on Host White Spruce (*Picea glauca*) Development, Growth and Performance Across Multiple Scales, Physiologia Plantarum, 147, 4, 502-513.
- Lukjanova A., Mandre M. ve Saarman G., 2013. Impact of Alkalisiation of the Soil on the Anatomy of Norway Spruce (*Picea abies*) Needles, Water Air and Soil Pollution, 224, 7,
- Maherali H., Reid C. D., Polley H. W., Johnson H. B. ve Jackson R. B., 2002. Stomatal Acclimation Over a Subambient to Elevated CO₂ Gradient in a C-3/C-4 Grassland, Plant Cell and Environment, 25, 4, 557-566.

- Mataracı T. ve Kandemir A., 2018. *Abies Mill.* Şu eserde: Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Ekşi, G., Güner, I., ve Çimen, A.Ö. (edlr.), *Resimli Türkiye Florası*, 2, ANG Vakfı Nezihat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları. İstanbul, 306-314.
- Mathiasen R. L., Nickrent D. L., Shaw D. C. ve Watson D. M., 2008. Mistletoes: Pathology, Systematics, Ecology, and Management, Plant Disease, 92, 7, 988-1006.
- Meinzer F. C., Woodruff D. R. ve Shaw D. C., 2004. Integrated Responses of Hydraulic Architecture, Water and Carbon Relations of Western Hemlock to Dwarf Mistletoe Infection, Plant Cell and Environment, 27, 7, 937-946.
- Merev N., 2003. Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı, KTÜ Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 210, Fakülte Yayın No: 32, Trabzon.
- Mudgal G., Kaur J., Chand K., Parashar M., Dhar S. K., Singh G. B. ve Gururani M. A., 2022. Mitigating the Mistletoe Menace: Biotechnological and Smart Management Approaches, Biology-Basel, 11, 11, 1645.
- Mutlu S., İlhan V. ve Türkoğlu H. I., 2016. Mistletoe (*Viscum album*) infestation in the Scots pine stimulates drought-dependent oxidative damage in summer, Tree Physiology, 36, 4, 479-489.
- Mutlu S., Osma E., İlhan V., Türkoğlu H. I. ve Atıcı O., 2016. Mistletoe (*Viscum album*) Reduces the Growth of The Scots Pine by Accumulating Essential Nutrient Elements in Its Structure as a Trap, Trees-Structure and Function, 30, 3, 815-824.
- NASA, 2022. The POWER Project, National Aeronautics and Space Administration (NASA).
- Nickrent D. (2002). Mistletoe phylogenetics: current relationships gained from analysis of DNA sequences. Paper presented at the Proceedings of the forty-eighth western international forest disease work conference, 48-57.
- Nickrent D. L., Duff R., Colwell A., Wolfe A., Young N., Steiner K., DePamphilis C. ve Soltis D., 1998. Molecular Phylogenetic and Evolutionary Studies of Parasitic Plants. Pp. 211-241 in D. Soltis, P. Soltis & J. Doyle (editors), *Molecular Systematics of Plants II: DNA Sequencing*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Nickrent D. L. ve Duff R. J., 1996. Molecular Studies of Parasitic Plants Using Ribosomal RNA, Advances in parasitic plant research, 28-52.
- Niinemets U., Lukjanova A., Turnbull M. H. ve Sparrow A. D., 2007. Plasticity in Mesophyll Volume Fraction Modulates Light-Acclimation in Needle Photosynthesis in Two Pines, Tree Physiology, 27, 8, 1137-1151.

- Noetzli K. P., Muller B. ve Sieber T. N., 2003. Impact of Population Dynamics of White Mistletoe (*Viscum album* ssp *abietis*) on European Silver Fir (*Abies alba*), Annals of Forest Science, 60, 8, 773-779.
- Norton D. A. ve Carpenter M. A., 1998. Mistletoes as Parasites: Host Specificity and Speciation, Trends in Ecology & Evolution, 13, 3, 101-105.
- Oliva J. ve Colinas C., 2007. Decline of Silver Fir (*Abies alba* Mill.) Stands in the Spanish Pyrenees: Role of Management, Historic Dynamics and Pathogens, Forest Ecology and Management, 252, 1-3, 84-97.
- Öztürk M., Coşkun K. A., Usta Y., Serdar B. ve Bilgili E., 2019. The Effect of Mistletoe (*Viscum album*) on Branch Wood and Needle Anatomy of Scots Pine (*Pinus sylvestris*), IAWA Journal, 40, 2, 352-365.
- Pacheco A., Camarero J. J. ve Carrer M., 2016. Linking Wood Anatomy and Xylogenesis Allows Pinpointing of Climate and Drought Influences on Growth of Coexisting Conifers in Continental Mediterranean Climate, Tree Physiology, 36, 4, 502-512.
- Parkhurst D. F., 1994. Diffusion of CO₂ and Other Gases Inside Leaves, New Phytologist, 126, 3, 449-479.
- Persoh D., Melcher M., Flessa F. ve Rambold G., 2010. First Fungal Community Analyses of Endophytic Ascomycetes Associated with *Viscum album* ssp. *austriacum* and its Host *Pinus sylvestris*, Fungal Biology, 114, 7, 585-596.
- Phipps R. L. ve Whiton J. C., 1988. Decline in Long-Term Growth Trends of White Oak, Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere, 18, 1, 24-32.
- Popp M. ve Richter A., 1998. Ecophysiology of Xylem-Tapping Mistletoes, Progress in Botany: Genetics Cell Biology and Physiology Ecology and Vegetation Science, H. D. Behnke, K. Esser, J. W. Kadereit, U. Lüttge ve M. Runge (Ed.), Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 659-674.
- Press M. C. ve Phoenix G. K., 2005. Impacts of Parasitic Plants on Natural Communities, New Phytologist, 166, 3, 737-751.
- Press M. C., Smith S. ve Stewart G. R., 1991. Carbon Acquisition and Assimilation in Parasitic Plants, Functional Ecology, 5, 2, 278-283.
- Reid N., 1991. Coevolution of Mistletoes and Frugivorous Birds, Australian Journal of Ecology, 16, 4, 457-469.
- Rigling A., Eilmann B., Koechli R. ve Dobbertin M., 2010. Mistletoe-Induced Crown Degradation in Scots pine in a Xeric Environment, Tree Physiology, 30, 7, 845-852.

