

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KIZILAĞAÇ ODUNUNUN KULLANIM ÖMRÜNÜN ARTTIRILMASI  
ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Orm. End. Müh. Serkan KILINÇ**

**HAZİRAN 2019  
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**

**Trabzon**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında  
Serkan KILINÇ Tarafından Hazırlanan**

**KIZILAĞAÇ ODUNUNUN KULLANIM ÖMRÜNÜN ARTTIRILMASI ÜZERİNE  
ARAŞTIRMALAR**

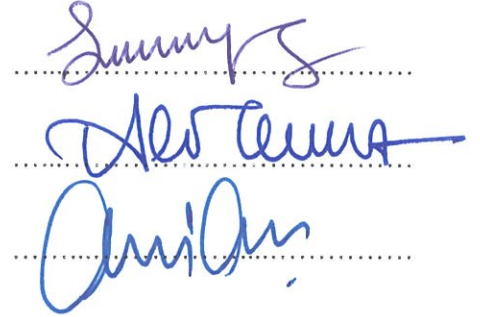
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28/ 05 /2019 gün ve 1806 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Sibel YILDIZ**

**Üye : Prof. Dr. Ali TEMİZ**

**Üye : Prof. Dr. Selim ŞEN**



**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU  
Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“Kızılağaç Odununun Kullanım Ömrünün Arttırılması Üzerine Araştırmalar” isimli bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nın, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasının tüm aşamalarında; planlanması, araştırılması, yürütülmesi ve oluşumunda desteğini ve yardımını esirgemeyen, tecrübeleriyle bana devamlı ışık tutan, araştırma ve çalışmalarımı bilimsel anlamda şekillendiren danışmanın hocam Sayın Prof. Dr. Ali TEMİZ' e teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmalarımın yürütülmesi sırasında yardım ve desteklerinden yararlandığım Sayın Dr. Gaye Köse DEMİREL'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca laboratuvar imkânlarını hizmetime açan Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümüne şükranlarımı sunarım.

İyi ve kötü günümde her zaman yanımda olan, maddi ve manevi bakımdan desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli aileme, umutsuzluk yaşadığım anlarda beni her an cesaretlendiren sevgili eşim Deniz Dinçer KILINÇ'a minnettarlığımı ifade ederim.

Serkan KILINÇ

Trabzon 2019

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kızılağaç Odununun Kullanım Ömrünün Arttırılması Üzerine Araştırmalar” başlıklı bu araştırma ve çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ali TEMİZ’ in gözetim ve sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdığimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 27/06/2019

Serkan KILINÇ

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ .....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	IX
SUMMARY .....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ .....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.1.1. Problemin Tanımlanması.....	3
1.1.2. Hipotez .....	4
1.1.3. Çalışmanın Amacı .....	4
1.2. Literatür Özetleri .....	5
1.3. Çalışmada Kullanılan Ağaç Türleri.....	10
1.3.1. Kızılağaç.....	10
1.3.1.1. Kızılağacın Botanik Özellikleri .....	11
1.3.1.2. Kızılağacın Ülkemizde ve Dünyada Yayılış Alanları .....	11
1.3.1.3. Kızılağacın Kullanım Alanları.....	13
1.3.1.4. Kızılağacın Makroskobik ve Mikroskobik Özellikleri.....	13
1.3.2. Sarıçam .....	14
1.3.2.1. Sarıçamın Botanik Özellikleri .....	14
1.3.2.2. Sarıçamın Ülkemizde ve Dünyada Yayılış Alanları.....	15
1.3.2.3. Sarıçamın Kullanım Alanları.....	15
1.3.2.4. Sarıçamın Makroskobik ve Mikroskobik Özellikleri .....	15
1.4. Ağaç Malzemeyi Etkileyen Dış Ortam Koşulları.....	16
1.4.1. Sıcaklık .....	16
1.4.2. Işık .....	17
1.4.3. Rutubet .....	18

1.5.	Ağaç Malzemelerin Doğal Dayanımı ve Emprenyesi .....	19
1.5.1.	Odun Korumada Emprenye .....	21
1.5.1.1.	Yağlı Emprenye Maddeleri .....	22
1.5.1.1.1.	Kreozot .....	22
1.5.1.2.	Suda Çözünen Emprenye Maddeleri .....	23
1.5.1.2.1.	Suda Çözünen Bakır Bileşikleri .....	25
1.5.1.2.2.	Yağda Çözünen Bakır Bileşikleri .....	28
1.5.1.3.	Organik Emprenye Maddeleri .....	29
1.5.1.4.	Yeni Nesil Emprenye Maddeleri .....	29
1.5.1.4.1.	Tanenler, Reçineler ve Vakslar .....	30
1.5.1.4.2.	Silikonlar .....	30
1.5.1.4.3.	Bitki ve Öz Odun Eksrakatifleri .....	31
1.5.2.	Emprenye Yöntemleri.....	32
1.5.2.1.	Basıncılı Emprenye Yöntemleri .....	32
1.5.2.2.	Basıncısız Emprenye Yöntemleri .....	34
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	36
2.1.	Ağaç Türü.....	36
2.2.	Kullanılan Emprenye Maddeleri .....	37
2.2.1.	Tanalith E .....	37
2.2.2.	Celcure AC 500 .....	38
2.3.	Ağaç Malzemelerin Emprenye Edilmesi.....	39
2.4.	Yapılan Testler .....	40
2.4.1.	Dış Ortam Testleri .....	42
2.4.1.1.	Toprakla Temas Testleri.....	42
2.4.1.1.1.	Rutubet Değişimi.....	43
2.4.1.1.2.	Çürüklük Dereceleri .....	44
2.4.1.2.	Toprak Üstü Testleri.....	44
2.4.1.2.1.	Rutubet Değişimi.....	45
2.4.1.2.2.	Yüzey Pürüzlülüğü .....	45
2.4.1.2.3.	Renk Ölçümü.....	46
2.4.1.3.	Endüstriyel Ürün Testleri .....	48
2.4.1.3.1.	Renk Ölçümü.....	50
2.4.2.	Biyolojik Testler .....	50

2.4.2.1.	Mantar Çürüklük Testi .....	50
2.4.3.	Analitik Testler .....	52
2.4.3.1.	Yıkanma ve Bakır Analizi .....	52
3.	BULGULAR .....	53
3.1.	Dış Ortam Testlerine Ait Bulgular .....	53
3.1.1.	Toprakla Temas Eden Örneklere Ait Test Bulguları.....	54
3.1.1.1.	Rutubet Değişimlerine Ait Bulgular.....	54
3.1.1.2.	Çürüklük Derecelerine Ait Bulgular.....	57
3.1.2.	Toprakla Üstü Örneklere Ait Bulgular .....	60
3.1.2.1.	Rutubet Değişimlerine Ait Bulgular.....	60
3.1.2.2.	Yüzey Pürüzlülük Değerlerine Ait Bulgular .....	62
3.1.2.3.	Renk Ölçüm Değerlerine Ait Bulgular .....	65
3.1.3.	Endüstriyel Ürün Test Bulguları.....	70
3.1.3.1.	Renk Ölçüm Değerlerine Ait Bulgular .....	70
3.2.	Biyolojik Testlere Ait Bulgular .....	75
3.2.1.	Mantar Çürüklük Test Bulguları .....	75
3.3.	Analitik Testlere Ait Bulgular .....	76
3.3.1.	Yıkanma ve Bakır Analizi Test Bulguları .....	76
4.	İRDELEME .....	78
4.1.	Dış Ortam Testlerinin İrdelenmesi .....	78
4.1.1.	Toprakla Temas Eden Örneklerin İrdelenmesi.....	78
4.1.1.1.	Rutubet Değişimlerinin İrdelenmesi.....	78
4.1.1.2.	Çürüklük Derecelerinin İrdelenmesi .....	82
4.1.2.	Toprak Üstü Testlere Ait Örneklerin İrdelenmesi.....	83
4.1.2.1.	Rutubet Değişimlerinin İrdelenmesi.....	84
4.1.2.2.	Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin İrdelenmesi .....	85
4.1.2.3.	Renk Ölçüm Değerlerinin İrdelenmesi.....	88
4.1.3.	Endüstriyel Ürüne Ait Testlerinin İrdelenmesi .....	90
4.1.3.1.	Renk Ölçüm Değerlerinin İrdelenmesi.....	90
4.2.	Biyolojik Testlerin İrdelenmesi .....	93
4.2.1.	Mantar Çürüklük Testlerinin İrdelenmesi .....	93
4.3.	Analitik Testlerin İrdelenmesi .....	95
4.3.1.	Yıkanma ve Bakır Analizine Ait Verilerin İrdelenmesi.....	95



5.	SONUÇLAR .....	98
5.1.	Dış Ortam Testlerine Ait Sonuçlar .....	98
5.1.1.	Toprakla Temas Eden Testlere Ait Sonuçlar.....	98
5.1.2.	Toprak Üstü Testlere Ait Sonuçlar .....	99
5.1.3.	Endüstriyel Ürün Testlerine Ait Sonuçlar .....	100
5.2.	Biyolojik Testlere Ait Sonuçlar .....	101
5.3.	Analitik Testlere Ait Sonuçlar .....	101
6.	ÖNERİLER .....	102
7.	KAYNAKLAR.....	104

ÖZGEÇMİŞ



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KIZILAĞAÇ ODUNUNUN KULLANIM ÖMRÜNÜN ARTTIRILMASI ÜZERİNE  
ARAŞTIRMALAR

Serkan KILINÇ

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Ali TEMİZ  
2019, 113 Sayfa

Bu çalışmada kızılâğaç (*Alnus glutinosa*) odununun dış ortam koşullarındaki dayanıklılığı araştırılmıştır. Kızılâğaç, Karadeniz Bölgesinde çok bulunmakta ancak endüstriyel olarak bir değerin olmaması nedeniyle seçilmiştir. Diğer yandan sonuçların karşılaştırılıp analiz edilebilmesi için endüstride sıklıkla kullanılan ve ülkemizde oldukça fazla yayılış alanı bulunan sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), referans ağaç türü olarak kullanılmıştır. Ağaç malzemeler bir koruyucu maddeyle korunmadığında ve mevcut durum şartlarına uygun tür seçilmediğinde ekonomik ve fiziki ömürleri çok sınırlı olmaktadır. Ağaç malzemeler farklı teknikler kullanılarak koruyucu kimyasal yardımıyla empenye edilerek kullanım süreleri uzatılmakta ve nitelikleri iyileştirilebilmektedir.

Çalışmada empenye maddesi olarak Celcure AC 500 ve Tanalith E kullanılmıştır. Bu maddelerle empenye edilen test ve kontrol örneklerinin dış ortam koşulları (toprakla temas eden, toprak üstü ve endüstriyel ürün), biyolojik (*Coniophora puteana* ve *Poria placenta* esmer çürüklük mantarları) ve analitik özellikleri incelenmiştir. Dış ortam koşullarında rutubet değişimi, yüzey pürüzlülük ve renk ölçümlerinde mevsimsel farklılıklara bağlı olarak artış ve azalışlar tespit edilmiştir. Çürüklük mantarları bakımından tüm varyasyonlarda Celcure AC 500 ve Tanalith E ile empenye edilen test gruplarının kontrol gruplarına göre ağırlık kaybı daha düşük çıkmıştır. Analitik açıdan her iki empenye maddesi genel olarak değerlendirildiğinde en düşük yıkanma ve bakır oranları sarıçam odununda bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kızılâğaç, Sarıçam, Celcure AC 500, Tanalith E, Dış ortam koşulları, Dayanıklılık

Master Thesis

SUMMARY

RESEARCH ON INCREASING THE SERVICE LIFE OF ALDER WOOD

Serkan KILINÇ

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Forest Industrial Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Ali TEMİZ  
2019, 113 Pages

In this study, it was investigated the durability of alder (*Alnus glutinosa subsp. barbata*) wood under external conditions. Alder has been found in the Black Sea region but it has been chosen because it has no industrial value. On the other hand, in order to compare the results, Scotch pine (*Pinus sylvestris L.*), which is frequently used in the industry and has a very widespread distribution in our country, has been used as reference tree species. When the wood materials are not protected with a preservative and the species which is not suitable for the outdoor conditions are selected, their economic and physical life are very limited. Wood materials can be impregnated with different chemical techniques by using protective techniques to extend their life and to improve their qualities.

Celcure AC 500 and Tanalith E were used as impregnation agents. The environmental conditions (soil contact, above ground and actual crop), biological (*Coniophora puteana* and *Poria placenta* rot fungi) and the leaching properties of the test samples impregnated with these substances were examined. In outdoor conditions, moisture changes, surface roughness and color measurements have been determined as increases and decreases due to seasonal differences. The weight loss of the test groups impregnated with Celcure AC 500 and Tanalith E in all variations in terms of rot fungi was lower than the control groups. Analytically, the lowest leaching and copper ratios were found in the Scotch wood when both impregnates were generally evaluated.

**Key Words:** Alder, Scotch pine, Celcure AC 500, Tanalith E, Field Test, Durability

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Ağaç türlerinin ormanlık alana göre oranı .....	3
Şekil 2. Ülkemizde kızılgağacın yayılımı.....	12
Şekil 3. Vakum-Basınç yönteminin uygulandığı emprenye tesisi.....	40
Şekil 4. Toprakla temas testi görünüşü.....	42
Şekil 5. Toprakla temas testi görünüşü.....	43
Şekil 6. Örneklerin toprakla temas etmemesini sağlayan düzenek .....	45
Şekil 7. TR100 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı .....	46
Şekil 8. Konica Minolta CM2600d renk ölçüm cihazı.....	47
Şekil 9. CIELAB renk skalası .....	47
Şekil 10. Tanalith E ile emprenye edilmiş piknik masası.....	49
Şekil 11. Celcure AC 500 ile emprenye edilmiş piknik masası .....	49
Şekil 12. Kontrol örneği emprenyesiz piknik masası .....	50
Şekil 13. Kullanılan çürüklük mantarları (a) Poria placenta mantarı, (b) Coniophora puteana mantarı .....	51
Şekil 14. Otomatik titrasyon cihazı .....	52
Şekil 15. Toprakla temas eden 100x20x10 mm kızılgağaç örneklerinin rutubet değişimi (%) .....	79
Şekil 16. Toprakla temas eden 100x20x10 mm sarıçam örneklerinin rutubet değişimi (%) .....	79
Şekil 17. Toprakla temas eden 500x30x25 mm kızılgağaç örneklerin rutubet değişimi (%) .....	80
Şekil 18. Toprakla temas eden 500x30x25 mm sarıçam örneklerin rutubet değişimi (%) .....	81
Şekil 19. Kızılgağaç örneklerinin çürüklük dereceleri .....	82
Şekil 20. Sarıçam örneklerinin çürüklük dereceleri .....	83
Şekil 21. Toprak üstü kızılgağaç örneklerinin rutubet değişimi (%).....	84
Şekil 22. Toprak üstü sarıçam örneklerinin rutubet değişimi (%).....	85
Şekil 23. Toprak üstü kızılgağaç örneklerinin Rz pürüzlülük değerleri.....	86
Şekil 24. Toprak üstü sarıçam örneklerinin Rz pürüzlülük değerleri.....	86
Şekil 25. Toprak üstü kızılgağaç örneklerinin aylara göre renk değişimi ( $\Delta E$ ) .....	88
Şekil 26. Toprak üstü sarıçam örneklerinin aylara göre renk değişimi ( $\Delta E$ ) .....	89
Şekil 27. Kızılgağaç masa örneklerinin aylara göre renk değişimi ( $\Delta E$ ).....	91

Şekil 28.	Sarıçam masa örneklerinin aylara göre renk değişimi ( $\Delta E$ ).....	92
Şekil 29.	<i>Poria placenta</i> mantarının etkisine bırakılan örneklerdeki ağırlık kaybı (%)... 94	
Şekil 30.	<i>Coniophora puteana</i> mantarının etkisine bırakılan örneklerdeki ağırlık kaybı (%).....	95
Şekil 31.	Yıkama ve bakır analizi sonuçları.....	96



## TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Emprenye maddelerinin tolerans limitleri.....	24
Tablo 2. Yapılan emprenye işlemi.....	39
Tablo 3. Yapılan çalışmalara ait deneme deseni .....	41
Tablo 4. Örneklerdeki hasar durumuna göre derecelendirme sistemi .....	44
Tablo 5. Trabzon KTÜ Kanuni kampüsüne ait iklim verileri .....	53
Tablo 6. Toprakla temas eden 100x20x10 mm örneklerden elde edilen rutubet değişimleri (%).....	55
Tablo 7. Toprakla temas eden 500x30x25 mm örneklerden elde edilen rutubet değişimleri(%).....	56
Tablo 8. Kızılağaç test örneklerinin EN 252 standardına göre çürüklük derecelendirmesi.....	58
Tablo 9. Sarıçam test örneklerinin EN 252 standardına göre çürüklük derecelendirmesi.....	59
Tablo 10. Toprak üstü örneklerden elde edilen rutubet değişimleri (%).....	61
Tablo 11. Toprak üstü örneklerin pürüzlülük değerleri (Ra).....	63
Tablo 12. Toprak üstü örneklerin pürüzlülük değerleri (Rz).....	64
Tablo 13. Toprak üstü örneklerinin renk ölçüm ( $\Delta L$ , $\Delta a$ , $\Delta b$ , $\Delta E$ ) değerleri.....	66
Tablo 14. Endüstriyel ürün örneklerinin renk ölçüm ( $\Delta L$ , $\Delta a$ , $\Delta b$ , $\Delta E$ ) değerleri .....	71
Tablo 15. Poria placenta mantarına maruz bırakılmış örneklerde ağırlık kayıpları .....	75
Tablo 16. Coniophora Puteana mantarına maruz bırakılmış örneklerde ağırlık kayıpları.....	76
Tablo 17. Emprenyeli kızılağaç ve sarıçam örnek numaraları .....	77
Tablo 18. ICP-MS analiz sonuçları .....	77
Tablo 19. Retensiyon miktarları .....	77

## SEMBOLLER DİZİNİ

ACA	: Amonyaklı Bakır Arsenik
ACB	: Amonyaklı Bakır Borat
ACC	: Asit Bakır Kromat
ACQ	: Alkali Bakır Quat
ACZA	: Amonyaklı Bakır Çinko Arsenat
AK	: Ağırlık Kaybı
AWPA	: Amerika Odun Korumacılar Birliği
CCA	: Bakır Krom Arsenik
CA	: Bakır Azol
Cu <sup>+2</sup>	: Bakır
Çö	: Çürüklük Öncesi
Çs	: Çürüklük Sonrası
EN	: Avrupa Standartları
ΔE*	: Toplam Renk Değişimi
ΔL	: Işık Stabilitesi
ASTM	: Amerikan Test ve Malzeme Standartları Birliği
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü
UV	: Ultraviyole Işını
mg	: Miligram
lt	: Litre
CuNap	: Bakır Naftenat
<i>M</i>	: Rutubet değişimi
<i>M<sub>a</sub></i>	: Araziden her ölçümde alınan örneklerin ağırlığı
<i>M<sub>b</sub></i>	: Örneklerin başlangıç tam kuru ağırlığı
X	: Ortalama
S	: Standart Sapma

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Son yıllarda odun kökenli orman ürünleri pek çok alanda kullanılmaktadır. Dünya nüfusunda meydana gelen artışa bağlı olarak orman ürünlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Buna bağlı olarak Ülkemizde de son yıllarda ekonomik, sosyal ve teknoloji alanlarında hızlı bir gelişim ve değişim gözlenmektedir. Böylece orman ürünlerine olan talep de giderek artmaktadır (Demir, 2018).

Ülkemiz orman kaynakları açısından dünya ülkeleri arasında ortalamanın altında bulunan ülkeler arasındadır. Ülkemizde 2015 yılı itibariyle yaklaşık 22.5 milyon hektar ormanlık alan bulunsa da bu alan içerisinde ancak yarısı orman endüstri üretimi açısından verimli olarak kabul edilmektedir (OGM, 2017; FAO, 2005). Bu bağlamda ormancılığın gelecekteki en önemli sorunu artan orman ürün ihtiyaçlarının ekosistemi tehlikeye sokmadan karşılamak olacaktır. Bu bakımdan ormanlardan elde edilen ağaç malzemelerin kullanım sürelerinin arttırılması araştırmacıların ilgi duyduğu konular arasında yer almaktadır (Gülen ve Bayraktaroğlu, 1982).

Ağaç malzemeler yapısal özellikleri, çok yönlü oluşu ve etkileyici mühendislik yönleriyle uzun yıllardır bilinen doğal bir malzemedir. Ağaç malzemeler insanların fizyolojik yönüyle uyum sağlayabilen tek yapı malzemesidir. Farklı yoğunlukta lif ve yonga levha vb. gibi kimyasal maddelerle karıştırılarak elde edilen işlem görmüş malzemeler ve/veya polivinil klorür vb. gibi yapay olarak elde edilen ürünler insan sağlığında olumsuz etkiler oluşturduğu bilinmektedir. Bu bağlamda ağaç malzemeler sağlıklı ve nefes alabilen malzemelerdir. Ahşap evlerde yaşayanlar eklem rahatsızlıkları, astım hastalıkları gibi rahatsızlıkları yaşamamaktadır. Diğer yandan ağaç malzemeler iyi bir ısı yalıtım malzemesidir. Betonarme evlerin aksine, ağaç /ahşap evlerde ısınma sorunu yaşanmadığı gibi yakıt masraflarının da %50-60 oranlarında azaldığı bilinmektedir (Aycan vd., 2007).

Bu üstünlüklerinin yanı sıra özgül ağırlıklarının düşük olmasına karşın mekanik dayanımının yüksek olması, çelik ve beton malzemelerden hafif olması, kolayca korozyona uğramaması, sesi absorbe edebilmesi sebebiyle çarpma sırasında az gürültünün oluşmasıdır. Ayrıca aşırı sıcak ve soğuk ortamlara karşı kohezyon gücüne sahip olması,



bükülebilmesi, elektriğe karşı direncinin yüksek olması, çivi ve/veya vida tutma özelliğinin iyi olması, yenilenebilir bir kaynaktan elde edilmesi, kolay işlenebilmesi vb. gibi üstünlükleri de bulunmaktadır (Kurtoğlu ve Sofuoğlu, 2013).

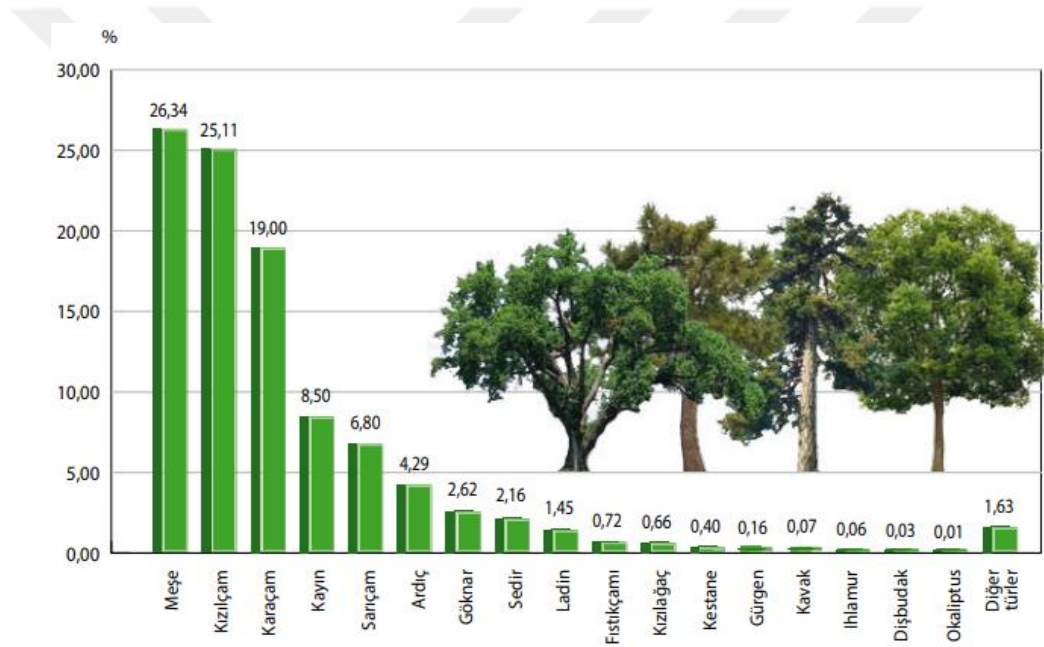
Ağaç malzemelerin belirtilen bu tüm olumlu özellikleri bulunmakla birlikte organik bir ürün olması nedeniyle yanma özelliğinin bulunması, böcekler vasıtasıyla tahrip edilmesi, mantarlar vasıtasıyla çürütülmesi, havanın sıcaklık ve nem durumuna bağlı olarak boyutlarının değişmesi ve güneş ışınlarıyla renklerinin solması bu malzemelerin sakıncaları arasında sayılmaktadır. Bu bağlamda ağaç malzemeler sahip oldukları kimyasal ve anatomik özellikleriyle dış etkilere karşı dayanıklı ve dirençli olsa da dış ortam şartlarının sürekli değişimi onların uzun süreli dayanımını etkilemektedir (Kurtoğlu, 2000).

Ağaç malzemeler zarar veren pek çok biyotik ve abiyotik faktörler bulunmaktadır. Biyotik; bitkisel ve hayvansal zararlıları, abiyotik; sıcaklık, nem gibi dış ortam koşulları, mekanik aşınma ve kimyasal maddeler gibi faktörleri içermektedir. Ağaç malzemeleri bu faktörlerden korumak ve mümkün olabilecek en uzun kullanımı sağlamak amacıyla ağaç malzemenin kullanılacağı yere uygun kimyasal madde ve yöntemlerle emprenye edildiği bilinmektedir. Ülkemizde bulunan orman varlığı dikkate alındığında karasal alana oranla %27,2 olduğu ve bu orman alanlarının içerisinde bulunan ağaç türlerinin pek çoğunun dayanıksız türlerden oluşması ağaç malzemelerin dış ortam şartlarındaki korunmasının önemini arttırmaktadır. Hiçbir koruyucu önlem işlemine tabii tutulmamış doğal halde bulunan doğal ortamdaki ağaç malzemelere zarar veren olumsuz etkenler sonucu ağaç malzemeler tahrip olmaktadır. Bu durum ciddi oranda maddi kayıpları beraberinde getirmektedir. Hâlbuki farklı kimyasal yöntemler kullanılarak bu olumsuz etkenler ortadan kaldırılmakta ve ağaç malzemelerin hizmet süreleri arttırılmaktadır. Bu bakımdan farklı ağaç türlerinin farklı alanlarda kullanılması sağlanarak ülkemizin orman varlığı önemli ölçüde korunmuş olacaktır (Köse Demirel, 2018).

Emprenye işlemi, ağaç malzemeleri mantar ve böceklerden oluşan mikroorganizmalara karşı koruma yöntemidir. Emprenye işlemiyle ağaç malzemeler mikroorganizmalara karşı dirençli hale gelmektedir. Doğal şartlarda ya da açık hava şartlarında kullanılan ağaç malzemeler korumasız durumda 4-6 yıl kullanılmakta iken emprenye işlemiyle bu ağaç malzemelerin kullanım ömrü 10-15 yıl kadar daha uzatılabilmektedir. Belirtilen sürelerin belirlenmesinde emprenye işlemi sırasında kullanılan kimyasallar büyük önem taşımaktadır. Emprenye işleminde kullanılan kimyasalların farklı özellik ve etki alanları bulunmaktadır. Bu sebeple ağaç malzemelerin

kullanılacağı yerlerde karşılaşılabilecek tüm etkenler hesaba katılarak mevcut duruma en uygun kimyasal empenye maddesi belirlenmektedir. Emprenyede kullanılan kimyasal malzemeler kadar, kullanılan kimyasal maddenin ağaç malzemelere nüfuz etme özelliği de önemlidir. Bu bağlamda empenye maddesinin nüfuz etme derinliğine göre ağaç malzemelerin kullanım ömürleri belirlenmektedir (Yaşar, 2014).

Yapılan bu çalışmada ağaç malzemelerin elde edildiği ağaç türlerinden kızılğaç araştırma konusu olarak ele alınmıştır. Kızılğaç; hızlı büyümesi, endüstriyel ve ekonomik bir değerinin bulunması, yöremizde de geniş bir yayılım alanında olması sebebiyle tercih edilmiştir. Kızılğaç ülkemizde ormanların yaklaşık %0.66'sını oluşturmaktadır (Şekil 1) (OGM, 2017).



Şekil 1. Ağaç türlerinin ormanlık alana göre oranı

### 1.1.1. Problemin Tanımlanması

Ağaç malzemeler bir koruyucu maddeyle korunmadığında ve mevcut durum şartlarına uygun tür seçilmediğinde ekonomik ve fiziki ömürleri çok sınırlı olmaktadır. Ağaç malzemeler farklı teknikler kullanılarak koruyucu kimyasal yardımıyla empenye edilerek kullanım süreleri uzatılmakta ve nitelikleri iyileştirilebilmektedir. Doğal hava şartlarında rutubet etkisi ve sıcaklık değişimleri oldukça etkilidir. Bu bakımdan doğal ve/veya açık hava ortamlarında kullanılacak ağaç malzeme türünün, dayanıklılık

durumunun vb. gibi bilinmesi gerekmektedir. Ağaç malzemelere etki eden faktörler arasında mantar, böcek gibi biyotik faktörler ile ışınım, termal radyasyon, hava kirliliği, nem-rutubet değişimleri, yağmur, rüzgâr, toz vb. gibi abiyotik faktörler bulunmaktadır. Bu faktörlerin etkisiyle ağaç malzemelerde çürüme, deformasyon, hidroliz, çatlak, erozyon ve renk değişimi oluşmaktadır. Dış ortam şartlarında koruma, ağaç malzemelerde biyotik ve abiyotik faktörlere karşı alınacak tüm önlemleri içermektedir (Rowell ve Konkol, 1987).

Bu çalışmada özellikle ülkemizde 147 bin hektar alanla çoğunlukla Karadeniz bölgesinde yaygın olarak bulunan (OGM, 2017) ve endüstriyel anlamda farklı kullanım alanı bulunmayan, genellikle ısınma amaçlı ( nadiren kurşun kalem imalatında ) kullanılan Kızılağaç türünün koruyucu kimyasal maddelerle ömrünün arttırılmaya çalışılması bakımından dış ortam şartlarındaki dayanıklılığı araştırılmıştır.

### **1.1.2. Hipotez**

Ağaç malzemelerin hem iç mekân tasarımlarında hem de dış mekân ortamlarında geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Bunlar arasında ahşap ev, kamelya, teras ve bahçe mobilyaları, köprü vb. bulunmaktadır. Herhangi bir işleme tabii tutulmayan ağaç malzemelerde biyotik ve abiyotik faktörler nedeniyle farklı değişimler oluşmaktadır. Uzun süreli maruziyet içerisinde meydana gelen bu değişim ve/veya bozunumlar (degradasyon) ağaç malzemelerin yüzeylerinde renk değişimiyle başlayarak devam eden aşamalarda kimyasal, fiziksel ve anatomik yapılarında da görülmektedir. Bu bakımdan dış ortam şartlarının meydana getirdiği değişimleri, malzemenin yüzeyine derinlemesine nüfuz etmek suretiyle kullanılan emprenye uygulamaları geciktirilebilir ve/veya önleyebilir. Böylece araştırılan kızılağaç türünün dış ortamda meydana gelen bozunum etkileri azaltılarak koruma sağlanabilir ve yüzeyinde renk değişimi, aşınma, kimyasal bozunma, gibi istenmeyen durumlar engellenebilir.

### **1.1.3. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmada, kimyasal maddelerle emprenye edilen ve dış ortam şartlarına maruz bırakılan kızılağaç odunu numunelerinin dış ortam şartlarının bozundurucu etkisine karşı kullanım ömrünün arttırılması amaçlanmıştır.

#### 1.1.4. Çalışmanın Kapsamı ve Düzeni

Çalışma kapsamında kızılâğaç ve sarıçam olmak üzere iki ağaç türü kullanılmıştır. Kullanılan sarıçam, örnek ağaç türü olarak seçilmiş ve sadece yapılan deneylerde referans olarak kabul edilmiştir.

Bu bağlamda belirtilen problem tanısı, hipotez ve amaca ulaşmak için yapılan işlem ve izlenen yöntemler aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- Literatür araştırması
- Orman endüstrisinde kullanılacak olan kızılâğaç ve sarıçam örnek numunelerinin hazırlanması,
- Deney örneklerinin emprenye edilmesi,
- Deney sonuçlarının ilgili testlerin yapılması ve literatürle karşılaştırılması,
- Sonuçların yorumlanması ve değerlendirilmesi.

#### 1.2. Literatür Özetleri

Gürsu (1967), yaptığı çalışmada Trabzon Meryemana 'da bulunan Araştırma Ormanı Kızılâğaçlarının (*Alnus glutinosa subsp. Barbata*) teknolojik açıdan özelliklerini incelemiştir. Bu çalışmada, bir yıldaki halka genişliğinin 3.5 mm, tam kuru özgül ağırlığın 0.486 gr/cm<sup>3</sup>, boy yönünde daralma miktarının % 0.5, hacim yoğunluk miktarının 407 kg/m<sup>3</sup>, radyal yönde daralma değerinin % 5.4, hacimsel daralma miktarının % 14.1, teğet yönde daralma değerinin % 8.6 olarak bulunmuştur. Ayrıca lif doygunluk rutubet değerinin % 34.6, liflere paralel yöndeki basınç direnç değeri 458 kp/cm<sup>2</sup>, eğilme direnci 838 kp/cm<sup>2</sup>, dinamik eğilme direnç değeri 0.60 kpm/cm<sup>2</sup> olarak bulunduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan ardaklı malzemelerde mekanik özellikler incelenmiş ve ardaklanmamış olan malzemelerdeki değerlerden daha düşük olduğu belirtilmiştir.

Yalınkılıç vd., (1996) yaptıkları çalışmada ülkemizde yaygın türleri bulunan kızılâğaç, kayın, ladin ve sarıçam ağaç malzemelerinde çeşitli kimyasal maddeler kullanarak farklı çözeltilerle emprenye işlemi sonucunda, emprenye koşullarının sabit tutulmasıyla sağlanacak retensiyon oranlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Elde edilen sonuçlarda ladin ağaç türünün organik çözücülü emprenye maddesi olan Vacsol ile yüksek retensiyon oranı sağladığını, diğer ağaç türlerinin emprenye maddelerinde ise minimum

retensiyon sağlandığını belirtmişlerdir. Su itici maddelerden stiren + metilmetakrilat ile izosiyanatın ladin ağaç türünde diğer türlere göre eşdeğer retensiyon sonucu verdikleri vurgulanmıştır. Çalışmada ayrıca maksimum retensiyon sonuçları kızılâğaçta belirlenmiş (tüm kimyasal maddelerde), bunu sırasıyla kayın ve sarıçam ağaç türleri takip etmiştir.

Kızılâğaç türü örnekleri metilmetakrilat, stiren ve metilmetakrilat + stiren (%30-%70) karışımları olmak üzere üç farklı monomer maddesiyle emprenye edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre yüksek miktarda su itici etkinliğin sağlandığı ve diğer yandan %10-15 arasında da boyutsal kararlılığın elde edildiği bildirilmiştir (Temiz, 2000).

Kızılâğaç (*Alnus glutinosa Geartn.*), Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), Ladin (*Picea orientalis L.*) ve Kayın (*Fagus orientalis L. Cavr.*) tomruklarından 3x3x1.5 cm boyutlarında hazırlanan örnekler emprenye çözeltisine sırasıyla 3 ve 24 saat daldırılmıştır. Örnekler %3 parafin vaks / %10 bezir yağı / %87 white spirit, 1/3 (20 dk.) olan emprenye çözeltisinde emprenye edilmiştir. Sonrasında kontrol ve test örnekleri destile su içerisinde 1/4 (15 dk.), sırasıyla 1, 4, 16 ve 24 saat bekletilmiştir. Elde edilen deney sonuçlarında örneklerin su alma oranları ve su itici etkinlikleri istatistiksel bakımdan irdelenmiştir. Test sonuçları Emprenye süresinin uzamasıyla çözeltinin soğurulması, kuru madde tutunma miktarı ve su itici etkinlik değerlerinin arttığını, su alma oranının ise azaldığını göstermiştir. Diğer yandan suda bekleme süresinin artmasıyla su alma oranının arttığı, su itici etkinlik değerinin ise azaldığı görülmüştür. Bu durum zamana bağlı olarak parafin vaks/bezir yağı maddesinin su itici özelliğinin azaldığını göstermektedir (Var, 2001).

Akyıldız ve Malkoçoğlu (2001) yaptıkları çalışmada; Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan sakallı kızılâğaç, doğu kayını, anadolu kestanesi, doğu ladinini ve sarıçam odunlarının vida tutma dirençlerini araştırmışlardır. Belirlenen ağaç türlerinde en yüksek vida tutma direnci doğu kayınında bulunmuştur. Bunu sırasıyla sakallı kızılâğaç, anadolu kestanesi ve sarıçam izlemiştir. En düşük vida tutma direnç değeri ise doğu ladininde tespit edilmiştir.

Farklı bir çalışmada kızılçam kabuğu, meşe mazısı, sumak yaprakları ve meşe palamudundan elde edilen ekstraktları %1, 3, 5, 7 ve 10 oranlarında örnekler hazırlamış ve bu ekstraktların kızılâğaç, ladin, göknar ve kayın odun örneklerinde antifungal etkileri incelenmiştir. Bu bitki ekstraktları iyi düzeyde antifungal etki göstermelerine karşın dış ortam ve laboratuvar testlerinde ise zayıf fiksasyon özellik gösterdiğini belirtmişlerdir. Fakat bu bitki ekstraktları %4'lük konsantrasyonda esmer çürüklük mantarı olan *Phanerochaete chrysosporium* ve beyaz çürüklük mantarı olan *Pleurotus ostreatus*'a karşı

çok iyi antifungal etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Yaptıkları farklı bir çalışmada bu %4'lük ekstraktların aynı zamanda *Rhagium inquisitor* böceğine karşı insektisit bir özellik gösterdiğini belirtmişlerdir (Sen vd., 2002).

Kızılağaç türünün çok geniş bir coğrafyada yayılışı söz konusudur. Bu bağlamda tüm Avrupa, Kafkasya, Kuzey Afrika, Türkiye, Sibirya, İran ve Japonya'da yayılış gösterdiği bilinmektedir. Ülkemizde ise Marmara, Trakya, Batı ve Doğu Karadeniz bölgeleriyle Bitlis ve Muş gibi Doğu ve Güney Doğu Anadolu'da doğal olarak bulunmaktadır. Kızılağaç yeni kesildiği sırada koyu ve kirli sarı renkte bulunmaktadır. Üzerindeki yıllık halkalar düzenli görünümündedir (Merev, 2003).

