

140006

**DİRİ VE ÖZ ODUNUN EMPRENYE EDİLEBİLİRLİĞİ
VE
DAYANIM ÖZELLİKLERİ**

Hüseyin SİVRİKAYA

140006

**Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda
Doktora Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

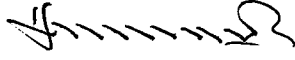
BARTIN

Ağustos 2003

**TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BİLİM, KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI**

KABUL :

Hüseyin SİVRİKAYA tarafından hazırlanan “Diri ve Öz Odunun Emprenye Edilebilirliği ve Dayanım Özellikleri” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.



Başkan :

Prof. Dr. Harzemşah HAFIZOĞLU



Üye :

Prof. Dr. Hüdaverdi EROĞLU



Üye :

Prof. Dr. Oktay ÖZKAZANÇ



Üye :

Prof. Dr. Surhay ALLAHVERDİ



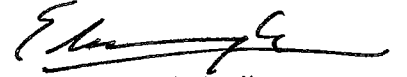
Üye :

Doç. Dr. Ümit Cafer YILDIZ

ONAY :

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

...../...../2003



Prof. Dr. Etem KIŞIOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DANIŞMANLIK MERKEZİ**

ÖZET

Doktora Tezi

DİRİ VE ÖZ ODUNUN EMPRENYE EDİLEBİLİRLİĞİ VE DAYANIM ÖZELLİKLERİ

Hüseyin SİVRİKAYA

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Harzemşah HAFIZOĞLU

Ağustos 2003, 179 sayfa.

Odun materyali, birbirlerinden farklı özellikler gösteren diri ve öz odundan oluşmaktadır. Diri odun kolaylıkla emprenye edilirken öz odunun emprenyesi nispeten güç olmaktadır.

Bu çalışmanın başlıca amacı, diri ve öz odunun emprenye edilebilme oranlarını ve ardından çeşitli dayanım özelliklerinin belirlenmesidir.

Bu amaçla, odun materyalleri olarak sarıçam (*Pinus sylvestris*), meşe (*Quercus petrae*) ve kestane (*Castanea sativa*) diri ve öz odunları kullanılmıştır. Emprenye işlemi için, suda çözünen tuzlardan Tanalith-C (CCA) ve katran yağlarından kreozot kullanılmıştır. Tanalith-C % 4 konsantrasyonda, kreozot ise seyreltilmeden kullanılmıştır.

ÖZET (devam ediyor)

Kontrol ve emprenyeli örnekler, 12 ay süreyle Bartın-Yenihan'da arazi denemelerine tabi tutulmuş ve 12 ay süreyle Bartın-Amasra'da denizde bekletilmiştir. Ayrıca, tüm öz odun ve diri odun örneklerine eğilme direnci ve yıkanma deneyleri uygulanmış ve retensiyon miktarları belirlenmiştir. Emprenye edilmiş örneklerin retensiyon ve net kuru tuz miktarı değerleri hesaplandıktan sonra diğer test sonuçlarıyla karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Retensiyon deneyleri sonuçlarına göre, sarıçam diri odunun iyi emprenye edildiği, meşe öz odunun ise çok zor emprenye edildiği ortaya çıkmıştır.

Arazi testleri sonucu, emprenyeli örneklerde bir tahribat görülmemiştir. Kontrol örnekleri arasında, özellikle sarıçam diri odun örnekleri önemli derecede beyaz çürüklük zararına uğramıştır.

Emprenye sonrası, Kontrol ile Tanalith-C ve Kreozot ile Tanalith-C arasında eğilme direnci değerlerinde farklar meydana geldiği belirlenmiştir. Arazi testi sonrası ise, Kontrol ile Kreozot ve Kontrol ile Tanalith-C arasında eğilme direnci değerlerinde farklar olduğu belirlenmiştir.

Deniz testleri sonucunda, *Teredo navalis* odun delici organizmasının tespiti yapılmıştır. *Teredo navalis*, Tanalith-C ile emprenyeli sarıçam diri ve öz odunu hariç, diğer tüm panellerde tahribat meydana getirmiştir. Emprenyeli örneklerin retensiyon değerlerindeki artışlar, yıkanma miktarının artmasına neden olmuştur. Elementel analiz sonuçlarına göre, bakır ve kromla karşılaştırıldığında arseniğin yıkanma miktarı fazla bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: diri odun, öz odun, odun koruyucu maddeler, arazi testi, deniz testi, *Teredo navalis*.

Bilim Kodu : 502.09.01

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

THE IMPREGNABILITY AND DURABILITY CHARACTERISTICS OF SAPWOOD AND HEARTWOOD

Hüseyin SİVRİKAYA

**Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Industrial Engineering**

Thesis Advisor : Prof. Dr. Harzemşah HAFIZOĞLU

August 2003, 179 pages.

Wood material consists of sapwood and heartwood and these differ in some characteristics. While sapwood is easily treated, the treatment of heartwood is relatively difficult. The main purpose of this study is to determine the impregnability ratio of sapwood and heartwood and then to evaluate their some durability characteristics. For this purpose, scots pine (*Pinus sylvestris*), sessile oak (*Quercus petrae*) and sweet chestnut (*Castanea sativa*) sapwoods and heartwoods were used as wood materials. For treatment, Tanalith-C (CCA) as water-borne preservative and creosote as tar oil were used. The concentration of Tanalith-C was 4 % and creosote was used as such.

Untreated and treated wood stakes were exposed to 12 months field test in Bartın-Yenihan and were exposed to marine conditions in Bartın-Amasra for 12 months period.

ABSTRACT (continued)

In addition, bending strength and leaching tests were applied to overall sapwood and heartwood samples and their retention amounts were determined.

Retention and dry salt amounts belonging to treated samples were calculated and compared with the other test results. According to the retention values, it was realized that scots pine sapwood is easily treated where as sessile oak heartwood is most difficultly treated.

As a result of the field test, no damage was observed in treated samples. Among untreated samples especially scots pine sapwood suffered significant white rot damage.

A significant difference was determined in bending strength values between Tanalith-C and control, and between creosote and Tanalith-C samples after treatment. After field test a significant difference was found in bending strength values between control and creosote, and between control and Tanalith-C samples.

During marine test, *Teredo navalis*-marine borer organism was identified. *Teredo navalis* attacked almost all wood panels except scots pine sapwood and heartwood panels treated with Tanalith-C.

The increase in retention amounts of the treated samples led to the increase in the leaching amounts. As a result of the elemental analysis, leached arsenic amounts were higher compared to chrome and copper.

Key words: sapwood, heartwood, wood preservatives, field test, marine test, *Teredo navalis*

Science Code : 502.09.01

TEŞEKKÜR

“Diri ve Öz Odunun Emprenye Edilebilirliği ve Dayanım Özellikleri” isimli bu çalışma, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında, değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Harzemşah HAFIZOĞLU’na şükranlarımı arz ederim.

Deniz denemelerine ait kontrol ve emprenyeli ahşap paneller üzerinde, biyolojik teşhis ve değerlendirmelerindeki yardımlarından dolayı Dr. Luisa BORGES ve Dr. Simon CRAGG’a (University of Portsmouth) teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, Bartın Orman Fakültesi akademik personelinden Yrd.Doç.Dr. Gökhan GÜNDÜZ ve Yrd.Doç.Dr. Ömer KARA’ya, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü’nde çalışan Orm.End.Yük.Müh. Akın SARAÇBAŞI’ya ve Bartın Orman İşletme Müdürlüğü şeflerinden Abdullah DUMAN’a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxi
 BÖLÜM 1 GENEL BİLGİLER.....	 1
1.1 GİRİŞ.....	1
1.2 EMPRENYE ENDÜSTRİSİNİN GELİŞİMİ.....	2
1.2.1 Emprenye Teknolojisi.....	3
1.2.2 Doğal Koruma Yöntemleri.....	3
1.3 ÇALIŞMADA KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİNE AİT BİLGİLER.....	4
1.3.1 Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i>).....	4
1.3.2 Meşe (<i>Quercus petrae</i> L. Subsp. <i>iberica</i>).....	6
1.3.3 Kestane (<i>Castanea sativa</i> Mill.).....	7
1.4 ÇALIŞMADA KULLANILAN KİMYASAL MADDELERE AİT BİLGİLER.....	8
1.4.1 Tanalith-C (CCA : bakır-krom-arsenik).....	8
1.4.2 Kreozot.....	10
1.5 ODUNUN EMPRENYESİ İLE ANATOMİK YAPISI ARASINDAKİ İLİŞKİ.....	13
1.5.1 İğne Yapraklı Ağaçların Anatomik Yapısı.....	13
1.5.2 Yapraklı Ağaçların Anatomik Yapısı.....	16
1.6 ODUNUN PERMEABİLİTESİ.....	16

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
1.6.1 Permeabiliteye Göre Ağaç Malzemenin Sınıflandırılması...	17
1.6.2 Permeabilite Testleri.....	18
1.7 ODUNUN DOĞAL DAYANIMI.....	19
1.7.1 Doğal Dayanımın Önemi.....	20
1.7.2 Ağaç Malzemenin Doğal Dayanıklılığına Göre Sınıflandırılması.....	20
1.7.3 Doğal Dayanımdaki Farklılıklar.....	22
1.7.3.1 Ekstraktif maddeler.....	23
1.7.3.2 Yoğunluğun etkisi.....	24
1.7.3.3 Büyüme oranının etkisi.....	24
1.7.3.4 Diğer faktörler.....	24
1.8 DİRİ ODUN VE ÖZ ODUN.....	25
1.8.1 Öz Odun Oluşumu.....	27
1.8.2 Öz Odunun Özellikleri.....	30
1.8.3 Öz Odun Yapısındaki Farklılıklara Göre Ağaçların Gruplandırılması.....	32
1.8.4 Diri Odun ve Öz Odunun Dayanımı.....	33
1.9 ODUNUN BİYOLOJİK DEGRADASYONU.....	34
1.9.1 Beyaz Çürüklük.....	35
1.9.2 Esmer Çürüklük.....	36
1.9.3 Yumuşak Çürüklük.....	36
1.9.4 Bakteriler.....	37
1.9.5 Böcekler.....	37
1.10 TOPRAKLA TEMASTA OLAN ODUN.....	38
1.10.1 Arazi Denemeleri.....	41
1.10.2 Eğilme Direncindeki Değişmeler.....	45
1.11 AHŞAP MALZEMENİN DENİZ ORTAMINDA KULLANIMI.....	47
1.11.1 Denizdeki Zararlılar.....	48
1.11.1.1 Kabuklular (<i>Crustaceans</i>).....	49
1.11.1.2 Yumuşakçalar (<i>Molluscs</i>).....	50