- Roderick M. L., Berry S. L. ve Noble I. R., 1999. The Relationship Between Leaf Composition and Morphology at Elevated CO₂ Concentrations, New Phytologist, 143, 1, 63-72.
- Sakıcı O. E., Özcan G. E., Sağlam F. ve Seki M., 2020. The Effect of White Mistletoe (*Viscum album* subsp. *abietis* (Wiesb.) Abromerit) on Diameter Increment in Kazdağı Fir Stands, Journal of Biometry Studies, 2, 1, 15-23.
- Scalon M. C., dos Reis S. A. ve Rossatto D. R., 2017. Shifting from Acquisitive to Conservative: the Effects of *Phoradendron affine* (Santalaceae) Infection in Leaf Morpho-Physiological Traits of a Neotropical Tree Species, Australian Journal of Botany, 65, 1, 31-37.
- Serdar B. ve Mazlum R., 2014. An Alternative Approach in Sectioning of Archaeological Woods: the Case of *Quercus pontica*, Turkish Journal of Botany, 38, 3, 623-626.
- Sönmez T., 2014. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Gelişimi Üzerine Ökseotu'nun Etkisi., Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15, 1, 64-72.
- SPSS I. C. (2019). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Srivastava L. M. ve Esau K., 1961. Relation of Dwarfmistletoe (*Arceuthobium*) to the Xylem Tissue of Conifers. I. Anatomy of Parasite Sinks and Their Connection with Host Xylem, American Journal of Botany, 48, 2, 159-167.
- Sterck F. J., Zweifel R., Sass-Klaassen U. ve Chowdhury Q., 2008. Persisting Soil Drought Reduces Leaf Specific Conductivity in Scots Pine (*Pinus sylvestris*) and Pubescent Oak (*Quercus pubescens*), Tree Physiology, 28, 4, 529-536.
- Stewart G. R. ve Press M. C., 1990. The Physiology and Biochemistry of Parasitic Angiosperms, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 41, 127-151.
- Szmidla H., Tkaczyk M., Plewa R., Tarwacki G. ve Sierota Z., 2019. Impact of Common Mistletoe (*Viscum album* L.) on Scots Pine Forests-A Call for Action, Forests, 10, 10, 847.
- Teixeira-Costa L. ve Ceccantini G., 2015. Embolism Increase and Anatomical Modifications Caused by a Parasitic Plant: *Phoradendron crassifolium* (Santalaceae) on *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae), IAWA Journal, 36, 2, 138-151.
- Tennakoon K. U. ve Pate J. S., 1996. Effects of Parasitism by a Mistletoe on the Structure and Functioning of Branches of its Host, Plant Cell and Environment, 19, 5, 517-528.
- Teshome D. T., Zharare G. E. ve Naidoo S., 2020. The Threat of the Combined Effect of Biotic and Abiotic Stress Factors in Forestry Under a Changing Climate, Frontiers in Plant Science, 11,