Temiz vd., (2008)'de yaptıkları çalışmada ASTM D 1413-88'e göre kızılbaş ve sarıçam ağaç türlerine ait deney numunelerini borlu bileşiklerle emprenye işlemine tabii tutarak, yanma ve tutuşma özelliklerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar; kütle kaybının en az olduğu her iki ağaç türünün borik asit + boraks maddeleriyle emprenye edildiği örneklerde olduğunu belirtmişlerdir. Uysal (1998) yaptığı çalışmada kızılbaş odununun farklı yangın geciktirici ve su itici kimyasal maddelerle yanma özellikleri bakımından durumunu araştırmıştır. Borlu bileşiklerin kızılbaş numunelerinde yanma özelliklerini büyük ölçüde azalttığı tespitinde bulunmuştur.

Farklı bir çalışmada kızılbaş ve ladin odunlarındaki eğilme direnci ile elastikiyet özelliklerini karşılaştırmışlardır. Kızılağacın eğilme direnci ladine oranla daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca elastikiyet modülünün ise ladine oranla daha düşük olduğu vurgulanmıştır (Aydin ve Çolakoğlu, 2008).

Yapılan farklı bir çalışmada emprenye işleminin Doğu ladinini (*Picea orientalis L.*), Doğu kayını (*Fagus orientalis L.*) ve kızılçam (*Pinus brutia Ten*) ağaç malzemelerinde yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimi incelenmiştir. Numunelere %10 sodyum borat içeren çözelti ile ASTM D 1413-07'ye göre 760 mm-Hg değerinde 30 dk. ön vakum uygulanmıştır. Daha sonra atmosferik basınçtaki çözelti içerisinde 30 dk. süreyle difüzyona bırakılıp emprenye edilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerleri ISO 4287 ve renk değişimleri ASTM 2224.02 e 1 standartlarına göre belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sodyum borat çözeltisiyle yapılan emprenye işlemi sonrasında ağaç malzemelerin rengi değişmiş ve yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Renk değişim durumu minimum Doğu ladininde, maksimum Doğu kayınında belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülük durumu, maksimum Doğu ladininde, minimum ise Doğu kayınında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar emprenye işlemiyle ağaç malzemenin renginin değiştiği ve yüzey pürüzlülük durumunun arttığını göstermektedir.

Söğütlü ve Döngel çalışmanın sonucunda renk değişim durumunun önemli olduğu yerlerde Doğu ladinini, yüzey pürüzlülük durumunun önemli olduğu yerlerde ise emprenye işlemi yapılmadan önce ağaç malzemelerin yüzeylerini sırasıyla ilk zımparalama, ıslatma kabartma ve ince tanecikli zımparayla yeniden zımparalamanın yapılması gerektiğini belirtmişlerdir (Söğütlü ve Döngel, 2009).

Kızılağaç odun türünden hazırlanan kazık numuneleri farklı süre ve sıcaklıklarda ısı ile işlemle modifiye edilmiştir. Numuneler 3 yıl süreyle dış doğal ortam şartlarında toprağa çakılmıştır. Bu çalışmada ısı ile işlemle modifiye edilmiş ve işlem uygulanmamış kazık örnekleri renk, ağırlık, çürüklük ve kimyasal yapısında meydana gelen bozunma özellikleri açısından incelenmiştir. Isıl işlem ile modifiye edilmiş örneklerde ligninin yapısının modifiye edilmesi ve yeni oluşan yarı fenolik bileşikler sebebiyle, odun kazıkların direncinin biyolojik olarak arttığı belirlenmiştir. Bu bağlamda uygulanan ısı ile işlemin süresi ve sıcaklığı kızılğaç odununun biyolojik direncini arttırdığı vurgulanmıştır. Renk değişimi üzerinde ısı ile işlemin yok denebilecek kadar az etkili olduğu tespitinde bulunulmuştur (Yıldız vd., 2011).

Demir vd., (2016) yangın geciktirici kimyasallarla yapılan emprenye işleminin ahşap ve ahşap temelli ürünlerde yangından koruma bakımından etkili olduğu fikrinden yola çıkarak yangın geciktirici maddeler üzerine çalışmışlardır. Ancak, bu maddelerin uygulandıkları malzemelerin mekanik, fiziksel ve diğer bazı özelliklerinde olumsuz etkileri olduğunu vurgulamışlardır. Yapılan çalışmada çeşitli konsantrasyonlarda farklı yangın geciktirici kimyasal maddelerin ağaç malzemelerin mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Kızılağaç (*Alnus glutinosa subsp. Barbata*), sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve kavak (*Populus deltoides*) ağaç türü olarak belirlenmiştir. Yangın geciktirici maddeler monoamonyum fosfat, çinko borat, amonyum sülfat ve tutkal çeşidi olarak ÜF tercih edilmiştir. Ağaç malzemeler daldırma metodu kullanılarak emprenye edilmiştir. Çalışmada %5, 7 ve 10 oranlarında üç farklı çözelti konsantrasyonu kullanılmıştır. Ağaç malzeme olarak kullanılan kontrplak levhaların mekanik özellikleri arasındaki çekme/makaslama direnci, TS EN 314-1 standart değerlerine göre belirlenmiştir. Yine elastikiyet ve eğilme direnci TS EN 310 standardı kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kullanılan kimyasallarla emprenye edilmiş kaplamalar ile elde edilen kontrplakların mekanik direnç durumu, emprenye işlemi yapılmamış kontrol grubundaki örneklerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerler konsantrasyon miktarındaki artışa bağlı olarak azaldığı vurgulanmıştır.

Demir vd., (2017) yaptıkları çalışmada yangın geciktirici kimyasal maddelerle emprenye işlemi gerçekleştirilen kontrplak levhalarında formaldehit emisyon miktarlarını araştırmayı amaçlamışlardır. Çalışmada kontrplak için kızılâğaç, kavak ve sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) kaplamalar kullanılmıştır. Yangın geciktirici kimyasallar monoamonyum fosfat, çinko borat, ve amonyum sülfattır. Emprenye işleminde daldırma yöntemi kullanılmış ve kaplama levhaları için %5, %7 ve %10 oranlarında üç farklı çözelti konsantrasyonu kullanılmıştır. DIN EN 717-3 standardında belirlenen şişe yöntemiyle kontrplak levhaların formaldehit emisyon miktarları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda çinko borat ile emprenye edilen kaplamalardan elde edilen kontrplak levhalarından ortaya çıkan formaldehit, kontrol gruplarına göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca emisyon değerlerinde konsantrasyon arttıkça bir artış olduğunu belirtmişlerdir.

Kızılâğaç, huş ve kayın odun türlerinde yüzey ıslanabilirlik, pürüzlülük ve kütle kaybı verileri üzerine kısa süreli olarak termo-mekanik yoğunlaştırmanın tesirinin araştırıldığı çalışmada, kaplama tabakaları farklı basınç seviyeleri (4, 8 ve 12 MPa) kullanılarak 3 farklı sıcaklık derecelerinde (100 °C, 150 °C ve 200 °C) yoğunlaştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlarına göre, yoğunlaştırılmış kaplama örneklerinin yüzeylerinin daha pürüzsüz olduğu ve su iticilik özelliğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan örneklerin kütle kaybında artış olduğu, kalınlık ve pürüzlülük değerlerinin ise önemli oranda azaldığı belirtilmiştir (Bekhta vd., 2017).

Li vd., (2017) yaptıkları çalışmada ahşap malzeme üzerinde, 170 - 210 °C arasında beş farklı sıcaklık değerinde, termo-mekanik yoğunlaştırma ve ısıl işlem gerçekleştirilmiştir. Modifiye edilen ağaç malzemelere; 50 °C sıcaklık - %99 bağıl nem ve 25 °C sıcaklık - %65 bağıl nem olmak üzere iki aşamalı bir yöntem uygulanmıştır. Uygulanan yöntemlerin sertlik ve boyutsal kararlılık üzerine değişimleri beraber analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre modifiye edilen ağaç malzemelerin sertlik değerlerinin önerilen ilk işlemin ardından azaldığı fakat ısıl işlem sıcaklığının azalmasıyla sertlik değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Li vd., (2018) yaptıkları çalışmada ahşap malzemelerin mekanik performansını araştırmışlardır. Yüksek basınç işleminin tesirinin incelendiği bu çalışmada farklı basınçlar (20, 40, 60, 80 ve 100 MPa) altında ağaç malzemeler 30 saniye süreyle yoğunlaştırma işlemi etkisinde bırakılmıştır. Örneklerin yüzey pürüzlülüğü, kalınlık, aşınma direnci, sertlik ve yoğunlukları tespit edilmiştir. Yoğunlaştırma işleminin ardından ağaç malzemelerin kalınlık verilerinin %45,7 - %60 arasında azaldığı, sertlik verilerinin ise



%84 - %173 arasında iyileşme gösterdiği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda uygulanan yöntemin hafif yoğunluklu ağaç malzemelerin özelliklerinin iyileştirilmesi bakımından uygun bir çözüm yöntemi olduğu bildirilmiştir.

Ağaç malzemelerin biyotik ve abiyotik etkenlere karşı direncinin artırılması ve hizmet ömrünün uzatılması için farklı koruyucu maddelerle emprenye işlemine tabi tutulurlar. Ağaç malzemelerin korumasında; su bazlı emprenye maddeleri (bakır içeren), organik bazlı PCP (pentaklorofenol) maddeleri ve yağlı emprenye maddeleri (kreozot) vb. gibi kullanılmaktadır. Emprenye işlemine tabi tutulan ağaç malzemeler; çitler, demiryolu traversleri, kent mobilyaları, telefon direği, binalar, seralar, maden ocakları, ambalaj sandıkları ve çocuk oyun parkları gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu bağlamda Avrupa'da yılda yaklaşık 18 milyon m<sup>3</sup> ağaç malzeme emprenye edilmektedir (Stirling ve Temiz, 2014). Bu malzemelerin %44'ü bahçe mobilyalarında, %21'i yapı malzemelerinde, %15'i yuvarlak odun ve %6'sı da travers malzeme olarak değerlendirilmektedir. Bu malzemelerin %71'i suda çözünen kimyasal maddelerle, %18'i pencere doğramaları vb. gibi yapı malzemelerinde kullanılmak üzere organik çözücülü kimyasal maddelerle ve %11'i büyük oranda tel direk ve traverslerde kullanılmak üzere kreozotla emprenye edilmektedir. ABD'de ise yıllık yaklaşık 19 milyon m<sup>3</sup> ağaç malzeme emprenye edilmekte ve bunun yaklaşık 14 milyon m<sup>3</sup>'ü su bazlı emprenye maddeleriyle, 4 milyon m<sup>3</sup>'ü kreozotla ve 1 milyon m<sup>3</sup>'ünü PCP maddeleri oluşturmaktadır (Sharma ve Kundu, 2006; Bolin ve Smith, 2010; Shmulsky ve Jones, 2019).

### **1.3. Çalışmada Kullanılan Ağaç Türleri**

Benzer çalışmalarda pek çok ağaç türü kullanılmakla birlikte çalışmamızın araştırma konusu olarak kızılbaş ve referans değer olarak kullandığımız sarıçam ağaç türü tercih edilmiş ve aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

#### **1.3.1. Kızılbaş**

Kızılbaş üzerinde literatürde pek çok etüt ve araştırma bulunmaktadır. Bu bölümde ülkemizde bu ağaç türünün tabii yayılışı, yetiştiği yerler, botanik özellikleri vb. gibi konular irdelenecektir.

### 1.3.1.1. Kızılağacın Botanik Özellikleri

Kızılağaç literatürde *Alnus glutinosa subsp. barbata* olarak bilinmekte ve 20–25 metre boya ulaşabilen, gövdesi düzgün bir ağaç veya ağaççık ve çalı şeklinde bulunmaktadır. Genellikle yaprakları geniş yumurta veya elips şeklinde, taze ve yapışkan olmadığı bilinmektedir. Ayanın boyutları 6-18 x 4-9 cm kenarları basit veya çift dişli şekildedir. Yaprakların ilk başlarda her iki tarafı yumuşak tüylü, sonraları ise üst taraftakiler dökülerek çıplaklaşmaktadır. Yaprakların alt yüzeylerinde bulunan damarların birleştiği yerlerde kirli sarı-kırmızı bir tüy demeti bulunmaktadır. Bu sebeple bu taksona ‘Sakallı Kızılağaç’ ismi verilmiştir. Yaprakların uç kısmı genellikle küttür. Yan damar sayıları 8–11 çift olarak bilinmektedir. Ağaç kozalağı büyük, nus’un çok dar kanatlı olduğu bilinmektedir (Öztürk, 2015).

### 1.3.1.2. Kızılağacın Ülkemizde ve Dünyada Yayılış Alanları

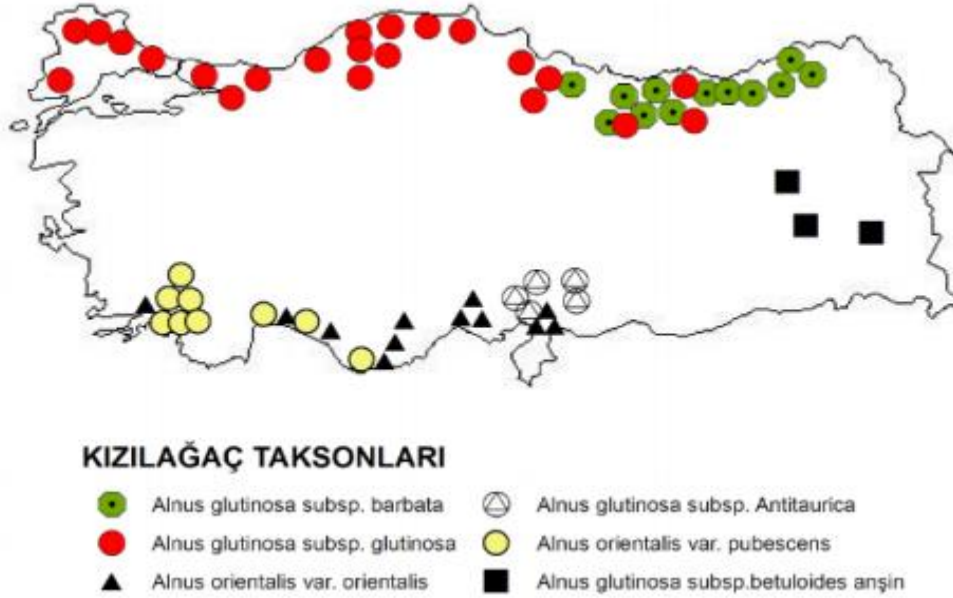
Kızılağaç çok geniş bir coğrafik bölgede yayılış göstermektedir. Dünya üzerinde Kuzey Afrika, Tüm Avrupa, Kafkasya, Sibiryaya, İran, Japonya ve Türkiye’de yayılış gösterdiği yapılan çalışmalarda görülmektedir (Yaltırık, 1993a).

Bu ağaç türü dünyanın kuzey yarımküresindeki ılıman ve serin bölgelerde yayılım gösteren 30 kadar çeşidi bulunmaktadır. Kızılağaç genel yapısı gereği serin ve nemli yerleri tercih etmektedir (Öztürk, 2015). Ülkemizde de iki ana tür olarak toplanmış altı takson çeşidine rastlanmaktadır (Anşin ve Özkan, 1997):

- *Alnus orientalis*, Doğu Kızılağacı
- *Alnus orientalis var. pubescens*
- *Alnus orientalis var. orientalis*
- *Alnus glutinosa*, Adi Kızılağaç
- *Alnus glutinosa subsp. glutinosa*
- *Alnus glutinosa subsp. antitaurica*
- *Alnus glutinosa subsp. barbata*
- *Alnus glutinosa subsp. betuloides*.

Şekil 2’de kızılağaç türünün ülkemizdeki yayılışı görülmektedir. Burada (Yaltırık, 1993a; Anşin ve Özder, 1993; OGM, 2006);

- Kızılağaç *Alnus glutinosa* subsp. *Glutinosa*; Batı Karadeniz, kısmen Doğu Karadeniz Trakya, Marmara Çevresi ile Muş (Hasköy, Pirtiken Deresi), Maraş (Andırın, Çuhadarlı) ve Bitlis (Hizan) gibi Güney Doğu ve Doğu Anadolu'da;
- Kızılağaç *Alnus orientalis*, *Decne*; Çoğunlukla Doğu Akdeniz Bölgesinde yayılış gösterdiği görülmektedir (Yaltırık, 2018; Anşin ve Özder, 1993). Kızılağaç türleri ülkemizde toplam 95103,5 ha alanda yayılış göstermektedir. Bunun 59484,5 ha alanı normal ve 35619 ha alanı ise bozuk alandır (OGM, 2017).
- Kızılağaç *Alnus glutinosa* subsp. *Antitaurica*; bu takson türü Adana/Kozan-Feke bölgesinde ayrıca Karataş-Çaydöner yakınlarında, Hatay-Osmaniye, Yarpuz'da ve Kahramanmaraş'a bağlı Göksu'n ilçesinin 5 km güneyindeki 300-1600 m yükseltilerde;
- Kızılağaç *Alnus glutinosa* subsp. *Betuloides*; Doğu Anadolu bölgesinde Bitlis, Erzurum ve Bingöl illerinde bulunmaktadır.



Şekil 2. Ülkemizde kızılağacın yayılımı

Araştırmamıza konu olan kızılağaç türü *Alnus glutinosa* subsp. *barbata* Şekil 2'de görüldüğü gibi Doğu Karadeniz'de yayılış göstermektedir. Trabzon, Giresun, Rize, Ordu, Gümüşhane ve Artvin illerinde kalan yapraklı ormanlarla birlikte saf ladin ağaçların bulunduğu ormanlarda, rutubetli yamaçlar, dere kenarları ve vadi tabanlarında

yetişmektedir. Deniz seviyesinden yaklaşık 1700 m yukarılarda bulunabilmektedir (Öztürk, 2015).

Kızılağaç yayılışı genel itibariyle sahil kesiminde, dere içinde ve nemli-serin yamaç bölgelerde bulunmaktadır. Kızılağaç sahilden orman alanlarının bulunduğu sınıra kadar çok geniş yükseklik bölgesinde dağılım göstermektedir. Çamlıhemşin ilçesinde yaklaşık 1800 metre yüksekliğe kadar çıktığı görülmektedir (Saraçoğlu, 1988).

### **1.3.1.3. Kızılağacın Kullanım Alanları**

Gelişim bakımından ilk 10-20 yılda çok hızlı ilerlerken sonraki yıllarda yavaşlayan bir seyir izlemektedir. Bu sebeple kızılağacın daha kısa sürelerde işletilmesi karlılık durumunu arttırabilecektir. Kızılağaç yonga levha, kaplama, kontrplak, kurşun kalem, el aletleri, kibrit, kâğıt hamuru, puro kutusu, MDF, mobilya, ambalaj sanayii, yakacak odun ve emprenye işlemiyle çit kazıkları olarak kullanılmaktadır (Çetin ve Gündüz, 2016; Akyüz, 1998). Ayrıca kızılağacın inşaat malzemesi olarak kullanımının yanı sıra su altı inşaat işlerinde, maden ocaklarında ve toprak altındaki inşaatlarda kullanılabildiği görülmektedir (Yılmaz, 1996).

### **1.3.1.4. Kızılağacın Makroskobik ve Mikroskobik Özellikleri**

**Makroskobik:** Kızılağaç taze odun halde iken açık sarımsı renkte bulunmaktadır. Hava ile temas ettikten sonra kızılağaç odunu giderek kızılışmaktadır. Enine kesit düzleminde yalancı özışınları çıplak gözle görülebilmektedir. Yıllık halkalar ise belirgin haldedir (Gençer ve Aksoy, 2017).

**Mikroskobik:** Traheler, yıllık halkalar içerisinde dağınık halde dizilmiştir. Sonbahar odunu traheleri yaz odunu trahelerine oranla küçük çaplıdır. Kızılağaç odununda traheler grup halinde ve tek tek bulunabilmektedir. Perforasyon tablası skalariform tiptedir. 11-34 adet basamak sayısı bulunmaktadır. Trahe hücrelerinde bulunan kenarlı geçitler almaçlıdır. Buradaki geçitler daire şeklinde olabildiği gibi çok köşelide olabilir. Kızılağaç odununda temel lif dokusunu libriiform lifleri oluşturmaktadır. Boyuna paranzim-apotrehal dağınıktır. Normal özışınlar homoselüler ve üniseridir. Yalancı özışınlar ise bu odunların en

karakteristik özelliğidir. Kızılağaç odununun kantitatif özellikleri bakımından trahe hücre uzunluğu ( $\mu\text{m}$ ) 265-1235, trahe teğet çapı ( $\mu\text{m}$ ) 10-111,  $1\text{mm}^2$ ' deki trahe sayısı (adet) 53-262, Özışını yüksekliği ( $\mu\text{m}$ ) 24-528, Lif uzunluğu ( $\mu\text{m}$ ) 382-1676,  $1\text{mm}$ ' de özışın sayısı ise 8-18 arasında değişebilmektedir (Merev, 1998).

### 1.3.2. Sarıçam

Sarıçam üzerine literatürde pek çok etüt ve araştırma bulunmaktadır. Bu bölümde ülkemizde bu ağaç türünün tabii yayılışı, yetiştiği yerler, botanik özellikleri vb. konular irdelenecektir.

#### 1.3.2.1. Sarıçamın Botanik Özellikleri

Yetiştirildiği ortama göre 20 - 40 metre boya ulaşabilen, sivri tepeli, nadir gövdeli ve ince dallı olarak görülmektedir. Yaşlanmış ağaçlarda düzgün ve dolgun gövdeli, tepesi yayvan ve dalları kalın her daim yeşil olarak görülen bir ağaç türüdür. Kayalık bölge ve fakir topraklarda, arktik ortamlarda çalı halinde ve bodur şekilde bulunduğu görülmektedir. Kabuk kısmı yaşlı ve genç ağaçların üstlerinde kirli sarımsı, tilki sarısı veya kırmızımsı kahverengi renkte bulunmaktadır. Gövdenin alt kısımlarında ve yaşlı ağaçlarda başlangıçta sarı olan renk sonradan koyulaşmakta ve kahverengi gri kalın ve çatlaklı bir hale dönüşmektedir. Genç ağaçlar ise önce yeşilimsi sarı renkte, sonradan tüysüz ve grimsi sarı renkte görülmektedir (Anşın ve Özkan, 1997; Kayacık, 1965; Saatçioğlu, 1976).

Sarıçamın hava kurusu ve tam kuru yoğunlukları sırasıyla;  $0,52\text{ g/cm}^3$  ve  $0,49\text{ g/cm}^3$ 'tür. Radyal ve teğet yönleriyle hacmi daralma yüzdeleri ise sırasıyla; %4, %7,7 ve %12,1'dir (Bozkurt ve Özkan, 2013). Ayrıca sarıçam odununun Öktem (1994)'e göre lif doygunluğu rutubet derecesi %29,8'dir (Öktem, 1994).

Sarıçam ağaç malzemesinin makaslama direnci 10 MPa, eğilme direnci 100 MPa, liflere paralel olan basınç direnci 55 MPa ve eğilmedeki elastikiyet modülü ise 12000 MPa olarak literatürde belirtilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

### 1.3.2.2. Sarıçamın Ülkemizde ve Dünyada Yayılış Alanları

Sarıçam ağacı geniş coğrafi bölgede yayılış göstermektedir. Bu bakımdan çam taksonlarının en başında gelmektedir. İskoçya başta olmak üzere tüm Avrupa'da, Pirene, Alpler, Karpatlar, Voj'un yanı sıra İskandinavya, Balkanlar, Asya ve ülkemizde çok geniş bir bölgede yayılış göstererek Sibirya'ya kadar olan tüm coğrafyada görülmektedir (Anşin ve Özkan, 1997).

Sarıçam, ülkemizde karışık veya saf olarak yaklaşık 750.000 hektarlık bir alanda yayılış göstermektedir (Anşin ve Özkan, 1997).

### 1.3.2.3. Sarıçamın Kullanım Alanları

Binaların iç ve dış mekânlarında, pencere doğramalarında, emprenye işlemi gerçekleştirilerek su ve toprak tahkimatında, maden ocaklarında direk olarak, tel ve travers direk olarak kullanılmaktadır. Ayrıca odun temelli kâğıt ve levha üretiminde, mobilya yapımında kullanıldığı görülmektedir. Başka bir özellikli kullanım alanı ise dikili ağaçlardan elde edilen reçinedir (Bozkurt ve Özkan, 2013).

### 1.3.2.4. Sarıçamın Makroskobik ve Mikroskobik Özellikleri

Makroskobik: Sarıçam diri odunu 5 – 10 cm genişlikte ve sarımsı beyaz renkte iken öz odun ise kırmızımsı sarı ya da kırmızımsı kahverengi renktedir. Kesim işleminden sonra daha da koyu bir renk almaktadır. Odunda bulunan yıllık halka sınırları hafif dalgalı ve belirgindir. Yaz odunu rengi koyu olup, açık renkli olan ilkbahar odunuyla kontrast oluşturmaktadır. İlkbahar odunu yaz odununa geçerken ani, bazen de yavaş geçişe sahiptir. Yetiştigi ortam ve şartlara göre odunda meydana gelen yıllık halkalar dar ya da geniş olabilirler. Radyal kesitli incelendiğinde yaz odununa ait tabakalar birbirlerine paralel şeritler olarak görülür. Diğer yandan öz ışınları yaz odununda belirgin görülebilir ancak çıplak gözle görülmezler. Radyal kesitli örnekte incelendiğinde enine yönde uzanan çok ince bantlar bulunmaktadır. Boyuna paranzimler yoktur. Odunda reçine kanalları radyal ve teğet kesitte boyuna çizikler, enine kesitte ise yaz odununda açık, ilkbahar odununda koyu lekeler halinde görülmektedir. Sarıçam odunu mat renktedir. Sarıçam odunu orta ağırlıkta

ve oldukça serttir. Ancak dekoratif bir görünüşe sahip olan sarıçam odunu taze halde iken reçine kokuludur (Bozkurt ve Özkan, 2013).

Mikroskobik: Sarıçam odununun yıllık halka sıraları belirgindir. Radyal kesitte yaz odunu traheitleri çok yassılaştırmış halde, dar lümenli ve kalın çeperlidir. Traheitlerin uzunlukları 1800 – 4500 µm, teğet çapı ise 10 – 50 µm'dir. İlbahar odunu ile yaz odunu arasındaki geçiş oldukça hızlıdır. Ayrıca ilkbahar odunu traheitlerinin radyal çeperlerinde kenarlı geçitlerin çapları büyük olup ve tek sıralıdır. Sarıçam odunu öz ışınları bir hücre genişliğinde iken reçine kanalı olan öz ışınları orta kısmı 2-5 hücre genişliğine sahiptir. Öz ışınlarının yüksekliği ise çoğunlukla 1-12 hücreden bazen de 15 hücreden fazladır ve heterojen yapıdadır. Öz ışını traheitleri genel itibariyle öz ışınların her iki tarafında bulunur ve 1-3 sıralıdır. Bazen öz ışını içinde yer alır ve çeperleri kaba dişli olarak görülür. Öz ışını paransim hücrelerine ait çeperler ince, uç ve enine çeperlerde geçitler az sayıda bulunmaktadır. Sarıçam odununda bulunan boyuna reçine kanalları genellikle tek tek ve çoğunlukla yaz odunu içerisinde görülmektedir (Bozkurt ve Özkan, 2013).

#### **1.4. Ağaç Malzemeyi Etkileyen Dış Ortam Koşulları**

Mikroorganizmalar, ışık, sıcaklık, rutubet değişikliği ve rüzgâr gibi çevresel ve biyolojik etmenler odun yüzeyinin bozunmasını etkilemektedir. Bu etmenler arasında ışık, nem ve oksijen en önemlileridir (Temiz, 2005).

##### **1.4.1. Sıcaklık**

Dış ortam koşullarına bağlı olarak odunda meydana gelen bozunma da çoğunlukla sıcaklığın etkisi, su ve ışık etkisine nazaran daha az olduğu bilinmektedir. Farklı türlerde fotodegradasyon oranları sıcaklık değerlerine bağlı olmakla birlikte sıcaklığın artışıyla artma eğilimi göstermektedir (Rowell, 1984; Feist, 1990; Nzokou, 2004; Rowell, 2012; Temiz, 2005).

### 1.4.2. Işık

Güneş ışığı odunun yüzey kısmında renk değişimini meydana getiren fotokimyasal reaksiyonları harekete geçirmektedir. Güneş ışığının dalga boyu, dünyada ultraviyole bölgesinden hareketle (200 nm) kızıl ötesi bir bölgeye ulaşmaktadır. Renk kavramı belli yoğunluk içinde ve dalga boyu değerinin yaydığı ışıktan dolayı duyarlı bir hareketle gözlerin uyarılmasına neden olan bir tepki olarak ifade edilmektedir. İnsan gözü 400 nm - 700 nm arasında görülebilir şekilde olan dalga boyuna cevap verebilmektedir. Kısa dalga boyu 200 nm'den 400 nm ultraviyole (UV) ışın bölgesini ve uzun dalga boyu ise 700 nm'den 50000 nm'ye kadar kızılötesi olan bölgesini içine almaktadır. Göz tarafından rengi belirlenen ışığın en genel formu, güneşten ve yapay kaynaklardan yayılmaktadır. Işın, yeryüzünde bir nesneye çarptığında nesnenin yüzeyinde absorbe edilmekte ve/veya yüzeyden yansımaktadır. Bunun dışında ışın ayrıca yüzeyden geçerek iletilmektedir. Nesnenin rengini belirleyen göz, yansıyan dalga boyunu algılamaktadır. Örnek bir ifadeyle siyah renk ışığı yansıtmazken beyaz renk bütün dalga boylarını %100 olarak yansıtmaktadır (Feist, 1990; Nzokou, 2004; Rowell, 2012; Teacă vd., 2013).

Dış ortam koşullarında ışığa maruz bırakılan odunun yüzeyinde, toplam güneş ışığının dalga boyu aralığı 200 - 400 nm olan UV ışın etkisiyle odun bileşenlerinin % 60'ının; özellikle ligninin kimyasal reaksiyon sonucunda parçalandığı bilinmektedir. Bu sebeple, güneş ışığına bırakılan odunun renk değişimi önce sarımsı veya kahverengimsi olmakta iken daha sonrasında grileşme yaşanmaktadır. Odundaki bu değişiklikler yüzeysel olarak ifade edilir ve sadece 0.05-0.5 mm derinlikte oluşmaktadır. Burada özellikle UV ışını ligninin odun yüzeyinde kimyasal bileşenleri değiştirerek fotodegradasyon olayını başlatmaktadır. Görülebilir ışık değeri odunda kızıl ötesi ışığın ulaştığı yerden daha derin kısımlara ulaşmaktadır. UV ışının odunda derine nüfuz etmesi (birkaç milimetreden fazla değildir) ihmal edilebilir. Işık odunda renk değişimini kahverengi olarak gerçekleştirirken UV ışınlar odunu görülebilir ışık veya kızılötesinden çok daha hızlı bir şekilde kahverengine dönüştürmektedir. Odunda meydana gelen UV ışın absorpsiyonu, lignin vb. gibi maddeler sebebiyle önceliklidir (Teacă, vd., 2013; Nzokou, 2004; Pandey, 2005).

Atmosferde bulunan gazlar da dış ortam koşullarında bulunan odunun bozunmasında çok etkili bir faktördür. Oksijen, Hava, Argon ve Azotun her birine ait UV ışın yoğunluğuna maruz bırakılan odunda farklı etkiler oluşmaktadır. Odun türlerinin bazıları oksijen, hava, azot ve argon gazlarına maruz kaldığında ilk saatlerde yüzeyleri hızlıca



kararmakta, bu duruma özellikle azot gazı neden olmaktadır (Nzokou, 2004; Teacă vd., 2013; Williams ve Feist, 1999).

### 1.4.3. Rutubet

Ağaç malzemeler ve/veya odunlar genellikle rutubet aldığında genişleme özelliği gösterir ve rutubet verdiğinde yani kurduğunda ise daralma gösterir. Bu daralma ve genişleme sırasında oluşan zorlamalar odunun verimli kullanılmasında ve kullanım süresinde belirgin bir etki oluşturmaktadır. Odun kuruma esnasında odun lifleri arasında bulunan boşluklardaki su uzaklaşırken, beraberinde de süzülen lif çeperlerinin kalınlığı azalmaktadır. Lif çeperlerinde meydana gelen bu değişim, tüm odun parçasında daralmanın oluşmasına sebep olmaktadır. Yüksek rutubet miktarı bulunan odun kurumaya başladığında ilk önce hücre lümenlerinin suyu ayrılır. Daha sonrasında ise hücre çeperlerindeki su ayrılarak kuruma işlemi devam etmekte ve daralma durumu oluşmaktadır (Feist, 1990; Nzokou, 2004; Rowell, 2012).

Daralma ve genişlemeye bağlı olarak odunun rutubet alması nedeniyle odun yüzeyinde fiziksel değişiklikler oluşmaktadır. Odun yüzeyinde zaman ilerledikçe ayrılma ve çatlama gibi bozukluklar meydana gelmektedir. Dış ortam koşullarına bağlı olarak yaz odununun teğet yüzeylerinde boydan boya çatlaklar oluşurken; ilkbahar odunu ve yıllık halka sınırında radyal yüzeylerde çatlaklar oluşmaktadır. Odunun yüzey ve iç kısımları arasındaki rutubet durum farklılığı ve rutubet alışverişi olayının bir sonucu olarak ortaya çıkan/oluşan çatlaklar, radyal ve teğet yüzeylerde önemli oranda farklılık göstermektedir. Odunun teğet yüzeyinde meydana gelen genişleme ve daralma, radyal yüzeyindekinden iki kat daha büyük değerdedir (Rowell, 2012; Nzokou, 2004; Feist, 1990).

Odunun çalışma durumu yüzey kısımlarına göre değiştiği gibi ağacın türü sebebiyle de değişiklik göstermektedir. Aynı ağacın farklı yerlerinden ve hatta aynı ağaç türlerinden alınan odun örnek numunelerinde bile odunun çalışması farklılık göstermektedir. Genellikle, yüksek özgül ağırlığı bulunan odun türlerinin teğet yönde daralması az, düşük özgül ağırlığı bulunan odun türlerinin daralması daha fazla olduğu bilinmektedir. Odunun daralma durumu hacimsel veya odunun baştanbaşa özgül ağırlığının artmasıyla artmaktadır. Bu ilişkinin benzerlik göstermesi sadece ağacın türüne bağlı değildir. Ancak yine de iğne yapraklı ve yapraklı odunların büyük kısmında geçerli bir kuraldır. Belirtilen bu ilişkiden sapmalar genellikle, lif hücre çeperlerinin arasında su tutulma durumuna bağlı

olarak hacimsel etki nedeniyle çalışmanın azalması nedeniyle ve kuruma durumu ve suda çözünen ekstraktifler gibi gerilmeler sebebiyle oluşmaktadır (Rowell, 2012; Nzokou, 2004; Feist, 1990).

Yüksek rutubet bulunduran odun kuruma sırasında gerilmekte ve buradan yapısal sonuçlar nedeniyle normal bir sonuç olarak yarıma, çatlama, eğrilme ve bükülme vb. gibi çeşitli bozuklukları beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda odunun mikroskobik yapısı, kalın ve ince çatlakların büyümesine önemli ölçüde etkisi olmaktadır. Hücre çeperinin S<sub>2</sub> tabakasında meydana gelen yayılım ve gelişim çatlama karşı olan direncin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Tek bir hücrenin çeperindeki çatlaklar mikrofibril açısına benzer olan bir eksende yayılım gösterir. Burada odun malzemesinin kesilme yönü ve özellikleri çatlakların oluşumunu ve derecesini büyük ölçüde etkilemektedir (Rowell, 2012; Nzokou, 2004; Feist, 1990; Temiz, 2005).

### **1.5. Ağaç Malzemelerin Doğal Dayanımı ve Emprenyesi**

Ağaç malzemelerin dayanıklılığına tesir eden faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Biyolojik Faktörler
- Fiziki Faktörler
- Mekanik Faktörler
- Kimyasal Faktörler

Biyolojik faktörlerle yaşayan canlı organizmalar ifade edilmektedir. Bu organizmalar ağaç malzemeyi ya doğrudan besin kaynağı olarak kullanır ya da onu bozularak içerisinde kendilerine gelişmelerini kolaylaştıracak barınak yaparlar. Ağaç malzemeler dış hava ortamlarında özellikle biyolojik etkilere maruz kalırlar. Bu organizmaların bulunmadığı koşullarda 500 yıl gibi uzun sürelerde dayanıklılık göstermektedirler (Berkel, 1972).

Fiziki faktörlerin en önemlisi ısı faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüksek ısı seviyelerinde ağaç malzemenin yanarak yok olma ihtimali günlük hayatımızda her an meydana gelebilmektedir ve bu durum büyük maddi zararlar oluşturmaktadır. Diğer yandan farklı bir fiziki faktör ortamdan kaynaklanan rutubettir. Bu etken ağaç malzemelerin diğer etkenlere karşı olan dayanıklılık durumunu etkilediğinden çok büyük önem taşımaktadır (Bozkurt ve Özkan, 2013).

Mekanik faktörler ise ağaç malzemenin herhangi bir sürtünme, kuvvet, basınçla çarpma, aşınma vb. gibi mekanik etkilerle hasara uğrama durumunu gösteren faktörlerdir. Kimyasal faktörler ise ağaç malzemenin asit, metal ve bazı kimyasallarla temas etmesi durumunda meydana gelen reaksiyonlarla oluşan zararlardan oluşan faktörlerdir (İlhan, 1972).

Yukarıda belirtilen faktörlere karşı her bir ağaç türü farklı ve kendine özgü bir direnç gösterir. Bu bağlamda ağaç türleri dayanıklılık açısından bazı sınıflara ayrılmaktadır. Günümüzde kullanılan tekniklerle ağaç malzemeleri emprenye işlemine tabi tutularak belirtilen faktörlere karşı dayanıklılık daha uzun sürelerle ulaşmaktadır. Koruma işleminde amaç daima ekonomik faydanın üzerinde olmamalıdır. Çünkü kullanılan birçok eşya ve malzemenin faydalı olma ömrü zamana bağlı olarak değişmektedir. Şartlar ve zevkler konusundaki değişiklikler bu durumu giderek daha çok etkilemektedir. Burada travers, ev, direkt vb. yapıtların kaç yıl sürede demode olma durumu belirtilemez. Genellikle 55 - 65 yıllık bir süre esas alınmaktadır. Bu süre ekonomik bakımdan yararlı kullanma süresi olarak belirtilebilir (İlhan ve Taşkın, 1976).