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
1.11.2 Ahşap Malzemenin Denizde Korunması.....	53
1.11.2.1 Toksik bariyerler ve yüzey örtücü malzemeler.....	54
1.11.2.2 Fiziksel bariyerler.....	54
1.11.2.3 Deniz zararlılarına karşı kullanılan kimyasal koruyucu maddeler.....	55
1.11.2.4 Türkiye denizlerinde yapılan çalışmalar.....	62
1.12 KİMYASAL MADDENİN AHŞAP MALZEMEDEN YIKANMASI.....	63
1.12.1 Fiksasyon ile Yıkanma Arasındaki İlişki.....	65
1.12.2 Emprenye Koşulları ve Parametreleri.....	66
1.12.2.1 Çözelti formülasyonu.....	67
1.12.2.2 Çözelti konsantrasyonu ve retensiyon seviyesi.....	67
1.12.2.3 Sıcaklık ve rutubet.....	68
1.12.3 Toprakla Temasta Olan Emprenye Edilmiş Odunun Yıkanması.....	69
1.12.4 Emprenye Edilmiş Odunun Deniz İçerisinde Yıkanması...	71
BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOD.....	74
2.1 MATERYAL.....	74
2.1.1 Deneme Ağaçlarının Alınması.....	74
2.1.2 Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	76
2.1.3 Emprenye Maddeleri.....	77
2.1.4. Emprenye Düzeneği.....	78
2.2 METOD	79
2.2.1 Örneklerin Emprenye İşlemleri.....	79
2.2.2 Retensiyon ve Net Kuru Tuz Miktarının (NKTm) Bulunması.....	79
2.2.3 Fiziksel Özellikler.....	80
2.2.3.1 Tam kuru özgül ağırlık.....	80
2.2.3.2 Hava kurusu özgül ağırlık.....	80

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.2.4 Mekanik Özellikler.....	81
2.2.4.1 Eğilme direnci.....	81
2.2.5 Arazi Denemeleri.....	82
2.2.6 Deniz Denemeleri.....	86
2.2.7 Yıkanma Denemeleri.....	89
2.2.7.1 Elementel düzeyde yıkanma.....	90
2.2.8. Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi.....	90
 BÖLÜM 3 BULGULAR.....	 91
3.1 ÖZGÜL AĞIRLIKLARA İLİŞKİN BULGULAR.....	91
3.1.1 Ağaçların Öz Odunlarına Göre Özgül Ağırlıkları.....	91
3.1.2 Ağaçların Diri Odunlarına Göre Özgül Ağırlıkları.....	93
3.2 RETENSİYON VE NET KURU TUZ MİKTARLARINA AİT BULGULAR.....	94
3.2.1 Tanalith-C (CCA) ile Emprenyeli Örneklerle ait Retensiyon Değerleri.....	94
3.2.2 Tanalith-C (CCA) ile Emprenyeli Örneklerle ait Net Kuru Tuz Miktarı Değerleri.....	96
3.2.3 Kreozot ile Emprenyeli Örneklerle ait Retensiyon Değerleri	98
3.3 MEKANİK TESTLERE AİT BULGULAR.....	100
3.3.1 Sarıçam'ın Eğilme Direncine Ait Bulgular.....	101
3.3.1.1 Arazi testi öncesi sarıçam örneklerine ait eğilme dirençleri.....	102
3.3.1.2 Arazi testi sonrası sarıçam örneklerine ait eğilme dirençleri.....	103
3.3.1.3 Arazi testi öncesi ve sonrası sarıçam örneklerine ait eğilme dirençleri.....	105
3.3.2 Meşe'nin Eğilme Direncine Ait Bulgular.....	107
3.3.2.1 Arazi testi öncesi meşe örneklerine ait eğilme dirençleri.....	108
3.3.2.2 Arazi testi sonrası meşe örneklerine ait eğilme dirençleri.....	109
3.3.2.3 Arazi testi öncesi ve sonrası meşe örneklerine ait eğilme dirençleri.....	111

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.3.3 Kestane'nin Eğilme Direncine Ait Bulgular.....	113
3.3.3.1 Arazi testi öncesi kestane örneklerine ait eğilme dirençleri.....	114
3.3.3.2 Arazi testi sonrası kestane örneklerine ait eğilme dirençleri.....	115
3.3.3.3 Arazi testi öncesi ve sonrası kestane örneklerine ait eğilme dirençleri.....	117
3.4 ARAZİ TESTİ SONRASI KONTROL ÖRNEKLERİNE AİT SAĞLAMLIK ENDEKSLERİ.....	119
3.4.1 Sarıçam Kontrol Örneklerine Ait Sağlamlık Endeksleri.....	119
3.4.2 Meşe Kontrol Örneklerine Ait Sağlamlık Endeksleri.....	120
3.4.3 Kestane Kontrol Örneklerine Ait Sağlamlık Endeksleri.....	120
3.5 MİKOLOJİK GÖZLEMLER.....	121
3.6 DENİZ DENEMELERİNE AİT BULGULAR.....	124
3.7 KİMYASAL MADDELERİN YIKANMA MİKTARLARINA İLİŞKİN BULGULAR.....	131
3.7.1 Tanalith-C (CCA)'nın Yıkanma Miktarına İlişkin Bulgular.	131
3.7.2 Kreozot'un Yıkanma Miktarına İlişkin Bulgular.....	132
3.7.3 Elementel Düzeyde Yıkanma Miktarlarına İlişkin Bulgular.	134
 BÖLÜM 4 SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	 136
4.1 ÖZGÜL AĞIRLIKLARA İLİŞKİN SONUÇLAR.....	136
4.2 RETENSİYON VE NET KURU TUZ MİKTARLARINA İLİŞKİN SONUÇLAR.....	137
4.3 MEKANİK TESTLERE AİT SONUÇLAR.....	142
4.4 SAĞLAMLIK ENDEKSİ DEĞERLERİNE İLİŞKİN SONUÇLAR.....	149
4.5 MİKOLOJİK GÖZLEMLERE İLİŞKİN SONUÇLAR.....	150
4.6 DENİZ DENEMELERİNE İLİŞKİN SONUÇLAR.....	150
4.7 YIKANMA DENEYLERİNE İLİŞKİN SONUÇLAR.....	153
 BÖLÜM 5 ÖNERİLER.....	 163

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
KAYNAKLAR.....	165
ÖZGEÇMİŞ.....	179



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 İğne yapraklı ağaç odununda anatomik elemanlar.....	15
1.2 Yapraklı ağaç odununda anatomik elemanlar.....	15
1.3 Olgun bir ağacın gövdesine ait çeşitli kısımlar.....	25
1.4 <i>Teredo navalis</i> 'in anatomik yapısı.....	51
1.5 <i>Bankia australis</i> odun delici organizması.....	52
2.1 Sarıçam ağaçlarına ait tomruklar.....	75
2.2 Çalışmada kullanılan emprenye düzeneği.....	78
2.3 Mekanik testlerin gerçekleştirildiği Universal test makinesi.....	82
2.4 Arazi testlerinin gerçekleştirildiği deneme alanı.....	83
2.5 Emprenye edilmiş deniz panelleri.....	88
2.6 Deniz denemeleri için hazırlanan düzenek.....	88
3.1 Öz odunlara ait tam kuru özgül ağırlık ortalama değerleri.....	91
3.2 Öz odunlara ait hava kurusu özgül ağırlık ortalama değerleri.....	92
3.3 Diri odunlara ait tam kuru özgül ağırlık ortalama değerleri.....	93
3.4 Diri odunlara ait hava kurusu özgül ağırlık ortalama değerleri	94
3.5 Tanalith-C ile emprenyeli öz odunların retensiyonlarına ait ortalama değerler.....	95
3.6 Tanalith-C ile emprenyeli diri odunların retensiyonlarına ait ortalama değerler.....	96
3.7 Tanalith-C ile emprenyeli öz odunların net kuru tuz miktarlarına ait ortalama değerler.....	97
3.8 Tanalith-C emprenyeli diri odunların net kuru tuz miktarlarına ait ortalama değerler.....	98
3.9 Kreozot ile emprenyeli öz odunların retensiyonlarına ait ortalama değerler.....	99
3.10 Kreozot ile emprenyeli diri odunların retensiyonlarına ait ortalama değerler.....	100
3.11 Sarıçam odunu örneklerine ait ortalama eğilme direnci değerleri.....	101
3.12 Meşe odunu örneklerine ait ortalama eğilme direnci değerleri.....	107