- Thornthwaite C. W., 1948. An approach toward a rational classification of climate, Geographical Review, 38, 1, 55-94.
- Tüfekçi S., Savran A., Bağcı Y. ve Özkurt N., 2002. Aladağlar Milli Parkının Florası, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Bülten Serisi, 18, 111.
- Ullmann I., Lange O. L., Ziegler H., Ehleringer J., Schulze E. D. ve Cowan I. R., 1985. Diurnal Courses of Leaf Conductance and Transpiration of Mistletoes and Their Hosts in Central Australia, Oecologia, 67, 4, 577-587.
- Ulusoy H., Ay N. ve Peker H., 2017. Ökseotu (*Viscum album* L.)'nun Sarıçam Odununun Bazı Mekanik Özelliklerine Etkisi, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 10, 2, 15-22.
- Vaganov E. A., Hughes M. K. ve Shashkin A. V., 2006. Growth Dynamics of Conifer Tree Rings: Images of Past and Future Environments, Springer Science & Business Media.
- Valentine H. T., 1985. Tree-Growth Models: Derivations Employing the Pipe-Model Theory, Journal of Theoretical Biology, 117, 4, 579-585.
- Vieira J., Campelo F. ve Nabais C., 2010. Intra-Annual Density Fluctuations of *Pinus pinaster* are a Record of Climatic Changes in the Western Mediterranean Region, Canadian Journal of Forest Research, 40, 8, 1567-1575.
- Villier J. A., Reblin J. S. ve Logan B. A., 2017. Needle Properties of Host White Spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss) Experiencing Eastern Dwarf Mistletoe (*Arceuthobium pusillum* Peck) Infections of Differing Severity, Botany-Botanique, 95, 3, 295-305.
- Vysotskaya L. G. ve Vaganov E. A., 1989. Components of the Variability of Radial Cell-Size in Tree Rings of Conifers, Iawa Bulletin, 10, 4, 417-428.
- Walkley A., 1947. A Critical Examination of A Rapid Method For Determining Organic Carbon in Soils—Effect of Variations in Digestion Conditions and of Inorganic Soil Constituents, Soil Science, 63, 4, 251-264.
- Waren C. R., Ethier G. J., Livingston N. J., Grant N. J., Turpin D. H., Harrison D. L. ve Black T. A., 2003. Transfer Conductance in Second Growth Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.)Franco) Canopies, Plant Cell and Environment, 26, 8, 1215-1227.
- Watson D. M., 2001. Mistletoe - A Keystone Resource in Forests and Woodlands Worldwide, Annual Review of Ecology and Systematics, 32, 219-249.
- Wiley E. ve Helliker B., 2012. A Re-Evaluation of Carbon Storage in Trees Lends Greater Support for Carbon Limitation to Growth, 195, 2, 285-289.
- Willson C. J. ve Jackson R. B., 2006. Xylem Cavitation Caused by Drought and Freezing Stress in Four Co-Occurring *Juniperus* species, Physiologia Plantarum, 127, 3, 374-382.

- Wimmer R., 2002. Wood anatomical features in tree-rings as indicators of environmental change, Dendrochronologia, 20, 1, 21-36.
- Yan C. F., Han S. J., Zhou Y. M., Wang C. G., Dai G. H., Xiao W. F. ve Li M. H., 2012. Needle-Age Related Variability in Nitrogen, Mobile Carbohydrates, and delta C-13 within *Pinus koraiensis* Tree Crowns, Plos One, 7, 4, e35076.
- Zuber D., 2004. Biological flora of central Europe: *Viscum album* L., Flora, 199, 3, 181-203.



ÖZGEÇMİŞ

Orman Yüksek Mühendisi Murat ÖZTÜRK, İlköğretimini okul birincisi olarak Van İMKB İlköğretim Okulu, lise eğitimini ise Van Atatürk Lisesi, Süper Lise bölümünde tamamladı. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılında "Orman Mühendisi" unvanı ile fakülte ve bölüm birincisi olarak mezun oldu. Eylül 2012'de Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Aralık 2012'de Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Botaniği Anabilim Dalına, Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) ile Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2015 yılı haziran ayında "Ökseotu (*Viscum album* L. subsp. *austriacum* (Wiesb.) Vollman)'nun Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)' ın Büyüme ve Artımı Üzerine Etkisi" adlı yüksek lisans tezini tamamlayarak, Orman Yüksek Mühendisi unvanını almaya hak kazandı. Yüksek Lisans ve Doktora öğrenimi süresince biri bu tez çalışmasından olmak üzere bilim dalı ile ilgili konularda ele alınmış, 14 makalesi ve 16 bildirisi bulunan ÖZTÜRK, halen KTÜ Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Botaniği Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmekte ve İngilizce bilmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Makaleler

1. Öztürk M., Coşkun K. A., Serdar B., Atar F. ve Bilgili E., 2022. Impact of white mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) infection severity on morphology, anatomy and photosynthetic pigment content of the needles of cilician fir (*Abies cilicica*), Flora, 294, 152135.

Bildiriler

1. Öztürk M., Coşkun K. A., Serdar B. ve Bilgili E., 2022. Korunan Alanlarda Ökseotu Problemi: Niğde Aladağlar Milli Parkı – Emli Vadisi Örneği, IV. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 6 - 09 Aralık 2021, Trabzon, Türkiye, Bildiriler Kitabı : s.68
2. Öztürk M., Coşkun K. A., Serdar B. ve Bilgili E., 2022. The Preliminary Results of the Effect of White Mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) on Radial Growth of Cilician Fir (*Abies cilicica* ssp. *cilicica*). 3rd International Congress on Plant Biology, 21 - 23 Eylül 2022, Rize, Türkiye, Bildiriler Kitabı: s.90