Ağaç malzemenin korunmasında en genel kural; emprenye işlemi giderlerinin az olmasıdır. Burada önemli olan ekonomik ve uzun süreli olarak en etkili sonucun sağlanmasıdır. Ağaç malzemenin korunması üç ana faktörle ilgilidir:

- Ağaç malzeme yüzeyine uygulanan koruyucu madde miktarı ( $gr/m^2$ ).
- Koruyucu maddenin belirli sürelerdeki nüfuz etme derinliği (mm).
- Emprenye maddesinin ağaç malzeme içerisine eşit ve istenen miktarda dağılması ( $kg/m^3$ ).

Ağaç malzemenin doğal dayanımı öncelikle onun kullanım şartlarına (kesimden sonra son ürün kullanımına kadar) ve genetik bakımdan yapısına (toksik madde, hücre çeperi) bağlıdır. Yalınkılıç (1992)'a göre, ağaç malzemelerin doğal dayanım süresi:

1. Ağaç türüne, yaşına, öz odun miktarına, odunun özgül ağırlığına, kimyasal ve anatomik yapısına, ekstraktif maddelere,
2. Kullanım yerlerinde bulunan ortam koşullarına, konstrüksiyon şekline,
3. Toprakla teması olup olmamasına,
4. Kesim zamanına, depolama süresine ve depolama koşullarına bağlıdır.

İşlenmiş ağaç malzemelere yeterli dağılım ve miktarda emprenye maddesinin nüfuz etmesini sağlayacak pek çok yöntem bulunmaktadır. Emprenye işlemine ait teknik ve yöntemlerin seçimi odunun özelliklerine (nem, tür, permabilite, sıcaklık vb.), koruyucu maddelerin özelliklerine (kristalleşme noktası, vb.), son kullanım alanı (sağlık riski, kullanım sınıfı vb.) ve müşterilerin isteklerine bağlı olarak değişebilmektedir (Temiz, 2005).

Ağaç kesildikten sonra en fazla bir hafta içerisinde işlem görmesi ideal olmaktadır. Eğer daha uzun sürelerde bekletilme durumu söz konusu ise ağaç malzemelerin her iki enine kesitine de püskürtme veya fırça ile sürme şeklinde uygun biyositler uygulanmalıdır. Kurutma işlemine geçilmeden önce odunlar kesinlikle soyulmalıdır. Ağaç malzemeler emprenye işlemi gerçekleşmeden önce lif doygunluk noktasına (LDN, %25-30) ya da o değerin altına kadar kurutulmalıdır. Fırında kurutma işlemleri genelde belli ölçülerde ayarlanmış ve işlenmiş kerestelere uygulanır. Herhangi bir işlem görmemiş olan tomruklar, demiryolundaki traversler ve tel direkler gibi büyük boyutlu ağaç malzemeler doğal yollarla kurutulmaktadır. Doğal kurutma işleminde kuruma süresi diğerlerine göre daha uzundur. Kurutma işlemi, emprenye işleminde kullanılan maddenin ağaç malzemeye penetrasyonunu ve tutunmasını (retensiyon) arttırmaktadır. Kurutma işlemi ve emprenye işlemi öncesi/sonrası odundaki çatlamlar en aza indirilebilmektedir. Ağaç malzemede çatlak oluşumu malzemede işlenmemiş (emprenye maddesinin işlememiş) yerleri ortaya çıkarabilir ve ağacı tahrip eden böcek ve/veya mantarların yolunu açabilir (Walker, 2006; Kjellow ve Henriksen, 2009).

### **1.5.1. Odun Korumada Emprenye**

Odun koruma işlemlerinde kullanılan koruyucu maddeler biyolojik faktörlere karşı yağda, suda ve organik çözücülü emprenye maddeleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Richardson, 2002; Yıldız, 2005; Demir, 2018).

Dış ortam şartlarının etkisi nedeniyle odunun yüzeyinde oluşan erozyon ve renk değişikliğinin önlenmesi bakımından ve odunun dış ortam şartlarına karşı dayanıklılığının artırılması için günümüzde çok farklı metotlar kullanılmaktadır. Bu metotların genel amaçları arasında (Rowell, 2012; Temiz, 2005; Özgenç, 2014):

- Odun yapısının içerisinde bulunan ışığın absorbe edildiği birimlerin modifiyesi,

- Renk değişimine sebep olan yapıların yok edilmesi,
- UV ışınlarının engellenmesi,
- Oksijenin çıkarılması ya da reaksiyonun azaltılması,
- Işıık etkisi nedeniyle oluşan serbest radikallerin giderilmesi gibi nedenler bulunmaktadır.

Ağağ malzemelerin dış ortam şartlarında bozunuma uğramadan korunması için tercih edilen yöntemlerden biri; demir, krom ve bakır gibi suda çözünen maddeler kullanılarak emprenye edilmesidir. Bu emprenye işlemi sebebiyle odunun yüzeyinde kromun benzer karışımları ile fenolik lignini üreten bazı kimyasal modifikasyonlar oluşmaktadır. Oluşan kimyasal modifikasyonlar nedeniyle odun yüzeyinde, dış ortam şartlarına elverişli yüksek renk stabilitesi kazandırılmaktadır (Temiz, 2005; Yalınkılıç vd., 1996; Zhang vd., 2009).

Kimyasal modifikasyon işlemi de odunun yüzeyini dış ortam şartlarına karşı korumak için yapılan önemli bir yoldur. Aromatik benzol klorit ve asit klorit ile muamele, esterifikasyon ve asetillendirme gibi kimyasal modifikasyon işlemleri ligninin fotodegradasyonunu önleme açısından bir hayli etkili bulunmuştur. (Evans vd., 2002; Temiz vd., 2007; Jebrane vd., 2009).

Isıl işlem uygulanarak modifiye edilen odunun yüzeyi fotodegradasyona karşı önemli ölçüde bir direnç kazanmaktadır. Isıl işlem sayesinde dış ortam şartlarına maruz kalan odunun yüzeyinde oluşan ligninin fotodegradasyonu önlenmiş ve renk stabilizasyonu sağlanmış olur (Ayadi vd., 2003; Yıldız vd., 2011).

Odun koruyucu materyallerle ağağ malzemelerin hava koşullarına, biyolojik faktörlere, yanmaya, mekanik ve kimyasal etkilere karşı korunmaları amaçlanmaktadır (Walker, 2006).

### **1.5.1.1. Yağlı Emprenye Maddeleri**

#### **1.5.1.1.1. Kreozot**

Kreozot böceklerle, mantarlara ve deniz organizma canlılarına karşı çok etkili bir emprenye maddesidir. Ayrıca genelde tel direkler ve demiryolu traverslerinin korunmasında kullanılmaktadır. Kreozot, ağağ malzemeleri dış ortam şartlarına karşı korur

ve metal bağlantıları okside etmez. Yüksek sıcaklıkta bulunan karbonizasyonun bir yan ürünüdür ve üretilen bu ürün 200' den daha fazla polisiklik aromatik hidrokarbonun (PAH) kompleks şekilde bir karışımı olan maddedir (Zabel ve Morrell, 2012).

Sakıncaları arasında ağaç malzemenin ağırlığının artması ve sıcaklık etkisi nedeniyle kanama sorunudur. Ayrıca, kreozot hoş olmayan bir kokusu bulunmakta ve sağlık açısından da zararları olduğu bilinmektedir (Sablík vd., 2016). Bu gibi nedenlerden ötürü kreozot maddesine alternatif olabilecek ve çevreye zararsız yeni koruyucu maddeler üzerinde araştırmacıların çalışmaları devam etmektedir.

### 1.5.1.2. Suda Çözünen Emprenye Maddeleri

Bu tür koruyucu emprenye maddeleri suda çözünen farklı inorganik kimyasal maddelerden (arsenik, bakır, flor, krom, cıva vb.) oluşmaktadır. Bunlar konsantre olarak ya da toz halde bulunmaktadır (Zabel ve Morrell, 2012). Tsoumis (1991), yaptığı çalışmada su bazlı koruyucular sayesinde ağaç malzemelerin yüzeylerinin temiz ve boyanabilir olduğunu belirtmiştir. Diğer yandan, emprenye işlemi sırasında uçucu hidrokarbonların salınımları azalmaktadır. Bu koruyucu maddelerin sakıncaları arasında mekanik aşınma ya da ağaç malzemenin boyutsal stabilitesini sağlayamama bulunmaktadır. Bazı su bazlı koruyucu maddelerde ise ağaç malzemenin suya maruz kalmasıyla metal bağlantılarında korozyonu arttırdığı belirtilmiştir (Tsoumis, 1991; Walker, 2006).

Bakır maddesi pek çok yaşayan hücrenin temel bir besinidir. Diğer yandan yüksek dozajlardaki bakır iyonu fungusit ve insektisit etkilere sahiptir. Bakır maddesinin fungusit etkisinin özelliği 1700'lü yıllarda keşfedilmiştir. Sonraları organik biyositler ve boratlar önem kazanmıştır ancak günümüzde bakır bileşeni en çok tercih edilen biyositir (Lebow vd., 2004). Yumuşak çürüklük mantarlarına karşı çok az sayıda organik molekül bulunmaktadır. Bu sebepten ötürü koruyucu emprenye maddelerin formülasyonunda bakır gerekli bir maddedir (Hughes, 2004). Odun koruma işlemi yapan sektörlerde bakır içeren koruyucu maddelerin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Formülasyonda kullanılan bakır ( $\text{Cu}^{+2}$ ) maddesi serbest radikal oluşumunu meydana getirmektedir. Bu radikaller mantarların DNA ve proteinlerini tahrip ederek bozmaktadır. Bakırın bağlanma merkezleri arasında lignin yapısındaki fenolik gruplar, hemiselüloz yapısındaki karboksilik asitler ve selüloz yapısında bulunan alkolik hidroksil gruplar bulunmaktadır. Bu sebeple günümüzde

suda çözünen emprenye maddeleri arasında yaygın olarak kullanılan (ACZA, ACQ, MCQ, CA, CCB,) etken madde bakırdır (Köse Demirel, 2018).

Ağaç malzemeleri mantar ve zararlı böceklere karşı korumak için genel itibariyle bakır temelli koruyucu emprenye maddeleri tercih edilmektedir. Fakat bakırın çeşitli sakıncaları bulunmaktadır. Bunlar arasında ağaç malzemenin boyutsal stabilitesini sağlayamaması, hedefte olmayan canlılar açısından toksik etkisinin olması, boyutsal stabilite sağlayabilen koruyucu maddelerin ekonomik değerinin yüksek olması ve doğaya olan etkilerinin sorgulanabilir olması bulunmaktadır. Gün geçtikçe çevreye olan duyarlılığın artması, günümüzde doğaya ve hedeflenmeyen canlılara zarar vermeyen emprenye maddelerin kullanımı zorunlu hale getirmektedir. Bu nedenle ülkeler tarafından giderek artan kısıtlama ve yaptırımlar ortaya çıkmaktadır. Bu durum ağaç malzemeleri çeşitli zararlı faktörlere karşı koruyan, malzeme boyutlarının stabilitesini kararlı halde tutabilen ve doğa dostu yeni koruyucu emprenye maddelerinin araştırılmasına neden olmuştur/olmaktadır (Demir, 2018).

Üç farklı şekilde hazırlanan CCA ile emprenye edilen sarıçam örneklerinde bakır, arsenik ve kromun uzaklaştırılmasında hazırlanan emprenye örneklerine bağlı kalmaksızın oleik asit, kromotropik asit ve fosforik asit çok fazla etkili olurken asit sodyum tuzu, amonyum sülfat ve resorsinol en az etkili olan olarak belirlenmiştir (Gezer, 2003).

Bu sebeple CCA ile emprenye edilen ağaç malzemelerin belirlenen tolerans limitlerinde (Tablo 1) kullanılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır (Schroeder, 2008), (Sen ve Yalçın, 2009). Son dönemlerde artan çevresel baskılar nedeniyle CCA'nın yerine daha çok çevreye duyarlı bakır formülasyonları içeren odun koruyucu maddeler (ACQ, AAC, Bakır Sitrat, Bakır Azole) kullanılmaya başlanmıştır. Dolayısıyla bu maddelerin ağaç malzemelerle olan etkileşimlerinin bilinmesi bu maddelerin performansı ve çevreye olan etkisi açısından önemlidir (Temiz vd., 2011).

Tablo 1. Emprenye maddelerinin tolerans limitleri

<b>Emprenye Maddesi</b>	<b>Tolerans limitleri (mg/lt)</b>
Bakır	0.50
Krom	0.05
Arsenik	0.05
Çinko	1.00
Fenol	0.001
Pentaklorofenol	0.05

CCA'nın alternatifi olarak geliştirilen ve yeni nesil bakır içeriği olan koruyucu maddelerin formülasyonlarında daha fazla bakır bulunmaktadır ve yapısında arsenik bulundurmamaktadır. Bunun nedenleri arasında bakırın ağaç malzemeye fikse olmasını sağlayan krom maddesinin artık formülasyonlarda bulunmamasıdır. Diğer yandan yeni nesil bakır içerikli emprenye maddeleriyle emprenye edilmiş ağaç malzemelerin toprakla temas ettiği yerlerde nadiren de olsa bakıra karşı toleranslı olan mantar grupları tarafından kısa sürede zarar gördüğü ve ağaç malzemenin çürüdüğü görülmektedir. Bunun yanı sıra bakır elementiyle emprenye edilen odunların metal bağlantılarında korozyona sebep olması ve bakırın yıkanmadan dolayı suda yaşayan canlılara zarar verebilen etki göstermesi olumsuz tarafları olarak belirtilmektedir (Mike ve Craig, 2008).

Literatürde bakır içerikli formülasyonlar; Suda çözünen bakır kompleksleri, Yağda çözünen bakır kompleksleri, Suda çözünen mikronize bakır kompleksleri olarak sınıflandırılmaktadır (Mike ve Craig, 2008; Köse Demirel, 2018).

#### **1.5.1.2.1. Suda Çözünen Bakır Bileşikleri**

##### **Bakır Krom Arsenik (CCA)**

CCA koruyucu maddesi 1930'lu yıllarda geliştirilen ve günümüzde en yaygın kullanım alanına sahip suda çözünen emprenye maddesidir. Farklı oranları bulunabilen bakır, krom ve arsenik maddesinin birçok formülasyonu vardır. En yaygın olan C tipi, %18,5 bakır oksit, %47,5 krom trioksit ve %34 arsenik pentaoksit suda çözünebilmektedir (Walker, 2006).  $Cu^{+6}$  dan  $Cu^{+3}$ 'e indirgenen CCA koruyucu maddesi, lignin bileşenlerine sıkı bir şekilde tutunmaktadır. Sabitleşme (Fiksasyon), sıcaklık ve pH'tan etkilenmektedir (Zabel ve Morrell, 1992). Ayrıca CCA ile emprenyede oleik asit, kromotropik asit ve fosforik asitin etkili olduğu belirtilmiştir (Gezer, 2003). CCA kullanımı günümüzde pek çok ülkede kısıtlanmıştır. Bunun nedeni ise altı değerlikli krom ( $Cu^{+6}$ ) ve arsenik maddesinin potansiyel kanserojen madde olarak kabul edilmesidir (West, 2004).

Günümüzde CCA kullanılarak emprenye edilmiş Ağaç malzeme, yeni koruyucu maddelerin biyolojik performanslarını değerlendirmede referans olarak değerlendirilmekte ve kullanılmaktadır. CCA gibi ağaç malzemeleri zararlı maddelere karşı koruyabilen, zehirlilik oranı düşük ve ekonomik olan bir koruyucu madde geliştirmek zor olmuştur.



### Asit Bakır Kromat (ACC)

ACC'nin formülasyonunda, %31,8 bakır oksit ve %68,2 krom trioksit bulunmaktadır. Asit bakır kromat genelde soğutma kulelerinde kullanılan ağaç malzemelerin korunması için emprenye maddesi olarak tercih edilmektedir. ACC'nin kullanımıyla emprenye edilen ağaç malzemelerde, toprakla temasın olduğu kullanım yerlerinde mantar oluşumu görülürken toprak üstü kullanımın olduğu yerlerde çok bir iyi koruma sağlanmıştır (Lebow vd., 2004).

### Alkalen Bakır Quat (ACQ)

Arsenik ve Krom kullanımındaki kısıtlamalar nedeniyle CCA'nın yerini Alkalen Bakır Quat (ACQ) emprenye maddesi almıştır. ACQ formülasyonunda bakır, fungusit ve insektisit aktivitesini sağlarken, amonyum bileşikleri de bakır toleranslı oluşabilen böcek ve mantarlara karşı ek koruma sağlamaktadır. ACQ'nun içeriğinde %66 bakır oksit ve %34 amonyum bileşikleri bulunmaktadır. Günümüzde çeşitli ACQ formülasyonları geliştirilmekte ve pazarlanmaktadır. Bu bağlamda en yaygın kullanılan D ve B tipi formülasyonlardır. Bakır maddesini çözmek için etanolamin (Tip D) ya da amonyak (Tip B) kullanılmaktadır (Paril, 2016).

### Amonyaklı Bakır Çinko Arsenik (ACZA)

Amonyaklı bakır çinko arsenik (ACZA) formülasyonu amonyaklı bakır arsenat (ACA) formülasyonunun geliştirilmesiyle bulunmuştur. ACZA'nın yapısında %50 bakır oksit, %25 çinko oksit ve %25 arsenik pentaoksit içermektedir (Paril, 2016). Kullanılan ACZA ile emprenye işlemi gerçekleştirilen ağaç malzemelerde mavi ve yeşil arasında bir renk oluşmaktadır.

Ağaç malzemelerde emprenye işleminden sonra kuruma gerçekleşene kadar hafif bir amonyak kokusu oluşmaktadır. ACZA ile emprenye edilen ağaç malzemelerin kullanıldığı yerlerde toprak ve suyla temas eden yerlerde çok iyi sonuçlar alınmasına rağmen formülasyonunda bulunan arsenikten ötürü birçok ülkede yasaklanmıştır (Köse Demirel, 2018; Freeman vd., 2003).

## Barotlar

Boratlar; disodyum oktaborat tetrahidrattan (DOT), sodyum pentaborat, sodyum tetraborat, çinko borat (ZB) ve borik asit ile hazırlanan formülasyonları içermektedir. Boratların üstünlükleri arasında ekonomik olması, doğaya ve insanlara çok düşük zehirlilik etkisinin olması, böcek ve mantarlara karşı zehirli bir etkisinin olması sayılabilir. En büyük sakıncası ise ağaç malzemelerden kolayca yıkanıp uzaklaşmalarıdır (Walker, 2006). Bu konuda araştırmacıların birçok çalışma yaptığı görülmektedir.

Jebrane vd., (2015) tarafından yapılan çalışmada borun ağaç malzemelerdeki yıkanmaya karşı olan etkinliğini arttırmak için karboksi fenil boronik asit vinil esterleriyle yıkanmanın iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Bor, vinil ester ve ahşap hidroksil grupları arasındaki gerçekleşen etkileşim sonucu kovelant bağ neticesinde ağaç malzemeye tutunmaktadır. Bunun dışında ayrıca IPBC (3-Iodo-2-propinil butil karbamat), çinko naftenat ve triazol vb. gibi pek çok su bazlı koruyucu maddeler bulunmaktadır.

Literatürde borun yıkanmaya karşı etkinliğini arttırmak için pek çok çalışmanın yapıldığı görülmektedir (Tomak, 2011; Obanda vd., 2008). Borun odundan yıkanmasını azaltıcı yönde geliştirilen stratejiler arasında; yüzey muameleleri (Hwang vd., 2005; Harada vd., 2007) zarf muameleler (Gauntt ve Amburgey, 2005) odun genişletici reçineler ve su iticiler (Temiz vd., 2006; Lesar vd., 2012) Odunda organik çözünebilir tuzların çökeltilmesi (Lin vd., 2001), Metal-bor sistemleri (Chen, 2011), Bor esterler ve diğer bileşikler (Mohareb vd., 2010), Organik borlu bileşikler ve borik asit buharı (Barnes ve Murphy, 2006) bulunmaktadır (Tomak, 2011).

## Bakır Azol (CA)

Bu koruyucu madde yapısında % 96 bakır ve % 4 azol bulunduran farklı bir su bazlı koruyucu maddedir (Paril, 2016).

## Bakır HDO

Bu koruyucu madde yapısında, bakır oksit ve Bis-N-sikloheksil diazeniumdiolat bakır gibi üç aktif madde bulundurmaktadır (Walker, 2006; Paril, 2016; Coudert vd., 2012).

### 1.5.1.2.2. Yağda Çözünen Bakır Bileşikleri

Organik ligandlar ile Metal iyonlar tepkimeye girdiğinde organometalik bileşikler ortaya çıkmaktadır. Odun korumada kullanılan ve bakır içeren organometalikler, bakır naftenat (CuNap) ile bakır oksin bileşikleridir. Bu organometaliklerin üstünlükleri arasında (Köse Demirel, 2018; Schultz vd., 2005);

- Metal içeriklerinin az olması sebebiyle korozyona sebebiyet vermeleri, diğer bakır içeren klasik emprenye maddelerinden daha düşük oranda olması,
- Formülasyonun sızdırmaz hale getirilmesi için, ligand ile kompleksleşmeyen metal bölgelerin odunda, karboksilik ya da fenolik gruplarla bağlanabilir olması, sayılabilir.

#### Bakır Naftenat (CuNap)

CuNap maddesi, naftenik asit ile bakır tuzunun reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır (Barnes vd., 2005). Bu kimyasal koruyucu petrol kökenli olup, odun koruma endüstrisinde çoğunlukla kereste, direk ve çitlerde yaklaşık 50 yıldır kullanılmaktadır. Diğer yandan bu madde kreozot ya da pentaklorfenole yakın bir etkisinin olduğu söylenebilir. Bu koruyucu maddenin odun zarar vericilerine karşı etkili olduğu literatürde yer almaktadır (Mike ve Craig, 2008).

CuNap koruyucunun suda çözünen formülasyonlarının varlığı bilinmektedir. Suyun taşıyıcı madde olarak kullanılması nedeniyle CuNap'ın düşük ve uçucu organik bileşikleri ve ekonomik yönü üstünlükleri arasında yer alır (Köse Demirel, 2018).

#### Bakır Oksin

Bu koruyucu madde Cu-8-kinolinolun tepkimesiyle oluşmaktadır. Formülasyonunda, %80 inert, %10 nikel, %10 Cu-8-etilheksanot bulunmaktadır. Bakır oksin bileşiği yeşilimsi kahverengi veya renksiz bir haldedir. Son yıllarda toprakla temasın olmadığı yerlerde Bakır naftenata'nın alternatifi olarak Bakır oksin kullanılmaktadır. Bu bağlamda CuNap'a oranla hidrolize dirençli ve kokusuz olması onu tercih edilir kılmıştır (Mike ve Craig, 2008).

Bunun yanı sıra çok düşük konsantrasyon miktarlarında da böcek ve mantarlara karşı etkisi çok iyidir (Groenier ve Lebow, 2006). Bakır oksin'in en büyük avantajı canlılara ve çevreye çok az zararlı oluşudur. Bu bakımdan ABD'de gıda ürünleriyle temasında mahsur görülmeyen odun koruyucu maddedir. Ekonomik olmaması en büyük sorunudur (Morrell, 2018).

### **1.5.1.3. Organik Emprenye Maddeleri**

Bu tür emprenye maddeleri petrol türevli ürünlerden elde edilmektedir. Formülasyonlarında su bulunmadığından pencere ve kapı doğramalarında olduğu gibi boyutsal kararlılığın durumunun önemli olduğu kullanım alanlarında bu tür organik emprenye maddeleri kullanılmaktadır. Üstünlükleri arasında emprenye işlemi gerçekleştirilen malzemeden yıkanabilirlik oranının düşük olması, ağaç malzemelerin yüzeyine uygulanan boyayı kabul etmesi, ağaç malzemelerin boyutlarında herhangi bir daralma ya da şişme olmaması ve metal bağlantı noktalarında korozyona rastlanmamasıdır. Bu üstünlüklerinin yanı sıra bazı sakıncaları bulunmaktadır. Bunlar arasında petrol türevlerinden elde edildiği için ekonomik olmaması, emprenye işlemi gerçekleştirilen ağaç malzemelerden çözücülerin tam olarak buharlaşmaması, bina içlerindeki kullanımlarında emisyonuna sebebiyet vermeleri ve formülasyonlarında bulunan uçucu kimyasallar nedeniyle kolayca alev alabilmeleri yer almaktadır. Genellikle organik emprenye maddeleri metal naftenatlar, kalay bileşikleri ve pentaklorfenol'lerdir (Bozkurt ve Göker, 1996; Yıldız, 2005).

### **1.5.1.4. Yeni Nesil Emprenye Maddeleri**

Biyolojik faktörlere karşı modifikasyon işlemiyle odunu korumak en önemli hedefler arasında yer almaktadır. Kreozot ve bakır krom arsenik (CCA) gibi koruyucu emprenye maddelerin ağaç malzemeleri biyolojik faktörlere karşı koruduğu bilinmektedir. Fakat bu kimyasalların çevreye ve insanlara zararları olduğu da muhakkaktır. Hizmet ömrü süresince toksik madde salınımı ve emprenye işlemi görmüş ağaç malzemelerin kullanım ömrü tamamlandıktan sonra imha edilmesi sebebiyle çevresel sorunlar oluşmaktadır. Mevzuatlarda yapılan değişiklikler sürekli daha 'çevre dostu' ürünlerin üretilmesine

yönelik üreticileri zorlamakta ve bu nedenle odun koruma yöntemlerinde de insanlara ve çevreye zararı olmayan emprenye maddelerinin araştırma çalışmaları sürekli olarak artmaktadır (Fernández-Cano, 2013).

Çevreye zararı bulunmayan ve kullanım sürelerini tamamladıklarında biyolojik açıdan bozunabilir koruyucu maddelerin kullanılması son yıllarda giderek artan çevresel baskılar sebebiyle çok önem kazanmaktadır. Bu koruyucu kimyasalların kullanılmasıyla ağaç malzemelerin zararlı mantarlar ve böceklere karşı dayanım direncinin arttığı görülmektedir. Bu bağlamda pek çok araştırma ve çalışmada bu kimyasalların kullanımı ağaç malzemelerin su alımını azalttığı belirtilmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle, reçineler, silikonlar, vakslar, tanenler, yağ esansları, ekstraktifler ve doğal yağların kullanıldığı görülmüştür (Temiz vd., 2006; Tomak, 2011).

#### **1.5.1.4.1. Tanenler, Reçineler ve Vakslar**

Pek çok ağaç türünden elde edilen reçineler, tanenler, vakslar vb. gibi ekstraktlar zengin antimikrobiyal ve antioksidan madde kaynağıdır. Bu maddeler yapıştırıcı madde olarak yaygın bir şekilde kullanılmakla birlikte literatürde odun koruma endüstrisinde bir süredir koruyucu madde olarak da kullanılmaktadır (Mitchell ve Sleeter, 1980; Singh ve Singh, 2012). Ayrıca ağaç malzemelerin üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılan reçine ve vakslar *Pinus ponderosa* ve *Pinus radiata* vb. gibi çeşitli çam ağaç türlerinin kabuklarından elde edilmektedir (Hall vd., 1960).

Emprenye edilen ağaç malzemelerdeki en büyük sorun tanenler ve tanen türevli bileşiklerin ağaç malzemedeki tutunamamasıdır. Tanenlerin ağaç malzemelere tutunması amacıyla metalik tuzlar ve ferik klorid denenmesine rağmen şu ana kadar pozitif bir sonuç alınamamıştır (Mitchell ve Sleeter, 1980; Lotz, 1993).

#### **1.5.1.4.2. Silikonlar**

Silikon maddesi öncelikli içerikleri ve türevleri polidimetilsiloksan olan bileşiklerde kullanılmaktadır. Silikon, silika ve silikat biçiminde bulunmaktadır. Polisiloksanlar genellikle termal bozunma ve oksidatif'e karşı oldukça dayanıklı bileşiklerdir. Bu

bileşikler  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  aralığındaki sıcaklık değerlerinde mekanik ve elastiksel özelliklerini korumaktadırlar (Çevik ve Eraslan, 2000).

Ağaç malzemelerin çürüklük mantarlarına karşı dayanıklılığını arttırmak için çeşitli silikon bileşikler kullanılmıştır (Panov ve Terziev, 2009). Bu bileşikler, ağacın bünyesine su alımını azaltması sebebiyle çürüklük mantarlarının gelişimi yavaşlamaktadır. Bu bağlamda mantarların gelişebilmeleri için belli miktarlarda rutubete ihtiyaçları bulunduğu bilinmektedir. Organosilikon bileşikler, hidrofobik yapılarından dolayı bünyelerinde daha az su bulundurmaktadır. Bu sebeple mantarların gelişimi engellenmekte ve ağaç malzemelerin direnci artmaktadır (De Vetter vd., 2009).

Diğer yandan silikon bazlı formülasyonlar ağaç malzemede bulunan çeşitli koruyucuların yıkanmasını önlemek amacıyla değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalara bakıldığında silikon-bor kombinasyonu ile ilgili 10 günlük yıkanma testinde, odunda yaklaşık %54 oranında bor bileşiğinin tespit edildiği, sadece bor maddesinin kullanılması durumundaysa bor maddesinin odundan tamamen yıkandığı görülmüştür (Çetin ve Gündüz, 2016; Kartal vd., 2009).

Silikon bileşikleri odunda bulunan hücre duvarında hidroksil grupları ile tepkimeye girerek kovalent bağ oluşturmaktadırlar. Fakat meydana gelen bu bağın kararlı bir yapısının olmadığını yapılan çalışmalar göstermiştir. Silikon maddesinin odun hücreleriyle kuvvetli bir bağ oluşturabilmesini sağlamak amacıyla araştırmacıların çalışmaları devam etmektedir (Lin ve Chen, 2006).

#### **1.5.1.4.3. Bitki ve Öz Odun Ekstraktifleri**

Odun koruma işleminde ağacın öz odun ekstraktifleri toprakla temas ettiği yerlerde dahi yüksek oranda dayanıma sahip olduğu yapılan araştırmalar neticesinde bilinmektedir. Öz odunun doğal dayanıklılık değeri büyük ölçüde yapısında bulunan ekstraktif bileşenlere bağlıdır. Yapılan çalışmalar, öz odunundan ekstraktif bileşenlerin çıkarılmasıyla çürüklük mantarlarına karşı dayanımın azaldığını göstermiştir (Bamber ve Fukazawa, 1985; Onuorah, 2000; Singh ve Singh, 2012).

Bitkilerin çeşitli kısımlarından yağ ve ekstraktif elde edilmektedir. Bitki ekstraktlarının üsütünlükleri arasında yağ temininin kolay olması, yenilenebilir olması, düşük sıcaklıklarda uçucu özelliğe sahip olması ve canlıları zehirlenme oranının düşük olması yer almaktadır (Sharma ve Kundu, 2006). Farklı bitki ve ağaç türlerinden elde

edilen ekstraktifler, böcek ve mantarlara karşı zehirli bir etkinlik göstermektedir. Tek başına veya kombine edilerek kullanılan odun koruma endüstrisi araştırma ve çalışmalarında koruyucu emprenye maddesi olarak kullanıldığı görülmektedir (Nilsson vd., 1992; Kawamura vd., 2004; Cheng vd., Liu, 2006; Singh ve Singh, 2012).

Odun korumasında kullanılan bu doğal bileşiklerin üstünlüklerinin yanı sıra; biyolojik etkilerden meydana gelen bozunmalara karşı dirençsiz/dayanaksız olmaları, emprenye edilen ağaç malzemelerde tutunamamaları, ekonomik olmamaları, kullanılan bazı bileşiklerin etki alanlarının kısıtlı olması ve çevre ve canlılar için risk oluşturmaları sakıncaları arasında bulunmaktadır. Su itici olarak kullanılan pek çok maddenin, klasik odun koruma maddelerinde olduğu gibi, canlılara ve doğaya karşı zararlı etkileri bulunmaktadır. Son yıllarda bu duruma karşı gösterilen hassasiyetin artmasıyla, çevre dostu olan ve atıl hale döndüğünde biyolojik anlamda bozunabilen kimyasal maddelerin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Bu kimyasal maddelerin odun koruma endüstrisinde kullanılmasıyla birlikte mantar ve termit oluşumuna karşı biyolojik dayanım direncinin sağlandığı ve odunun su alımının önemli ölçüde azaltıldığı çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Biyolojik anlamda bozulabilen maddeler genelde çevre dostu olarak bilinen/kabul edilen ve doğal süreçte (bakteri, mantar ya da diğer organizmalarla) ayrıştırılan maddelerdir. Diğer yandan biyolojik anlamda bozunabilen her materyalin çevre dostu olduğu kabul edilmemelidir (Koski ve Ahonen, 2008).

### **1.5.2. Emprenye Yöntemleri**

Odun koruma endüstrisinde en çok tercih edilen ve en etkili yöntemler arasında vakum ile basıncın olduğu yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler kullanılırken; hava kompresörleri, basınçlı kazanlar, ölçüm ve depolama tankları, vakum pompaları vb. gibi teçhizatların bulunduğu tesisler gerekmektedir. Emprenye yöntemleri aşağıdaki bölümlerde detaylı olarak açıklanmaktadır (Paril, 2016).

#### **1.5.2.1. Basınçlı Emprenye Yöntemleri**

Basınçlı emprenye yöntemleri iki gruba ayrılabilir. Bunlar dolu ve boş hücreli basınçlı emprenye yöntemleridir. Bethell yani dolu hücre yöntemi, ağaç malzemelerin

enine kesit boyutlarına ve permabilitesine bağı olarak 15 dakika ya da daha fazla sürelerle vakum işlemine tabi tutulur. Sonrasında vakum işlemi devam ederken emprenye çözeltisi kazana sevk edilerek yüksek basınç uygulanmaktadır. Basınç süreleri de yine vakumda olduğu gibi enine kesit ve permabilitesine göre değişmektedir. Süre sonunda emprenye çözeltisi kazandan alınır ve basınç tahliye edilir. Son aşamada özellikle suda çözünen emprenye maddelerinde kalan ve fazlalık olan çözeltiyi almak amacıyla vakum uygulanır. Suda çözünen emprenye maddeleri genelde oda sıcaklığında kullanılmaktadır. Penetrasyonu arttırmak ve kreozot gibi diğer yağlı emprenye maddelerinde viskoziteyi azaltmak için 60 -120 °C arasında ısıtılır. Permabilitesi yüksek olan kayın çam vb. gibi türlerde tutunma (retensiyon) miktarı 600-700 kg/m<sup>3</sup>'e kadar ulaşabilmektedir. Dolu hücre yöntemiyle yapılan kreozot emprenye işleminde retensiyon 80-250 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir (Paril, 2016).

Vakum yani dolu hücre yöntemi, küçük boyutlu ağaç malzemeler ile permabilitesi yüksek ağaç türlerinin emprenye işleminde kullanılan yöntemdir. Burada işlem vakumla başlar ve ardından atmosferik basınçla emprenye işlemi gerçekleştirilir. Ardından son bir vakum işlemi gerçekleştirilerek emprenye işlemi bitirilir (Paril, 2016).

Ruping boş hücre yönteminde, emprenye maddesi kazana sevk sırasında ve sevk edilmeden önce vakum işlemi uygulanmamaktadır. Bu yöntemde emprenye işlemi uygulanacak ağaç malzeme işlem tankına yüklenir. İlk olarak vakum işlemi uygulanır ve ağaç malzemenin hücre boşluklarında bulunan hava alınır ve tüm gözenekler açılır. Vakum işlemi uygulanırken işlem tankına emprenye maddesi transfer edilir. Diri odunun tamamına emprenye maddesinin nüfuz etmesi için işlem tankında basınç uygulanır. Ağaç malzemelerin boyutlarına ve permabilitesine bağı olarak genelde 10 - 60 dakika süre boyunca basınç uygulanmaktadır. Sonrasında emprenye maddesi basınç serbest bırakılmadan kazana pompalanır. Son aşamada yaklaşık 10 dakika süreyle vakum uygulanmaktadır (Paril, 2016). Çift vakum boş hücre yöntemi ile dolu hücre yöntemi benzerlik göstermektedir. Ancak kullanılan basınç değeri dolu hücredeki basınç değerinin onda biri kadar bir değerde olduğundan emprenye maddesinin ağaç malzemeye geçme derinliği ve absorpsiyonu düşük seviyelerde olmaktadır (Paril, 2016). Lowry boş hücre yönteminde düşük retensiyon değerleri için iyi bir penetrasyon sağlanmaktadır. Bu işlem gerçekleştirilirken vakum ya da basınçla değil, sadece atmosferik basınç uygulayarak başlatılmaktadır. Sonrasında uygulanan adımlar Ruping yöntemindeki gibidir. Boş hücre yöntemlerindeki basınç aşaması son bulduktan sonra ağaç malzemelerin içerisinde sıkışmış



havayla hücre boşluklarında bulunan fazla miktardaki emprenye çözeltisi dışarı atılmaktadır. Böylece hücrelerin çeperleri tamamiyle emprenye edilmiş olmaktadır (Yıldız, 2005).

Boş hücre yönteminin amacı; koruyucu emprenye maddesinin sarfiyatını azaltarak işlemi ekonomik hale dönüştürmektir. Boş hücre yöntemleri kreozot ve PCP gibi emprenye maddeleriyle birlikte kullanıma uygundur. Bunun yanı sıra nadiren de olsa suda çözünen emprenye maddeleriyle birlikte kullanıldığı görülmektedir (Yıldız, 2005).

### 1.5.2.2. Basıncsız Emprenye Yöntemleri

Basıncsız emprenye yöntemlerinde sıklıkla kullanılan altı yöntem aşağıda verilmiştir (Paril, 2016; Tsoumis, 1991; Richardson, 2002).