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.13 Kestane odunu örneklerine ait ortalama eğilme direnci değerleri.....	113
3.14 Bir yıl süreyle arazide kalmış sarıçam kontrol diri odun örnekleri....	122
3.15 Bir yıl süreyle arazide kalmış sarıçam diri oduna ait kontrol, Tanalith-C ve Kreozot ile emprenyeli örnekler.....	123
3.16 Bir yıl süreyle denizde bekletilmiş ahşap paneller.....	125
3.17 Deniz testi yapılmış kreozot ile emprenyeli kestane öz odun.....	126
3.18 Denizde bırakılmış sarıçam öz odun kontrol paneli.....	126
3.19 Denizde bırakılmış Tanalith-C ile emprenyeli sarıçam öz odun panelleri.....	127
3.20 Denizde bırakılmış Tanalith-C ile emprenyeli sarıçam diri odun panelleri.....	127
3.21 Denizde bırakılmış Tanalith-C ile emprenyeli meşe diri odun paneli.....	128
3.22 Denizde bırakılmış Tanalith-C ile emprenyeli Kestane öz odun paneli.....	128
3.23 <i>Teredo navalis</i> odun delici canlıları.....	129
3.24 <i>Teredo navalis</i> 'in baş tarafında bulunan kabuk kısmı(shell).....	129
3.25 <i>Teredo navalis</i> ' e ait paletler.....	130
3.26 Öz odunlara ait Tanalith-C ortalama yıkanma oranları.....	132
3.27 Diri odunlara ait Tanalith-C ortalama yıkanma oranları.....	132
3.28 Öz odunlara ait ortalama kreozot yıkanma oranları.....	134
3.29 Diri odunlara ait ortalama kreozot yıkanma oranları.....	134
4.1 Diri ve öz odunlara ait tam kuru ve hava kurusu özgül ağırlık ortalama değerleri.....	136
4.2 Tanalith-C ile emprenyeli örneklere ait ortalama retensiyon değerleri.....	138
4.3 Tanalith-C ile emprenyeli örneklere ait ortalama NKTm değerleri...	140
4.4 Kreozot ile emprenyeli örneklere ait ortalama retensiyon değerleri...	141
4.5 Kontrol örneklerine ait eğilme direnci ortalama değerleri.....	143
4.6 Emprenye sonrası eğilme dirençleri.....	145
4.7 Arazi testi yapılmış örneklere ait ortalama eğilme direnci değerleri.	147
4.8 Arazide 1 yıl kalmış kontrol örneklerine ait ortalama sağlamlık endeksi değerleri.....	149
4.9 Tanalith-C yıkanma oranları (%).....	154

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
4.10 Kreozot yıkanma oranları (%).....	156
4.11 İlk yıkanma sonucu elde edilen Cu ve Cr değerleri (ppm).....	158
4.12 Son yıkanma sonucu elde edilen Cu ve Cr değerleri (ppm).....	159
4.13 İlk yıkanma sonucu elde edilen As değerleri.....	160
4.14 Son yıkanma sonucu elde edilen As değerleri.....	161



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 AWP A Standartları'na göre CCA'nın bileşimi.....	9
1.2 BSI' ye göre CCA-Tip I ve CCA Tip II'nin bileşimi.....	9
1.3 Kreozotun genel özellikleri.....	11
1.4 Bazı İYA ve YA'ların diri ve öz odunlarındaki rutubet miktarları (%).....	26
1.5 Çok yaygın olarak görülen odun delici organizmalar.....	48
2.1 Sarıçam ağaçlarına ait bilgiler.....	75
2.2 Meşe ağaçlarına ait bilgiler.....	76
2.3 Kestane ağaçlarına ait bilgiler.....	76
2.4 Tanalith-C emprenye maddesinin bileşim oranları.....	77
2.5 Kreozot analiz değerleri.....	78
2.6 Bartın bölgesi'ne ait 2002 yılı meteorolojik verileri.....	84
2.7 Arazi denemelerinin yapıldığı alana ait toprak analiz sonuçları.....	85
2.8 Arazi denemelerinde gerçekleştirilen puanlama sistemi.....	86
2.9 Amasra bölgesi'ne ait 2002 yılı deniz suyu sıcaklık ortalamaları.....	87
3.1 Öz odunların tam kuru özgül ağırlıklarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	91
3.2 Öz odunların hava kurusu özgül ağırlıklarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	92
3.3 Diri odunların tam kuru özgül ağırlıklarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	93
3.4 Diri odunların hava kurusu özgül ağırlıklarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	94
3.5 Kimyasal maddelere ait emprenye öncesi ve sonrası pH değerleri....	95
3.6 Tanalith-C ile emprenyeli öz odunların retensiyonlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	95
3.7 Tanalith-C ile emprenyeli diri odunların retensiyonlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	96
3.8 Tanalith-C ile emprenyeli öz odunların net kuru tuz miktarlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	97

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
3.9	Tanalith-C ile emprenyeli diri odunların net kuru tuz miktarlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	98
3.10	Kreozot ile emprenyeli öz odunların retensiyonlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	99
3.11	Kreozot ile emprenyeli diri odunların retensiyonlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	100
3.12	Sarıçam odunu örneklerine ait ortalama eğilme direnci değerleri.....	101
3.13	Arazi testi öncesi sarıçam örneklerine ait varyans analizi sonuçları...	102
3.14	Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey Testine ait sonuçlar.....	102
3.15	Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey Testine ait sonuçlar.....	103
3.16	Arazi testi Sonrası sarıçam örneklerine ait varyans analizi sonuçları.....	103
3.17	Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	104
3.18	Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey Testine ait sonuçlar.....	104
3.19	Arazi öncesi ve arazi Sonrası (1 yıl) sarıçam örneklerine ait varyans analizi sonuçları.....	105
3.20	Ortamin % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	105
3.21	Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	106
3.22	Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	106
3.23	Arazi testi öncesi ve sonrası kontrol ve emprenyeli meşe örneklerine ait eğilme direnci ortalama değerleri.....	107
3.24	Arazi testi öncesi meşe örneklerine ait varyans analizi sonuçları....	108
3.25	Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey Testine ait sonuçlar.....	108
3.26	Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	109
3.27	Arazi testi sonrası meşe örneklerine ait varyans analizi sonuçları.....	109
3.28	Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	110
3.29	Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	110

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.30 Arazi testi öncesi ve arazi testi sonrası meşe örneklerine ait varyans analizi sonuçları.....	111
3.31 Ortamın % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	111
3.32 Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	112
3.33 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	112
3.34 Kestane örneklerine ait ortalama eğilme direnci değerleri.....	113
3.35 Arazi testi öncesi kestane örneklerine ait varyans analizi sonuçları.	114
3.36 Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	114
3.37 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	115
3.38 Arazide testi sonrası kestane örneklerine ait varyans analizi Sonuçları.....	115
3.39 Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey Testine ait sonuçlar.....	116
3.40 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	116
3.41 Arazi testi öncesi ve sonrası kestane örneklerine ait varyans analizi sonuçları.....	117
3.42 Ortamın % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	118
3.43 % 95 güven aralığında emprenye maddelerinin eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	118
3.44 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	119
3.45 Sarıçam kontrol örneğine ait sağlamlık endeksi değerleri.....	119
3.46 Meşe kontrol örneğine ait sağlamlık endeksi değerleri.....	120
3.47 Kestane kontrol örneğine ait sağlamlık endeksi değerleri.....	120
3.48 Kontrol örneklerine ait ortalama sağlamlık endeksi değerleri.....	121
3.49 Deniz panellerine ilişkin retensiyon ve net kuru tuz miktarı ortalama değerleri.....	124
3.50 Deniz testi yapılmış ahşap panellere ilişkin bilgiler.....	124
3.51 Sarıçam odununda CCA yıkanma miktarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	131

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
3.52	Meşe odununda CCA yıkanma miktarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	131
3.53	Kestane odununda CCA yıkanma miktarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	131
3.54	Sarıçam odununda kreozot yıkanma miktarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	133
3.55	Meşe odununda kreozot yıkanma miktarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	133
3.56	Kestane odununda kreozot yıkanma miktarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	133
3.57	Sarıçam odununda yıkanan Cu, Cr, As miktarları.....	135
3.58	Meşe odununda yıkanan Cu, Cr, As miktarları.....	135
3.59	Kestane odununda yıkanan Cu, Cr, As miktarları.....	135
4.1	Diri ve öz odunlara ait tam kuru ve hava kurusu özgül ağırlıklar.....	136
4.2	Tanalith-C ile emprenyeli öz ve diri odunların retensiyon ve net kuru tuz miktarlarına ait ortalama değerler.....	138
4.3	Kreozot ile emprenyeli öz ve diri odunların retensiyon miktarlarına ait ortalama değerler.....	141
4.4	Kontrol örneklerine ait eğilme direnci ortalama değerleri.....	143
4.5	Emprenye edilmiş örneklerle ilişkin retensiyon ve net kuru tuz miktarı ortalama değerleri.....	144
4.6	Emprenye sonrası eğilme direnci ortalama değerleri.....	144
4.7	Arazi testi yapılmış örneklerle ait ortalama eğilme direnci değerleri..	147
4.8	Kontrol örneklerine ilişkin ortalama sağlamlık endeksleri.....	149
4.9	Tanalith-C ile emprenyeli örneklerin retensiyon, net kuru tuz miktarı, ve yıkanma miktarları.....	154
4.10	Kreozot ile emprenyeli örneklerin retensiyon ve yıkanma miktarları ortalama değerleri.....	155
4.11	Tanalith-C ile emprenyeli yıkanma örneklerine ilişkin retensiyon ve net kuru tuz miktarı değerleri.....	157

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Γ_e	=	eğilme direnci
N	=	Newton
Q_0	=	tam kuru özgül ağırlık
Q_{12}	=	hava kurusu özgül ağırlık
r_0	=	tam kuru haldeki rutubet
r_{12}	=	hava kurusu haldeki rutubet
T	=	sağlamlık endeksi

KISALTMALAR

ASTM	=	American Society for Testing Materials
AWPA	=	American Wood Preservers Association
BSI	=	British Standards Institution
CCA	=	bakır, krom, arsenik
İYA	=	iğne yapraklı ağaçlar
LDN	=	lif doygunluk noktası
NKTM	=	net kuru tuz miktarı
TS	=	Türk Standartları
YA	=	yapraklı ağaçlar

BÖLÜM I

GENEL BİLGİLER

1.1 GİRİŞ

Ağaç malzeme; hafifliğine oranla direncinin yüksek oluşu, kolay işlenebilmesi, çivilenebilme ve birleştirilebilme kabiliyeti, elastiklik, kırılmadan önce tehlikeyi haber verme gibi faydalı özelliklerinden dolayı insanoğlunun yüzyıllardır vazgeçemediği bir materyal olmuştur.

Bununla birlikte, organik bir materyal olan ağaç malzeme, zamanla fiziksel ve biyolojik etkenler sonucu tahrip olabilmektedir. Ağaç malzeme özellikle dış ortamda kullanıldığında, mantar ve böcek gibi biyolojik canlılar tarafından kısa sürelerde tahrip edilebilmektedir. Deniz içerisinde kullanıldığında ise, denizde yaşayan odun delici organizmaların tahribatına maruz kalmaktadır. Bütün bu etkenler, ahşap malzemenin kullanım yerinde hizmet süresini olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu yüzden, insanoğlu ilk çağlardan beri ahşap malzemeyi bu etkenlere karşı korumak amacıyla çeşitli koruyucu maddeler ve yöntemler denemiştir. Sanayi ve teknolojinin gelişimiyle bu çalışmalar günümüzde modern boyutlara ulaşmıştır.

Ağaç malzeme, anatomik yapısı gereği diri ve öz odundan oluşmakta, bu iki kısımda anatomik ve kimyasal yönden birbirinden farklı özellikler göstermektedir. Diri odun, öz oduna kıyasla kolay çürüyebilmesine karşın, metabolik faaliyetlerin gerçekleştiği canlı hücrelere sahip olması dolayısıyla koruyucu maddelerle emprenye edilebilmesi kolay olmaktadır. Öz odun ise, yoğun miktarda ekstraktif maddeler içeren ölü hücrelere sahip olduğundan emprenye edilebilmesi güç

olmaktadır. Diğer taraftan, bu ekstraktif maddeler odunu tahrip eden biyolojik organizmalara karşı zehirli etki göstererek doğal bir koruma sağlamaktadırlar.

Bu kapsamda, yapılan çalışmada diri ve öz odunun emprenye edilebilme oranları ve bunu takiben arazide ve denizde dayanım özellikleri ve emprenye maddesinin yıkanabilme özellikleri araştırılmıştır. Çalışmanın konusu gereği, diri ve öz odunu belirgin şekilde ayırt edilebilen, ayrıca dış ortamlarda ve denizde yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi dolayısıyla, sarıçam (*Pinus sylvestris*), sapsız meşe (*Quercus petrae*) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*) türleri tercih edilmiştir.

Kimyasal maddeler olarak, dış ortamlarda kullanılan ahşap malzemenin emprenyesinde önemli olan ve su ile yıkanarak uzaklaşması güç olan Tanalith-C (CCA) ve maden kömürü katranından yan ürün olarak elde edilen kreozot kullanılması tercih edilmiştir.

1.2 EMPRENYE ENDÜSTRİSİNİN GELİŞİMİ

Günümüz emprenye endüstrisi, endüstriyel devrimin bir ürünü olarak ortaya çıkmıştır. İlk emprenye silindirleri, buhar makinelerinin kazanlarının üretimi için geliştirilen teknoloji ile üretilmiştir. Çelik endüstrisinin bir yan ürünü olan kreozot, yıllarca emprenye maddesi olarak kullanılmıştır. 19. yüzyıl sonları ve 20. yüzyıl başlarında tren, elektrik ve telgraf ağlarının gelişimi, emprenyeli traversler ve direkler için hazır pazarların oluşmasına yol açmıştır. Benzer şekilde 21. yüzyılda toplumsal ve teknolojik değişiklikler, şüphesiz odun koruma endüstrisinin geleceğini şekillendirecektir.

Daha uzun dönemde karbon ekonomisine yönelik olan değişme, hızlı büyüyen ağaçların geniş plantasyonlarının kurulmasına yol açacaktır. Yakıt amaçlı hasat edilen gövdelerden üretilen odunsu artıklar, yeni biosidlerin, çözücülerin veya dayanıklı kompozitlerin üretimi için fırsatlar yaratacaktır. Bu gibi ürünler, mevcut kullanılan veya odun koruma endüstrisi tarafından üretilmiş ürünlerden çok farklı olacaktır (Evans, 2003).

1.2.1 Emprenye Teknolojisi

Günümüzde ticari emprenye üniteleri 50 yıl öncekilerine benzemektedir. Fakat bunların görünüşlerinde, tasarımlarında ve işletimlerinde belirgin değişimler olmuştur. Özellikle son 10 yılda, bu ünitelerin işletimlerinde yükselen bir oranda otomasyona gidildiği görülmektedir. Bunlara örnek; vanaların basınçlı hava ile açılıp kapanması, ahşap malzemenin silindir içerisine sevk işlemleri, alınan sıvı miktarının kaydedilmesi ve emprenye süresinin kontrolü örnek verilebilir.

Bazı işletmelerde, daha esnek bilgisayar kontrollü sistemler kullanılmakta ve bunlar, türe ve kullanım yerine özgü emprenye işlemine imkan sağlamaktadırlar. Akışkan dinamiğindeki gelişmeler, enerji yönünden daha verimli basınç pompalarının gelişimini sağlamıştır. Bu pompalar daha az bakım gerektirmekte ve emprenye çözeltisi içerisinde katı partiküller olması durumunda bile işlevlerini yerine getirebilmektedirler. Emprenye tesisi pompaları ve silindirleri uzun zaman alan araştırmalarla, asidik veya alkali odun koruyucuların pas etkilerine karşı çok daha dayanıklı hale getirilmiştir.

Uzun yıllardır emprenye tesisleri, kimyasal maddelerin toprağa ve suya geçişini en aza indirecek yönde dizayn edilmişlerdir. Çevresel kaygılar, odun koruyucu maddelerin fiksasyonunu hızlandırmak için emprenye sonrası kurutma ünitelerinin kurulmasına yol açmıştır. Emprenye tesislerindeki teknolojik gelişmeler gelecekte de devam edecektir. Muhtemelen, ekonomik yönden daha randımanlı olmaları için, bu tesislerin sayıları azalacak fakat daha büyük hale geleceklerdir (Evans, 2003).

1.2.2 Doğal Koruma Yöntemleri

Günümüzde doğal dayanıklı odunların kullanımına ya da doğal dayanıklı ağaçlardan elde edilen koruyucu maddelerin kullanımına yönelik olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Tropikal ormanlardan elde edilen doğal dayanıklı odunların varlığı hızlı şekilde azaldığı için ilgi diğer dayanıklı kerestelere yönelmiştir. Örneğin; *Larix* türleri kuzey yarıkürede geniş miktarlarda bulunmakta ve bunların

keresteleri dış yüzey uygulamalarında yeterli dayanım göstermektedir. Asya ve Güney yarıkürede bulunan ökaliptus ve akasya plantasyonları, doğal dayanıklı keresteler için daha sürdürülebilir potansiyel bir kaynak oluşturmaktadır. Ökaliptus ve akasya kısa bir periyottan sonra, türe bağlı olarak çeşitli dayanıklılıkta öz odun oluşturmaktadırlar. Üstelik, uygun şartlar altında 8-10 yıl yetiştirildiklerinde hasat edilebilir bir seviyeye gelmektedirler.

Benzer şekilde, doğal ürünlerden elde edilen koruyucu maddelere karşı olan ilgi artmakta ve çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu alanda yayınlanmış son patent, Neem (*Azadirachta indica*) ağacından ekstrakte edilmiş bitki alkaloidlerini, salisiklik asid, odun sirkesi ve bakteriyel metabolitleri içermektedir. Bitkilerden elde edilen biosidler içeren koruyucu maddeler çeşitli ülkelerde üretilmektedir. Örneğin; hiba (*Thujaopsis dolabrata*) ve cypress pine (*Callitris glaucophylla*) türlerinden elde edilen yağlı koruyucu maddeler, ticari olarak Japonya ve Avustralya'da satılmakta ve çoğu ülkede odun katranı üretimi devam etmektedir. Bu gibi ürünlerin yaygın kullanımı, maliyet ve teminlerinden dolayı endüstriyel çapta sınırlıdır. Bu yüzden, gelecekte bitkilerden türetilmiş biosidlerin odun koruyucu olarak kullanımı, geniş plantasyonların kurulmasına ve yan ürün olarak biosid üreten biomass teknolojisinin gelişimine bağlıdır. Çünkü, günümüzde piyasa daha zararsız, ucuz ve aynı zamanda odunu biyolojik zararlılardan koruyabilen, fakat kimyasal zehirli maddeleri içermeyen maddelere ihtiyaç duymaktadır. Bu da çevresel endişelerden kaynaklanmaktadır ve bu sektördeki yenilikleri gelecekte bu yönde şekillendirecektir (Evans, 2003).

1.3 ÇALIŞMADA KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİNE AİT BİLGİLER

1.3.1 Sarıçam (*Pinus sylvestris*)

Mevcut çam türleri içerisinde en geniş coğrafi yayılımı olan Sarıçam, Avrupa ve Asya'da yaklaşık 3700 km eninde ve 14700 km uzunluğunda çok geniş bir yayılım alanına sahiptir. Sarıçam, 20-40 m arasında boy yapmakta, ülkemizde saf ve karışık olarak bir milyon hektara yakın bir saha üzerinde yayılmaktadır. Kuzey

Doğu Anadolu, Ardahan, Oltu, Posof, Sarıkamış dolaylarında çoğunlukla saf, Yalnızçam Dağları'nda saf veya Ladin ve Gökmar gibi diğer ağaç taksonları ile karışık olarak geniş ormanlar kurar. Karadeniz Bölgesi'nde Of, Sürmene, Artvin, Rize, Gümüşhane, Giresun, Amasya, Sinop ve Abant çevresinde geniş bir yayılım gösteren sarıçam Türkiye toplam orman alanının % 5.5'ini oluşturmaktadır (Yaltırık ve Efe, 1994).