- Fırça kullanarak yapılan sürme ve püskürtme yöntemleri, renk değişikliğine ve çürümeye sebep olan mantarlara karşı düşük maliyetli ve basit bir emprenye yöntemidir. Fakat bu yöntemde emprenye maddesinin ağaç malzemeye tutunma derinliği ve penetrasyonu 1-5 mm gibi çok sınırlı ölçüdedir.
- Daldırma yöntemi yukarıda belirtilen fırçalama ve püskürme yöntemine kıyasla daha iyi bir penetrasyon sağlamaktadır. Çam diri odununda bu penetrasyon derinliği 25 - 75 mm' ye kadar ulaşabilmektedir.
- Batırma yöntemi uygulama sırasında, günler, saatler, ya da haftalar alabilen ancak daldırma yöntemiyle aynı olan emprenye işlemdir. Bu işlem genelde keresteler ve küçük direkler için çok uygundur. Örneğin emprenye çözeltisinde bekletilen çam diri odunu 24 ve 48 saat aralığında retensiyon değerleri 32-96 kg/m<sup>3</sup> arasında belirlenmiştir.
- Difüzyon yöntemi, yeni kesilmiş ağaç malzemelere, rutubet miktarı %50'yi aşan tel direklerine ve inşaat kerestelerine uygulanmaktadır. Difüzyon sırasında gerçekleşen madde akışı, yüksek konsantrasyon tarafından düşük konsantrasyon tarafına doğru gerçekleşmektedir. Bu yöntem çoğunlukla permabilitesi düşük olan türlerde kullanılmaktadır.
- Boucherie yöntemi farklı bir deyişle öz suyu yerini alma yöntemi taze kesilmiş ve kabuklu olan ağaç malzemelere uygulanmaktadır. Emprenye maddesinin bulunduğu kazan, 10-15 m yükseklikten zeminde bulunan ağaç malzemelerin

üzerine yerleştirilerek yapılmakta ve her iki enine kesitte emprenye işlemi uygulanmaktadır.

Sıcak ve soğuk daldırma yöntemiyle ağaç malzemeler önce sıcak halde bulunan emprenye maddesine daha sonra da soğuk halde bulunan emprenye maddesine daldırılmaktadır. Bu bir fiziksel emdirme işlemidir. Sıcak halde bulunan emprenye çözeltisine daldırılan ağaç malzemeler hücre boşluklarında bulunan hava sıcaklığı etkisiyle genişlemektedir. Ardından soğuk emprenye çözeltisine daldırılır. Hava büzülmesi nedeniyle oluşan kısmi vakum sayesinde ağaç malzemeye emprenye maddesi nüfuz etmektedir.



## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Ağaç Türü

Bu tez çalışmasında ağaç tür olarak Kızılağaç (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) kullanılmıştır. Kızılağaç Karadeniz Bölgesinde çok bulunması ancak endüstriyel olarak bir değerinin olmamasından dolayı, Sarıçam ise endüstride bolca kullanılan ve ülkemizde oldukça fazla yayılış alanı göstermesi sebebiyle referans ağaç türü olarak kullanılmıştır.

Ağaç malzemelerin seçiminde genellikle hava kurusu halde, dal-budak, çatlak bulunmayan, düzgün lif yapısına sahip sağlam diri odun örneklerin seçilmesine dikkat edilmiştir.

Kızılağaç; *Fagales* takımı, *Betulaceae* familyası, *Alnus* cinsine aittir (Valbuena ve Vera, 2002). Avrupa'da, Asya'da, Kuzey Amerika'da, Peru ve Bolivya'nın And Dağlarında yaprak döken ağaç ve çalı görünümüne sahip yaklaşık 30 türü bulunmaktadır (Schopmeyer, 1974). Ülkemizde Doğu kızılağacı (*Alnus orientalis*) ve Adi Kızılağaç (*Alnus glutinosa*) olarak bilinen iki türü bulunmaktadır. Ayrıca bu türlere bağlı olarak beş adet takson bulunmaktadır (Anşin ve Özkan, 2006). Üç kıtada ve 30 enlem derecesindeki alanlarda doğal bir yayılış göstermesine rağmen, yayılış gösterdiği tüm alanlarda genel itibariyle küçük populasyonlar oluşturmakta ve diğer türlerden ayrı yerlerde bulunmaktadır (Pliûra, 2004).

Sarıçam; *Gymnospermae* (açık tohumlular) alt şubesi, *Coniferae* (iğne yapraklılar) sınıfının, *Pinodiales* alt sınıfı, *Pinaceae* familyasının, *Pinus* cinsine ait bir türüdür (Yaltırık, 1993b). Sarıçam yetiştiği yere göre 20-40 m' ye kadar boya uzanabilen, gençlik durumunda narin gövdeli, ince dallı ve sivri tepelidir. Yaşlılıkta ise dolgun gövdeli, gövdesi düzgün, tepesi geniş ve dalları kalın her daim yeşil bir ağaçtır (Anşin ve Özder, 1993). Sarıçamın dünyada oldukça geniş bir yayılış alanı göstermektedir. Büyük bir oranda Kuzey yarım küreye göç eden bu ağaç türü İskoçya'dan hareketle tüm Avrupa, Pirene, Voj, Alp'ler, Karpat'larla birlikte Balkanlar, ardından İskandinavya, Türkiye ve Asya'da çok geniş bir alanda yayılış göstermektedir (Anşin ve Özder, 1993; Alemdağ, 1967).

## 2.2. Kullanılan Emprenye Maddeleri

Yapılan çalışmalarda emprenye maddesi olarak “Tanalith E” ve “Celcure AC 500” kullanılmıştır.

### 2.2.1. Tanalith E

Tanalith E (Bakır-Azol) içeriğinde üç farklı aktif madde bulunmaktadır. Bu maddelere; bakır amin, Azol ve Bor’dur. Burada Bakır amin etken biyosit, Bor fungusit ve Azol (tebukonazol ve propikonazol) ise yardımcı biyosit olarak kullanılmaktadır. İlk olarak geliştirilen CBA-A yapısında yüzde 49 bakır, yüzde 49 borik asit; yüzde 2 tebukonazol bulunmaktadır. Sonrasında geliştirilen tipinde ise (CA-B) Borik asit kullanılmamıştır. Bu yapıda sadece yüzde 96 bakır ve yüzde 4 tebukonazol bulunmaktadır. Farklı bir Bakır azol formülasyonu da (CA-C) AWWA’nın listesine eklenmek üzere teklif edilmiştir. Bu formülasyona %2 propikonazol, %2 tebukonazole oranlarındaki maddeler yardımcı biyosit olarak eklenmiştir (Mike ve Craig, 2008).

Bakır-Azol Lonza şirketi tarafından ticarileştirilmiş ve “Tanalith E” olarak piyasaya sürülmüştür. Son dönemlere bakıldığında Tanalith E’nin farklı çeşitlerinin bulunduğu görülmektedir. Bunlar arasında; Tanalith Creol, Shades, Tanalith Extra; Tanatone, Tanalith C, Tanasote ve Ensele bulunmaktadır. Tanalith Extra, ağaç malzemelerin rutubet durumunu azalttığı için özellikle dış ortamda kullanıma uygundur. Tanatone; daha koyu renk istenilen kullanım yerlerinde uygundur. Bu bağlamda çit malzemeleri ve peyzaj kerestelerinin emprenye edilmesinde kullanılmaktadır. Tanalith Creol; emprenye edilen malzemelere koyu bir renk vermenin yanı sıra iyi bir su itici özellik sağlayarak dış ortamlardaki kullanımlarda boyutsal kararlılık sağlamaktadır. Shades; çok dayanıklı renk seçenekleri sunmaktadır. Tanasote; traversler ve tel direkler gibi kullanım alanlarında kullanılan kreozota alternatif bir ürün olarak geliştirilmiştir. Nu bağlamda Tanalith ürününün yağ esaslı emprenye maddesi de denilebilir. Tanalith C; CCA maddesinin kullanıldığı toprakla temas eden travers ve tel direkleri gibi kullanım alanlarında CCA’ya alternatif bir ürün olarak geliştirilmiştir. Emprenye işlemi sonrası ağaç malzeme rengi önce yeşil, sonrasında dış ortamın da etkisiyle gri bir renk almaktadır. Ensele ise emprenye edilen ağaç malzemelerin kurulum esnasında meydana gelen çentikler ya da kesikleri kapatmak amacıyla fırça yardımıyla uygulanan “yerinde bakım” (remedial) emprenye

maddesidir. Ancak emprenye edilmemiş ağaç malzemelere uygulanmamaktadır (URL-1, 2019).

Emprenye işlemlerinde sıklıkla kullanılan Tanalith-E maddesi bir ağaç malzeme koruma ürünüdür. Tanalith E’de bulunan etkin maddeler bakır ve organik triazol’dür ve böcek, mantar ve termit saldırılara karşı kullanılmaktadır. Bu koruyucu madde canlılara ve çevreye zarar vermeyen yeni nesil bir ağaç malzeme koruyucusudur. Tanalith E, rengi açık yeşil kokusuz, yoğunluğu 1.04 g/cm<sup>3</sup>, pH’sı 7, akıcı ve tamamıyla suda çözünebilen, su bazlı, ağaç malzemenin metal kısımlarında korozyona neden olmayan ve hazır çözelti olarak piyasada bulunan bir üründür. Bu koruyucu emprenye maddesi, bahçe mobilyaları, çit, parmaklık, çiftlik binaları, hayvan barınakları, silolar, çocuk oyun alanlarındaki ağaç malzemelere, vakum-basınç yöntemiyle uygulanmaktadır (Hemel, 2015).

### **2.2.2. Celcure AC 500**

Celcure AC 500 (Alkali-Bakır-Kuat (ACQ)), Arsenik ve Krom’a getirilen kısıtlamalar sebebiyle CCA maddesine bir alternatif olarak geliştirilmiştir. Formülasyonunda bulunan Bakır, böcek ve mantarlara karşı koruma sağlamaktadır. Bakır maddesine toleranslı olan böcek ve mantarlara karşı ise dörtlü amonyum bileşikleri olan Kuat formülasyonda yer almaktadır. ACQ yapısında % 66 bakır oksit ve % 34 dörtlü amonyum bileşikleri bulundurmaktadır. ACQ maddesinin farklı formülasyonları geliştirilmiş ve ticarileştirilmiştir. En yaygın olanları B ve D türüdür. Burada yapısında eğer Bakır çözüldürücü madde olarak amonyak kullanılmışsa Tip B, eğer etonolamin kullanılmışsa bu Tip D olarak isimlendirilmektedir. ACQ emprenye maddesi son dönemlerde en çok tercih edilen su bazlı emprenye maddelerindedir. Ancak düşük boyut stabilizasyonunun bulunması en önemli sakıncasıdır (Yu vd., 2017).

Farklı şirketler tarafından geliştirilen ve ticarileştirilen Celcure AC 500 bulunmaktadır (Koppers, 2019). Ağaç malzemenin bakır çözeltisi ile etkileşimi sonrası, bakır amin bileşikleri odun içerisine sirayet etmektedir. Diğer kimyasal reaksiyonlarda olduğu gibi, bakırın (II) diğer kimyasallarla etkileşimi sonucu stabilize eğiliminde olmaktadır. Su içerisinde bulunan bakır (II) iyonları, hekzaaquabakır (II) iyonları oluşturarak stabilize olmaktadır. Bu sistem içerisine amin ya da amonyum eklendiğinde, amin/amonyum su ile yer değiştirir ve daha fazla stabil bakır bileşiklerinin oluşmasına neden olur (Lee ve Cooper, 2010).

Celcure AC-500 emprenye maddesinin içeriğinde bakır ve bor bulunmaktadır. Celcure AC-500 içeriğinde amin bileşiklerini bulundurmaz. Doğal mineral olan bu madde bakır etkilidir. Günümüzde sıklıkla kullanılan bir mantar yok edicidir. Bunun yanı sıra temizleyici ve dezenfekte edici madde olarak kullanılmaktadır. Celcure AC 500 emprenye maddesi mavi renkli, yoğunluğu 20 °C’de 1.23 g/cm<sup>3</sup>, pH derecesi 10.6, su bazlı ve sadece ağaç malzemelerin korunmasında kullanılan emprenye maddesidir. Hazırlanma aşamasında düşük basınçlı havayla karıştırılmaktadır (Sawyer ve Irle, 2005).

### 2.3. Ağaç Malzemelerin Emprenye Edilmesi

Emprenye işlemi Altes Orman Ürünleri Tesisinde (Trabzon) gerçekleştirilmiş olup kullanılan emprenye kazanı Şekil 3’de görülmektedir. Endüstriyel ürün ve deney örneklerinin Tanalith E ve Celcure AC 500 ile emprenyesinde 1 saat boyunca 630 mmHg vakum, 1 saat boyunca 6 bar’lık basınç uygulanmıştır (Tablo 2). Emprenye sonrası ağırlıkları ölçülmüş ve 5 gün oda sıcaklığında bekletilmiştir. Sonrasında örnekler etüve yerleştirilerek 40 °C’ de 1 gün boyunca tam kuru ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. 1 günün sonunda incelenen örneklerin kurumadığı gözlemlenmiş olup etüv 70 °C’ye çıkarılıp 1 gün daha kurumaya bırakılmıştır. Bu işlemlerin ardından incelenen örneklerin tam kuru ağırlığa ulaşmadığı tespit edildiğinden etüv 100 °C’ye çıkartılıp 1 gün daha kurumaya bırakılmıştır. Kurutma işleminde kullanılan sıcaklığın aşamalı olarak artırılmasının nedeni numunelerde ani ısıtma ile ortaya çıkabilecek çatlamların önlenmesidir.

Tablo 2. Yapılan emprenye işlemi

Emprenye Maddeleri	Ağaç Türleri	Emprenye İşlemi
Tanalith E	Kızılağaç	1 saat, 630 mmHg vakum
	Sarıçam	1 saat, 6 bar basınç
Celcure AC 500	Kızılağaç	1 saat, 630 mmHg vakum
	Sarıçam	1 saat, 6 bar basınç



Şekil 3. Vakum-Basınç yönteminin uygulandığı emprenye tesisi

#### 2.4. Yapılan Testler

Çalışma kapsamında Tanalith E ve Celcure AC 500 ile emprenye edilen odun örneklerine dış ortam testleri uygulanmıştır. Yapılan çalışmalarda kullanılan standartlar ve çalışmaya ait deneme deseni Tablo 3’ de verilmiştir.

Tablo 3. Yapılan çalışmalara ait deneme deseni

Testler	Testin İçeriği	Standart ya da Analiz	Ağaç Türü	Örnek Boyutu	Tekrar Sayısı
Dış Ortam Testleri	*Toprakla Temas Testleri -Rutubet Değişimi -Derecelendirme	AWPA E14-07	Kızılağaç	100x20x10 mm	5-Tanalith E 5-Celcure AC 500 5-Kontrol
			Sarıçam		
		EN 252	Kızılağaç	500x30x25 mm	8-Tanalith E 8-Celcure AC 500 7-Kontrol
			Sarıçam		
	*Toprak Üstü Testler -Rutubet Değişimi -Yüzey Pürüzlülük -Renk Ölçümü	DIN 4768 ISO 7724	Kızılağaç	100x60x10 mm	5-Tanalith E 5-Celcure AC 500 5-Kontrol
			Sarıçam		
*Endüstriyel Ürün Testleri -Renk Ölçümü	ISO 7724	Kızılağaç	Piknik Masası	2-Tanalith E 2-Celcure AC 500 2-Kontrol	
		Sarıçam			
Biyolojik Testler	*Mantar Çürüklük Testi	EN 113-Modifiye	Kızılağaç	5x15x25 mm	15-Tanalith E 15-Celcure AC 500 30-Kontrol
			Sarıçam		
Analitik Testler	*Yıkanma ve Bakır Analizi	AWPA E11	Kızılağaç	19x19x19 mm	6- Tanalith E 6- Celcure AC 500
			Sarıçam		



### 2.4.1. Dış Ortam Testleri

Dış ortam testlerinin tamamı Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi bahçesinde belirlenen alanlarda gerçekleştirilmiştir.

#### 2.4.1.1. Toprakla Temas Testleri

Toprakla temas testlerinde kullanılan tüm numunelerin empenye öncesi ve empenye sonrası tam kuru ağırlıkları tartılıp kaydedilmiştir. Örnekler testlerin yapılacağı belirlenen alanlara bırakılmıştır. Test kapsamında 100x20x10 mm (Şekil 4) (Teğet, Radyal, Lifler) ve 500x30x25 mm (Şekil 5) boyutlarında Kızılağaç/Sarıçam test ve kontrol örnekleri özel olarak hazırlanmış toprağın içerisine 2/3'lük kısmı gelecek şekilde dikilmiştir. Örnekler Güney bakı yönüne bakacak şekilde yerleştirilmiştir (EN 252, 1992).

Deneylere 2012 yılı Ekim ayında başlanmış ve 2014 yılı Temmuz ayına kadar devam edilmiştir. Bu süreç boyunca ortalama 6-8 hafta arayla 12 kez ölçüm yapılmıştır. Ortalama 6-8 hafta arayla ölçülen örnekler üzerinden aşağıdaki parametreler tespit edilmiştir. Bu sürelerle ilişkin iklim verileri de değerlendirilmek amacıyla kaydedilmiştir. Toprakla temas testi kapsamında örnekler üzerinde;

100x20x10 mm boyutlarındaki örnekler için rutubet değişimleri kaydedilmiş ve örneklerin fiziksel yapılarındaki değişim gözlemlenmiştir.



Şekil 4. Toprakla temas testi görünüşü

500x30x25 mm boyutlarındaki örnekler için rutubet değişimleri kaydedilmiş, örneklerin fiziksel dayanıklılık düzeyleriyle ilgili görsel takip yapılmış ve çürüklük dereceleri EN 252 standardına göre kategorize edilmiştir (Can, 2018).



Şekil 5. Toprakla temas testi görünüşü

#### 2.4.1.1.1. Rutubet Değişimi

Yapılan çalışmada dış ortam koşullarına maruz bırakılan örneklerde her ölçümle ilgili rutubet değişimi belirlenmiştir. Bu bakımdan araziden alınan her bir örneğin ölçümleri hassas terazi yardımıyla elde edilmiştir. Hassasiyeti 0.001 gr olan bu terazi ile yapılan ölçümler kaydedilmiştir. Örneklerdeki rutubet değişimi Eşitlik 1 yardımıyla tespit edilmiştir.

$$\%M = \frac{M_a - M_b}{M_b} \times 100 \quad (1)$$

Burada;

$M$  : Rutubet değişimi (%),

$M_a$  : Araziden her ölçümde alınan örneklerin rutubetli ağırlığı (gr),

$M_b$  : Örneklerin başlangıç tam kuru ağırlığı (gr), ifade etmektedir.

#### 2.4.1.1.2. Çürüklük Dereceleri

Dış ortam koşullarına maruz bırakılan Kızılağaç ve Sarıçam örneklerinde hasar tespiti ya da çürüklük dereceleri EN 252 standardına göre yapılmıştır. Bu standart vakum/basınç ile uygulanan empenye yöntemlerinde ya da ağaç malzemeye tam nüfuz sağlayan diğer yöntemlerle uygulanmış ahşap koruyucuların, toprakta bulunan mikroorganizmalarla teması halinde ahşap malzemede oluşan hasarını önlemede nispi etkinliklerinin tayin edilmesi amacıyla bir arazi deneyi yöntemini kapsamaktadır. Bu bağlamda topraktan alınan her ölçüm sırasında çıkarılan örneklerde mikroorganizmaların hasar tespiti Tablo 4'e göre belirlenmiştir (EN 252, 1992).

Tablo 4. Örneklerdeki hasar durumuna göre derecelendirme sistemi

Sınıflama	Derece	Hasar Durumu
Hasarsız	0	Örneklerde her hangi bir değişikliğin gözlemlenmemesi durumu
Hafif Hasarlı	1	Fark edilebilir değişiklik bulunmakta, fakat yoğunluk, pozisyon ya da dağılım açısından oldukça sınırlı -Sadece, renk değişimi ya da en yaygın olarak bilinen 1 mm derinliğinde yüzey yumuşama olarak görülen bozulma.
Orta Derece Hasarlı	2	Görünür olarak orta derecede net değişimler -Örneklerde tamamen ya da kısmen oluşan, yaklaşık 2 - 3 mm derinlikte yüzey yumuşama olarak görülen değişimler
İleri Derece Hasarlı	3	Ciddi değişim durumu -Geniş bir yüzeyde 3 - 5 mm'lik bozulmalar (yumuşak çürüklük ya da bir kaç mm alanda 10 - 15 mm derinlikte beyaz çürüklük
Tam Hasarlı	4	Örneklerin çarpma muayenesi sırasında kırılması

#### 2.4.1.2. Toprak Üstü Testleri

Toprak üstü testlerde kullanılan tüm numunelerin empenye öncesi, empenye sonrası ve tam kuru ağırlıkları tartılıp kaydedilmiştir. Ardından örnekler testlerin yapılacağı belirlenen alanlara bırakılmıştır. Test kapsamında 100x60x10 mm boyutlarında Kızılağaç/Sarıçam test ve kontrol örnekleri özel olarak hazırlanmış düzenek yardımıyla

UV ışınlarından daha iyi etkilenmesi için güney bakı yönüne 45 °C'lik açıda olacak şekilde sabitlenmiştir (Şekil 6).

Farklı aralıklarla rutubet içeriği, yüzey pürüzlülüğü ve renk ölçümüne ait değerler belirlenmiştir. Deneylere 2012 yılı Ekim ayında başlanmış ve 2014 yılı Temmuz ayına kadar devam edilmiştir. Bu süreç boyunca ortalama 6-8 hafta arayla 12 kez ölçüm yapılmıştır.



Şekil 6. Örneklerin toprakla temas etmemesini sağlayan düzenek

#### 2.4.1.2.1. Rutubet Değişimi

Çalışma kapsamında dış ortama bırakılan 100x60x10 mm boyutlarındaki örneklerin rutubet değişimleri ortalama 6-8 hafta arayla ölçülerek kaydedilmiş ve örneklerle ilgili görsel takip yapılmıştır. Rutubet değişimlerinin bulunması için Eşitlik 1 kullanılmıştır.

#### 2.4.1.2.2. Yüzey Pürüzlülüğü

Çalışma kapsamında dış ortama bırakılan 100x60x10 mm boyutlarındaki örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri DIN 4768 (1990) standardına göre belirlenmiştir. Bu bağlamda araziden alınan örneklerin ölçümünde yukarıda belirtilen standarda göre ölçüm yapan TR100 (TIME) cihazı kullanılmıştır (Şekil 7). Çapı 10 µm, elmas ucu 90° açılı tarama

detektörü kullanılmıştır. Örnekleme uzunluğu 12.5 mm, kesme uzunluğu 2.5 mm'ye göre ayarlanmıştır. Ölçümler liflere dik doğrultuda 0.5 mm/sn. hızla gerçekleştirilmiştir. Örnek yüzeyin birbirine simetrik olan 4 farklı noktasından alınan ölçüm değerleri neticesinde cihaz Ra ve Rz değerlerini otomatik olarak belirlenmiştir.

Burada belirtilen,

- Ra, ölçülen pürüzlülük profil uzunluğu boyunca profilin ortalama çizgisinde meydana gelen sapmaların aritmetik ortalamasını göstermektedir.
- Rz, profilin boyu uzunluğunda 5 en yüksek tepe ve 5 en alçak çukurdan alınan değerlerin ortalamasının toplamıdır (Temiz vd., 2005).



Şekil 7. TR100 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı

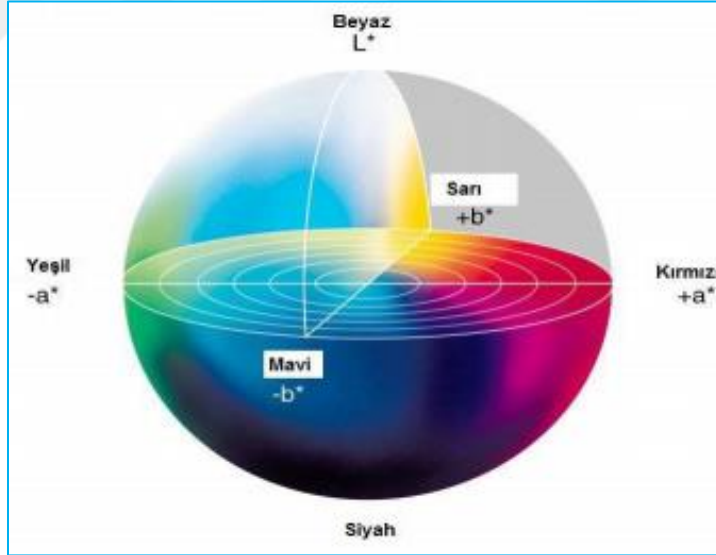
#### 2.4.1.2.3. Renk Ölçümü

Çalışma kapsamında dış ortama bırakılan 100x60x10 mm boyutlarındaki örneklerin renk ölçümleri markası Konica Minolta CM2600d (Şekil 8) olan cihazla belirlenmiş ve bunun için ISO 7724 standardı kullanılmıştır. Her bir örnekle ilgili olarak 3 farklı noktadan ölçüm alınmış ve ortalamaları hesaplanmıştır.



Şekil 8. Konica Minolta CM2600d renk ölçüm cihazı

Kullanılan renk parametreleri  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  CIELAB (Commission International de l'Eclairage) tarafından belirlenmiştir. Şekil 9'da CIELAB renk skalası verilmiştir (Akbaş, 2015; Research, 2019).



Şekil 9. CIELAB renk skalası

Burada,

$L^*$ , Işık stabilitesini,

$a^*$  ve  $b^*$ , Kromotografik koordinatları göstermektedir.

Kromotografik koordinatlar da ise,

-a\*, Yeşili,

+a\*, Kırmızıyı,

+b\*, Sarıyı,

-b\*, Maviyi ifade etmektedir.

Çalışmada  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  parametrelerinin değerleri farklı sürelerle dış ortam testine tabi tutulan örneklerde belirlenmiş ve meydana gelen renk değişimleri aşağıda verilen 2, 3, 4 ve 5 Eşitlikleri yardımıyla bulunmuştur.

$$\Delta L^* = L_f^* - L_i^* \quad (2)$$

$$\Delta a^* = a_f^* - a_i^* \quad (3)$$

$$\Delta b^* = b_f^* - b_i^* \quad (4)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (5)$$

$\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  değerleri başlangıcı  $i$  olan ve çeşitli zaman aralıklarında oluşan renk değişimlerini belirlemektedir. Burada değişimi  $\Delta E^*$ , çeşitli zaman aralıklarını  $f$  belirtmektedir. Bu bağlamda elde edilen düşük  $\Delta E^*$  değerleri düşük renk değişimlerini, yüksek  $\Delta E^*$  değerleri yüksek renk değişimlerin ifade etmektedir.

### 2.4.1.3. Endüstriyel Ürün Testleri

Endüstriyel ürün testi kapsamında piknik masası hazırlanmıştır. Kızılağaç ve Sarıçam ağaç malzemelerinden 2 adet emprenyesiz, 4 adet emprenyeli olmak üzere toplam 6 adet oturma gruplu masa hazırlanmıştır (Şekil 10, Şekil 11, Şekil 12). Ağaç malzemeler emprenye işleminden sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi bahçesinde belirlenmiş olan alanlarda kurulum (montaj) işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada masaların sadece renk değişimleri dikkate alınmış ve ölçümler yapılmıştır. Diğer yandan fiziksel yapılarında meydana gelen değişimler gözlemlenmiştir. Testler, 2012 yılı Aralık

ayında başlamış ve 2014 yılı Temmuz ayına kadar devam etmiştir. Renk değişimleri ortalama 6-8 hafta arayla ölçümler alınarak kaydedilmiş olup, 11 deney ölçümüyle sonlandırılmıştır.



Şekil 10. Tanalith E ile emprenye edilmiş piknik masası



Şekil 11. Celcure AC 500 ile emprenye edilmiş piknik masası





Şekil 12. Kontrol örneği emprenyesiz piknik masası

#### 2.4.1.3.1. Renk Ölçümü

Çalışma kapsamında dış ortama bırakılan piknik masalarının renk ölçümleri markası Konica Minolta CM2600d (Şekil 8) olan cihazla belirlenmiş ve bunun için ISO 7724 standardı kullanılmıştır. Her bir örnekle ilgili olarak 3 farklı noktadan ölçüm alınmış ve ortalamaları hesaplanmıştır. Renk parametreleri bölüm 2.4.2.3’de anlatıldığı gibi hesaplanmıştır.

#### 2.4.2. Biyolojik Testler

##### 2.4.2.1. Mantar Çürüklük Testi

Bu çalışmada yapılan mantar çürüklük direnç testinde halen pek çok Avrupa ülkesinde kullanılan ve bir Avrupa standardı olan EN 113 (1980) standardı kullanılmıştır. Çürüklük testi 5×15×25 mm (R×T×L) boyutlarındaki test ve kontrol örnekleri üzerinde uygulanmıştır. Her bir mantar türü için (*Coniophora puteana* ve *Poria placenta*) Kızılağaç ve Sarıçam örneklerinden 10 tekrar olacak şekilde (60 adet emprenyeli test ve 60 adet kontrol) toplam 120 adet örnek üzerinde uygulama yapılmıştır.

Test öncesinde örneklerin tam kuru ağırlıklarının ( $C_ö$ ) belirlenebilmesi için  $103\pm 2$  °C’de etüvde bekletilmiş ve değişmez ağırlığa gelmeleri sağlanmıştır. Dış ortam şartlarında esmer çürüklük mantarları daha çok tahribat yaptığı için esmer çürüklük mantarlarından *Coniophora puteana* ve *Poria placenta* mantar türleri kullanılmıştır (Presley vd., 2018). Mantarların besin ortamının sağlanması için malt-agar karışımı uygulanmıştır. Bu bağlamda 1 lt saf suya 48 gr. malt ekstrakt-agar konularak toplam 4 lt çözelti hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımın strelizesi için erlenlerin ağzına alüminyum folyo sarılarak kapatılmış ve  $121$  °C’de otoklavda 20 dakika bekletilmiştir. Bu işlemlerin sonrasında UV odasında soğumaya bırakılmıştır. Soğuma işlemiyle birlikte karışım dökülme kıvamına gelince her bir petri kabına yeteri miktarda dökülmüştür. Ardından 1 gün boyunca UV odasında beklemeye alınmıştır. Daha sonra besin ortamına esmer çürüklük mantarları aşılanmıştır. Mantarların gelişip büyümesi için petri kapları  $65\pm 5$  bağıl nem ve  $22\pm 1$  °C’deki iklimlendirme odasında beklemeye alınmıştır. Mantarların gelişim ve büyüme işlemi tamamlandığında petri kaplarına 1 adet test ve 1 adet kontrol örneği yerleştirilerek, 3 ay boyunca,  $65$  bağıl nem ve  $20$  °C’deki iklimlendirme dolabında beklemeye bırakılmıştır (Şekil 13).

3 aylık süreden sonra petri kaplarından alınan örneklerin değişmez tam kuru ağırlıklarının ( $C_s$ ) belirlenebilmesi için  $103\pm 2$  °C’ de bekletilmiştir. Burada mantar saldırıları nedeniyle örneklerde meydana gelen Ağırlık Kaybı (%AK) aşağıda verilen 6 numaralı Eşitlik yardımıyla % olarak hesaplanmıştır.

$$\%AK = \left[ \frac{C_{\ddot{o}} - C_s}{C_{\ddot{o}}} \right] \times 100 \quad (6)$$



Şekil 13. Kullanılan çürüklük mantarları (a) *Poria placenta* mantarı, (b) *Coniophora puteana* mantarı

### 2.4.3. Analitik Testler

#### 2.4.3.1. Yıkanma ve Bakır Analizi

Yıkanma testi, Tanalith E ve Celcure AC 500 maddeleriyle emprenye edilmiş Kızılağaç ve Sarıçam örneklerinde, emprenye maddesinin odun yapısından yıkanarak uzaklaşıp uzaklaşmadığının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu çalışma AWWA E11(2006) standardına göre yapılmış ve “Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Mikoloji Laboratuvarında” 19x19x19 mm boyutlarındaki (RxTxL) örneklerle gerçekleştirilmiştir. Örnekler, beher içerisine yerleştirilmiş, içerisine 300 ml saf su eklenmiştir. Ardından beherler % 65 bağıl nem ve 20 °C ortam şartlarında ağzuları kapatılıp yıkanma işlemine tabi tutulmuştur. 2, 24, 48, 168, 336 saatlerde örneklerin bulunduğu beherlerdeki sular yenisiyle değiştirilmiş ve su örnekleri yıkanan bakır bileşiklerinin tayini için beherlerle saklanmıştır. Her beher için 6’şar örnek alınmış ve bu yıkanma testi 2 hafta sürmüştür. Tüm periyotlarda tüplere aynı oranda yıkanma suyu alınmış ve aynı oranda tekrar beherlere saf su ilavesi yapılmıştır. İşlem sonunda tüm beherler çalkalayıcıya yerleştirilmiş ve örnekler ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer- Kütle spektrometresi) cihazı ile analiz edilmiştir. Yıkanma testi sonrasında elde edilen su örneklerindeki bakır miktarları otomatik titrasyon cihazıyla belirlenmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Otomatik titrasyon cihazı

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Dış Ortam Testlerine Ait Bulgular

Dış ortam test verileri için Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden KTÜ için Ocak 2012 – Aralık 2014'e ait iklim verileri alınmıştır. İklim verileri tablosunda her ayın verileri bulunmaktadır (Tablo 5).

Tablo 5. Trabzon KTÜ Kanuni kampüsüne ait iklim verileri

İKLİM VERİLERİ						
Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Maksimum Sıcaklık (°C)	Minimum Sıcaklık (°C)	Ortalama Bağıl Nem (%)	Ort. Yağış Miktarı (mm)	Yağışlı Gün Sayısı
Ekim 2012	19.9	28.1	13.4	71.7	70.8	11
Kasım 2012	15.6	29.2	8.2	74.5	79.0	12
Aralık 2012	11.0	21.0	2.8	69.2	55.6	15
Ocak 2013	9.7	21.8	2.2	61.9	54.2	11
Şubat 2013	10.1	24.2	3.5	71.4	30.2	12
Mart 2013	11.0	30.5	0.5	68.4	72.8	13
Nisan 2013	12.5	25.9	7.1	78.8	27.4	10
Mayıs 2013	18.9	34.2	13.7	78.4	16.5	7
Haziran 2013	21.9	27.8	16.8	72.5	14.8	6
Temmuz 2013	24.1	28.5	19.7	66.8	20.6	6
Ağustos 2013	25.1	29.1	20.4	66.3	13.6	3
Eylül 2013	20.9	25.9	17.8	68.4	39.6	4
Ekim 2013	15.7	16.6	9.9	71.2	44.8	4
Kasım 2013	15.1	0	0	69.0	0	0
Aralık 2013	7.6	0	0	62.8	0	0
Ocak 2014	10.2	24.0	3.1	68.4	0	0
Şubat 2014	9.7	30.1	0.0	69.2	0	0
Mart 2014	10.7	23.5	-0.6	74.6	0	0
Nisan 2014	12.8	27.3	3.1	81.3	47.1	10
Mayıs 2014	17.6	30.2	12.0	80.6	48.9	16
Haziran 2014	21.5	30.5	15.1	74.7	39.3	10
Temmuz 2014	24.7	35.3	19.2	75.7	37.3	9

Tabloda sıfır (0) olan değerler, o tarihlerdeki baz istasyonlarından alınan verilerin sisteme kaydedilmemesinden ve veri akışının sağlanamamasından kaynaklanmaktadır.

Toprakla temas eden örneklerde Rutubet Değişimi ve Derecelendirme, Toprakla temas etmeyen örneklerde Rutubet Değişimi, Yüzey Pürüzlülük ve Renk Ölçümleri için dış ortamda bulunan numunelerden farklı zaman dilimlerinde toplam 12 kez ölçüm yapılmış ve aşağıda ayrıntılarıyla birlikte açıklanmıştır.

### **3.1.1. Toprakla Temas Eden Örnekler Ait Test Bulguları**

#### **3.1.1.1. Rutubet Değişimlerine Ait Bulgular**

Dış ortam koşullarında 100x20x10 mm boyutlarındaki test ve kontrol örneklerinden alınan rutubet değişim verileri Tablo 6'daki gibidir. 12 ölçüm sonunda alınan kontrol örneklerine ait en yüksek rutubet değişimleri Kızılağaç (%6,70) ve Sarıçam (%4,24) olarak bulunmuştur. Emprenyeli örneklerden elde edilen en düşük rutubet değişimi ise Kızılağaç Tanalith E (%15,67) ve Sarıçam Celcure AC 500 (%17,70) olarak grubunda tespit edilmiştir.

Dış ortam koşullarında 500x30x25 mm boyutlarındaki test ve kontrol örneklerinden alınan rutubet değişim verileri Tablo 7'deki gibidir. Kontrol örneklerine ait en yüksek rutubet değişimleri Kızılağaç için 5. ölçüm sonunda (%48,81) ve Sarıçam için 11. ölçüm sonunda (%84,39) olarak bulunmuştur. Emprenyeli örneklerden elde edilen en düşük rutubet değişimi ise Kızılağaç için 11. Ölçüm sonunda Celcure AC 500 (%33,52) ve Sarıçam için 12. Ölçüm sonunda Tanalith E (%21,91) olarak tespit edilmiştir.

Tablo 6. Toprakla temas eden 100x20x10 mm örneklerden elde edilen rutubet değişimleri (%)

Varyasyonlar			Ret. (kg/m <sup>3</sup> )	Aralık 2012	Ocak 2013	Şubat 2013	Mart 2013	Mayıs 2013	Temmuz 2013	Eylül 2013	Kasım 2013	Ocak 2014	Mart 2014	Mayıs 2014	Temmuz 2014
Kızılağaç	Celcure AC 500	X S	18,15 0,30	39,79 2,16	66,69 4,06	33,03 1,43	45,55 3,20	42,73 2,85	23,01 2,37	51,81 6,25	53,97 4,49	43,10 3,14	35,30 2,40	29,25 4,44	20,02 5,67
	Tanalith E	X S	18,13 1,21	43,26 0,64	69,11 6,27	34,08 1,97	40,56 1,99	41,02 3,59	19,73 0,49	47,07 2,12	49,59 2,07	37,72 2,50	28,77 2,70	40,84 12,57	15,67 1,08
	Kontrol	X S	- -	57,32 4,59	146,29 27,72	49,73 4,62	82,30 15,72	93,63 25,30	18,51 2,26	122,84 19,52	126,88 20,65	85,92 13,55	60,81 9,57	84,61 27,47	6,70 47,97
Sarıçam	Celcure AC 500	X S	10,94 1,82	37,49 3,90	67,71 10,72	40,60 7,46	47,14 8,90	49,24 12,42	19,77 1,10	66,18 11,96	85,31 15,59	60,08 12,54	54,59 11,19	47,95 14,71	17,70 8,63
	Tanalith E	X S	12,93 3,14	39,89 3,24	69,86 10,55	40,71 9,49	47,74 12,23	59,85 19,90	17,74 0,38	61,51 18,36	75,06 24,75	53,58 18,85	43,00 17,42	50,09 10,12	25,29 19,16
	Kontrol	X S	- -	39,79 1,95	84,31 8,61	61,44 9,02	89,58 11,51	101,62 13,71	21,42 1,53	94,40 17,16	117,61 19,10	90,09 14,38	69,73 8,87	61,55 48,79	4,24 5,23

Tablo 7. Toprakla temas eden 500x30x25 mm örneklerden elde edilen rutubet değişimleri(%)

Varyasyonlar			Ret (kg/m <sup>3</sup> )	Aralık 2012	Ocak 2013	Şubat 2013	Mart 2013	Mayıs 2013	Temmuz 2013	Eylül 2013	Kasım 2013	Ocak 2014	Mart 2014	Mayıs 2014	Temmuz 2014	
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	15,08	38,17	49,65	44,60	52,93	47,72	21,09	30,12	34,61	30,09	30,25	33,52	0	
		S	0,73	12,55	13,42	11,69	10,77	7,07	5,02	7,35	6,88	6,52	7,00	7,71	0	
	Tanalith E	X	14,39	41,02	53,46	46,94	55,19	52,33	29,15	27,90	34,33	29,16	31,17	33,96	0	
		S	0,88	13,32	14,84	14,46	9,61	13,25	5,94	17,37	14,90	15,00	14,32	14,55	0	
	Kontrol	X	-	31,48	43,89	40,83	50,69	48,81	0	0	0	0	0	0	0	0
		S	-	15,39	14,05	14,62	18,67	14,03	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarıçam	Celcure AC 500	X	16,29	46,32	69,86	59,86	79,24	82,46	62,14	38,09	46,90	43,72	47,68	56,18	24,85	
		S	1,37	9,15	14,13	11,21	13,15	15,82	13,47	4,36	5,54	6,27	7,35	9,35	5,02	
	Tanalith E	X	15,12	54,84	79,59	68,82	87,10	87,62	42,13	37,14	44,29	40,20	43,74	52,15	21,91	
		S	1,52	10,83	13,98	11,33	13,01	12,58	7,33	7,55	9,69	10,11	11,15	13,44	2,49	
	Kontrol	X	-	64,31	87,03	63,72	86,43	73,04	14,83	32,13	67,15	65,01	65,74	84,39	0	
		S	-	7,07	13,34	10,00	14,91	16,14	1,81	7,62	9,90	11,15	11,00	18,50	0	

\*Tabloda sıfır (0) olan değerler yeni ölçüm yapılamadığını göstermektedir. Bunun sebebi bir önceki ölçümde örneklerin aşırı çürüme nedeniyle kırılmış olmasıdır.

### 3.1.1.2. Çürüklük Derecelerine Ait Bulgular

Dış ortam koşullarında 500x30x25 mm boyutlarındaki toprakla temas eden örneklerin EN 252 standardına göre çürüklük derecelendirme verileri Kızılağaç için Tablo 8, Sarıçam için Tablo 9'daki gibidir. Tablolarda verilen değerlerde (0) Hasarsız, (1) Hafif hasarlı, (2) Orta derece hasarlı, (3) İleri derece hasarlı, (4) Tam hasarlı olarak ifade edilmiştir (Tablo 4).

(-) ise tam hasarlı olanlarda herhangi bir ölçüm alınmadığını göstermektedir.





Tablo 8. Kızılağaç test örneklerinin EN 252 standardına göre çürüklük derecelendirmesi

Varyasyonlar		Derecelendirme												
		Aralık 2012	Ocak 2013	Şubat 2013	Mart 2013	Mayıs 2013	Temmuz 2013	Eylül 2013	Kasım 2013	Ocak 2014	Mart 2014	Mayıs 2014	Temmuz 2014	
Kızılağaç	Celcure AC 500	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		7	0	0	0	0	0	1	2	2	3	4	-	-
	Tanalith E	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		9	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	-	-
		10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Kontrol	15	0	0	0	1	1	2	2	2	3	4	-	-
		16	0	0	1	2	3	4	-	-	-	-	-	-
		17	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	-	-
		18	0	0	0	0	1	2	2	3	3	4	-	-
		19	0	0	0	1	1	3	3	4	-	-	-	-
		20	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	-	-
		21	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	-	-
		22	0	0	0	1	1	2	2	3	4	-	-	-
		23	0	0	0	1	2	3	4	-	-	-	-	-

(-) ise tam hasarlı olanlarda herhangi bir ölçüm alınmadığını göstermektedir.

Tablo 9. Sarıçam test örneklerinin EN 252 standardına göre çürüklük derecelendirmesi

Varyasyonlar		Derecelendirme												
		Aralık 2012	Ocak 2013	Şubat 2013	Mart 2013	Mayıs 2013	Temmuz 2013	Eylül 2013	Kasım 2013	Ocak 2014	Mart 2014	Mayıs 2014	Temmuz 2014	
Sarıçam	Celcure AC 500	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Tanalith E	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Kontrol	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		16	0	0	0	0	0	1	2	3	3	4	-	-
		17	0	0	0	0	0	1	2	2	3	3	4	-
		18	0	0	0	0	1	1	2	2	3	4	-	-
		19	0	0	0	0	1	1	2	2	3	4	-	-
		20	0	0	0	0	1	1	2	3	3	4	-	-
		21	0	0	0	0	0	1	2	2	2	3	4	-
	22	0	0	0	0	0	1	2	3	3	4	-	-	
	23	0	0	0	0	0	1	2	2	3	4	-	-	

(-) ise tam hasarlı olanlarda herhangi bir ölçüm alınmadığını göstermektedir.

### 3.1.2. Toprakla Üstü Örneklerle Ait Bulgular

#### 3.1.2.1. Rutubet Değişimlerine Ait Bulgular

Dış ortam koşullarında 100x60x10 mm boyutlarındaki test ve kontrol örneklerinden alınan rutubet değişim verileri Tablo 10'daki gibidir. 12 ölçüm sonunda alınan kontrol örneklerine ait en yüksek rutubet değişimleri Kızılağaç (%5,04) ve Sarıçam (%7,94) olarak bulunmuştur. Emprenyeli örneklerden elde edilen en düşük rutubet değişimi ise Kızılağaç Celcure AC 500 (%6,72) ve Sarıçam Celcure AC 500 (%8,24) olarak tespit edilmiştir.



Tablo 10. Toprak üstü örneklerden elde edilen rutubet değişimleri (%)

Varyasyonlar			Ret (kg/m <sup>3</sup> )	Aralık 2012	Ocak 2013	Şubat 2013	Mart 2013	Mayıs 2013	Temmuz 2013	Eylül 2013	Kasım 2013	Ocak 2014	Mart 2014	Mayıs 2014	Temmuz 2014
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	21,14	17,62	31,07	15,36	11,61	7,35	9,34	8,65	12,38	8,62	12,37	6,45	6,72
		S	0,58	1,34	1,02	0,67	1,32	0,68	1,16	0,69	9,52	0,51	0,80	9,21	0,62
	Tanalith E	X	21,10	17,02	29,43	15,87	12,41	8,08	10,43	8,99	12,16	8,88	11,56	6,42	7,92
		S	0,62	0,66	2,03	0,51	1,44	1,03	0,94	0,72	5,23	0,36	0,71	5,04	0,67
	Kontrol	X	-	20,15	41,06	18,57	11,17	7,13	9,27	7,69	9,82	8,08	11,55	15,05	5,04
		S	-	1,60	3,42	0,65	0,62	0,41	0,42	0,46	11,30	0,75	0,43	10,51	0,70
Sarıçam	Celcure AC 500	X	11,41	16,21	17,03	14,60	10,22	7,92	10,78	9,32	11,00	8,49	8,71	3,47	8,24
		S	2,51	0,77	2,09	0,92	0,24	0,49	0,54	0,32	10,26	0,34	0,55	9,75	0,49
	Tanalith E	X	13,92	15,84	17,26	14,64	10,58	8,56	11,10	9,85	11,34	9,06	9,21	4,05	9,12
		S	2,41	2,82	2,58	2,54	2,64	2,53	2,48	2,67	4,77	2,66	2,64	4,33	2,89
	Kontrol	X	-	16,19	18,27	15,74	11,35	9,01	10,48	9,56	8,14	8,55	8,99	-6,00	7,94
		S	-	0,39	0,34	0,30	0,37	0,18	0,68	0,22	8,62	0,34	0,32	7,95	0,60

### 3.1.2.2. Yüzey Pürüzlülük Değerlerine Ait Bulgular

Dış ortam koşullarında 100x60x10 mm boyutlarındaki test ve kontrol örneklerinden alınan yüzey pürüzlülük değerlerinden Ra, Tablo 11’de; Rz ise Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 11’e göre 1. ölçüm sonunda en düşük Ra değeri Sarıçam Kontrol (4,71) elde edilmiş olup en yüksek Ra değeri ise Kızılağaç Kontrol örneğinde (7,61) bulunmuştur. Tablo 11’deki Ra değerleri incelendiğinde; 12. ölçüm sonunda en yüksek Ra pürüzlülük değeri Kızılağaç Kontrol (7,58), en düşük değer ise Sarıçam Tanalith E örneklerinde (5,49) bulunmuştur. Ra değerleri genel olarak incelendiğinde en düşük pürüzlülük değeri Sarıçam Kontrol örneklerinde (4,08) bulunmuştur.

Tablo 12’deki Rz pürüzlülük değerleri incelendiğinde 1. ölçüm sonunda en düşük pürüzlülük değeri Sarıçam Kontrol (35,38), en yüksek Rz pürüzlülük değeri ise Kızılağaç Kontrol örneğinde (47,38) tespit edilmiştir. Tablo 12’deki Rz değerleri incelendiğinde; 12. ölçüm sonunda en yüksek pürüzlülük değeri Kızılağaç Kontrol (48,75), en düşük değer ise Sarıçam Celcure AC 500 (42,22) örneğinde bulunmuştur.

Bütün varyasyonlarda örneklerin dış havaya maruz kalma süreleri arttıkça Ra ve Rz değerleri de değişkenlik göstermiştir.

Tablo 11. Toprak üstü örneklerin pürüzlülük değerleri (Ra)

Varyasyonlar			Ra												
			Kasım 2012*	Aralık 2012	Ocak 2013	Şubat 2013	Mart 2013	Mayıs 2013	Temmuz 2013	Eylül 2013	Kasım 2013	Ocak 2014	Mart 2014	Mayıs 2014	Temmuz 2014
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	7,25	6,66	6,22	6,23	6,05	6,80	6,04	5,55	6,95	6,45	7,10	6,26	6,08
		S	1,54	1,47	1,32	1,26	1,29	1,41	1,05	1,20	1,23	1,26	1,29	1,40	1,28
	Tanalith E	X	6,05	5,59	5,08	5,25	5,24	5,98	5,32	5,24	6,18	6,14	6,14	6,18	6,33
S		1,44	1,77	1,33	1,59	1,60	1,74	1,38	1,15	1,46	1,39	1,63	1,51	1,30	
Sarıçam	Celcure AC 200	X	5,88	4,95	5,30	4,99	4,80	4,44	4,27	4,26	5,57	5,67	5,93	5,03	5,62
		S	1,02	0,98	0,97	1,01	0,77	0,96	0,88	0,54	0,92	1,03	1,02	0,86	0,87
	Tanalith E	X	5,76	5,11	5,02	4,80	5,02	5,07	4,44	4,35	5,53	5,26	6,04	4,87	5,49
S		1,52	1,36	1,00	1,23	1,09	1,00	0,93	0,73	1,01	0,87	0,95	0,82	1,04	
Kontrol	X	4,34	4,71	4,62	4,55	4,68	4,64	4,08	4,24	5,82	5,42	5,61	5,57	5,97	
	S	1,19	1,09	1,10	0,86	0,94	0,83	0,54	0,50	1,28	0,84	1,00	0,92	1,06	

\*Başlangıç ölçümleri

Tablo 12. Toprak üstü örneklerin pürüzlülük değerleri (Rz)

Varyasyonlar			Rz												
			Kasım 2012*	Aralık 2012	Ocak 2013	Şubat 2013	Mart 2013	Mayıs 2013	Temmuz 2013	Eylül 2013	Kasım 2013	Ocak 2014	Mart 2014	Mayıs 2014	Temmuz 2014
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	48,16	43,22	42,37	42,45	42,32	45,74	40,37	33,89	45,92	44,03	44,93	41,34	42,62
		S	7,92	6,11	6,63	7,38	7,13	6,90	4,36	5,51	7,24	7,14	8,43	8,56	7,54
	Tanalith E	X	42,45	38,26	37,92	38,66	38,68	41,40	35,31	33,85	41,64	42,62	43,60	41,68	44,27
		S	7,24	10,39	8,16	8,82	9,10	7,38	5,86	5,99	8,13	6,31	8,05	6,55	6,43
	Kontrol	X	43,26	47,38	42,82	46,39	47,76	50,09	39,91	35,76	46,06	46,99	47,54	45,21	48,75
		S	7,55	6,92	6,65	5,44	6,18	5,89	3,45	6,14	5,61	4,05	4,47	4,78	3,90
Sarıçam	Celcure AC 500	X	44,08	36,83	40,37	40,65	38,54	35,67	31,25	31,29	43,92	45,18	47,41	42,38	42,22
		S	9,71	7,77	5,83	12,47	7,34	6,38	5,62	3,44	8,46	11,34	7,88	10,14	4,59
	Tanalith E	X	41,69	39,73	38,80	38,56	41,55	40,60	31,83	32,64	44,42	43,55	43,31	41,89	43,45
		S	10,22	8,76	7,51	11,66	8,66	9,58	7,80	7,61	11,59	9,90	12,56	11,09	10,95
	Kontrol	X	35,22	35,38	36,62	34,98	37,06	36,22	30,97	32,52	46,92	43,06	44,08	44,43	48,59
		S	8,05	8,15	8,20	6,20	7,93	7,40	7,07	6,38	11,89	10,28	10,06	9,65	10,78

\*Başlangıç ölçümleri

### 3.1.2.3. Renk Ölçüm Değerlerine Ait Bulgular

Dış ortam koşullarında 100x60x10 mm boyutlarındaki örneklerden elde edilen renk değişimleri Tablo 13'de gösterilmiştir. Bu tabloda örneklerin her ölçüme ait  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta E$  değerleri verilmiştir. Bu tabloda  $\Delta E$ 'ye göre;

1. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Kızılağaç Kontrol (22,70), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Celcure AC 500 (4,42) olarak bulunmuştur.

2. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Kızılağaç Kontrol (34,69), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Celcure AC 500 (4,14) olarak bulunmuştur.

3. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Kızılağaç Kontrol (33,06), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Celcure AC 500 (4,52) olarak bulunmuştur.

4. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Kızılağaç Kontrol (36,79), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Celcure AC 500 (7,35) olarak bulunmuştur.

5. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Kızılağaç Kontrol (38,23), en düşük  $\Delta E$  Sarıçam Tanalith E (9,15) olarak bulunmuştur.

6. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Kızılağaç Kontrol (34,97), en düşük  $\Delta E$  Sarıçam Celcure AC 500 (15,45) olarak bulunmuştur.

7. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Kızılağaç Kontrol (33,56), en düşük  $\Delta E$  Sarıçam Tanalith E (10,97) olarak bulunmuştur.

8. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Kızılağaç Kontrol (25,97), en düşük  $\Delta E$  Sarıçam Tanalith E (11,03) olarak bulunmuştur.

9. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Kızılağaç Kontrol (35,20), en düşük  $\Delta E$  Sarıçam Tanalith E (11,18) olarak bulunmuştur.

10. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Kızılağaç Kontrol (35,81), en düşük  $\Delta E$  Sarıçam Tanalith E (10,91) olarak bulunmuştur.

11. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Kızılağaç Kontrol (36,27), en düşük  $\Delta E$  Sarıçam Tanalith E (11,25) olarak bulunmuştur.

12. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Kızılağaç Kontrol (36,10), en düşük  $\Delta E$  Sarıçam Celcure AC 500 (8,61) olarak bulunmuştur.



Tablo 13. Toprak üstü örneklerinin renk ölçüm ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta E$ ) değerleri

Varyasyonlar			Kasım 2012*			Aralık 2012				Ocak 2013				Şubat 2013			
			L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	49,73	3,20	18,71	-0,48	2,82	2,29	4,42	1,65	2,22	0,86	4,14	3,51	1,65	0,46	4,52
		S	1,58	0,45	0,96	2,47	0,84	1,38	1,50	2,94	0,84	1,53	1,58	2,37	0,71	1,50	1,71
	Tanalith E	X	47,47	0,88	14,97	-0,88	4,44	5,25	8,05	-0,11	4,12	4,08	7,95	3,62	3,73	4,02	7,58
		S	2,08	0,55	1,29	3,95	0,69	2,11	1,72	5,97	0,78	2,36	3,27	3,92	0,72	2,04	2,25
	Kontrol	X	76,78	7,73	28,15	-20,06	-2,64	-8,94	22,70	-31,05	-3,29	-14,12	34,69	-26,09	-5,42	-18,87	33,06
		S	3,40	2,19	3,56	4,37	2,43	4,11	3,81	8,10	2,27	3,41	7,23	4,86	2,18	3,53	3,55
Sarıçam	Celcure AC 500	X	43,68	6,08	16,20	8,63	-2,15	6,71	11,38	10,75	-12,79	4,71	17,67	9,40	-2,30	4,60	10,90
		S	2,96	0,60	0,88	3,62	0,76	1,43	3,18	4,03	0,98	1,27	2,73	3,58	0,80	1,26	3,28
	Tanalith E	X	42,81	4,76	14,85	7,06	-1,66	7,64	10,75	8,85	-1,70	6,25	11,11	7,70	-0,98	14,85	16,95
		S	2,30	1,16	2,54	3,52	0,86	1,96	3,37	3,75	5,76	1,78	4,73	3,23	1,07	5,40	4,19
	Kontrol	X	64,10	10,19	21,56	-0,06	-0,58	5,77	9,83	-1,50	-3,05	-2,07	9,36	-5,25	-4,51	-5,73	13,69
		S	13,71	0,45	1,31	14,12	1,46	2,54	11,90	14,25	1,36	2,75	11,70	14,10	1,36	2,77	9,80

\*Başlangıç ölçümleri

Tablo 13'ün Devamı

Varyasyonlar			Mart 2013				Mayıs 2013				Temmuz 2013				Eylül 2013			
			$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	6,43	0,78	-2,79	7,35	8,43	0,10	-5,34	10,16	17,09	-0,24	-6,59	18,39	10,52	-1,36	-10,57	15,14
		S	2,28	0,68	1,42	1,80	2,22	0,64	1,20	1,75	2,32	0,65	1,25	2,14	2,78	0,53	1,28	2,06
	Tanalith E	X	6,74	2,94	0,87	8,00	8,98	2,33	-1,82	9,93	17,86	2,07	-2,99	18,37	13,73	1,18	-6,03	15,38
		S	3,83	0,74	1,91	3,05	4,19	0,69	1,79	3,40	4,43	0,68	1,77	4,18	4,60	0,59	1,59	3,65
	Kontrol	X	-28,28	-6,21	-22,08	36,79	-29,25	-6,39	-23,14	38,23	-25,09	-6,54	-22,94	34,97	-24,02	-6,08	-21,96	33,56
		S	4,64	2,19	3,51	3,11	4,79	2,19	3,40	2,87	4,31	2,16	3,39	2,95	5,41	2,15	4,08	4,32
Sarıçam	Celcure AC 500	X	9,70	-2,20	2,50	10,43	9,83	-2,23	0,16	10,26	15,18	-1,66	-0,84	15,45	8,91	-3,13	-5,81	11,44
		S	3,43	0,81	1,36	3,26	3,52	0,83	1,61	3,43	3,58	1,01	2,02	3,61	4,15	0,89	1,76	3,57
	Tanalith E	X	8,26	-0,70	4,79	9,80	8,53	-0,58	2,48	9,15	14,68	-0,01	-10,10	17,98	10,23	-1,26	-3,26	10,97
		S	3,27	1,18	1,86	3,09	3,36	1,26	1,98	3,27	3,96	1,40	5,03	4,12	3,89	1,43	2,23	3,64
	Kontrol	X	-8,45	-6,62	-11,17	19,20	-10,26	-7,57	-13,33	21,93	-5,96	-8,11	-14,59	20,94	-9,13	-7,76	-14,08	22,09
		S	13,74	0,87	2,00	7,62	13,93	0,58	1,42	6,97	14,07	0,48	1,19	8,29	14,18	0,91	2,10	7,23

Tablo 13'ün Devamı

Varyasyonlar			Kasım 2013				Ocak 2014				Mart 2014				Mayıs 2014			
			$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	9,35	-1,51	-11,08	14,77	9,22	-1,61	-11,32	14,92	8,41	-1,67	-11,58	14,65	6,49	-1,58	-11,18	13,30
		S	2,70	0,49	1,06	1,63	2,95	0,47	1,12	1,68	2,87	0,47	1,13	1,53	2,87	0,53	1,24	1,54
	Tanalith E	X	12,34	1,01	-6,48	14,30	12,43	0,94	-6,54	14,43	12,03	0,95	-6,55	14,12	11,03	0,99	-6,65	13,42
		S	4,25	0,61	1,51	3,33	4,36	0,60	1,49	3,32	4,43	0,59	1,52	3,29	4,17	0,54	2,13	2,89
	Kontrol	X	9,42	-6,10	-22,24	25,97	-26,16	-6,20	-22,12	35,20	-27,07	-6,14	-21,88	35,81	-27,85	-6,17	-21,71	36,27
		S	9,63	2,16	3,85	7,46	5,16	2,16	3,70	4,01	5,50	2,18	3,85	3,89	5,40	2,17	3,58	3,76
Sarıçam	Celcure AC 500	X	8,50	-3,46	-6,26	11,40	8,47	-3,61	-6,57	11,58	6,97	-3,61	-7,15	11,00	6,47	-3,73	-7,83	11,33
		S	3,64	0,82	1,57	3,09	3,55	0,77	1,40	2,93	3,85	0,78	1,39	2,96	4,21	0,76	1,13	2,77
	Tanalith E	X	10,01	-1,47	-3,98	11,03	9,94	-1,93	-4,40	11,18	9,32	-1,99	-4,93	10,91	9,39	-2,08	-5,37	11,25
		S	3,69	1,58	1,98	3,43	3,59	1,30	1,98	3,31	3,74	1,26	1,97	3,12	3,99	1,23	1,97	2,90
	Kontrol	X	-9,77	-8,25	-15,01	23,17	-9,75	-8,44	-15,15	23,22	-10,78	-8,64	-15,44	24,04	-12,30	-8,84	-15,77	25,20
		S	14,16	0,69	1,50	6,87	13,92	0,56	1,65	6,78	14,03	0,54	1,58	6,56	14,21	0,46	1,43	6,25

Tablo 13'ün Devamı

Varyasyonlar			Temmuz 2014			
			$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	5,12	-1,90	-9,25	11,02
		S	2,53	0,49	1,36	1,46
	Tanalith E	X	9,15	0,97	-3,77	10,48
		S	3,69	0,60	1,95	2,52
	Kontrol	X	-28,91	-6,41	-19,99	36,10
		S	4,84	2,18	3,24	3,27
Sarıçam	Celcure AC 500	X	4,54	-3,77	-5,51	8,61
		S	3,53	0,68	1,11	2,18
	Tanalith E	X	8,41	-1,80	-1,24	9,12
		S	3,81	1,35	2,68	2,51
	Kontrol	X	-13,54	-8,70	-13,13	24,26
		S	14,10	0,31	1,75	6,04

### 3.1.3. Endüstriyel Ürün Test Bulguları

#### 3.1.3.1. Renk Ölçüm Değerlerine Ait Bulgular

Dış ortam koşullarında elde edilen endüstriyel ürün (piknik masası) renk değişimleri Tablo 14'de gösterilmiştir. Bu tabloda örneklerin her ölçüme ait  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta E$  değerleri verilmiştir. Bu tabloda  $\Delta E$ 'ye göre;

1. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Sarıçam Kontrol (28,42), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Tanalith E (3,67) olarak bulunmuştur.
2. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Sarıçam Kontrol (27,82), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Tanalith E (6,07) olarak bulunmuştur.
3. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Sarıçam Kontrol (28,03), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Tanalith E (6,94) olarak bulunmuştur.
4. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Sarıçam Kontrol (28,53), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Tanalith E (8,80) olarak bulunmuştur.
5. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Sarıçam Kontrol (28,96), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Tanalith E (10,47) olarak bulunmuştur.
6. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Sarıçam Kontrol (26,95), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Tanalith E (12,78) olarak bulunmuştur.
7. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Sarıçam Kontrol (28,17), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Tanalith E (12,49) olarak bulunmuştur.
8. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Sarıçam Kontrol (33,21), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Tanalith E (12,97) olarak bulunmuştur.
9. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Sarıçam Kontrol (29,95), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Tanalith E (12,36) olarak bulunmuştur.
10. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Sarıçam Kontrol (31,02), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Tanalith E (12,70) olarak bulunmuştur.
11. ölçümün sonunda en yüksek  $\Delta E$  Sarıçam Kontrol (29,27), en düşük  $\Delta E$  Kızılağaç Tanalith E (14,10) olarak bulunmuştur.

Tablo 14. Endüstriyel ürün örneklerinin renk ölçüm ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta E$ ) değerleri

Varyasyonlar			Aralık 2012*			Ocak 2012				Şubat 2013			
			L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	30,99	8,70	12,34	8,37	-1,21	3,07	9,43	11,68	-1,97	2,69	12,52
		S	3,61	1,73	3,23	3,31	2,15	2,07	3,42	3,15	2,10	2,36	3,25
	Tanalith E	X	46,52	6,41	19,25	2,75	-0,42	-0,78	3,67	5,13	-1,26	-1,47	6,07
		S	3,50	0,79	3,32	1,88	0,49	2,35	2,01	2,32	0,65	2,45	2,19
	Kontrol	X	69,63	9,24	20,85	-19,62	-7,34	-12,22	24,69	-18,31	-7,52	-13,79	24,51
		S	1,89	0,59	2,09	3,44	1,04	3,63	2,05	5,18	0,88	2,96	4,08
Sarıçam	Celcure AC 500	X	32,21	9,06	12,64	9,52	-1,72	4,10	10,78	11,60	-2,62	2,92	12,52
		S	3,62	1,36	2,65	2,94	1,57	2,05	3,06	3,30	1,65	2,13	3,32
	Tanalith E	X	44,09	6,65	28,71	4,87	-0,98	-6,70	8,94	6,87	-2,00	-8,92	11,94
		S	6,36	1,62	3,29	3,47	0,70	3,36	3,63	4,31	0,97	3,10	4,12
	Kontrol	X	75,36	8,39	23,61	-23,81	-6,20	-13,47	28,42	-22,04	-6,41	-15,23	27,82
		S	2,06	1,29	1,03	4,19	1,82	2,85	2,73	3,45	1,63	2,43	2,20

\*Başlangıç ölçümleri

Tablo 14'ün Devamı

Varyasyonlar			Mart 2013				Mayıs 2013				Temmuz 2013			
			$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	13,12	-2,45	3,02	14,04	15,01	-3,20	2,11	15,94	15,51	-3,84	1,82	17,82
		S	2,88	2,18	2,37	2,93	3,28	2,43	2,93	3,25	7,71	2,32	3,16	3,82
	Tanalith E	X	5,78	-1,76	-1,96	6,94	7,23	-2,33	-3,25	8,80	8,54	-2,68	-4,16	10,47
		S	2,48	0,72	2,61	2,34	3,09	0,88	2,66	2,82	3,90	0,91	2,89	3,46
	Kontrol	X	-18,79	-7,61	-13,82	24,87	-18,75	-7,64	-13,75	24,77	-20,82	-7,55	-13,64	26,30
		S	3,37	0,82	2,88	1,86	3,23	0,74	2,64	1,84	3,79	0,70	2,54	2,32
Sarıçam	Celcure AC 500	X	12,64	-3,10	3,06	13,67	14,31	-3,51	3,32	15,39	15,17	-4,05	2,82	16,23
		S	3,10	1,67	2,40	3,14	3,09	1,81	2,34	3,09	3,11	1,77	2,41	3,05
	Tanalith E	X	7,40	-2,42	-10,76	13,67	8,23	-2,86	-12,16	15,50	8,21	-2,92	-13,57	16,67
		S	5,07	1,28	3,20	5,17	5,11	1,23	3,69	4,92	5,10	1,21	2,94	4,21
	Kontrol	X	-22,10	-6,58	-15,48	28,03	-22,57	-6,67	-15,67	28,53	-23,27	-6,56	-15,47	28,96
		S	3,44	1,64	2,35	2,24	3,67	1,62	2,33	2,52	4,12	1,55	2,04	2,90

Tablo 14'ün Devamı

Varyasyonlar			Eylül 2013				Kasım 2013				Ocak 2013			
			$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	20,33	-5,25	-0,05	21,58	19,21	-5,48	-0,38	20,56	18,75	-5,53	-0,40	20,27
		S	4,35	2,18	4,05	3,83	4,47	2,16	3,96	4,03	4,58	2,19	4,24	3,84
	Tanalith E	X	4,86	-3,73	-8,52	12,78	3,71	-3,72	-8,27	12,49	3,80	-3,05	-8,27	12,97
		S	6,44	1,35	4,56	3,10	6,86	1,21	4,04	1,86	6,97	4,93	4,13	3,49
	Kontrol	X	-18,75	-7,50	-13,05	24,53	-18,62	-7,65	-13,53	24,69	-22,90	-8,49	-15,85	29,43
		S	5,97	0,73	2,71	4,44	5,77	0,64	2,13	4,05	6,11	0,65	2,36	4,95
Sarıçam	Celcure AC 500	X	18,58	-5,23	0,78	19,70	17,81	-5,56	0,33	19,07	17,16	-5,52	0,41	18,49
		S	3,72	1,76	3,42	3,65	3,42	1,67	3,43	3,26	3,35	1,75	3,56	3,13
	Tanalith E	X	5,29	-4,05	-18,16	20,57	4,58	-4,20	-18,63	20,70	3,77	-4,20	-18,63	20,38
		S	7,19	1,54	3,78	4,25	6,70	1,46	3,52	3,94	6,25	1,49	3,51	4,01
	Kontrol	X	-21,65	-6,25	-14,02	26,95	-22,63	-6,52	-14,97	28,17	-27,24	-7,24	-17,01	33,21
		S	4,73	1,98	3,88	4,33	4,13	1,61	2,74	3,50	5,12	1,61	2,78	4,16



Tablo 14'ün Devamı

Varyasyonlar			Mart 2014				Mayıs 2014				Temmuz 2014			
			$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	18,00	-5,53	-0,36	19,49	17,52	-5,82	-1,04	19,25	16,57	-5,49	-1,19	18,39
		S	4,64	2,07	4,01	4,00	5,48	2,06	3,97	4,59	6,18	2,03	4,10	5,14
	Tanalith E	X	2,56	-3,67	-8,29	12,36	2,82	-3,78	-8,80	12,70	0,23	-4,08	-9,98	14,10
		S	7,25	1,24	4,03	2,18	7,04	1,13	4,54	2,94	8,58	1,20	4,93	3,86
	Kontrol	X	-21,81	-7,59	-13,53	27,09	-22,67	-7,59	-13,63	27,81	-23,47	-7,22	-12,61	27,84
		S	5,30	0,73	2,41	4,04	5,12	0,63	2,40	3,98	5,03	0,67	2,35	4,17
Sarıçam	Celcure AC 500	X	17,06	-5,64	0,18	18,42	16,91	-5,84	-0,59	18,29	17,15	-5,76	-1,20	18,57
		S	4,05	1,59	3,43	3,72	3,64	1,44	3,06	3,22	4,10	1,50	3,23	3,59
	Tanalith E	X	3,21	-4,15	-18,55	20,39	3,19	-4,33	-18,90	20,52	0,69	-4,62	-20,44	22,38
		S	6,75	1,41	3,47	3,78	6,22	1,44	3,34	4,00	8,02	1,65	3,44	4,00
	Kontrol	X	-24,97	-6,42	-14,71	29,95	-26,05	-6,37	-14,76	31,02	-24,86	-6,02	-13,65	29,27
		S	4,95	1,53	2,37	4,07	9,04	1,54	2,34	8,01	5,56	1,49	2,22	4,64

### 3.2. Biyolojik Testlere Ait Bulgular

Bu çalışmada kullanılan empenye maddelerinin biyolojik faktörlere karşı dayanım durumunu belirlemek amacıyla mantar çürüklük testi yapılmıştır.

#### 3.2.1. Mantar Çürüklük Test Bulguları

Mantar çürüklük testinde esmer çürüklük mantarlarından *Poria placenta* ve *Coniophora puteana* kullanılmıştır. Test sonrasında örneklere ait hesaplanan ağırlık kayıp (AK) değerleri ve rutubet içerikleri ortalaması (X) ve bu değerlere ait standart sapma (S)'dir. Bu çalışmada *Poria placenta* mantarı için elde edilen değerler Tablo 15' de, *Coniophora puteana* mantarı için elde edilen değerler Tablo 16' da gösterilmiştir.

Tablo 15. *Poria placenta* mantarına maruz bırakılmış örneklerde ağırlık kayıpları

Varyasyonlar			AK (%)	Retensiyon(kg/m <sup>3</sup> )
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	0,43	20,53
		S	1,13	0,69
	Tanalith E	X	0,21	20,86
		S	0,94	1,35
	Kontrol	X	39,33	-
		S	12,13	-
Sarıçam	Celcure AC 500	X	0,42	15,76
		S	1,70	1,54
	Tanalith E	X	0,33	15,92
		S	0,74	1,58
	Kontrol	X	37,24	-
		S	16,24	-

EN 113 standardına göre esmer çürüklük *Poria placenta* mantarına maruz bırakılmış kontrol örneklerinde oluşan ağırlık kaybı %15' in üzerinde olduğu zaman testin geçerli olduğu kabul edilir. Test sonucuna göre Kızılağaç ve Sarıçam kontrol örneklerindeki ağırlık kayıpları sırasıyla %39,33 ve %37,24 olarak hesaplanmıştır (Tablo 15).

Bu çürüklük testinden elde edilen sonuçlara göre Celcure AC 500 maddesiyle empenye edilen Kızılağaç ve Sarıçam örneklerindeki ağırlık kayıpları sırasıyla %0,43 ve %0,42 bulunmuştur. Yine bu çürüklük testinden elde edilen sonuçlara göre Tanalith E maddesiyle empenye edilen Kızılağaç ve Sarıçam örneklerindeki ağırlık kayıpları sırasıyla %0,21 ve %0,33 bulunmuştur (Tablo 15).

Tablo 16. *Coniophora Puteana* mantarına maruz bırakılmış örneklerde ağırlık kayıpları

Varyasyonlar			AK (%)	Retensiyon(kg/m <sup>3</sup> )
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	0,12	21,10
		S	0,78	1,27
	Tanalith E	X	0,87	21,12
		S	0,71	1,97
	Kontrol	X	-1,37	-
		S	0,95	-
Sarıçam	Celcure AC 500	X	0,63	15,79
		S	0,55	0,72
	Tanalith E	X	0,54	15,12
		S	1,03	1,22
	Kontrol	X	45,86	-
		S	15,55	-

EN 113 standardına göre esmer çürüklük *Coniophora Puteana* mantarına maruz bırakılmış kontrol örneklerinde oluşan ağırlık kaybı %15' in üzerinde olduğu zaman testin geçerli olduğu kabul edilir. Test sonucuna göre Kızılağaç ve Sarıçam kontrol örneklerindeki ağırlık kayıpları sırasıyla %-1,37 ve %45,86 olarak hesaplanmıştır (Tablo 16).

Bu çürüklük testinden elde edilen sonuçlara göre Celcure AC 500 maddesiyle empenye edilen Kızılağaç ve Sarıçam örneklerindeki ağırlık kayıpları sırasıyla %0,12 ve %0,63 bulunmuştur. Yine bu çürüklük testinden elde edilen sonuçlara göre Tanalith E maddesiyle empenye edilen Kızılağaç ve Sarıçam örneklerindeki ağırlık kayıpları sırasıyla %0,87 ve %0,54 bulunmuştur (Tablo 16).

### 3.3. Analitik Testlere Ait Bulgular

#### 3.3.1. Yıkama ve Bakır Analizi Test Bulguları

Yıkama ve bakır analizinde elde edilen bulgular Tablo 17 ve Tablo 18'de verilmiştir. Burada Tablo 17 empenyeli Kızılağaç ve Sarıçam örnek numaralarını, Tablo 18'de ise ICP-MS cihazında elde edilen bakır analizinin ppm olarak sonuçlarını göstermektedir.

2, 24, 48, 168, 336 saat aralıklarla suda bekletilen numuneler sudan çıkarılmış ve sudaki bakır oranları ICP-MS cihazında belirlenmiştir.

Tablo 17. Emprenyeli kızılağaç ve sarıçam örnek numaraları

Sarıçam		Kızılağaç		Periyot
Celcure AC 500	Tanalith E	Celcure AC 500	Tanalith E	
1.Örnek	2.Örnek	3.Örnek	4.Örnek	2 saat
5.Örnek	6.Örnek	7.Örnek	8.Örnek	24 saat
9.Örnek	10.Örnek	11.Örnek	12.Örnek	48 saat
13.Örnek	14.Örnek	15.Örnek	16.Örnek	48 saat
17.Örnek	18.Örnek	19.Örnek	20.Örnek	1 hafta
21.Örnek	21.Örnek	23.Örnek	24.Örnek	2 hafta

Tablo 18. ICP-MS analiz sonuçları

Sarıçam		Kızılağaç		Periyot
Celcure AC 500	Tanalith E	Celcure AC 500	Tanalith E	
0.378 ppm	2.347 ppm	0.287 ppm	8.093 ppm	2 saat
5.897 ppm	6.819 ppm	8.077 ppm	25.22 ppm	24 saat
29.15 ppm	10.46 ppm	9.485 ppm	35.16 ppm	48 saat
34.73 ppm	14.45 ppm	17.09 ppm	46.15 ppm	48 saat
45.37 ppm	17.44 ppm	20.71 ppm	55.80 ppm	1 hafta
52.04 ppm	24.70 ppm	27.78 ppm	71.38 ppm	2 hafta

Örnek vermek gerekirse Tablo 17’de 2 saatlik periyotta 4. örnekten elde edilen değer, Tablo 18’de aynı satır ve sütuna karşılık gelen 8.093 ppm değeridir. Dolayısıyla 2 haftalık yıkanma ve bakır analizi bulgularında en yüksek değer Kızılağaç Tanalith E (71.38 ppm), en düşük değer Sarıçam Tanalith E (24.70 ppm) örneklerinden bulunmuştur. Çalışmada elde edilen retensiyon miktarları Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19. Retensiyon miktarları

Varyasyonlar			Retensiyon (kg/m <sup>3</sup> )
Kızılağaç	Celcure AC 500	X	19,24
		S	0,99
	Tanalith E	X	18,92
		S	1,05
	Kontrol	X	-
		S	-
Sarıçam	Celcure AC 500	X	16,04
		S	1,26
	Tanalith E	X	15,82
		S	1,33
	Kontrol	X	-
		S	-

## **4. İRDELEME**

### **4.1. Dış Ortam Testlerinin İrdelenmesi**

Dış ortam koşullarına maruz bırakılan kızılağaç ve sarıçam örnekleri güneş ışınları, sıcaklık, rutubet, rüzgâr ve atmosferik etkenler nedeniyle bozunmaya uğramaktadır. Bu bağlamda ağaç malzemelerde renk değişimleri, çatlak oluşumları, yüzey yapısında bozunması vb. gibi pek çok değişiklik meydana gelmektedir.