Makroskobik özellikler

Yetiştirme muhiti sarıçam odununun özellikleri üzerine çok etkilidir. Yüksek rakımlarda yıllık halkalar dar, deniz seviyesine yakın yerlerde ise geniştir. Dağlık bölgelerde yetişen üstün özellikli odunlarda koyu renkli bir öz odunu vardır. Alçak yerlerde yetişen üstün özellikli odunlarda da koyu renkli öz odunu oluşur. Kötü yetiştirme koşullarında öz odunu oluşmaz. Boyuna reçine kanalları enine, radyal ve teğet kesit düzlemlerinde çıplak gözle rahatlıkla görülür (Merev, 2003).

Mikroskobik özellikler

İlkbahar odunu traheitlerinin radyal çeperlerindeki kenarlı geçitler çoğunlukla üniseridir. Yaz odunu traheitlerinin teğet çeperlerinde de nadiren küçük çaplı kenarlı geçitlere rastlanabilir. Özışınları üniseri ve heterojendir. Özışını yüksekliği 15 hücreyi geçmez. Enine traheitler, özışını paranzim hücrelerine göre daha bol miktarda olup, çeperleri belirgin testere dişi gibi kalınlaşma içerir. Enine traheitler bol miktarda küçük kenarlı geçitler içermektedir. Boyuna traheitlerle özışını paranzim hücrelerinin karşılaşma yerlerinde pencere şeklinde geçitler vardır. Reçine kanalları normal boyuna ve enine kanallardır. Boyuna kanallar genellikle yaz odunu zonunda yer alır. Kanalların epitel hücreleri ince çeperlidir. Boyutları 100-150 mikrondur. Enine reçine kanallı öz ışınları mültiseridir (Merev, 2003).

Sarıçam odunu kolay kurutulur, çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi azdır. İyi işlenebilme ve yapışma özelliğine sahiptir. Yüzey işlemlerinde, reçine sızıntısı nedeniyle güçlük meydana gelir. Öz odunu oldukça dayanıklı, diri odunu mantar ve böceklerle karşı hassas, odunun rutubeti % 25'den fazla olduğu hallerde, 20-25 °C sıcaklıklarda mavi renk oluşumu görülür.

Öz odun orta derecede güç, diri odun kolay emprenye edilmektedir. Binalarda iç ve dış maksatlarda, pencere doğramalarında, emprenye edildiğinde toprak ve su tahkimatında, maden direği, tel direği ve travers olarak, kaplama levha, kontrplak, lif ve yonga levha ile kağıt endüstrisinde ve mobilya yapımında kullanılmaktadır (Bozkurt ve ark. 2000).

1.3.2 Meşe (*Quercus petrae* L. subsp. *iberica*)

Ak meşelerin en önemli türlerinden biri olan sapsız meşe, 100-1700 m yükseltileri arasında yetişir. Karadeniz ve Marmara Bölgesinde yayılmıştır. Optimum şartlarda 30 m kadar boylanabilmektedir (Merev, 2003).

Makroskobik özellikler

Diri odun açık sarımsı veya açık kırmızımsı renkte, öz odunu kırmızımsı kahverengi renktedir. İlkbahar odunu traheleri, yaz odunu trahe alanları ve mültiseri özışınları, enine kesit düzleminde çıplak gözle görülür. Radyal kesit düzleminde, mültiseri öz ışınları kahverengi bantlar halinde olup çıplak gözle görülebilir (Merev, 2003).

Mikroskobik özellikler

Yıllık halka genişliği, ilkbahar ve yaz odunu trahelerinin oryantasyonunu, yaz odunu trahe alanlarının şeklini ve ilkbahar ve yaz odunu trahe geçişini etkilemektedir. Çok geniş yıllık halkalarda; ilkbahar odunu traheleri radyal yönde çok sıralı, ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş çok yavaş ve yaz odunu trahe alanları radyal dar ve uzun bantlar halindedir. Yıllık halkalar daraldıkça ilkbahar odunu traheleri yıllık halka sınırında tek sıra halinde yıllık halkayı sarar. Ak meşelerde ilkbahar odunu traheleri kalın çeperli ve muntazam, yaz odunu traheleri ince çeperli ve köşelidir. Kenarlı geçitler daire şeklinde ve almaçlı, perforasyon tablası basittir. Trahe özışını geçitleri horizontal yönde uzun ve elips şeklindedir. Tüm meşelerde olduğu gibi lif dokusu; libriform lif, traheit lifi ve vasisentrik traheitlerden oluşur. Boyuna paransim çoğunlukla apotraheal-kesik zincir şeklinde ve ağaç boyu yönünde genellikle 8 üniteden meydana gelmiştir. Özışınları; üniseri

ve mültiseri homoseller, homojendir. zsn ve boyuna paranim hücreleri, yetime yerine göre az veya bol miktarda rombodial kristal ve kum kristalleri içerebilir (Merev, 2003).

Kurutulmaları sırasında, kil değişmeleri ve çatlamalar meydana gelebileceği için çok yavaş bir program uygulanmalıdır. İlenme zellikleri yıllık halka genişliğine göre değişmekle birlikte yaptırlabılme kabiliyetleri iyidir. Metallerle temasta mavi renklenme meydana gelmekte, kolay cilalanabilmekte ve ivilenebilme kabiliyetleri iyidir.

Diri odunları az dayanıklı olmasına karşın öz odunları dayanıklıdır. z odunları çok zor emprenye edilirken diri odunun emprenyesi kolay olmaktadır. Meelerin çok geniş kullanım alanı vardır. Yapı ve konstrüksiyon malzemesi, köprü, vagon yapımı, merdiven basamağı, parke, masif mobilya, kutu, sandık, palet, küçük gemi yapımı, tarım aletleri, araba tekerleği, alet sapları, alkollü madde fiıları ve travers olarak kullanılır. Dar yıllık halkalılar mobilya, tornacılık ve çok değerli kesme kaplama levha yapımında kullanılmaktadır (Bozkurt ve ark, 2000).

1.3.3 Kestane (*Castanea sativa* Mill.)

Ülkemizde, Marmara, Bölgesi ve Kuzey Anadolu ormanlarında, özellikle yapraklı (*Quercus-Carpinus-Fagus*) ormanlarında karklığa girer. Ege ve Akdeniz bölgelerinde ise (Tire, Söke ve Antalya-Zerk harabeleri yakını gibi) lokal olarak bulunur veya kültürü yapılmaktadır. Sarıçam 30 m kadar boylanan dolgun gövdeli ve uzun ömürlü bir ağaçtır (Yaltırık ve Efe, 2000).

Makroskobik zellikler

Diri odun sarımsı beyaz renkte, öz odunu kirli sarı renktedir. Enine kesitte ilkbahar odunu traheleri, yaz odununda açık renkli trahe alanları çıplak gözle görülür. zsnları üniseri olduğundan enine kesitte çıplak gözle görülmez. Odunda tanen kokusu vardır. odun halkalı traheli olduğundan yıllık halkalar çok belirgindir (Merev, 2003).

Mikroskobik özellikler

Kestane odunu halkalı trahelidir. Büyük çaplı ilkbahar odunu traheleri tek tek dağılmış, küçük çaplı yaz odunu traheleri alan oluşturmıştır. Yaz odunu traheleri yaz odunu zonunun sonuna doğru giderek küçülür. Perforasyon tablası basit ve merdiven şeklindedir. Merdiven şeklinde perforasyon tablası, çapları küçük yaz odunu trahe hücrelerinde görülür. Daire şeklindeki kenarlı geçitler almaçlıdır. Odunda libriform lifleri, traheit lifleri ve vasisentrik traheitler vardır. boyuna paranşim apotraheal-dağınaktır ve pek bol değildir. Özışınları üniseri homoselüler, homojendir. Özışını ve boyuna paranşim hücrelerinde kum kristalleri, küçük boyutlu kalsiyum oksalat kristalleri ve iğne şeklinde kristaller vardır (Merev, 2003).

Kestane odununun kurutulması sırasında çatlama, dönüklük ve kollaps meydana gelebilmektedir. İyi ve kolay işlenmelerine karşın çok güç yarırlılar. Yapıştırılabilme kabiliyetleri yeterli derecededir. İçerdikleri fazla miktardaki tanen nedeniyle metallere temas halinde koyu renkler oluşur. Çivi ve vida tutma kabiliyetleri iyi olup kolaylıkla cila edilebilirler.

Kestanelerin öz odunları dayanıklıdır; bu dayanım su altında kullanıldığında çok daha fazla olmaktadır. Diri odunları böceklerle karşı hassas, öz odunları çok güç emprenye edilebilmektedir. Kullanım yerlerine gelince; tel direği, çit direği, travers, kuru madde fiçileri, mobilya, bükme mobilya, döşeme tahtaları, paneller ve yarı kimyasal selüloz yapımında kullanılırlar. Odunlarının yongalarından ekstraksiyon yolu ile sepi maddesi elde edilir (Bozkurt ve ark., 2000).

1.4 ÇALIŞMADA KULLANILAN KİMYASAL MADDELERE AİT BİLGİLER

1.4.1 Tanalith-C (CCA : bakır-krom-arsenik)

Odun koruma teknolojisi alanındaki en önemli ilerlemelerden biri, bakır- krom-arsenik emprenye maddelerindeki gelişme olmuştur. Günümüzde bakır-krom-

arsenik (CCA) içeren çok sayıda odun koruyucu emprenye maddesi mevcuttur. CCA grubunun içerisinde bakır, krom ve arsenik bileşenleri değişen oranlarda mevcut olup, çeşitli şekillerde oksid veya tuz bileşiminde bulunmaktadırlar (Richardson, 1993).