#### **4.1.1. Toprakla Temas Eden Örneklerin İrdelenmesi**

Bu bölümde dış ortama bırakılan ve toprakla temas eden Kızılağaç ve Sarıçam örneklerinde farklı zaman aralıklarında rutubet değişimleri ve çürüklük dereceleri irdelenmiştir.

##### **4.1.1.1. Rutubet Değişimlerinin İrdelenmesi**

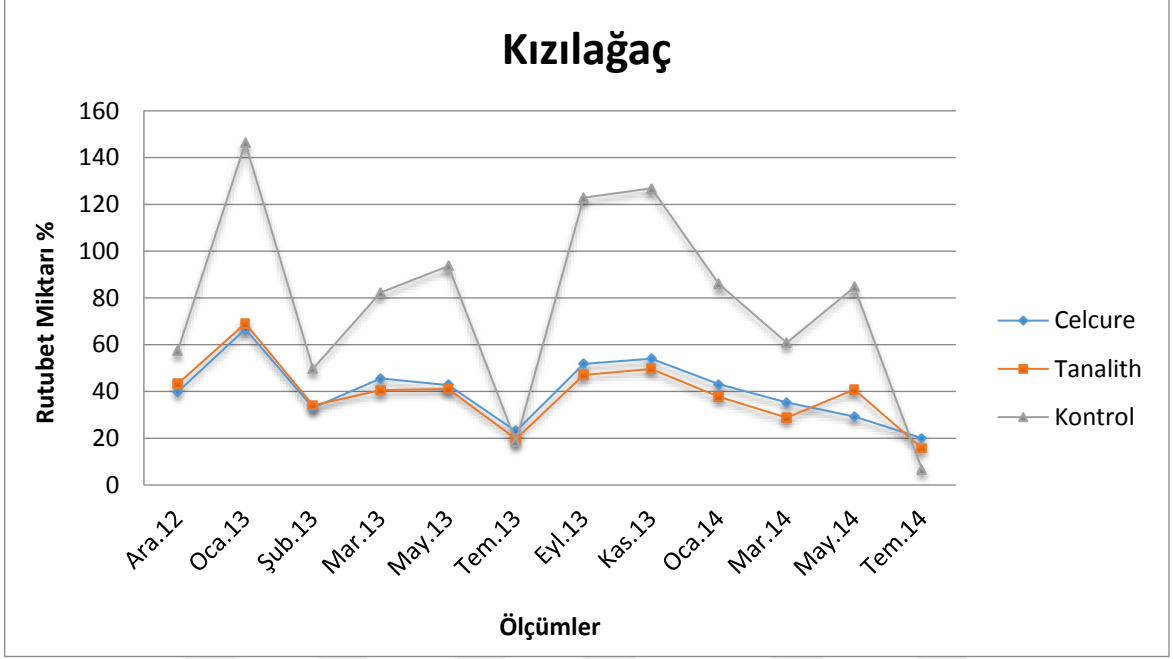
Dış ortamda bulunan 100x20x10 mm boyutlarındaki kızılağaç ve sarıçam örneklerinin ölçümlerinden elde edilen rutubet değişimi sırasıyla Şekil 15 ve 16'da verilmiştir.

Şekil 15 ve 16'da Kızılağaç ve Sarıçam örneklerinin ölçümlerinden elde edilen rutubet değişimleri incelendiğinde ölçüm yapılan bazı aylarda rutubet miktarının yüksek çıkması ölçüm yapılan aylarda yağışlı günlerin yüksek sayıda olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

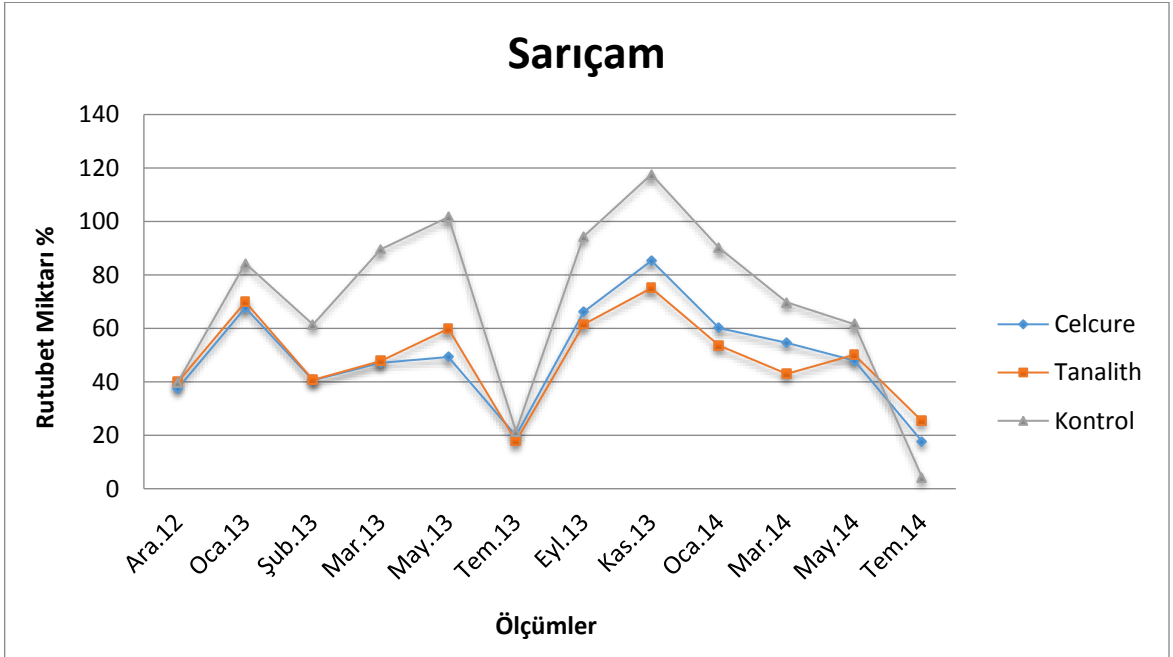
Her iki ağaç türünde en yüksek rutubet miktarı kontrol örneklerinde olduğu, emprenyeli örneklerin rutubet miktarının ise kontrol örneklerine göre daha düşük kaldığı söylenebilir.

Tanalith E ve Celcure AC 500 ile emprenye edilen Kızılağaç ve Sarıçam örneklerinde ölçüme başlanılan dönemde aynı rutubet miktarları gözlenirken, zaman ilerledikçe Sarıçam örneklerinden elde edilen rutubet miktarlarının Kızılağaç örneklerine göre daha fazla değişim gösterdiği söylenebilir. Son ölçümlere doğru genel olarak tüm

örneklerde düşüş yaşandığı, bu durumda örneklerin zamanla yıkanmasından ve ölçüm dönemlerine ait aylarda mevsimsel olarak yağış miktarının düşmesinden ve sıcaklığın artmasından kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 15. Toprakla temas eden 100x20x10 mm kıızılağaç örneklerinin rutubet değişimi (%)



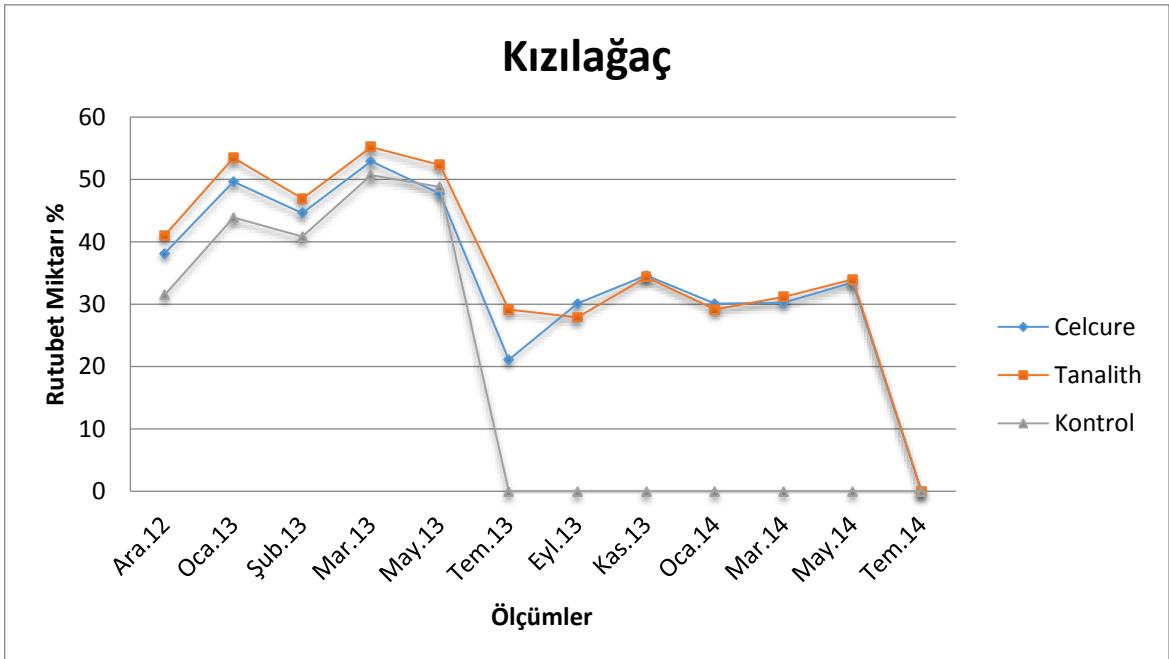
Şekil 16. Toprakla temas eden 100x20x10 mm sarıçam örneklerinin rutubet değişimi (%)

Örnekler doğrudan toprakla temas ettiği için rutubet (alış-verişi) değişimi örnekler üzerinde daha fazla etkisini göstermiştir. Bu sebeple çürüklük mantarlarına maruz kalması kolaylaşmıştır.

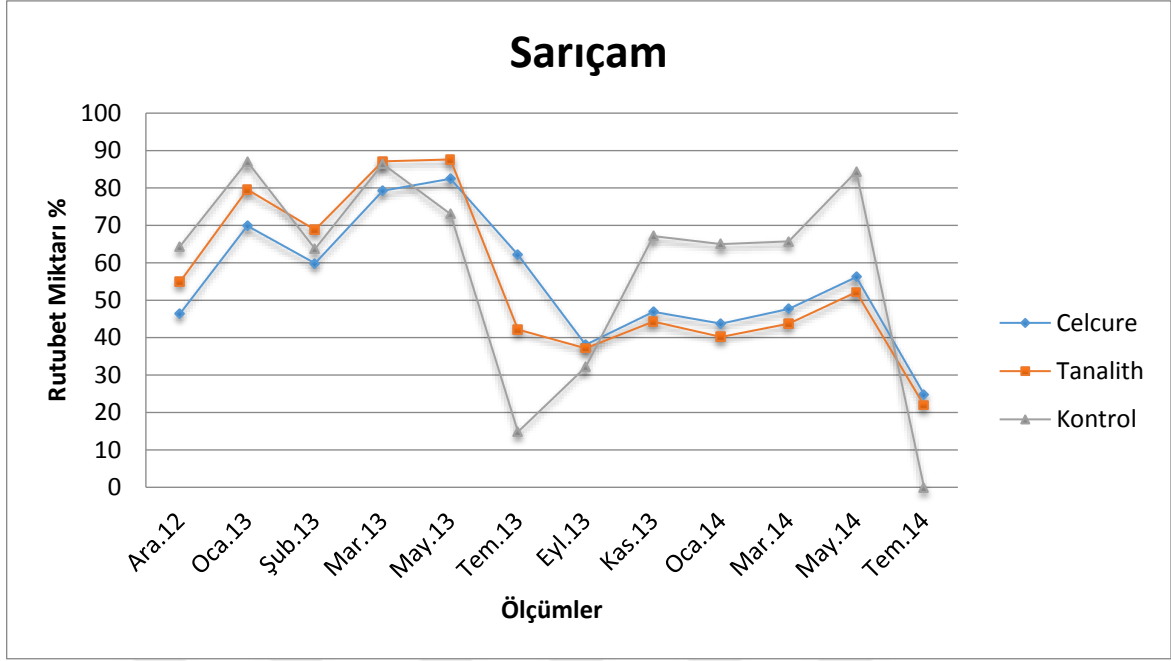
Ağaç malzemeler kendi rutubetinden daha yüksek rutubetli ortamda bulunduğu sırada (bu durum rutubet almakta olduğunu gösterir) yani rutubet aldığı durumda genişler, kendi rutubetinden daha düşük olan rutubet ortamında bulunduğu sırada ise kuruyarak daralır. Kurumayla birlikte ağaç malzemedeki su uzaklaşmakta ve daralan lif çeperleri sebebiyle ağaç malzemenin kalınlığının azalmasına neden olmaktadır. Kuruma sırasında önce hücre lümenindeki su ve sonra hücre çeperindeki su ağaç malzemedeki su uzaklaşır (Feist, 1990; Temiz, 2005). Bazı ölçümlerdeki rutubet miktarının diğerlerine göre fazla bazı ölçümlerde diğerlerine göre düşük olması o ölçüm aylarının mevsimsel verilerinden kaynaklanmaktadır.

Temiz vd., (2016) yaptıkları çalışmada Tanalith E ve Celcure AC 500 empenye maddelerini kullanmış, esmer çürüklük mantarlarında çürümenin neden olduğu kütle kayıplarının azaldığını tespit etmişlerdir.

Dış ortamda bulunan 500x30x25 mm boyutlarındaki Kızılağaç ve Sarıçam örneklerinin ölçümlerinden elde edilen rutubet değişimi sırasıyla Şekil 17 ve 18'de verilmiştir.



Şekil 17. Toprakla temas eden 500x30x25 mm kızılğaç örneklerin rutubet değişimi (%)



Şekil 18. Toprakla temas eden 500x30x25 mm sarıçam örneklerin rutubet değişimi (%)

Şekil 17 ve 18’de kızılâğaç ve sarıçam örneklerinin ölçümlerinden elde edilen rutubet değişimleri incelendiğinde ölçüm yapılan bazı aylarda rutubet miktarının yüksek çıkması ölçüm yapılan aylarda yağışlı günlerin yüksek sayıda olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

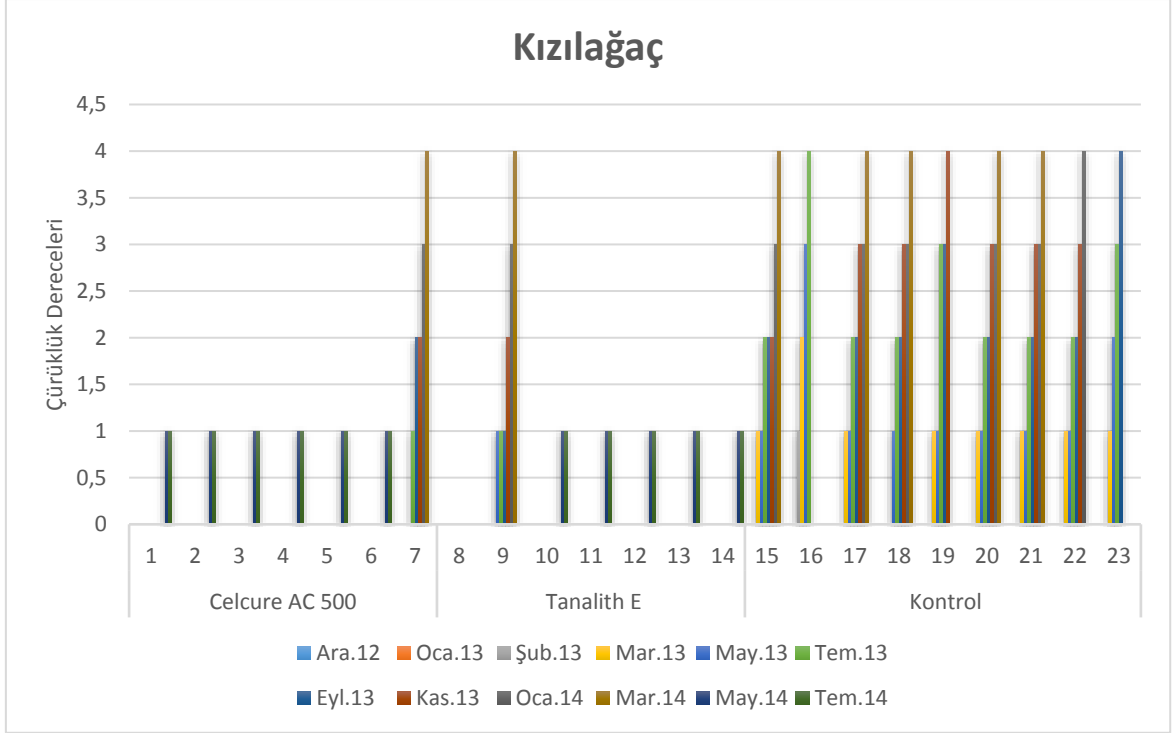
Her iki ağaç türünün kontrol örnekleri incelendiğinde kızılâğaç kontrol örneğinin 6. ölçümden, sarıçam kontrol örneğinin son ölçümden sonra rutubet değişiminin ölçülemediği görülmektedir. Bu durum kontrol örneklerinin Temmuz 2013 ve Temmuz 2014 ölçümlerden sonra kullanılamaz durumda olduğunu göstermektedir. Şekil 17 incelendiğinde Kızılâğaç emprenyeli örneklerin son ölçümden sonra kullanılamaz olduğunu göstermektedir.

Tanalith E ve Celcure AC 500 ile emprenye edilen kızılâğaç ve sarıçam örneklerinde ölçüme başlanılan dönemde benzer rutubet değişimleri gözlenirken, zaman ilerledikçe rutubet değişimlerinde azalma olduğu görülmektedir. Son ölçümlere doğru genel olarak tüm örneklerde düşüş yaşandığı, bu durumda örneklerin, zamanla yıkanmasından ve ölçüm dönemlerine ait aylarda mevsimsel olarak yağış miktarının düşmesinden ve sıcaklığın artmasından kaynaklandığı söylenebilir.



#### 4.1.1.2. Çürüklük Derecelerinin İrdelenmesi

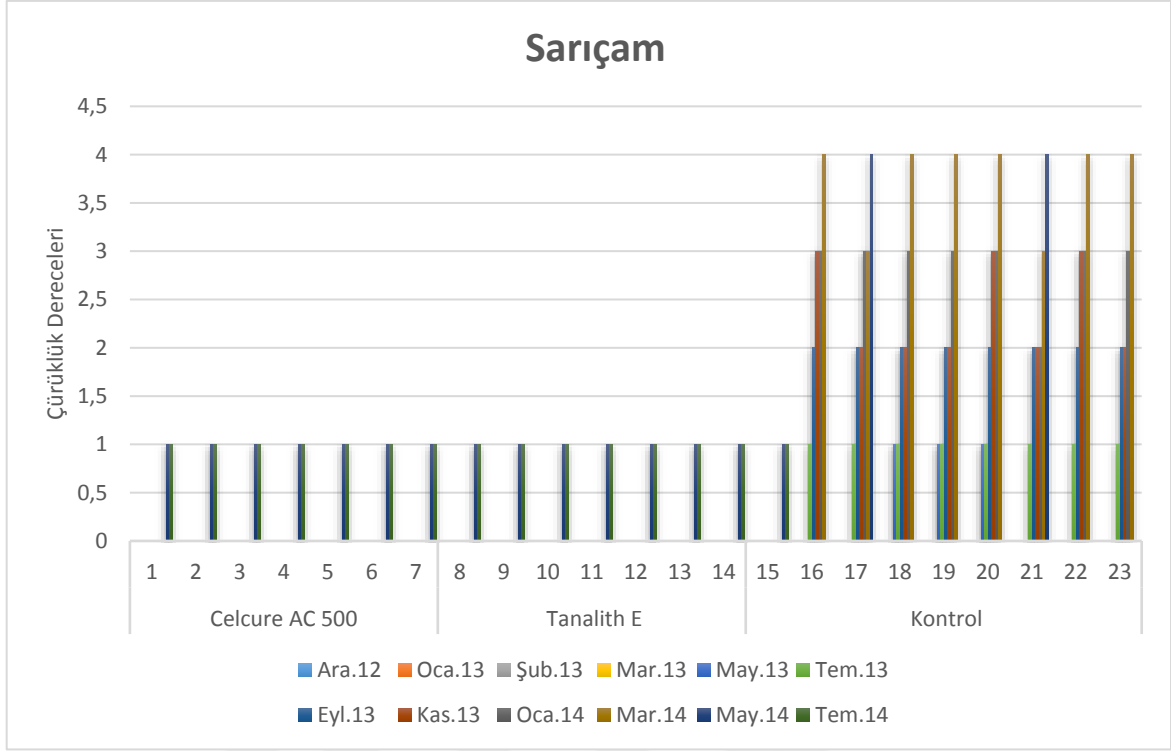
12 ölçüm boyunca toprakla temas testine maruz bırakılan 500x30x25 mm boyutlarındaki kızılağaç ve sarıçam örneklerine ait tahribat durumu sırasıyla Şekil 19 ve 20’de verilmiştir.



Şekil 19. Kızılağaç örneklerinin çürüklük dereceleri

Şekil 19 incelendiğinde Tanalith E ve Celcure AC 500 ile empenye edilen örneklerde genellikle Mart 2014’e kadar olan ölçümlerde herhangi bir tahribat gözlenmezken Mayıs 2014’den sonra minimum tahribat ölçülmüştür. Kontrol örneklerinde ise Mart 2013’den sonra tahribatın başladığı Mart 2014’den sonra tüm örneklerde tam hasarlı durumun gerçekleştiği görülmüştür.

Şekil 20 incelendiğinde Tanalith E ve Celcure AC 500 ile empenye edilen örneklerde genellikle Mart 2014’e kadar herhangi bir tahribat gözlenmezken Mayıs 2014’den sonra minimum tahribat ölçülmüştür. Kontrol örneklerinde ise Mayıs 2013’den sonra tahribatın başladığı Mayıs 2014’den sonra tüm örneklerde tam hasarlı durumun gerçekleştiği görülmüştür.



Şekil 20. Sarıçam örneklerinin çürüklük dereceleri

Tanalith E ve Celcure AC 500 ile emprenye edilen Kızılağaç ve Sarıçam örnekleri benzer tahribat durumu göstermişlerdir.

Larkin vd., (2008) tarafından Hawaii’de, Wang vd., (2014) tarafından Kore ve Kanada’da, gerçekleştirilen çalışmalarda tahribat durumları 10 üzerinden derecelendirilmiş; bir yılın sonunda örneklerdeki tahribat durumu Kore için yapılan sınıflandırmaya göre kontrol örnekleri 9,8, üç yılın sonunda tahribat 5,3 olarak bulunmuştur. Kanada’daki çalışmada iki yılın sonunda 6,9 olarak tespit edilmiştir.

Can (2018) tarafından Türkiye’de yapılan çalışmada tahribat durumları 4 üzerinden derecelendirilmiş ve 6-12-18 aylık dilimlerle kontrol örneklerinin tahribat durumları verilmiştir. Örnekler ilk 6 ay sonunda 0-0,5 arasında, 12 ay sonra 0,5-1, 18 ay sonra 1-1,5 arasında olduğu tespitinde bulunmuştur.

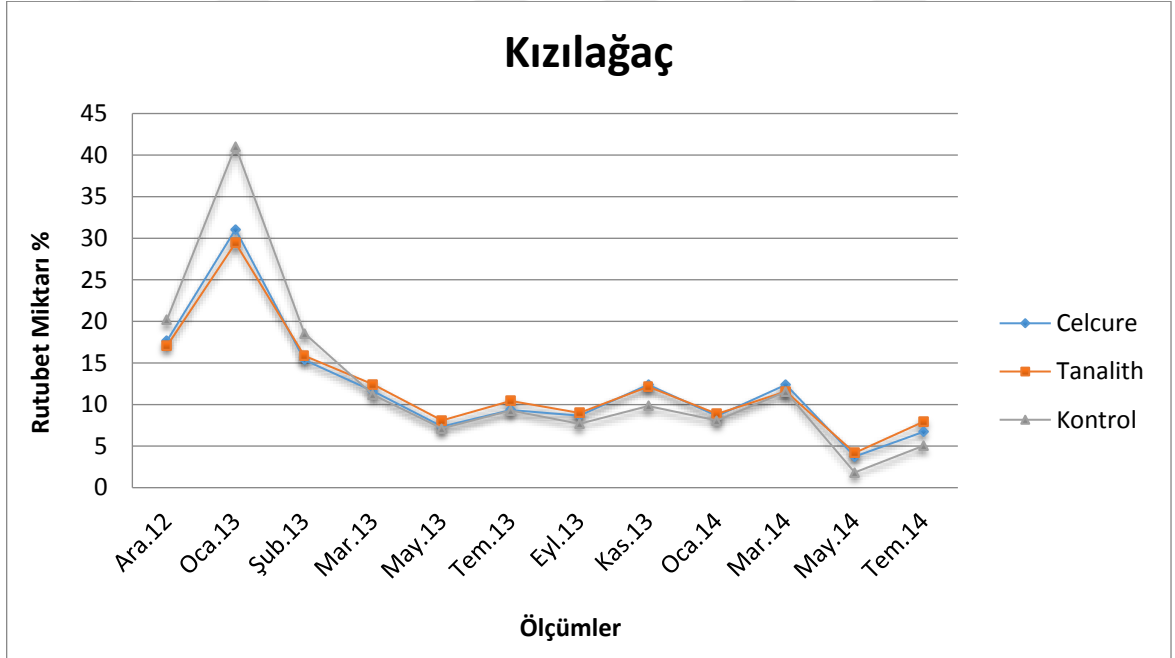
#### 4.1.2. Toprak Üstü Testlere Ait Örneklerin İrdelenmesi

Bu bölümde dış ortama bırakılan toprak üstü yerleştirilen Kızılağaç ve Sarıçam örneklerinde farklı zaman aralıklarında rutubet değişimleri, yüzey pürüzlülük ve renk değişim değerleri irdelenmiştir.

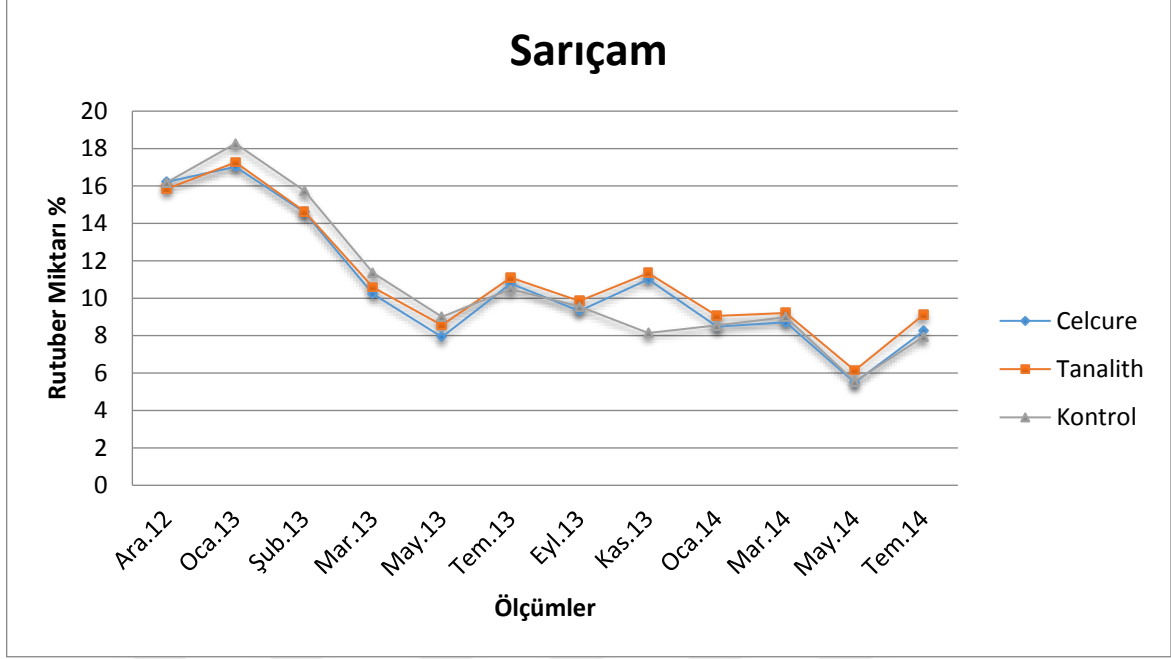
#### 4.1.2.1. Rutubet Değişimlerinin İrdelenmesi

Dış ortama bırakılan 100x60x10 mm boyutlarındaki Kızılağaç ve Sarıçam örneklerinin rutubet değişimleri sırasıyla Şekil 21 ve 22’de verilmiştir.

Şekil 21 ve 22’de verilen kıızılağaç ve sarıçam örneklerinin ölçüm değerlerinde bazı ayların rutubet miktarının yüksek çıkması o aylardaki yağışlı gün sayısının fazla olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Ölçümler boyunca her iki ağaç türündeki emprenyeli örneklerle kontrol örnekleri benzer rutubet değişimleri göstermiştir. Son ölçümlerdeki rutubet değişimi o aylardaki yağış miktarının düşmesinden ve sıcaklığın artmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 21. Toprak üstü kıızılağaç örneklerinin rutubet değişimi (%)



Şekil 22. Toprak üstü sarıçam örneklerinin rutubet değişimi (%)

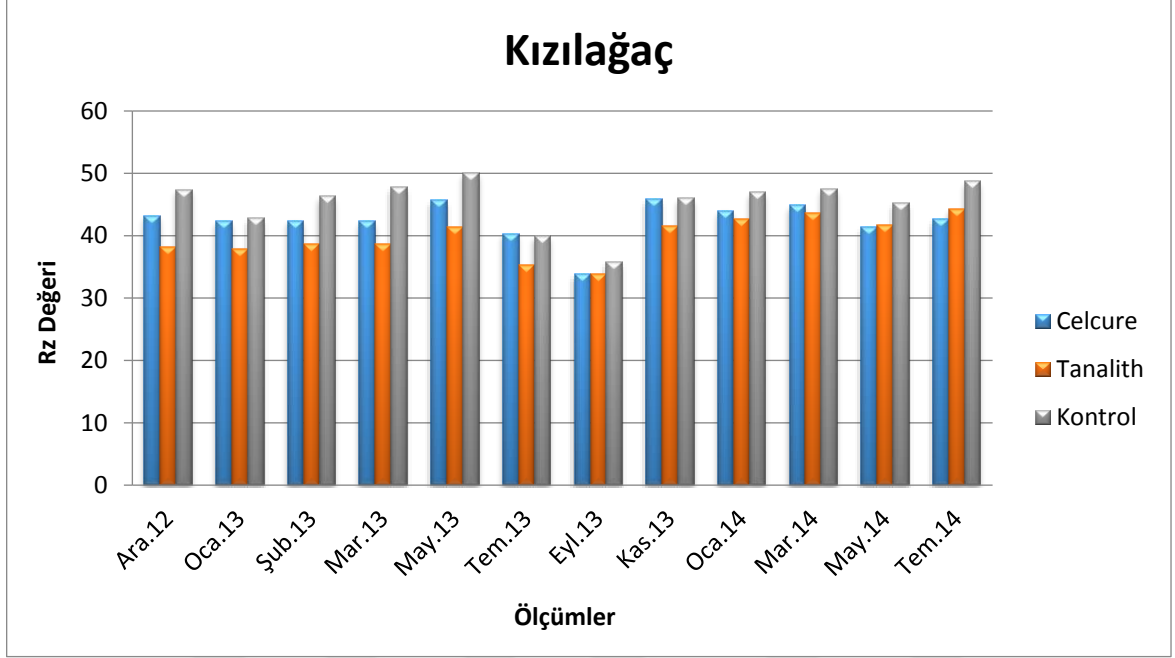
Ağaç malzemeler kendi rutubet miktarından daha yüksek oranlı rutubet ortamında bulunduğu yani rutubet aldığı genişlemekte, kendi rutubet miktarından daha düşük oranlı rutubet ortamında ise kuruyarak daralmaktadır. Kuruma işlemiyle birlikte odundan su uzaklaşmakta ve daralan lif çeperleri ağaç malzeme kalınlığının azalmasına neden olmaktadır. Kuruma sırasında önce hücre lümeninde sonrasında hücre çeperindeki su ağaç malzemedan uzaklaşır (Temiz, 2005). Rutubet miktarının düşmesiyle ağaç malzemeler zararlı mikroorganizmalara karşı korunmuş olur (Neyses vd., 2016). Bazı aylardaki rutubet değişiminin fazla bazı aylarda düşük olması o ayların mevsimsel iklim verilerinden kaynaklanmaktadır.

#### 4.1.2.2. YüzeY Pürüzlülük Değerlerinin İrdelenmesi

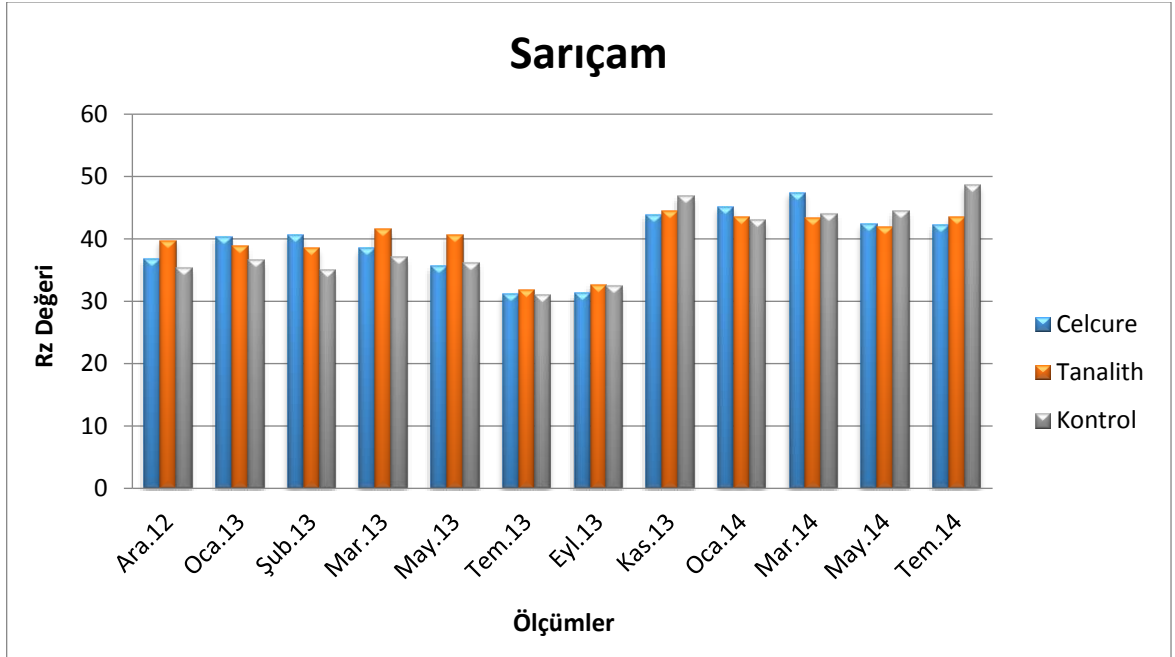
Dış ortama bırakılan 100x60x10 mm boyutlarındaki Kızılağaç ve Sarıçam örneklerinin 12 ölçüme ait Rz yüzeY pürüzlülük değerleri Şekil 23 ve 24'de gösterilmiştir.

Şekil 23'de test deney örneklerinin Rz yüzeY pürüzlülük değerleri bütün aylar baz alınarak incelendiğinde en düşük değer Tanalith E ile emprenye edilen örnek grubunda (33,85) tespit edilirken; en yüksek Rz değeri ise kontrol örneklerinde (48,75) bulunmuştur. 12 ölçüm sonunda kontrol örneklerinin Rz değeri 48,75 olarak bulunmuştur. 12 ölçüm

sonunda Tanalith E ile emprenye edilen örnek gruplarının yüzey pürüzlülük değeri (44,27), Celcure AC 500 ile emprenye edilen örnek gruplarının Rz yüzey pürüzlülük değeri (42,62) kontrol örnek gruplarının yüzey pürüzlülük değerleri (41,82) olarak bulunmuştur.



Şekil 23. Toprak üstü kıızılağaç örneklerinin Rz pürüzlülük değerleri



Şekil 24. Toprak üstü sarıçam örneklerinin Rz pürüzlülük değerleri

Şekil 24’de test deney örneklerinin Rz yüzey pürüzlülük değerleri bütün aylar baz alınarak incelendiğinde en düşük değer Celcure AC 500 ile empenye edilen örnek grubunda (31,25) tespit edilirken; en yüksek Rz değeri kontrol örneklerinde (48,59) bulunmuştur. 12 ölçüm sonunda kontrol örneklerinin Rz değeri (48,59) olarak bulunmuştur. 12 ölçüm sonunda Tanalith E ile empenye edilen örnek gruplarının yüzey pürüzlülük değeri (43,45), Celcure AC 500 ile empenye edilen örnek gruplarının Rz yüzey pürüzlülük değeri (42,22) kontrol örnek gruplarının yüzey pürüzlülük değerleri (48,59) olarak bulunmuştur.

Kontrol örneklerin Rz yüzey pürüzlülük değerleri genel olarak empenyeli örneklerden yüksek çıkmıştır. Dış ortam şartlarında bekleme süresi arttıkça örneklerin genel olarak pürüzlülük değerleri artmıştır.

Kızılağaç örneklerine ait 12 ölçüm sonundaki Ra yüzey pürüzlülük değerleri incelendiğinde en yüksek pürüzlülük değeri kontrol örneklerinde (7,61) olarak bulunmuştur. Celcure AC 500 test grubunda (7,10), Tanalith E test grubunda ise (6,33) değerleri bulunmuştur.

Sarıçam’a ait 12 ölçüm sonundaki Ra yüzey pürüzlülük değerleri incelendiğinde en yüksek pürüzlülük değeri kontrol örneklerinde (5,97) bulunmuştur. Celcure AC 500 test grubunda (5,93), Tanalith E test grubunda ise (6,04) değerleri bulunmuştur.

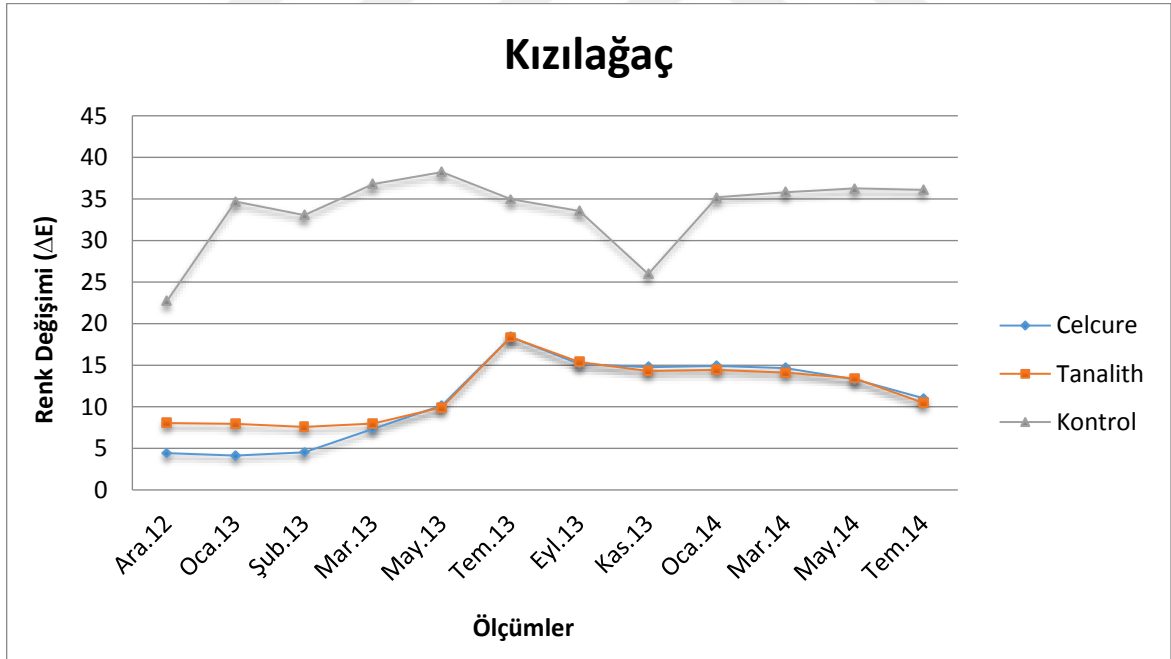
Ra parametresi, ağaç malzemenin yüzeyi hakkında tam bir bilginin elde edilmesinde yeterli değildir. Bu sebeple çalışmalarda çoğunlukla Rz pürüzlülük değerleri irdelenmektedir. Heterojen bir yapıda olan ağaç malzemelerin farklı yüzey pürüzlülük değerlerinin bulunmasında birçok etken bulunmaktadır. Bunlar arasında yıllık halka genişliği, ağaç malzemedeki ilkbahar ve yaz odun oranı, kurutma sıcaklığı, depolama koşulları ve ağaç malzemelerin kesilme yönü vb. sayılabilir (Temiz, 2005). Dış ortamda bulunan ağaç malzemeler UV ışınları, sıcaklık, su, oksijen ve atmosfer kirliliği (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> vb.) gibi etkenlere maruz kaldığında bozunmaya başlamaktadır. Bu sebeple ağaç malzeme maruz kaldığı bölgedeki iklim koşullarından önemli ölçüde etkilenmektedir. Zaman ilerledikçe ağaç malzemelerde çatlaklar ve lif kıvrıkları oluşmaya başlar. Bu değişikliğin en önemli sebebi nemdir. Dış ortamda yağmurun etkisinde kalan ağaç malzemelerde su molekülleri yüzey kısma mekanik olarak çarpmakta ve ağaç malzemenin yüzeyinden bozunma etkenlerini yıkayarak uzaklaştırmaktadır. Ağaç malzeme yüzeyine çarpan suyun tesiriyle hidrolize olan reaksiyon ürünleri ve karbonhidratlar ağaç malzemenin

uzaklaşmakta, yüzey pürüzlü hale gelerek ve çatlaklar oluşmaktadır (Williams, 2005; Rowell, 2012).

Dış ortama maruz bırakılan örneklerde su ve ışığın etkisiyle koyu bir renk meydana gelmekte, mikro ve makro çatlaklar oluşmaktadır. Hücre çeperinde bulunan bağların azalmasıyla birlikte degradasyon oluşmakta, bozunmaya uğramış kısımlar yağmurla birlikte yıkanıp odundan uzaklaşmaktadır. Dış hava koşullarının ağaç malzemelerde yaptığı değişiklikler; odundaki geçitlerin hasara uğraması, orta lamelin kaybolması, mikro çatlakların oluşmasıdır (Temiz, 2005). Dış ortama maruz kalan örneklerin yüzeylerinde belirtilen mikro çatlaklar nedeniyle pürüzlülük görülmektedir.

#### 4.1.2.3. Renk Ölçüm Değerlerinin İrdelenmesi

Dış ortama maruz bırakılan 100x60x10 mm boyutlarındaki Kızılağaç ve Sarıçam örneklerine ait renk değişimine ait grafikler sırasıyla Şekil 25 ve 26’da verilmiştir.

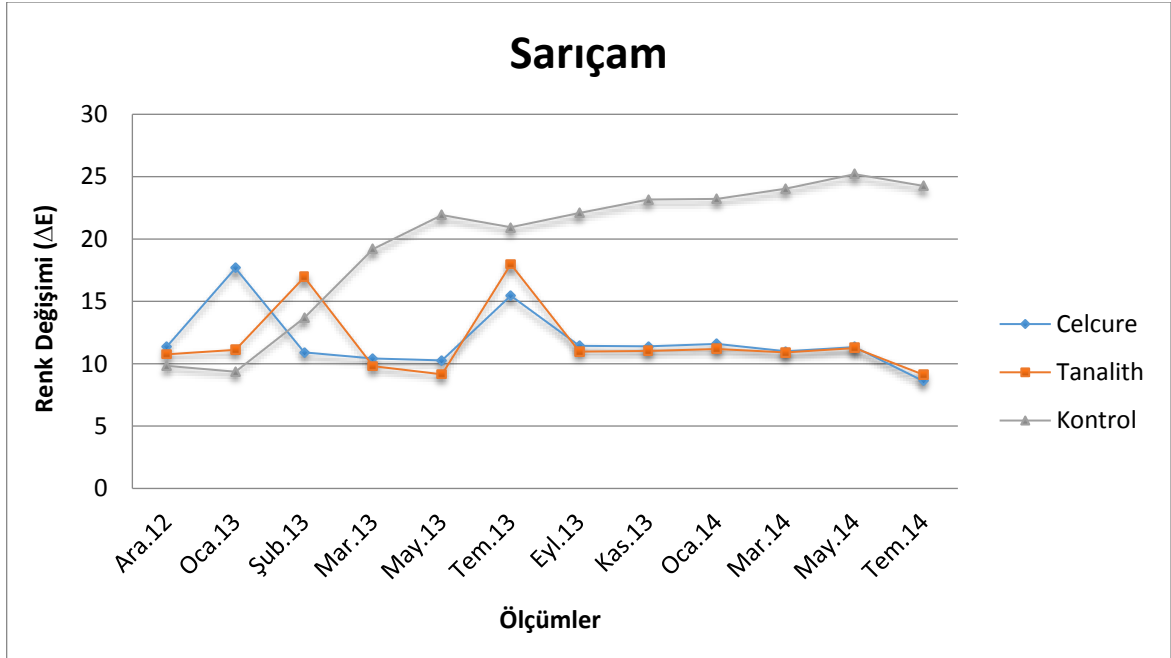


Şekil 25. Toprak üstü kızılğaç örneklerinin aylara göre renk değişimi (ΔE)

Şekil 25’e göre en yüksek renk değişim (ΔE) değeri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Tanalith E ve Celcure AC 500 örneklerinde Temmuz 2013’deki ölçüme kadar artış gösterirken bu ölçümden sonra düşüş göstermiştir. Bunun muhtemel sebepleri

arasında ağaç malzeme yapısının UV ışınlarına maruz kalmasıyla ligninin tahrip olması ve ağaç malzemelerin yağmur suları ile yıkanması sonucu yeni yüzeylerin ortaya çıkması gösterilebilir.

Şekil 26'ya göre en yüksek renk değişim ( $\Delta E$ ) değeri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Tanalith E ve Celcure AC 500 örneklerinde Temmuz 2013'deki ölçüme kadar farklı değişimler gösterirken bu ölçümden sonra stabil düşüş göstermiştir. Bunun muhtemel sebepleri arasında ağaç malzeme yapısının UV ışınlarına maruz kalmasıyla ligninin tahrip olması ve ağaç malzemelerin yağmur suları ile yıkanması sonucu yeni yüzeylerin ortaya çıkması gösterilebilir.



Şekil 26. Toprak üstü sarıçam örneklerinin aylara göre renk değişimi ( $\Delta E$ )

Şekil 25 ve 26 genel olarak değerlendirildiğinde 12 ölçümün sonunda en yüksek renk değişimi Kızılağaç kontrol örneğinde (36,10) ve Sarıçam kontrol örneğinde (24,26) tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak 12 ölçüm sonunda en düşük renk değişimleri Sarıçam örneklerinin Celcure AC 500 (8,61) ve Tanalith E (9,12) ile empenye edilen gruplarında bulunmuştur. Dolayısıyla Sarıçam empenyeli örneklerin renk değişimlerinin benzerlik gösterdiği söylenebilir. Kızılağaç örneklerinde ise en düşük renk değişimi Tanalith E (10,48) ile empenye edilen örneklerde bulunmuştur.



12 ölçüm sonunda Tanalith E ve Celcure AC 500 ile emprenye edilen örneklerin renk değişimi kontrol örneklerinden daha düşük çıkmıştır. Feist (1990)'e göre UV ışınları, ağaç malzeme yüzeyinde en fazla 75 µm derinliğe kadar inebilmektedir. Bir yıl içinde ise en fazla 65 µm derinliğe kadar inebilen UV ışınlarının etkisinde kalan ağaç malzeme yüzeyinden, herhangi bir UV ışınının etkisinde kalmayan bir tabaka açığa çıkmaktadır. Bu ortaya çıkan yeni tabaka neticesinde 12 ölçüm sonunda kontrol örneklerindeki renk değişimi test örneklerine göre daha yüksek çıkmıştır.

Dış ortamda emprenye edilen örnekler iyi bir performans sergilemekte ve gelecek adına umut vermektedir. Bilindiği gibi kreozotun kullanımı pek çok ülkede yasaklanmış ancak Avrupa 2018 yılına kadar kullanımına izin vermiştir (Panov ve Terziev, 2015).

UV ışınlarıyla birlikte suyun varlığı, sadece UV ışınının olmasına göre daha çok bozundurma etkisine sahiptir (Stark ve Matuana, 2007). Bu durum; ağaç malzeme hücrelerinde rutubet alıp-verme durumunda ağaç yüzeyinde oluşan mikro çatlakların UV ışınlarının daha derine penetre olması ve iç düzenin büyük ölçüde bozunmasıyla açıklanabilmektedir (Fabiya ve McDonald, 2010).

Bununla beraber yüzeysel çatlaklar nedeniyle renk değişikliğinin arttığı belirlenmiştir (Lin vd., 2001; Seldén vd., 2004). Çatlakların artmasıyla ağaç malzeme suyu absorbe etmekte, odun/polimer matrisindeki ayrılmalar nedeniyle renk değişikliği hızlanmaktadır (Hyvärinen, 2014).

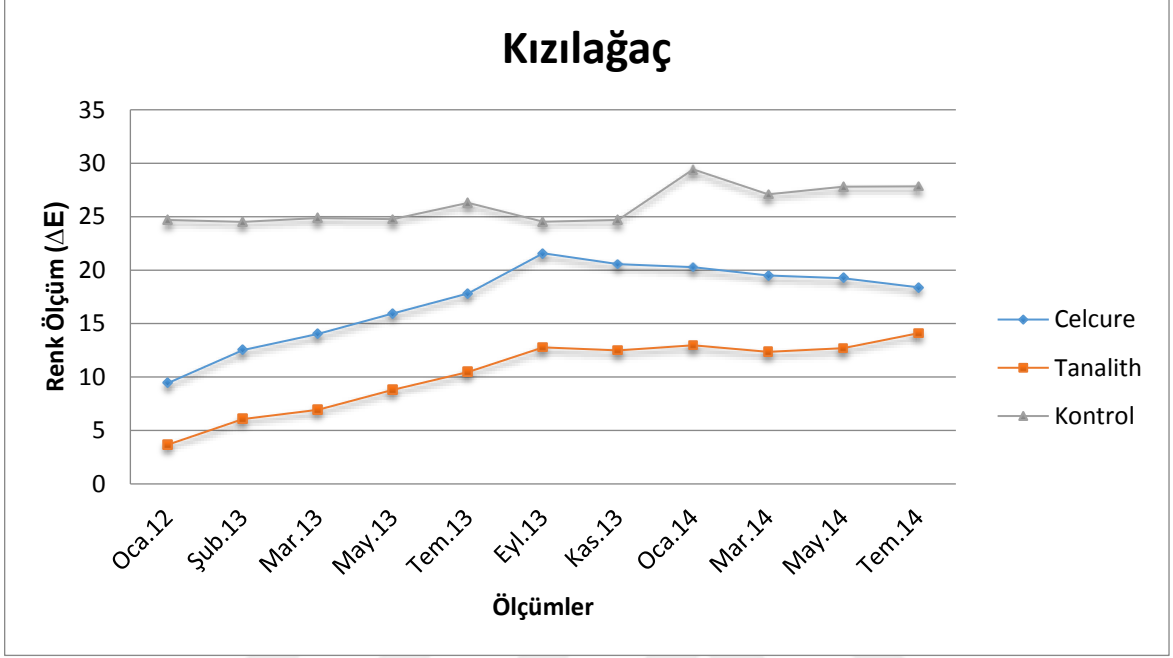
### **4.1.3. Endüstriyel Ürüne Ait Testlerinin İrdelenmesi**

Dış ortama bırakılan endüstriyel ürün (piknik masası) Kızılağaç ve Sarıçam örneklerinde ortalama 6-8 hafta aralıklarla yapılan ölçümlerde renk değişim değerleri belirlenmiştir.

#### **4.1.3.1. Renk Ölçüm Değerlerinin İrdelenmesi**

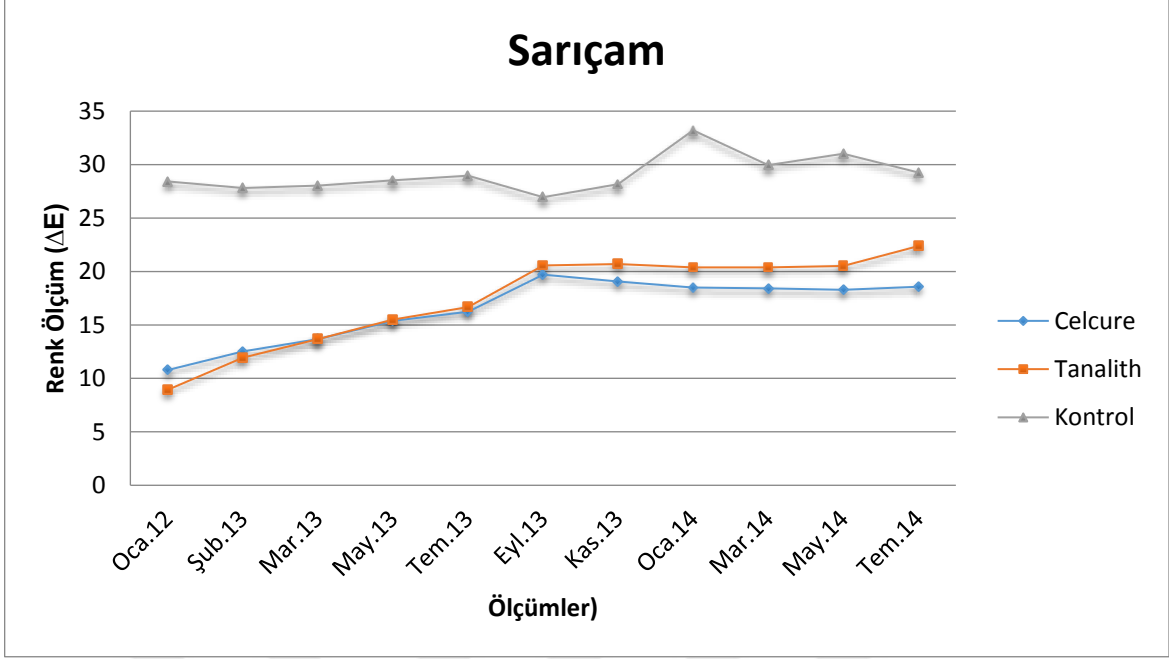
Piknik masalarına ait renk değişimleri grafikleri Şekil 27 ve Şekil 28'de verilmiştir. Şekil 27'ye göre en yüksek renk değişim ( $\Delta E$ ) değeri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Renk değişimi Tanalith E ve Celcure AC 500 örneklerinde Temmuz 2013'deki ölçüme kadar hızlı artış gösterirken bu ölçümden sonra Tanalith E örneğinin hızı azalarak artmaya devam etmiş, Celcure AC 500 ise düşüş göstermiştir. Bu durumun sebepleri arasında ağaç

malzemelerin yağmur suları ile yıkanması sonucu yeni yüzeylerin ortaya çıkması ve ağaç malzeme yapısının UV ışınlarına maruz kalmasıyla ligninin tahrip olması gösterilebilir.



Şekil 27. Kızılağaç masa örneklerinin aylara göre renk değişimi ( $\Delta E$ )

Şekil 28'e göre en yüksek renk değişim ( $\Delta E$ ) değeri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Renk değişimi Tanalith E ve Celcure AC 500 örneklerinde Temmuz 2013'deki ölçüme kadar hızlı artış gösterirken bu ölçümden sonra Tanalith E ve Celcure AC 500 örneklerinde sabit durum Mayıs 2014'e kadar devam etmiştir. Bu durumun sebepleri arasında ağaç malzemelerin yağmur suları ile yıkanması sonucu yeni yüzeylerin ortaya çıkması ve ağaç malzeme yapısının UV ışınlarına maruz kalmasıyla ligninin tahrip olması gösterilebilir.



Şekil 28. Sarıçam masa örneklerinin aylara göre renk değişimi ( $\Delta E$ )

Şekil 27 ve 28 genel olarak değerlendirildiğinde 11 ölçümün sonunda en yüksek renk değişimi Sarıçam kontrol örneğinde (29,27) ve Kızılağaç kontrol örneğinde (27,84) tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak 11 ölçüm sonunda en düşük renk değişimleri Kızılağaç örneklerinin Tanalith E (14,10) ve Celcure AC 500 (18,39) ile empenye edilen gruplarında bulunmuştur. Ancak Şekil 27 11. ölçümde görüldüğü üzere Celcure AC 500 örneği düşme eğiliminde, Tanalith E örneği ise yükselme eğilimi göstermektedir. Buna karşın Şekil 28'de empenyeli örneklerin benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Temiz ve ark. Tarafından, ACQ 1900 ve ACQ 2200; CCA, bakır azol (Tanalith E 3491) ve bakır-HDO (Wolmanith CX-8) ile empenye edilen odun yüzeylerinin yapay Dış ortam testine olan dayanımı araştırılmıştır. CCA ve ACQ 1900 ile empenye edilen odun yüzeylerinde renk değişiminin önemli ölçüde engellendiği belirlenmiştir (Temiz vd., 2005).

Temiz (2005) yaptığı çalışmada renk değişimleri bakımından en yüksek renk değişikliğini ( $\Delta E$ ); 200 saatlik bekletme süresi sonunda 42,44 ile kontrol örneklerinde, en düşük değeri ise 3,19 ile CCA %1 ile empenye edilen örneklerde, 400 saatlik bekletme süresi sonunda 48,64 ile kontrol örneklerinde, en düşük değeri ise 3,62 ile CCA %2 ile empenye edilen örneklerde, 600 saatlik bekletme süresi sonunda 40,80 ile kontrol örneklerinde, en düşük değeri ise 6,52 ile CCA %2 ile empenye edilen örneklerde tespit etmiştir.

Ağaç malzemedeki meydana gelen renk değişimleri lignin ve diğer bileşenlerin modifikasyonu ile oluşan eşleşmiş keton, kinon ve aldehitlerin karbonil gruplarına bağlanabilir (Müller vd., 2003). Elde edilen sonuçlara göre; kullanılan empenye maddeleriyle empenye edilen tüm örnekler kontrol örneklerine göre daha kararlı bir durum sergileyerek daha az renk değişimi sağladığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda bakır bulunduran empenye maddeleriyle muamelenin ağaç malzemenin bileşenleriyle bakır arasında karmaşık bir bağ oluşturarak foto-degradasyon olayında önemli rolü bulunan fenolik gruplarla etkileşime girerek ağaç malzeme yüzeylerini daha kararlı hale getirmektedir (Grelie vd., 2007).

## **4.2. Biyolojik Testlerin İrdelenmesi**

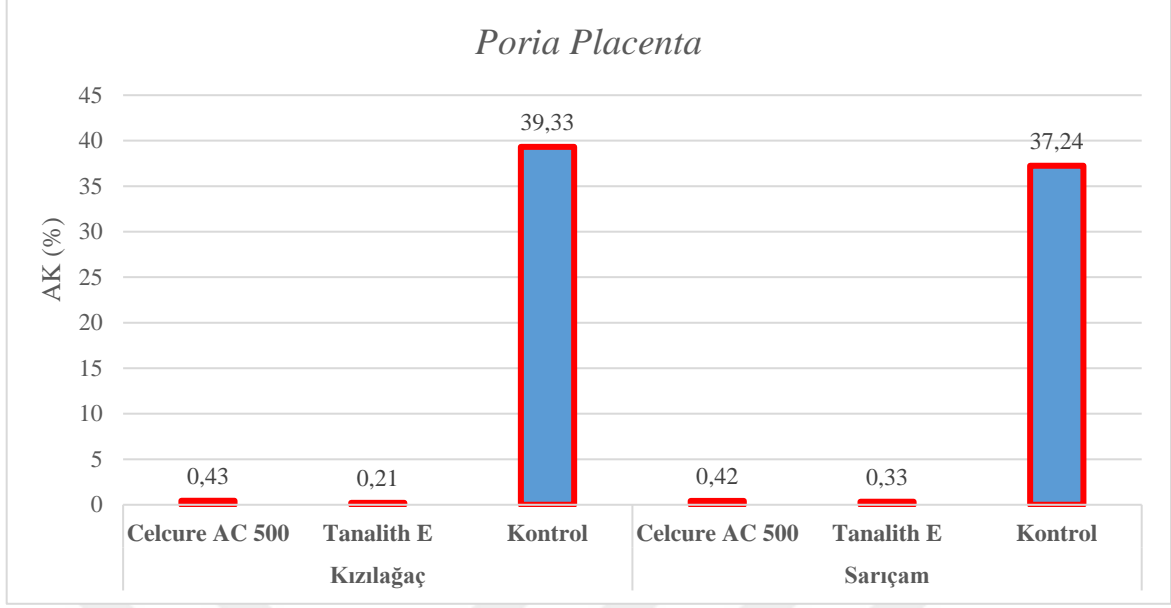
### **4.2.1. Mantar Çürüklük Testlerinin İrdelenmesi**

Mantar çürüklük testinde esmer çürüklük mantarlarından *Poria placenta* ve *Coniophora puteana* kullanılmıştır.

Çürüklük testlerine ait sonuçlar irdelendiğinde, *Poria placenta* (Şekil 29) mantarının kızılâğaç ve sarıçam örneklerindeki ağırlık kayıplarının *Coniophora puteana* (Şekil 30) mantarına göre daha az olduğu görülmüştür.

Esmer çürüklük mantarlarının etkisine maruz bırakılan tüm örneklerde, Tanalith E ve Celcure AC 500 ile empenye edilen örneklerin ağırlık kaybı kontrol örneklerine oranla daha az olduğu belirlenmiştir. Bu bakımdan Tanalith E ve Celcure AC 500 ile empenye işleminin kontrol örneklerine oranla çürüklük mantarlarının etkisine karşı daha etkili olduğu görülmektedir.

Esmer çürüklük mantarı *Poria placenta*'ya maruz bırakılan kızılâğaç ve sarıçam örneklerinde, Kızılâğaç Celcure AC 500 ile empenye edilen örneklerde ağırlık kaybı %0,43, Kızılâğaç Tanalith E ile empenye edilen örneklerde ağırlık kaybı %0,21 olarak bulunmuştur. Sarıçam Celcure AC 500 ile empenye edilen örneklerde ağırlık kaybı %0,42, Sarıçam Tanalith E ile empenye edilen örneklerde ağırlık kaybı %0,33 olarak bulunmuştur. Bu bağlamda *Poria placenta* mantarına maruz bırakılan örneklerdeki en düşük ağırlık kaybı Tanalith E ile empenye edilen kızılâğaç örneklerinde görülmüştür.

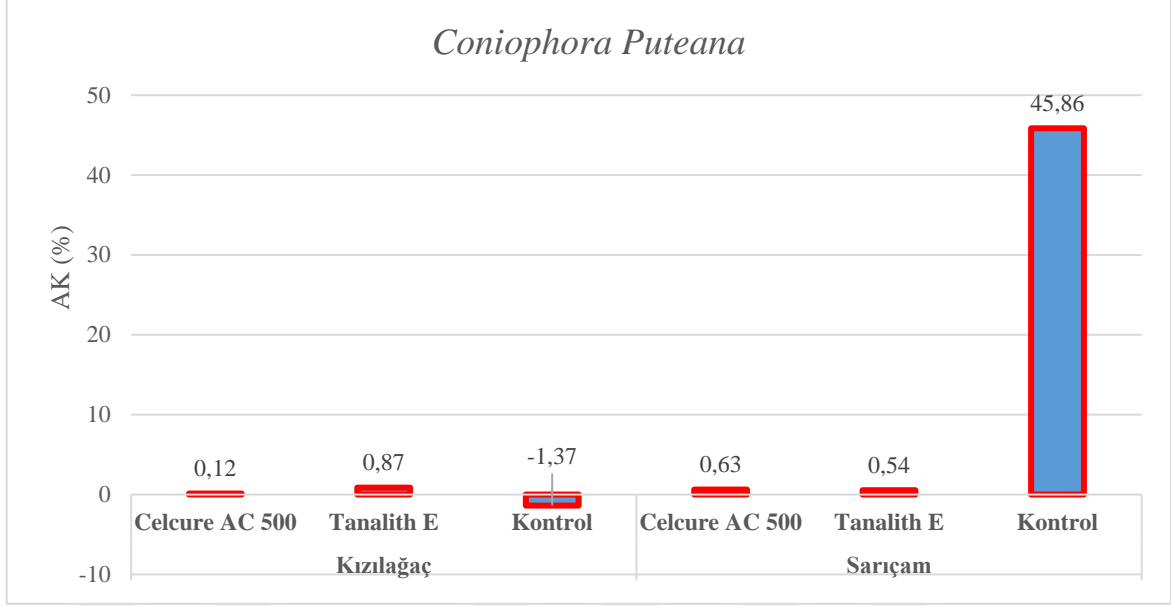


Şekil 29. *Poria placenta* mantarının etkisine bırakılan örneklerdeki ağırlık kaybı (%)

Esmer çürüklük mantarı *Coniophora puteana*'ya maruz bırakılan kızılağaç ve sarıçam örneklerinde, Kızılağaç Celcure AC 500 ile empenye edilen örneklerde ağırlık kaybı %0,12, Kızılağaç Tanalith E ile empenye edilen örneklerde ağırlık kaybı %0,87 olarak bulunmuştur. Sarıçam Celcure AC 500 ile empenye edilen örneklerde ağırlık kaybı %0,63, Sarıçam Tanalith E ile empenye edilen örneklerde ağırlık kaybı %0,54 olarak bulunmuştur. Bu bağlamda *Coniophora puteana* mantarına maruz bırakılan örneklerdeki en düşük ağırlık kaybı Celcure AC 500 ile empenye edilen kızılağaç örneklerinde görülmüştür. Genel olarak kontrol gruplarında test sonrası ağırlık kaybı yaşanırken, *Coniophora puteana* mantarıyla muamele edilen kızılağaç kontrol gruplarında tam tersi bir durum söz konusu olmuştur. Bunun sebepleri arasında o kontrol gruplarıyla ilgili yapılan deneysel işlemin sağlıklı olmaması nedeniyle olduğu söylenebilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde *Poria placenta* mantarına karşı Kızılağaç örneklerinde Tanalith E, *Coniophora puteana* mantarına karşı Kızılağaç örneklerinde Celcure AC 500 empenye edilmiş örneklerin ağırlık kayıpları daha az diğer örnekler daha yüksek çıkmıştır. Sarıçam örneklerinde *Coniophora puteana* mantarına maruz bırakılan örneklerde daha fazla ağırlık kaybı görülmüştür (Temiz, 2005).

Yapılan çalışmalara bakıldığında içeriğinde bakır bulduran empenye maddeleri ile yapılan çürüklük testlerinde bakırın mantarlara karşı olan yüksek zehirlilik etkileri nedeniyle kontrol gruplarına göre daha az ağırlık kayıpları tespit edilmiştir (Jiang ve Zhang, 2002).



Şekil 30. *Coniophora puteana* mantarının etkisine bırakılan örneklerdeki ağırlık kaybı (%)

Literatürde Sailer vd. (2000) *Coniophora puteana* esmer çürüklük mantarı etkisine maruz bırakılan ağaç malzeme örneklerinde % 48 oranında bir ağırlık kaybı tespit etmişlerdir. Palanti ve Feci (2013) Silika nano-partiküllerinin borik asit içinde çözündürülmesi sayesinde oluşan odun koruyucu olarak kullanımını araştırdıkları çalışmalarında, *Coniophora puteana* mantarının zararına maruz bırakılan sarıçam ağacı kontrol örneklerinde % 59,16 oranında bir ağırlık kaybı tespit etmişlerdir. Emprenyeli test örneklerinde ise ağırlık kaybının % 6,87 olduğu belirlenmiştir (Palanti ve Feci, 2013).

### 4.3. Analitik Testlerin İrdelenmesi

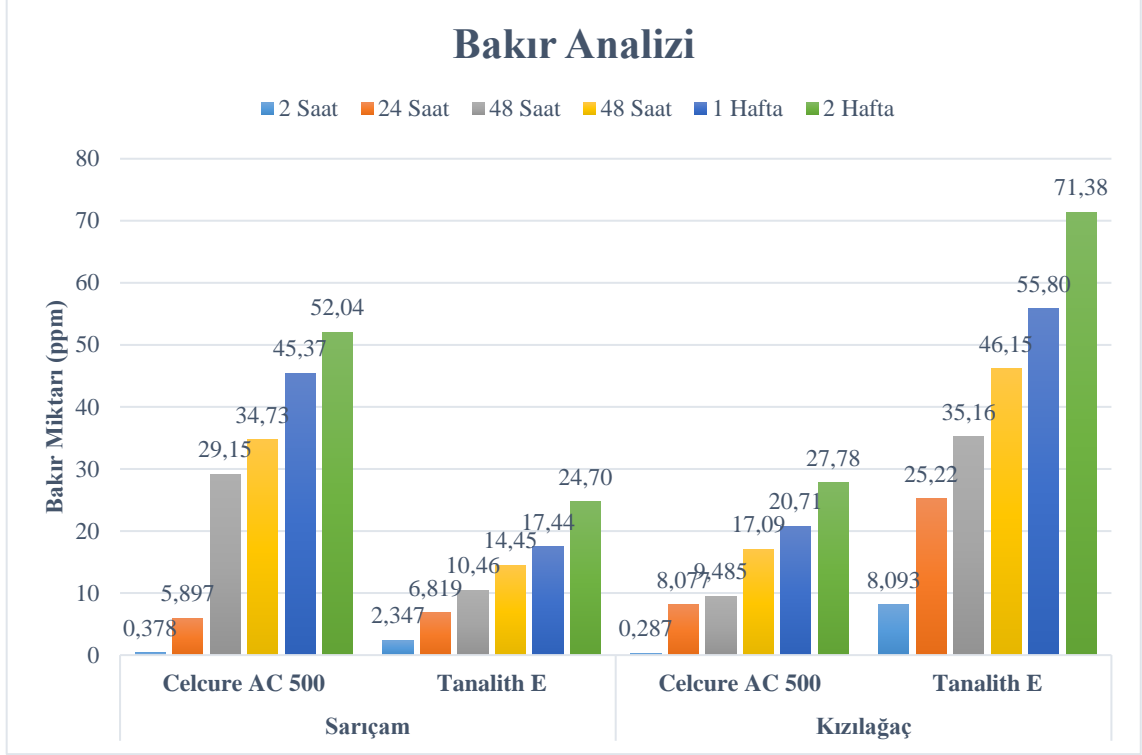
#### 4.3.1. Yıkama ve Bakır Analizine Ait Verilerin İrdelenmesi

2, 24, 48, 48 s, 1 ve 2 hafta süre ile yıkama ve bakır analizi testine tabi tutulan örneklere ait bakır analizi sonuçları (ppm) Şekil 29'da verilmiştir.

2, 24, 48, 48 s, 1 ve 2 hafta süre ile suda bekletilen ve her bir süre sonunda ICP-MS cihazında bakır miktarı (ppm) bulunan emprenyeli örneklerin değişimine ait grafik Şekil 29'da ayrıntılı olarak verilmiştir.

2 s'lik süre sonunda en yüksek bakır oranı Kızılağaç Tanalith E (8,093 ppm), en düşük bakır oranı Kızılağaç Celcure AC 500 (0,287 ppm) örneklerinde bulunmuştur. 24

s'lik süre sonunda en yüksek bakır oranı Kızılağaç Tanalith E (25,22 ppm), en düşük bakır oranı Sarıçam Celcure AC 500 (5,897 ppm) örneklerinde bulunmuştur. 2 hafta sonunda en yüksek bakır oranı Kızılağaç Tanalith E (71,38 ppm), en düşük bakır oranı Sarıçam Tanalith E (24,70 ppm) örneklerinde bulunmuştur.



Şekil 31. Yıkama ve bakır analizi sonuçları

Genel olarak değerlendirildiğinde 2 hafta sonunda en yüksek bakır oranlarının Kızılağaç Tanalith E ve Sarıçam Celcure AC 500 örneklerinde bulunmuştur. En düşük bakır oranı ise Sarıçam Tanalith E ve Kızılağaç Celcure AC 500 örneklerinde bulunmuştur. Burada 2 hafta sonunda Sarıçam Celcure AC 500 0,378 ppm ile başlayıp 52,04 ppm değerine ulaşmıştır. Benzer şekilde Kızılağaç Tanalith E 8,093 ppm ile başlayıp 71,38 ppm değerine ulaşmıştır. Buradan zaman geçtikçe Sarıçam Celcure AC 500 örneklerinin bakır miktarı, Kızılağaç Tanalith E örneklerinin yakalayacağı hatta geçebileceği söylenebilir. Öte yandan aynı süre sonunda en yüksek yıkama Kızılağaç Tanalith E (71,38), en düşük yıkama Sarıçam Tanalith E (24,70)'de bulunmuştur. Bu anlamda ağaç türü farklılığının odunda bağ yapmada oldukça önemli bir etken olduğu söylenebilir.

ACQ ile emprenye işlemine tabi tutulan örneklerde bakırın fazla oranda yıkamasının farklı bir nedeni de ağaç malzeme yüzeylerinde fazlaca bakır bulunması ve

yüzeyde bulunan 5 mm kalınlığındaki parçaların bakır içeriğine bakılmasından kaynaklanmaktadır. Bunun nedeni yağmur suyunun odun yüzeyinden (5 mm derinliğe kadar) bakır maddesini kolayca yıkanmasıdır. İkinci bir emprenye işlemiyle yağmur suyunun derinlere nüfuz etmesi engellenmektedir. Böylece ağaç malzemelerin yüzeylerindeki bakır, diğer emprenye maddeleriyle örtülmekte ve yıkanması azalmaktadır (Paşil vd., 2017).





## 5. SONUÇLAR

“Kızılağaç Odununun Kullanım Ömrünün Arttırılması Üzerine Araştırmalar” adlı bu tez çalışmasında Karadeniz Bölgesinde sıklıkla bulunan kıızılağaç odununun hizmet ömrünün uzatılması ve endüstriyel alanlara kazandırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Celcure AC 500 ve Tanalith E emprenye maddeleriyle muamele edilen kıızılağaç odununun dış ortam (toprakla temas, toprak üstü ve endüstriyel ürün), biyolojik ve analitik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada sarıçam odunu referans olarak kabul edilmiştir. Çalışmada yapılan testlere ilişkin önemli sonuçlar aşağıda ayrıntılı olarak maddeler halinde verilmiştir.

### 5.1.Dış Ortam Testlerine Ait Sonuçlar

Yaklaşık 2 yıl boyunca dış ortam koşullarının etkisine bırakılan test ve kontrol örneklerinin;

- Toprakla temas eden: rutubet değişimleri ve çürüklük dereceleri,
- Toprak üstü: rutubet değişimleri, renk ölçümleri ve yüzey pürüzlülük değerleri,
- Endüstriyel ürün: yüzey pürüzlülük sonuçları aşağıda verilmiştir.

#### 5.1.1.Toprakla Temas Eden Testlere Ait Sonuçlar

- Rutubet Değişimi
  - 12 ölçüm sonunda alınan 100x20x10 mm boyutlarındaki kontrol örneklerine ait en yüksek rutubet değişimleri Kızılağaç (%6,70) ve Sarıçam (%4,24) olarak bulunmuştur. Emprenyeli örneklerden elde edilen en düşük rutubet değişimi ise Kızılağaç Tanalith E (%15,67) ve Sarıçam Celcure AC 500 (%17,70) grubunda tespit edilmiştir.
  - Toprakla temas eden testlerde rutubet miktarlarında aylara göre artışlar ve azalışlar olduğu belirlenmiştir.