Oksit esaslı CCA emprenye maddesinin bileşimi, AWP (American Wood Preservers' Association) tarafından belirlenmiş olup, içerisindeki bakır, krom ve arsenik miktarının değişik oranları nedeniyle A.B. ve C olmak üzere 3 tipe ayrılmıştır. Çizelge 1.1'de CCA-A, B, C tipleri verilmiştir (AWP, 1995).

Çizelge 1.1 AWP standartları'na göre CCA'nın bileşimi.

BİLEŞEN	TİP A (%)			TİP B (%)			TİP C (%)		
	En Az	Optimal	En Çok	En Az	Optimal	En Çok	En Az	Optimal	En Çok
Cr, (CrO ₃)	59.4	65.5	69.3	33.0	35.3	38.0	44.5	47.5	50.5
Cu, (CuO)	16.0	18.1	20.9	18.0	19.6	22.0	17.0	18.5	21.0
As, (As ₂ O ₅)	14.7	16.4	19.7	42.0	45.1	48.0	30.0	34.0	38.0

AWP tarafından standardize edilen bu formülasyonlarda, karışımdaki bileşenler tuzlar şeklinde değil, aktif oksitler biçimindedir. Metal tuz esaslı CCA emprenye maddelerinin ise iki tipi bulunmakta olup, bu tiplerin bileşimleri Çizelge 1.2'de verilmektedir (BSI, 1974).

Çizelge 1.2 BSI' ye göre CCA-Tip I ve CCA-Tip II'nin bileşimi.

Bileşen	CCA Tip I (%)	CCA Tip II (%)
Cu, (CuSO ₄ 5H ₂ O)	32.6	35.0
Dikromat, (K ₂ Cr ₂ O ₇ veya Na ₂ CrO ₇)	41.0	45.0
As, (As ₂ O ₅ 2H ₂ O)	26.4	20.0

CCA emprenye maddeleri genellikle hava kurusu haldeki ağaç malzemeye, dolu hücre metodu ile uygulanmaktadır. Emprenye edilen malzeme; temiz, kokusuz

olmakta, boya ve vernik gibi yüzey işlemleri kolaylıkla yapılabilmekte, yanmaya ve korozyona karşı dirençli bir hal almaktadır.

CCA ile emprenye edilmiş odunun uzun süreli dayanımında üç önemli parametre bulunmuştur. Bunlar; emprenye sırasındaki sıcaklık, CCA çözeltisinin başlangıç pH'sı ve çözeltinin konsantrasyonudur. Bu parametrelerin değerlerindeki değişiklik, kimyasal bileşenlerin lignin ve holoselüloz arasındaki dağılımında önemli farklılıklara yol açar. Bu dağılımdaki etkili farklılık, CCA ile emprenyeli ahşap malzemenin dayanımını önemli oranda etkilemektedir (Pizzi, 1983a).

1.4.2 Kreozot

Kreozot; maden kömüründen havagazı ve kok kömürü üretiminde oluşan katranın damıtılmasıyla elde edilmektedir. İlk aşamada katran havası alınmış kazanlarda ısıtılmakta ve bu olaya karbonlaşma denilmektedir. Bu ısıtma sırasında açığa çıkan buharlar soğutulup, yoğunlaştırılmakta ve katran yağları olarak toplanmaktadır. Katranın 200 ile 400 °C ler arasında kaynayan kısmı kreozotu oluşturmakta, 350 °C nin üzerinde kaynayan bileşenler ise artık maddeleri meydana getirmektedir.

Kreozot, yüzlerce maddenin karışımından meydana gelmekte ve bunların çoğunluğunu aromatik hidrokarbonlar oluşturmaktadır. Kreozotun % 1-3'ü katran asitleri, % 1-3'ü de katran bazlarıdır. Bunlar heterosiklik bileşikler olup, hidrojen ve nötral oksijenlendirilmiş bileşikleri içermektedir.

Kreozot 150 yıldan fazla bir süreden beri, ağaç malzemenin emprenyesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Yabancı ülkelerde posta, elektrik ve demiryolu işletmelerinde, kreozot ile emprenye edilmiş direk ve traverslerde yapılan incelemelerde, kreozotun çürümeye karşı çok uzun süreli bir koruma sağladığı ortaya çıkmıştır

Kreozotun genel özellikleri aşağıda Çizelge 1.3'de verilmektedir (ASTM, 1997).

Çizelge 1.3 Kreozotun genel özellikleri.

	Kullanılmamış Kreozot		Kullanılmış Kreozot	
	Min	Max	Min	Max
Su, %	-	1.5	-	3.0
Xylene'de çözülmeyen madde, %	-	0.5	-	1.5
Özgül ağırlık, tüm kreozot için				
38/15.5 °C	1.050	-	1.050	-
235/315 °C	1.027	-	1.027	-
315/355 °C	1.095	-	1.095	-
Susuz kreozottaki destilasyon,%				
210 °C ye kadar	-	2.0	-	2.0
235 °C ye kadar	-	12.0	-	12.0
270 °C ye kadar	10.0	35.0	10.0	35.0
315 °C ye kadar	40.0	65.0	40.0	65.0
355 °C ye kadar	60	77	60	77

Kreozotun spesifikasyonlarında, mantarlara karşı yüksek derecede fungisid etkisine sahip katran asitleri içerdiği bilinmektedir. Gerçekte, kreozotun odun koruyucu özellikleri pek çok faktöre bağlıdır. Katran asitleri iyi derecede fungisid özellik göstermesine rağmen, odundan buharlaşma ve yıkanma yoluyla uzaklaşabilmektedirler. Bunların yanında, naftalen gibi daha az toksik etkiye sahip bileşenlerin miktarları da önemli görülmektedir. Yüksek naftalen içeren kreozotun, deniz içerisinde çok iyi bir dayanım gösterdiği bulunmuştur.

Kreozotun spesifikasyonları kullanım yerindeki tecrübelerin sonuçlarına dayanılarak, tedrici olarak geliştirilmiştir. Bazı zamanlar farklı ülkelerde değişik spesifikasyonlar ortaya atılmıştır. Bununla birlikte, kreozotun özü kullanılan kömürün türüne ve destilasyon yöntemine bağlı olmaktadır.

Kreozotun uzun süreli dayanımı, içerisindeki daha ağır olan bileşenlere bağlı olmakla beraber, iyi bir penetrasyon daha hafif olan bileşenlerle sağlanmaktadır.

Eğer kreozotun basınçla emprenyesi yapılacaksa, penetrasyonu artırmak için sıcaklığı yükselterek daha ağır olan bileşenlerin viskozitesini azaltmak gerekmektedir (Richardson, 1993).

Kreozot ile emprenye edilmiş odunun, toprak ile temas halinde kullanılması durumunda, 15 ile 20 yıldan sonra başarısızlık oranı artmaktadır. Başarısızlık oranı sayıca küçük kalırken, özellikle travers ve tel direklerinin kullanımında önemli görülmektedir. Buna rağmen, ağır yağların ısıtılıp viskozitesinin düşürülmesi ve penetrasyonun artırılmasıyla bu başarısızlık azaltılmaktadır.

A.B.D. gibi bazı ülkelerde kreozot, kömür katranı ile birlikte kullanılmaktadır. Bilindiği gibi, katran kreozotun buharlaşma ve yıkanmayla uzaklaşmasını sınırlamakta ve bazı durumlarda petrol destilatlarıyla karıştırılarak kullanılabilir. Bu karışımlar diğer ülkelerde yaygın değildir. Bu ülkelerde, spesifikasyonlar genellikle optimum koruyucu aktivitesinin sağlanması için kreozotun tek başına kullanılmasını gerektirmektedir (Richardson, 1993).

Toksik etkisinin yanında, kreozotun artık ve diğer ağır bileşenleri odundaki rutubet değişikliklerini sınırlandırmaktadır. Böylece, emprenye edilmiş odun daha stabil hale gelmekte ve çatlamaya karşı dirençli olmaktadır.

Ayrıca, kreozot alternatif koruyucu maddeler tarafından kolaylıkla taklit edilemeyecek avantajlı özelliklere sahiptir. Bununla birlikte, kreozot ile yapılan emprenye işlemlerinin kirli olması onun olumsuz bir özelliğidir. Son yıllarda, bileşiminde benzopiren bulunan polisiklik aromatik hidrokarbonların sağlık riski taşımasından dolayı da kullanımı sınırlandırılmıştır (Richardson, 1993).

Kreozot ile emprenyeli odunun en önemli dezavantajı, kreozotun güneş ışınları etkisiyle birlikte traheidlerden odun yüzeyine kanama şeklinde sızmasıdır. İyi bir emprenye işleminden sonra, traheid hücre çeperleri kreozot ile kaplanmalı fakat lümenler kreozot ile dolmamalıdır.

Kreozotun odun içerisindeki penetrasyonu yağ basıncı periyodundan etkilenmekte, daha uzun sürede daha iyi penetrasyon sağlanmaktadır. Yağ basıncı ile ön basınç arasındaki fark eşdeğer olsa dahi, düşük derecedeki ön basınç yüksek ön basınca göre daha yüksek retensiyon sağlamaktadır. Kanama olayı, emprenyeden önce ve sonra odunun kreozot içerisinde ısıtılmasından etkilenmektedir. Emprenye işleminden önce ve sonra odunun 3 saat kreozot içerisinde ısıtılması sonucu retensiyon yüksek olsa dahi, daha az kanama meydana gelmektedir (Bergman, 2003).