- Tanalith E ile emprenye edilen kızılağaç odunundaki rutubet miktarı (%15,67), sarıçam odunundaki rutubet miktarına (%25,29) göre düşük olduğu belirlenmiştir.
- 500x30x25 mm boyutlarındaki kontrol örneklerine ait en yüksek rutubet değişimleri Kızılağaç için 5. ölçüm sonunda (%48,81) ve Sarıçam için 11. ölçüm sonunda (%84,39) olarak bulunmuştur. Emprenyeli örneklerden elde edilen en düşük rutubet değişimi ise Kızılağaç için 11. Ölçüm sonunda Celcure AC 500 (%33,52) ve Sarıçam için 12. Ölçüm sonunda Tanalith E (%21,91) olarak tespit edilmiştir.
- Toprakla temas eden testlerde rutubet miktarlarında aylara göre inişler ve çıkışlar olduğu belirlenmiştir. 11. ölçüm itibariyle emprenyeli kızılağaç test örneklerinin rutubet miktarları emprenyeli sarıçam örneklerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.
- Çürüklük Dereceleri
  - Dış ortam koşullarında 500x30x25 mm boyutlarındaki toprakla temas eden örneklerin EN 252 standardına göre çürüklük derecelendirme verilerine bakıldığında kontrol örnekleri içerisinde en erken tahribata uğrayan kızılağaç örnekleri olmuştur.
  - Emprenyeli örnekler içerisinde en erken tahribat kızılağaç örneklerinde belirlenmiştir. Emprenyeli kızılağaç örnekleri içerisinde en erken tahribat Tanalith E grubunda tespit edilmiştir.

### 5.1.2. Toprak Üstü Testlere Ait Sonuçlar

- Rutubet Değişim Değerleri
  - 12 ölçüm sonunda alınan 100x60x10 mm boyutlarındaki kontrol örneklerine ait en yüksek rutubet değişimleri Kızılağaç (%5,04) ve Sarıçam (%7,94) örneklerinde bulunmuştur. Emprenyeli örneklerden elde edilen en düşük rutubet değişimi ise Kızılağaç Celcure AC 500 (%6,72) ve Sarıçam Celcure AC 500 (%8,24) olarak tespit edilmiştir.
  - Toprak üstü testlerde rutubet miktarlarında aylara göre artışlar ve azalışlar olduğu, bununda iklimsel verilerden kaynaklandığı belirlenmiştir.
- Yüzey Pürüzlülük Değerleri

- 100x60x10 mm boyutlarındaki örneklere ait Rz yüzey pürüzlülük değerleri incelendiğinde 12 ölçümün sonunda en düşük değer Celcure AC 500 ile emprenye edilen sarıçam grubunda (42,22); en yüksek Rz değeri Tanalith E ile emprenye edilen kızılağaç grubunda bulunmuştur.
- 12 ölçüm sonunda kontrol örneklerinin en yüksek Rz değeri kızılağaç grubunda (48,75) bulunmuştur.
- Emprenyeli test örneklerinde en yüksek pürüzlülük değerleri Celcure AC 500 grubunda bulunmuştur.
- Tüm örnek gruplarında dış ortamdaki bekletme süresi arttıkça örneklerin pürüzlülük değerleri değişkenlik göstermiştir.
- Dış hava koşulları rüzgâr, yağmur ve ışık etkisiyle beraber örneklerde meydana gelen mikro ve makro çatlaklar sonucu odun yüzeyi pürüzlü hale gelmiştir.
- **Renk Ölçüm Değerleri**
  - 100x60x10 mm boyutlarındaki örneklerde 12 ölçüm sonunda emprenyeli örneklerde en yüksek renk değişimi Celcure AC 500 ile emprenye edilen kızılağaç grubunda (11,02) bulunmuştur.
  - 12 ölçüm sonunda kontrol örneklerinde en yüksek renk değişimi kızılağaç grubunda (36,10) tespit edilmiştir. 12 ölçüm sonunda kontrol örneklerindeki renk değişim değerleri test örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur.

### **5.1.3.Endüstriyel Ürün Testlerine Ait Sonuçlar**

- **Renk Ölçüm Değerleri**
  - Endüstriyel ürünler ait örneklerde 11 ölçüm sonunda emprenyeli örneklerde en yüksek renk değişimi Tanalith E ile emprenye edilen sarıçam grubunda (22,38) bulunmuştur. En düşük renk değişimi ise Tanalith E ile emprenye edilen Kızılağaç grubunda (14,10) tespit edilmiştir.
  - 11 ölçüm sonunda kontrol örneklerinde en yüksek renk değişimi sarıçam grubunda (29,27) tespit edilmiştir. 11 ölçüm sonunda kontrol örneklerindeki renk değişim değerleri test örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur.

## 5.2. Biyolojik Testlere Ait Sonuçlar

- Mantar Çürüklük Değerleri
  - *Poria placenta* mantarına maruz bırakılan kızılağaç ve sarıçam kontrol örneklerinin ağırlık kayıpları sırasıyla %39,33 ve %37,24 çıkarken; Celcure AC 500 ve Tanalith E ile emprenye edilen kızılağaç ve sarıçam örneklerindeki ağırlık kaybı %1'in altında çıkmıştır.
  - *Coniophora puteana* mantarına maruz bırakılan kızılağaç ve sarıçam kontrol örneklerinin ağırlık kayıpları sırasıyla %-1,37 ve %45,86 çıkarken; Celcure AC 500 ve Tanalith E ile emprenye edilen kızılağaç ve sarıçam örneklerindeki ağırlık kaybı %1'in altında çıkmıştır.
  - Tüm varyasyonlarda Celcure AC 500 ve Tanalith E ile emprenye edilen grupların kontrol gruplarına göre ağırlık kaybı daha düşük çıkmıştır. Bu bakımdan Celcure AC 500 ve Tanalith E ile emprenye işleminin kontrol örneklerine oranla esmer çürüklük mantarlarına karşı daha etkili olduğu görülmüştür.

## 5.3. Analitik Testlere Ait Sonuçlar

- Yıkanma ve Bakır Analizi Değerleri
  - 2 s'lik süre sonunda en yüksek yıkanma ve bakır oranı Kızılağaç Tanalith E (8,093 ppm), en düşük yıkanma ve bakır oranı Kızılağaç Celcure AC 500 (0,287 ppm) örneklerinde bulunmuştur.
  - 2 hafta sonunda en yüksek yıkanma ve bakır oranı Kızılağaç Tanalith E (71,38 ppm), en düşük yıkanma ve bakır oranı Sarıçam Tanalith E (24,70 ppm) örneklerinde bulunmuştur.
  - 2 hafta sonunda emprenyeli kızılağaç örneklerinde Celcure AC 500'de meydana gelen bakır yıkanması Tanalith E'deki bakır yıkanmasından daha düşüktür. 2 hafta sonunda emprenyeli sarıçam örneklerinde ise Tanalith E'de meydana gelen bakır yıkanması Celcure AC 500'deki bakır yıkanmasından daha düşüktür.
  - 2 hafta sonunda her iki emprenye maddesi genel olarak değerlendirildiğinde en düşük yıkanma ve bakır oranları sarıçam odununda bulunmuştur.

## 6.ÖNERİLER

Ağaç malzemeler yenilenebilir ve çevre dostu olan doğal kaynaklardan olması nedeniyle hayatın her alanında kullanılabilen bir malzemedir. Son yıllarda hem iç mekân tasarımlarında hem de dış mekân ortamlarında geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Ülkemizin orman kaynakları bakımından dünya ülkelerine göre ortalamanın altında olduğu bilinmektedir. Bu bakımdan kullanılan ağaç malzemelerin hizmet ömrünün uzun olması istenmekte ve beklenmektedir.

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesinde sıklıkla bulunan ve hizmet ömrü nedeniyle genellikle endüstriyel alanlarda tercih edilmeyen kızılâğaç odununun Tanalith E ve Celcure AC 500 emprenye maddeleriyle emprenye edilerek ekonomiye ve endüstriye kazandırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda hem kızılâğacın dış ortam koşullarındaki durumu hem de emprenye maddelerinin yıkanma ve bakır analizi sonuçları araştırılmıştır.

Çalışmada kızılâğaç ve sarıçam örneklerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Emprenye işlemi uygulanmayan kızılâğacın dış ortam koşullarındaki dayanımı sarıçama göre düşük sonuçlar ortaya koymuştur. Dış ortamda kızılâğaç kullanılacaksa mutlaka emprenye edilmelidir.

Bu çalışmada referans olarak sarıçam odunu kullanılmıştır. Sonuçlar kızılâğaç odunu ile karşılaştırılmıştır. Benzer şekilde farklı bir ağaç türü referans alınarak çalışma tekrarlanabilir. Bunun yanı sıra farklı emprenye maddeleri kullanılarak çalışma farklı sürelerle tekrar denenebilir.

Toprakla temas eden kızılâğaç örneklerinde 2 yılda tamamen çürüme meydana gelmektedir. Bu nedenle toprakla temasta retensiyon oranının daha yüksek olması gerekiyor. Çözelti oranları %3 ten %5'e çıkarılarak retensiyon miktarı artırılabilir.

Çalışmada sadece *Poria placenta* ve *Coniophora puteana* esmer çürüklük mantarlarının örnekler üzerindeki dayanımı araştırılmıştır. Bu bakımdan farklı esmer çürüklük mantarlarıyla çalışma tekrarlanabileceği gibi beyaz çürüklük, yumuşak çürüklük, böcekler, termit ve deniz zararlıları gibi biyolojik zararlılara karşı maruziyet etkileri de araştırılabilir.

Kızılâğaç nemli ve sulak ortamlarda büyümesini devam ettirmesine rağmen, işlendikten sonra emprenye işlemi uygulanmadığı durumda nemli ortamlarda çok kısa

sürede çürüyebilmektedir. Bu çalışmada kızılğacın su ortamında dayanımına bakılmadığından ayrıca tuzlu su ve tatlı sudaki dayanımı araştırılabilir.

Tez kapsamında ağaç malzemelerin dış ortam koşullarındaki rutubet değişimi, renk değişimi, yüzey pürüzlülük, çürüklük dereceleri gibi özellikler incelenmiştir. Bu bağlamda fiziksel (su alma oranı, denge rutubet miktarı vb.), mekanik (eğilme direnci, basınç direnci vb.) testler de yapılabilir.

Çalışmada Yıkanma ve bakır analizine bakılmıştır. emprenyeli örneklerin toprağa temas ettiği yerlerde toprak örnekleri alınarak topraktaki yıkanma ile oluşan bakır miktarına bakılması gerekmektedir.



## 7. KAYNAKLAR

- Akbaş, S., 2015. Hizmet Ömrünü Tamamlamış Kreozot İçeren Emprenyeli Ürünlerin Odun Plastik Kompozitlerinde (Opk) Değerlendirme Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Akyıldız, M. H., ve Malkoçoğlu, A., 2001. Doğu Karadeniz Bölgesinde Yetişen Önemli Bazı Ağaç Odunlarının Vida Tutma Dirençleri, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, Kafkas Üniversitesi, 1, 54-60.
- Akyüz, M., 1998. Kızılağacın Odun Özellikleri ve Kullanım Özellikleri. Paper presented at the, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Mülkiyet Sorunları Sempozyumu, Temmuz, Trabzon.
- Alemdağ, ř., 1967. Structure and Yield Potential of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Forests in Turkey and the Principles to be Followed in Managing These Forest. Forestry Research Publication, Technical Bulletin, Ankara
- Anşin, R., ve Özder, Z., 1993. A New Takson of Black Alder *Alnus Glutinosa* Subsp. *Betuloides* (Betulaceae). The Karaca Arboretum Magazine, II, 47-51.
- Anşin, R., ve Özkan, Z., 1997. Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Karadeniz Teknik Üniversitesi: Orman Fakültesi.
- Anşin, R., ve Özkan, Z., 2006. Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta). Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Orman Fakültesi, Genel Yayın, 167.
- AWPA E11, 2006. American Wood Protection Association.
- AWPA E14-07, 2011. American Wood Protection Association.
- Ayadi, N., Lejeune, F., Charrier, F., Charrier, B., ve Merlin, A., 2003. Color Stability of Heat-Treated Wood During Artificial Weathering. Holz als Roh-und Werkstoff, 61, 3, 221-226.
- Aycan, Ö. M., Atambay, M., ve Daldal, Ü. N., 2007. Ev Tozu Akarlarının Görülme Durumunun Sosyal Değişkenler Açısından İncelenmesi. Türkiye Parazitol Derg., 31, 219-224.
- Aydin, I., ve Colakoglu, G., 2008. Variations in Bending Strength and Modulus of Elasticity of Spruce and Alder Plywood After Steaming and High Temperature Drying. Mechanics of Advanced Materials and Structures, 15, 5, 371-374.
- Bamber, R., ve Fukazawa, K., 1985. Sapwood and Heartwood: a review. Forestry Abstracts.
- Barnes, H., Amburgey, T., ve Sanders, M., 2005. Performance of Copper Naphthenate and Its Analogs as Ground Contact Wood Preservatives. Bioresource Technology, 96,10), 1131-1135.

- Barnes, H., ve Murphy, R., 2006. Effect of Vapor Boron Treatment on Some Properties of Wood Strand and Fiber Composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 37, 9, 1402-1405.
- Bekhta, P., Proszkyk, S., Krystofiak, T., Sedliacik, J., Novak, I., ve Mamonova, M., 2017. Effects of Short-Term Thermomechanical Densification on the Structure and Properties of Wood Veneers. Wood Material Science & Engineering, 12, 1, 40-54.
- Berkel, A., 1972. Ağaç Malzeme Teknolojisi İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları.
- Bolin, C. A., ve Smith, S. T., 2010. End-of-Life Management of Preserved Wood: The Case for Reuse for Energy: ES-1.
- Bozkurt, A., ve Özkan, Z., 2013. Odun Anatomisi İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları.
- Bozkurt, A. Y., ve Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi.
- Bozkurt, Y., ve Göker, Y., 1996. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi: Ders Kitabı: İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Can, A., 2018. Su İtici Maddeler ile Kombine Edilmiş Bazı Emprenye Maddelerinin Performansının İncelenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi, Bartın.
- Chen, G., 2011. Laboratory Evaluation of Borate: Amine: Copper Derivatives in Wood for Fungal Decay Protection. Wood and Fiber Science, 43, 3, 271-279.
- Cheng, S.-S., Liu, J.-Y., Hsui, Y.-R., ve Chang, S.-T., 2006. Chemical Polymorphism and Antifungal Activity of Essential Oils from Leaves of Different Provenances of Indigenous Cinnamon (*Cinnamomum Osmophloeum*). Bioresource Technology, 97,2, 306-312.
- Coudert, L., Blais, J.-F., Mercier, G., Cooper, P., Morris, P., Gastonguay, L., . . . Zaviska, F. 2012. Optimization of Copper Removal from ACQ-, CA-, and MCQ-Treated Wood Using an Experimental Design Methodology. Journal of Environmental Engineering, 139, 4, 576-587.
- Çetin, F., ve Gunduz, G., 2016. Türkiye'deki Bazı Ağaç Türü Odunlarının Fiziksel Özellikleri Üzerine Yapılan Araştırmaların Değerlendirilmesi. Journal of Bartın Faculty of Forestry, 18, 2, 175-193.
- Çevik, P., & Eraslan, O., 2016. Çene Yüz Protezlerinde Kullanılan Materyaller ve Bu Konudaki Gelişmeler. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 25.
- De Vetter, L., Stevens, M., ve Van Acker, J., 2009. Fungal Decay Resistance and Durability of Organosilicon-Treated Wood. International Biodeterioration and Biodegradation, 63, 2, 130-134.
- Demir, A., Aydın, I., ve Colak, S., 2017. Effect of Various Fire Retardant Chemicals in Different Concentrations on Formaldehyde Emission of Plywood. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 17, 3, 509-516.



- Demir, A., Aydın, İ., ve Çolak, S., 2016. Effect of Various Fire Retardant Chemicals in Different Concentrations on Mechanical Properties of Plywood. IInd International Furniture Congress.
- Demir, S., 2018. Odun Korumada Bitkisel Yağların Yanmaya Karşı Etkinliğinin Arttırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- DIN 4768, 1990. German Institute for Standardization.
- EN 113, 1980. Ahşap Koruyucular-Agar Krtamında Kdunu Kahrip Kden Kasidiomisetslere Karşı Zehirlilik Değerlerinin Tayini.
- EN 252, 1992. Ahşap Koruyucular-Bir Ahşap Koruyucunun, Toprakla Temas Halinde Nispî Koruma Etkinliğini Tayin için Arazide Deney Metodu.
- Evans, P., Owen, N., Schmid, S., ve Webster, R., 2002. Weathering and Photostability of Benzoylated Wood. *Polymer degradation and stability*, 76, 2, 291-303.
- Fabiyi, J. S., ve McDonald, A. G., 2010. Effect of Wood Species on Property and Weathering Performance of Wood Plastic Composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41, 10, 1434-1440.
- Feist, W. C., 1990. Weathering Performance of Painted Wood Pretreated with Water-Repellent Preservatives. *Forest Products Journal*, 40, 7/8, 21-26.
- Fernández-Cano, V., 2013. Epoxidised Linseed Oil as Hydrophobic Substance for Wood Protection-Technology of Treatment and Properties of Modified Wood, Yüksek Lisans Tezi, SLU-Uppsala.
- Freeman, M. H., Shupe, T. F., Vlosky, R. P., ve Barnes, H., 2003. Past, Present, and Future of the Wood Preservation Industry. *Forest Products Journal*, 53, 10, 8.
- Gauntt, J., ve Amburgey, T., 2005. Decay in Wood Ties. Problem Solved! The American Railway Engineering and Maintenance of Way Association (AREMA) Manuscript.
- Gençer, A., ve Aksoy, H., 2017. Yabani Kızılcık (*Cornus australis* L.) Odunundan Kâğıt Üretimi ve Kabuğun Kâğıt Özelliklerine Etkisi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 18, 2, 186-191.
- Gezer, E., 2003. Kullanım Süresinin Tamamlamış Emprenyeli Ağaç Malzemelerin Yeniden Değerlendirilmesi Olanaklarının Araştırılması. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Turkey
- Grelrier, S., Castellan, A., ve Kamdem, D. P., 2007. Photoprotection of Copper-Amine-Treated Pine. *Wood and Fiber Science*, 32, 2, 196-202.
- Groenier, J. S., ve Lebow, S., 2006. Preservative-Treated Wood and Alternative Products in the Forest Service. Missoula, MT: US Dept. of Agriculture, Forest Service, Technology & Development Program, 44.
- Gürsu, I., 1967. Meryemania Arastirma Ormani Kizilagaclarinin Teknolojik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar.
- Gülen, İ., ve Bayraktaroğlu, H., 1982. Ekonomi Ders Kitabı.

- Hall, R., Leonard, J., ve Nicholls, G., 1960. Bonding Particle Boards with Bark Extracts. Forest Products Journal, 10, 5, 263-273.
- Harada, T., Nakashima, Y., ve Anazawa, Y., 2007. The Effect of Ceramic Coating of Fire-Retardant Wood on Combustibility and Weatherability. Journal of Wood Science, 53, 3, 249-254.
- Hemel., 2015. Yeni Nesil Tanalith: Hemel.
- Hughes, A., 2004. The Tools at Our Disposal, Final Workshop Cost Action E22.
- Hwang, W., Kartal, S., Shinoda, K., ve Imamura, Y., 2005. Surface Treatment for Preventing Decay and Termite Attack in Wood Using Didecyl Dimethyl Ammonium Tetrafluoroborate (Dbf) Incorporated with Acryl-Silicon Type Resin. Holz als Roh-und Werkstoff, 63, 3, 204-208.
- Hyvärinen, M., 2014. Ultraviolet Light Protection and Weathering Properties of Wood-Polypropylene Composites.
- İlhan, R., 1972. Türkiye'nin Ekonomik Bakımdan Önemli Bazı Ağaç Türlerinin Emprenyesine Ait Araştırmalar: Ormancılık Araştırma Enstitüsü.
- İlhan, R., ve Taşkın, O., 1976. Kızılağaç (Alnus Barbata CA Mey) Teldirek ve Çit Kazıklarının Çeşitli Metotlarla Emprenyesine İlişkin Araştırmalar.
- ISO 7724, 1984. International Organization for Standardization.
- Jebrane, M., Fernández-Cano, V., Panov, D., Terziev, N., ve Daniel, G., 2015. Novel Hydrophobization of Wood by Epoxidized Linseed Oil. Part 2. Characterization by FTIR Spectroscopy and SEM, and Determination of Mechanical Properties and Field Test Performance. Holzforschung, 69, 2, 179-186.
- Jebrane, M., Sèbe, G., Cullis, I., ve Evans, P. D., 2009. Photostabilisation of Wood using Aromatic Vinyl Esters. Polymer Degradation and Stability, 94, 2, 151-157.
- Jiang, M., ve Zhang, J., 2002. Water Stress-Induced Abscisic Acid Accumulation Triggers the Increased Generation of Reactive Oxygen Species and Up-Regulates the Activities of Antioxidant Enzymes in Maize Leaves. Journal of Experimental Botany, 53, 379, 2401-2410.
- Kartal, S. N., Yoshimura, T., ve Imamura, Y., 2009. Modification of Wood With Si Compounds to Limit Boron Leaching From Treated Wood and to Increase Termite and Decay Resistance. International Biodeterioration and Biodegradation, 63, 2, 187-190.
- Kawamura, F., Ohara, S., ve Nishida, A., 2004. Antifungal Activity of Constituents from the Heartwood of Gmelina Arborea: Part 1. Sensitive Antifungal Assay Against Basidiomycetes. Holzforschung, 58, 2, 189-192.
- Kayacık, H., 1965. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları: İstanbul.
- Kjellow, A. W., ve Henriksen, O., 2009. Supercritical Wood Impregnation. The Journal of Supercritical Fluids, 50, 3, 297-304.

- Koppers., Celcure - Koppers Preserved Timber. Retrieved Date Accessed, from <https://www.kopperspc.eu/products/celcure.html>, 12.05.2019.
- Koski, A., ve Ahonen, R., 2008. Applicability of crude tall oil for wood protection.
- Köse Demirel, G., 2018. Odun Korumada Polimerize Edilmiş Bitkisel Yağların Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Kurtoğlu, A., 2000. Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri, Genel Bilgiler Cilt1, İstanbul: İÜ Orman Fak., Orman End. Müh. Böl.
- Kurtoğlu, A., ve Sofuoğlu, S. D., 2013. Mobilya ve Ağaç İşlerinde Kullanılan Ahşap Malzemeler 1. Mobilya ve Dekorasyon Dergisi, 118, 62-78.
- Larkin, G., Zhang, J., Richter, D., Ziobro, R., ve Laks, P., 2008. Biological Performance of Micronized Copper Wood Preservative Formulations in Field and Laboratory Tests. IRG Americas Regional Meeting IRG/WP.
- Lebow, S., Winandy, J., ve Bender, D., 2004. Treated Wood in Transition: a Look at CCA and the Candidates to Replace it. Wood Design Focus, 3-8.
- Lee, M. J., ve Cooper, P. 2010. Adsorption of ACQ Components in Wood. IRG/WP, 10-30522.
- Lesar, B., Budića, F., Kralj, P., Petrič, M., ve Humar, M., 2012. Leaching of Boron from Wood Impregnated with Preservative Solutions Based on Boric Acid and Liquefied Wood. European Journal of Wood and Wood Products, 70, 1-3, 365-367.
- Li, H., Jiang, X., Ramaswamy, H. S., Zhu, S., ve Yu, Y., 2018. High-Pressure Treatment Effects on Density Profile, Surface Roughness, Hardness and Abrasion Resistance of Paulownia Wood Boards.
- Li, T., Cai, J.-b., Avramidis, S., Cheng, D.-l., Wålinder, M. E., ve Zhou, D.-g., 2017. Effect of Conditioning History on the Characterization of Hardness of Thermo-Mechanical Densified and Heat Treated Poplar Wood. Holzforschung, 71, 6, 515-520.
- Lin, L.-H., & Chen, K.-M., 2006. Surface Activity and Water Repellency Properties of Cleavable-Modified Silicone Surfactants. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 275, 1-3, 99-106.
- Lin, L., Furuno, T., ve Katoh, S., 2001. Leachability and Decay Resistance of Tetraphenylborate Salt-Treated Wood. Holzforschung, 55, 4, 355-357.
- Lotz, W. R., 1993. Wood Preservation Systems Including Halogenated Tannin Extracts: Google Patents.
- Merev, N., 1998. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Doğal Angiospermae Taksonlarının Odun Anatomisi Trabzon.
- Merev, N., 2003. Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı. Karadeniz Üniversitesi Orman Fakültesi.

- Mike, H., ve Craig, R., 2008. A Comprehensive Review of Copper-Based Wood Preservatives with A Focus on New Micronized or Dispersed Copper Systems. For. Prod. J., 58, 11, 6-27.
- Mitchell, R., ve Sleeter, T. D., 1980. Protecting Wood from Wood Degrading Organisms: Google Patents.
- Mohareb, A., Thévenon, M. F., Wozniak, E., ve Gérardin, P., 2010. Effects of Monoglycerides on Leachability and Efficacy of Boron Wood Preservatives Against Decay and Termites. International Biodeterioration & Biodegradation, 64, 2, 135-138.
- Morrell, J. J., 2018. Protection of Wood-Based Materials Handbook of Environmental Degradation of Materials (Third Edition), Elsevier, 343-368.
- Müller, U., Rätzsch, M., Schwanninger, M., Steiner, M., ve Zöbl, H., 2003. Yellowing and IR-Changes of Spruce Wood as Result of UV-Irradiation. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 69, 2, 97-105.
- Neyses, B., Hagman, O., Nilsson, A., Sandberg, D., ve Sundqvist, B., 2016. Continuous Wood Surface Densification: Chemical Treatments to Reduce the Set-Recovery. 13th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, Concepción, Chile, 13-15.
- Nilsson, T., Singh, A., ve Daniel, G., 1992. Ultrastructure of The Attack of Eusideroxylon Zwageri Wood by Tunnelling Bacteria. Holzforschung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood, 46, 5, 361-368.
- Nzokou, P., 2004. The Influence of Wood Extractives on Durability Properties of Hardwood and Softwood Species Exposed To Artificial Weathering: Michigan State University. Department of Forestry.
- Obanda, D. N., Shupe, T. F., ve Barnes, H. M., 2008. Reducing Leaching of Boron-Based Wood Preservatives—A Review of Research. Bioresource Technology, 99, 15, 7312-7322.
- OGM., 2006. Orman Varlığımız Ankara.
- OGM., 2017. Türkiye Orman Varlığı Kitabı (2016-2017).
- Onuorah, E. O., 2000. The Wood Preservative Potentials of Heartwood Extracts of *Milicia Excelsa* and *Erythrophleum Suaveolens*. Bioresource Technology, 75, 2, 171-173.
- Öktem, E., 1994. Sarıçam Odununun Özellikleri ve Kullanım Yerleri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Muhtelif Yayınlar Serisi, 251-285.
- Özgenç, Ö., 2014. Doğu Karadeniz Bölgesi Yayla Evlerinde Kullanılan Ahşap Malzemenin Dış Hava Koşullarına Karşı Dayanımının Arttırılması, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Öztürk, G., 2015. Farklı aralık mesafede oluşturulmuş kızılğaç meşcerelerinde bazı odun özellikleriyle yetiştirme ortamı özelliklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Palanti, S., ve Feci, E., 2013. A Wood Preservative Based on Commercial Silica Nanodispersions and Boric Acid Against Fungal Decay Through Laboratory and Field Tests. Open Journal of Forestry, 3, 2, 57.

- Pandey, K. K., 2005. A Note on The Influence of Extractives on the Photo-Discoloration and Photo-Degradation of Wood. Polymer Degradation and Stability, 87, 2, 375-379.
- Panov, D., ve Terziev, N., 2009. Study on Some Alkoxysilanes used for Hydrophobation and Protection of Wood Against Decay. International Biodeterioration ve Biodegradation, 63, 4, 456-461.
- Panov, D., ve Terziev, N., 2015. Durability of Epoxi-Oil Modified and Alkoxysilane Treated Wood In Field Testing.
- Paşil, P., 2016. Wood Mmpregnation, Doctoral Thesis, Mendel University in Brno, Faculty of Forestry and Wood Technology.
- Pařil, P., Baar, J., Āermák, P., Rademacher, P., Pucek, R., Sivera, M., ve Panáček, A., 2017. Antifungal Effects of Copper and Silver Nanoparticles Against White and Brown-Rot Fungi. Journal of Materials Science, 52, 5, 2720-2729.
- Pliūra, A., 2004. Possibilities for Adaptation of *Alnus Glutinosa* L. to Changing Environment. Biologija, 1, 6-12.
- Presley, G. N., Zhang, J., ve Schilling, J. S., 2018. A Genomics-Informed Study of Oxalate and Cellulase Regulation by Brown Rot Wood-Degrading Fungi. Fungal Genetics and Biology, 112, 64-70.
- Research, G., CIELAB Color Space. Retrieved Date from <https://www.researchgate.net/figure/Illustration-CIELAB-color-spacefig4>. 01.04.2019.
- Richardson, B. A., 2002. Wood Preservation: Routledge.
- Rowell, R., 1984. The Chemistry of Solid Wood. The Chemistry of Solid Wood.
- Rowell, R. M., 2012. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites: CRC press.
- Rowell, R. M., ve Konkol, P., 1987. Treatments that Enhance Physical Properties of Wood. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-55. Madison, WI: US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory; 12, 55.
- Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültür I, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Sablík, P., Giagli, K., Pařil, P., Baar, J., ve Rademacher, P., 2016. Impact of Extractive Chemical Compounds from Durable Wood Species on Fungal Decay After Impregnation of Nondurable Wood Species. European Journal of Wood and Wood Products, 74, 2, 231-236.
- Saraçoğlu, N., 1988. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn. subsp. *barbata* (CA Mey) Yalt.) Gövde Hacim ve Biyokütle Tablolarinin Düzenlenmesi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 41,1.
- Sawyer, G., ve Irle, M., 2005. Development of Colour Indicator Techniques To Detect Chemical Contamination in Wood Waste for Recycling. The Waste and Resources Action Programme.
- Schopmeyer, C. S., 1974. Seeds of Woody Plants in the United States. Seeds of Woody Plants in the United States, 450.

- Schroeder, H., 2008. Scientists Endorse CCA Treated Wood as Environmentally Responsible. Dartmouth Medical School, Canada.
- Schultz, T. P., Nicholas, D. D., ve Henry, W. P., 2005. Efficacy of a Copper (II)/Oxine Copper Wood Preservative Mixture After 69 Months of Outdoor Ground-Contact Exposure and a Proposed Mechanism To Explain the Observed Synergism. Holzforschung, 59, 3, 370-373.
- Seldén, R., Nyström, B., ve Långström, R., 2004. UV Aging of Poly (propylene)/Wood-Fiber Composites. Polymer Composites, 25, 5, 543-553.
- Sen, S., Hafızoglu, H., ve Dıgrak, M., 2002. Investigation of Wood Preservative Activities of Plant Extracts and Tannins as Fungicide. KSU Journal of Science and Engineering, 5, 99-110.
- Sen, S., ve Yalçın, M., 2009. Hizmet Ömrünü Tamamlamış Emprenyeli Ağaç Malzemenin Çevresel Tehditleri ve Geri Dönüşüm Prosesleri. Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, 5, 1, 91-106.
- Sharma, V., ve Kundu, P., 2006. Addition Polymers from Natural Oils—A Review. Progress in Polymer Science, 31, 11, 983-1008.
- Shmulsky, R., ve Jones, P. D., 2019. Forest Products and Wood Science: An Introduction: Wiley-Blackwell.
- Singh, T., ve Singh, A. P., 2012. A Review on Natural Products as Wood Protectant. Wood Science and Technology, 46, 5, 851-870.
- Söğütlü, C., ve Döngel, N., 2009. Emprenye İşleminin Ağaç Malzeme Yüzey Pürüzlülüğü ve Renk Değişimine Etkisi. Politeknik Dergisi, 12, 3.
- Stark, N. M., ve Matuana, L. M., 2007. Characterization of Weathered Wood–Plastic Composite Surfaces using FTIR Spectroscopy, Contact Angle, and XPS. Polymer Degradation and Stability, 92, 10, 1883-1890.
- Stirling, R., ve Temiz, A., 2014. Fungicides and Insecticides used in Wood Preservation. Deterioration and Protection of Sustainable Biomaterials, 185-201.
- Teacă, C. A., Roşu, D., Bodîrlău, R., ve Roşu, L., 2013. Structural Changes in Wood under Artificial UV Light Irradiation Determined by FTIR Spectroscopy and Color Measurements—A Brief Review. BioResources, 8, 1, 1478-1507.
- Temiz, A., 2000. Çeşitli Emprenye Maddelerinin Kızılağaç Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Trabzon.
- Temiz, A., 2005. Dış hava koşullarının emprenyeli ağaç malzemeye etkileri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Temiz, A., Akbas, S., Aydın, I., ve Demirkir, C., 2016. The Effect of Plasma Treatment on Mechanical Properties, Surface Roughness and Durability of Plywood Treated With Copper-Based Wood Preservatives. Wood Science and Technology, 50, 1, 179-191.

- Temiz, A., Gezer, E. D., Yildiz, U. C., ve Yildiz, S., 2008. Combustion Properties of Alder (*Alnus glutinosa* L.) Gaertn. subsp. *barbata* (CA Mey) Yalt.) and Southern Pine (*Pinus sylvestris* L.) Wood Treated with Boron Compounds. Construction and Building Materials, 22, 11, 2165-2169.
- Temiz, A., Hafren, J., ve Terziev, N., 2006. Bezir Yağı ve Borik Asit ile Emprenye Edilen Ağaç Malzemenin Boyutsal Kararlılığı ve Çürüklüğe Karşı Dayanımının Arttırılması. 3. Uluslararası Bor Sempozyumu, Ankara, 25-27.
- Temiz, A., Terziev, N., Eikenes, M., ve Hafren, J., 2007. Effect of Accelerated Weathering on Surface Chemistry of Modified Wood. Applied Surface Science, 253, 12, 5355-5362.
- Temiz, A., Yildiz, U. C., Aydin, I., Eikenes, M., Alfredsen, G., ve Çolakoglu, G., 2005. Surface Roughness and Color Characteristics of Wood Treated with Preservatives After Accelerated Weathering Test. Applied Surface Science, 250, 1-4, 35-42.
- Temiz, A., Yıldız, Ü. C., Gezer, E. D., Yıldız, S., ve Dizman, E., 2011. Bakir İçeren Emprenye Maddelerinin Odunla Olan Etkileşimi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 5, 2, 204-211.
- Tomak, E., 2011. Masif Odundan Bor Bileşiklerinin Yıkanmasını Önlemede Yağlı Isıl İşlemin ve Emülsiyon Teknikleri ile Emprenye İşleminin Etkisi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tsoumis, G., 1991. Science and Technology of Wood: Structure, Properties, Utilization: Van Nostrand Reinhold New York.
- URL-1., Lonza. Retrieved Date Accessed, from <https://www.lonzawoodprotection.com/eu/tanalith-family/>. 11.05.2019.
- Uysal, B., 1998. Çesitli Su İtici ve Yangın Geciktirici Kimyasal Maddelerin Kizilağaç Odununun Yanma Özellikleri, ZKÜ. Teknol Derg, 2, 81-89.
- Valbuena, L., ve Vera, M., 2002. The Effects of Thermal Scarification and Seed Storage on Germination of Four Heathland Species. Plant Ecology, 161, 1, 137-144.
- Var, A., 2001. Ahşap Malzemede Su Alımının Parafin Vaks/Bezir Yağı Karışımıyla Azaltılması. Türkiye Ormancılık Dergisi, 2, 97-110.
- Walker, J. C., 2006. Primary Wood Processing: Principles and Practice: Springer Science and Business Media.
- Wang, J., Ra, J., ve Morris, P., 2014. Three-Year Field Test of Preservative-Treated Canadian Species in Korea. International Research Group on Wood Protection Document No. IRG/WP/14-30646.
- West, D. C., 2004. Health Effects Of Preserved Wood: Relationship Between CCA-Treated Wood And Incidence Of Cancer In The United States. Environmental Impacts of Preservative-Treated Wood, 189.
- Williams, R., 2005. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 139-185.
- Williams, R. S., ve Feist, W. C., 1999. Water Repellents and Water-Repellent Preservatives for Wood. (General technical report FPL; GTR-109), 12, 28, 109.

- Yalınkılıç, M., 1992. Odun Zararlıları Ders Notu. KTÜ, Orman Fakültesi, Trabzon, 258.
- Yalınkılıç, M. K., Baysal, E., Demirci, Z., ve Peker, H., 1996. Sariçam, Kayın, Ladin ve Kızılağaç Odunlarının Çeşitli Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilebilme Özellikleri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2, 2, 147-156.
- Yaltırık, F., 1993a. Angiospermae (Kapalı Tohumlular) Bölüm I Dendroloji II (Vol. 420). İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Yaltırık, F., 1993b. Dendroloji II, Angiospermae (Kapalı Tohumlular) Bölüm I, İÜ Orman Fak: Yayınları.
- Yaltırık, F., 2018. Yeni bir *Alnus* (Kızılağaç) Alttürü ve Türkiye'nin *Alnus* Türlerine Toplu Bakış (A new Subspecies and a Review of the Turkish *Alnus*). Acta Biologica Turcica, 20, 1-4, 115-121.
- Yaşar, M., 2014. Doğal ve Yapay Koruyucu Maddeler ile Muamele Edilmiş Ahşap Malzemenin Bazı Özelliklerine Açık Hava Şartlarının Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Yıldız, S., Yıldız, U. C., ve Tomak, E. D., 2011. The Effects of Natural Weathering on the Properties of Heat-Treated Alder Wood. BioResources, 6, 3, 2504-2521.
- Yıldız, Ü., 2005. Odun Koruma Ders Notları Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi (Basılmamış ders notları).
- Yılmaz, M., 1996. Artvin-Rize Yöresindeki Kızılağaç Orman Ekosistemlerinin Verimliliği ile Bazı Edafik ve Fizyografik Etmenler Arasındaki İlişkiler, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yu, L., Cai, J., Wang, Y., Tang, Z., ve Zhu, J., 2017. Improved Dimensional Stability of Nano-SiO<sub>2</sub>/Wax Modified ACQ-treated Southern Pine. BioResources, 12, 4, 7515-7524.
- Zabel, R., ve Morrell, J., 1992. Wood microbiology: decay and its prevention. San Diego: Academic: Apêndices.
- Zabel, R. A., ve Morrell, J. J., 2012. Wood Microbiology: Decay and Its Prevention: Academic Press.
- Zhang, J., Kamdem, D. P., ve Temiz, A., 2009. Weathering of Copper–Amine Treated Wood. Applied Surface Science, 256, 3, 842-846.



## ÖZGEÇMİŞ

10.06.1982 yılında Trabzon'un Arsin ilçesinde doğdu. İlköğretim eğitimini 1992 yılında, Ortaokul eğitimini 1997 yılında dışarıdan bitirme sınavı ile Lise öğrenimini 1998-2001 yılları arasında Açık öğretim Lisesini dışarıdan okuyarak tamamladı. 2001 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünü kazandı ve 2005 yılında bu bölümden mezun oldu. 2010 yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Kendisi Evli ve 2 çocuk babası olup Orta derecede İngilizce ve Arapça bilmektedir.