1.5 ODUNUN EMPRENYESİ İLE ANATOMİK YAPISI ARASINDAKİ İLİŞKİ

Ağaç malzemenin emprenye edilebilme kabiliyeti, anatomik yapısına ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak ağaçlarda büyüme ve gelişme boyuna ve enine yönde olmakta, gelişmenin durumuna bağlı olarak da ağaç türlerinde özel şekiller meydana gelerek oluşan odunun özellikleri değişiklik göstermektedir. Bu yüzden ahşabın emprenye edilebilme kabiliyeti üzerinde anatomik yapı önemli derecede etkili olmaktadır (Bozkurt ve ark., 1993).

1.5.1 İğne Yapraklı Ağaçların Anatomik Yapısı

İğne yapraklı ağaç odunları basit yapılıdır. Ağaç boyu istikametinde uzanan boyuna traheidlerle, çap istikametinde uzanan özışınları odunun asli elemanlarını oluştururlar. Ayrıca yan elemanlar olarak reçine kanalları, boyuna parانشim ve enine traheidler bulunur.

Traheidler, ağaç boyu yönünde uzanan, sivri uçlu ölü hücreler olup çeperleri ligninleşmiştir. İğne yapraklı ağaçlarda iletim ve destek görevi yapan hücreler boyuna traheidlerdir. Boyları uzun, çaplarının 100 katı kadar, enine kesitleri dört veya altı köşeli, uçları kapalı hücrelerdir. Traheidlerin dokuya katılım oranı % 90-95 arasında olup, dokunun geri kalan % 5-10'u öz ışını parانشimleri, boyuna parانشimler ve reçine kanallarından oluşur. Boyuna traheidler, hücre olgunlaşma

safhasının sonunda canlılığını kaybeden ölü hücreler olduklarından lümenleri boş hücrelerdir (Bozkurt ve ark., 2000).

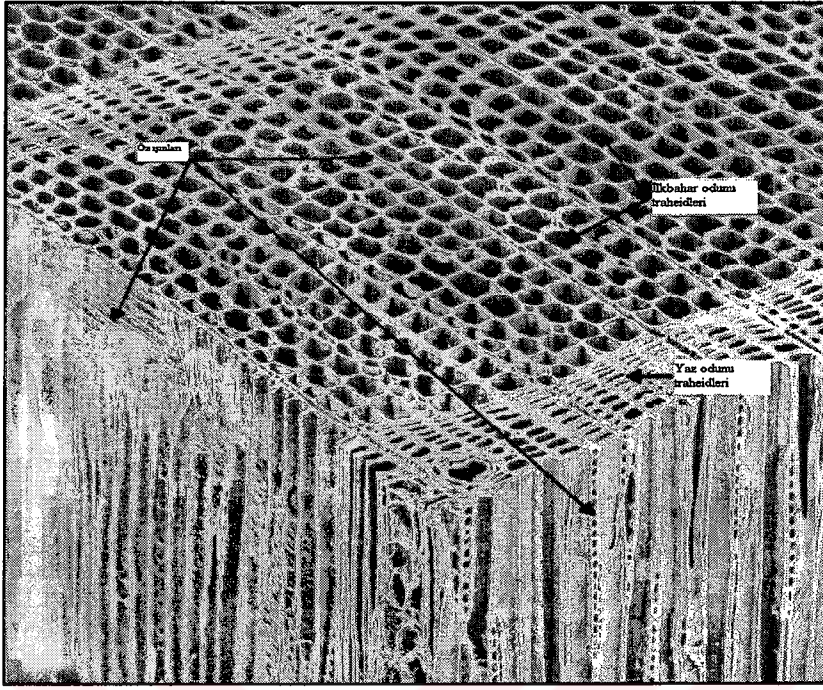
Traheidlerin genellikle radyal çeperleri kenarlı geçitlerle donatılmıştır. Traheidlerin arasındaki geçitler kenarlı geçitler olup bunların orta kısmında torus bulunmaktadır.

Traheidlerin en önemli karakteristik özelliği radyal çeperler üzerindeki büyük kenarlı geçitlerdir. Geçitler hücre çeperinde mevcut açıklıklar olup, hücreden hücreye sıvı madde akışını sağlamaktadırlar. Emprenye maddelerinin odun içerisine absorpsiyonunda kenarlı geçitler önemli rol oynamaktadır.

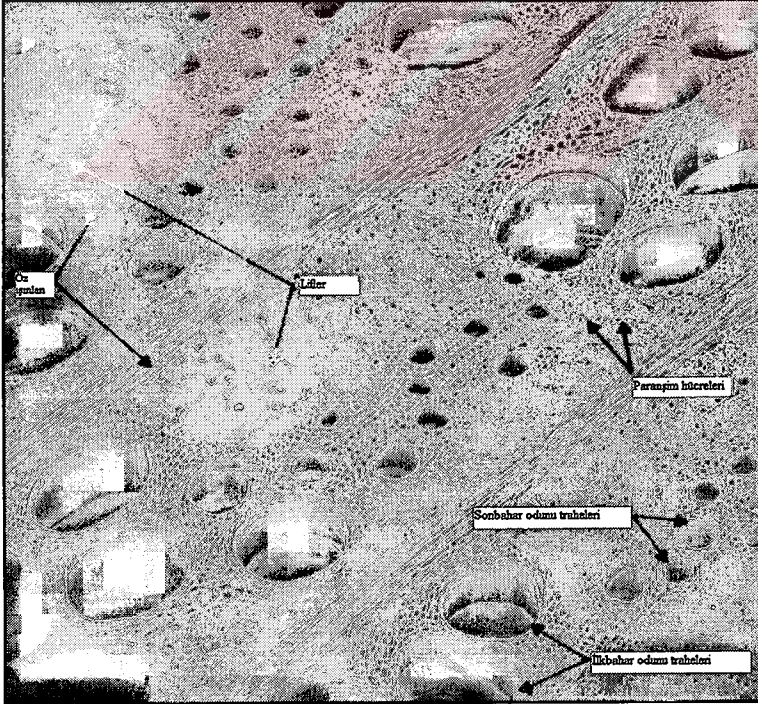
İğne yapraklı ağaçlarda geçit zarının orta kısmı kalınlaşmıştır. Torus adı verilen bu kısım porusun önüne geldiğinde geçit kapanmaktadır. Margo adı verilen, kalınlaşmamış geçit zarının dış kısmı ise sıvıların bir hücreden diğerine geçebilmesi için çok küçük açıklıklara sahiptir.

Öz odun oluşumunda kenarlı geçitler kapanmakta, torus üzerine fenollü maddeler yerleşmekte, böylece emprenye maddelerinin geçişi güçleştirilmekte veya tamamen engellenmektedir. Bu nedenle öz odun, diri odundan daha az emprenye edilebilme kabiliyetine sahiptir. Ayrıca, emprenye maddelerinin radyal yönde oduna nüfuz etmesi özışınları yolu ile olmaktadır (Bozkurt ve ark., 1993).

Şekil 1.1 ve Şekil 1.2’de iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarına ait anatomik elemanları görülmektedir.



Şekil 1.1 İğne yapraklı ağaç odununda anatomik elemanlar (Haygreen and Bowyer, 1996).



Şekil 1.2 Yapraklı ağaç odununda anatomik elemanlar (Haygreen and Bowyer, 1996).

1.5.2 Yapraklı Ağaçların Anatomik Yapısı

Yapraklı ağaç odunlarının asli elemanları traheler, özışınları, lifler ve boyuna paransimler, yan elemanları ise yalancı özışınları, öz lekeleri ve tüllerdir. Traheler, ağaç boyu yönünde uzanan ve suda erimiş besin maddelerini yapraklara ileten elemanlardır. Traheler uçları açık hücrelerdir. Ağaç gövdesi içerisinde üst üste yerleşerek 10 cm'den 10 m'ye kadar, ya da daha uzun iletim borusu oluşturmaktadırlar. Trahelerin uçlarındaki açıklıklar perforasyon tablaları oluşturarak suyun iletimini sağlamaktadırlar. Ayrıca, bir traheden diğerine kenarlı geçitler yolu ile geçiş de sağlanmaktadır. Kenarlı geçitler, yapraklı ağaçlarda farklı yapıda olup iğne yapraklı ağaçlardaki gibi torusa sahip değildir

Trahelerin lümenleri boş olduğu gibi, bazen tyller ve çeşitli amorf maddelerle, ya da nadiren nişasta tanecikleri ve kristallerle dolu olabilmektedir. Tüller, trahelere bitişik paransim hücreleri içeriğinin trahe lümenlerine dolması ile meydana gelmektedir. Odunda tül oluşumunun meydana gelmesi için, trahe-öz ışını paransimi arasındaki geçit çaplarının büyük olması ve paransim hücresinin aktif olması gerekmektedir.

Trahelerin tüllerle dolup tıkanması, kurutma ve emprenye işlemlerinde problemlere neden olur. Tüller ağaç malzemenin dayanıklılığını arttırmamakta, emprenye edilmesini güçleştirmekte, sıvı ve gaz akışını engellemektedir (Bozkurt ve ark., 2000).

1.6 ODUNUN PERMEABİLİTESİ

Ağaç malzemeyi kimyasal maddelerle emprenye etmeden önce üzerinde dikkat edilmesi gereken iki önemli görüş vardır. Birincisi, odunun mantar ve böceklerle karşı olan doğal dayanımı, ikincisi ise sıvılara karşı olan permeabilitesidir. Ahşabın çürümeye karşı olan doğal dayanımı, başlıca odunun kimyasal bileşimine bağlıdır. Permeabilite ise odunun mikroskobik yapısı ile ilgili olan bir özelliktir (Findlay, 1985).

Genel anlamda permeabilite deyimi, sıvıların poröz bir yüzeyden basınç altında geçişlerinin hızlı veya yavaş oluşunu ifade etmektedir. Basınç altında kolayca sıvı akışı sağlanıyorsa, o malzemenin permeabilitesi yüksek demektir. Bütün ağaç türlerini eşit bir şekilde emprenye etmek mümkün değildir. Bazı ağaç türlerinde emprenye maddesi derinlere nüfuz edebilmekte, bazı türlerde nüfuz güç olmaktadır (Bozkurt ve ark., 1993).

Odunun emprenye edilmesi sırasında iki fiziksel problem ortaya çıkar. Birincisi, odun hücrelerinde sıkışmış halde bulunan havanın nasıl dışarı alınacağı, ikincisi ise sıvıların hücreler içerisinde nasıl yol alacağıdır.

İğne yapraklı ağaçlarda emprenye maddelerinin esas akış yolu, traheidlerden traheidlere olup, kenarlı geçit çifti yardımıyla yapılmaktadır. Ayrıca, parankim hücrelerinden oluşan öz ışınları basit geçitler yardımıyla radyal yönde sıvı akışı sağlamaktadır. Öz ışınlarında bulunan enine traheidler ise radyal yönde sıvı akışını sağlamaktadırlar.

Yapraklı ağaçlarda ise sıvıların geçişi traheler vasıtasıyla sağlanmaktadır. Traheler içerisindeki sıvı madde, geçit açıklıklarından öz ışınlarına, daha sonra boyuna parankim hücrelerine ve liflere veya diğer trahelere doğru geçmektedir (Bozkurt ve ark., 1993).

1.6.1 Permeabiliteye Göre Ağaç Malzemenin Sınıflandırılması

Ağaç türleri permeabilitelerine göre dört gruba ayrılmaktadır (Findlay, 1985).

Kolay emprenye edilenler

Bu tür odunlar, bir silindir içerisinde basınç altında tamamen emprenye edilebilirler. Örnek olarak; sarıçam diri odunu, kavak diri odunu, kayın diri ve öz odunu, ıhlamur diri ve öz odunu verilebilir.

Orta derecede güç emprenye edilenler

Bu tür odunların emprenye işleminde, basınç altında 2-3 saat içinde enine yönde 6-12 mm nüfuz sağlanabilmektedir. Örnek olarak; Douglas göknarı diri odunu, sarıçam öz odunu, dişbudak öz odunu, kırmızı meşe öz odunu verilebilir.

Güç emprenye edilenler

Bu tür odunlarda enine yönde 3-6 mm penetrasyon sağlamak için basınç altında uzun süre gerekmektedir. Arzu edilen bir absorpsiyon elde etmek için delgi işlemi gerekli olmaktadır. Örnek olarak; boylu mazı diri odunu, Douglas göknarı öz odunu, sedir öz odunu, ceviz öz odunu verilebilir.

Çok güç emprenye edilenler

Bu tür odunlarda uzun süreli basınçtan sonra dahi istenilen absorpsiyon sağlanamaz. Örnek olarak; ak meşe öz odunu ve ardıç öz odunu verilebilir.

1.6.2 Permeabilite Testleri

Odunun yapısının mikroskopik olarak incelenmesi permeabilite hakkında bazı fikirler vermesine rağmen, gerçekte uygulanması gereken metod, kurutulmuş örneklerin standard yöntemlere göre emprenye edilmesi ve daha sonra penetrasyonun gözlenmesi ve absorplanan miktarın ölçülmesidir.

Koruyucu madde absorpsiyonu genellikle, katran yağları için emprenye edilmiş odunda, metreküp koruyucu madde olarak ifade edilir. Fakat suda çözünen tuzlar için, odun hacmine alınan kuru tuz miktarı olarak ifade edilir. Bu, tamamen emprenye olan geçirgen türlerde emprenye maddelerinin gerçek penetrasyonunu temsil eder.

Pratikte tam bir penetrasyon nadiren elde edilir. Yuvarlak direklerde esas olan amaç, diri odun bölgesinde tam bir penetrasyon sağlamaktır. Bu yüzden herhangi bir odunu korumak için emprenye edilecek odunun hacmi ve geçirgen bölgenin genişliği dikkate alınmalıdır.

Absorbe edilen kimyasal maddenin dağılımı boyuna yönde kesilen örneklerden gözlenir. Kreozotun liflere karşı yöndeki penetrasyonunu görmek için örnekler enine yönde kesilmelidir (Findlay, 1985).

1.7 ODUNUN DOĞAL DAYANIMI

Ağaç malzemenin kullanım yerinde uzun süre dayanıklılığı iki faktöre bağlıdır; kullanım sırasında ve sonundaki şartları ve özünde var olan doğal dayanımıdır. Odun, diğer bitkisel dokularla kıyaslandığında mikroorganizmaların neden olduğu bozunmaya karşı daha dirençlidir. Odunsu dokuların doğal direnci; başlıca hücre çeperlerine dayanmaktadır. Bununla birlikte, bazı odunların doğal direncinin temel nedeni öz odunlarında mevcut olan toksik maddelerdir (Panshin and De Zeeuw, 1980) .

Ekstraktif maddelerin haricinde, odunun doğal dayanımının nedenleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Scheffer and Cowling, 1966).

1. Odun hücre çeperi yüksek molekül ağırlığına sahip kompleks polimerlerden oluşmaktadır.
2. Odun lignifikasyonu, polisakkaridler üzerinde enzimatik saldırılara karşı fiziksel bir bariyer oluşturur. Böylece ligninin tahrip edilmesi, yalnızca onu degrade etme yeteneğine sahip enzimler tarafından gerçekleştirilir.
3. Odunda bulunan selüloz, diğer bitkisel dokulara nazaran kristallik oranı daha fazla olduğu için mantar ve bakterilerin degradasyonuna karşı oduna daha fazla direnç sağlar.
4. Odun % 0.03-0.1 arasında düşük azot içeriğine sahiptir. Diğer bitkisel dokularda bu oran % 1-5 arasındadır. Odunun düşük azot içeriği, onun çürüklüğe karşı dayanımını artırır.
5. Diğer bitkisel dokulara oranla, odunun bozunmaya başlaması için çok fazla rutubet gereklidir. Örneğin; pamuk lifinde % 10 rutubet degradasyon için yeterli iken, odunda % 26-30 gibi rutubet değerlerinde çürüklük meydana gelmez.

1.7.1 Doğal Dayanımın Önemi

Çoğu ülkede doğal dayanıklı ağaçların kullanımından, emprenye edilmiş ağaç malzemenin kullanımına doğru bir yönelme olmuştur. Çünkü daha dayanıklı odunlar, sekoya, iroko ve paduk gibi yavaş büyüyen ağaçlardan elde edilmektedir. Bu tür ağaçların bulunduğu doğal ormanlar, günümüzde çam ve ökaliptus gibi emprenye işlemi gerektiren hızlı büyüyen türlerle yer değiştirmektedir. Bununla birlikte, doğal dayanıma sahip ağaç malzemelerin belirli maksatlar için hala kullanım yerleri mevcuttur. Bu gibi özel kullanım yerleri aşağıda sıralanmaktadır (Findlay, 1985).

1. Deniz iskele direkleri gibi kolayca emprenye edilemeyen çok geniş hacimli kerestelerin kullanım yerlerinde
2. Tekne yapımında özel şekil verilmesi gereken geniş hacimli keresteler
3. Toksik veya ağır kokulu kimyasal maddeler tarafından bozulmaması gereken sıvıları içeren fiçılarda
4. Ağacın doğal rengi ve görünümünün bozulmaması gerektiği dekoratif çalışmalarda

1.7.2 Ağaç Malzemenin Doğal Dayanıklılığına Göre Sınıflandırılması

Ağaç malzemeyi doğal dayanıklılıklarına göre sınıflandırmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Smith, 1959; Anon.,1972; Fortin and Poliquin,1976; Purslow, 1976; Ofori, 1985) Diri odun çürümeye karşı her zaman hassas olduğundan, dayanıklılık sınıfları öz oduna göre oluşturulmaktadır.

Panshin and De Zeeuw (1980), Amerikan ağaç türlerini dayanıklı veya çok dayanıklı, orta derece dayanıklı ve az dayanıklı veya dayanıksız olarak sınıflandırmıştır. Berkel (1972), ağaç türlerini dayanma süreleri bakımından, çok dayanıklı, orta derece dayanıklı ve az dayanıklı ağaç türleri olarak sınıflandırmıştır. Selik (1988), mantar çürüklüklerine karşı odunların doğal dayanıklılıklarını, yüksek derece dayanıklı, orta derece dayanıklı ve az dayanıklı

ağaç türleri olarak sınıflandırmıştır. ASTM D-2017 (1994), standardında denemeler sonucu elde edilen ağırlık kaybına göre, yüksek dayanıklı, dayanıklı, orta derece dayanıklı, az dayanıklı veya dayanıksız şeklinde bir sınıflandırma yapılmıştır. Findlay (1985), tarafından hazırlanmış şema beş farklı sınıfı kapsamaktadır.

Çok dayanıklı

Sürekli olarak toprak veya su ile temasta olan yerlerde kullanılan ağaç malzemeler. Örnek olarak; tel direkleri, traversler, köprülerde kullanılan ağaç malzeme, deniz direkleri, temel direkleri ve çit kazıkları. Bu gruba pelesenk ve tik gibi tropik kökenli ağaçlar girmekte olup doğal dayanım süreleri 25 yıl ve daha fazladır.

Dayanıklı

Toprak ile temasta olmayan yapılarda kullanılan ağaç malzeme. Bunlar, gemilerin iskelet, omurga ve güverteleri, fiçı yapımı, pencere eşikleri için uygundur. Bu gruba yerli ağaç türlerimizden kestane, ak meşe, ardıç, porsuk ve sedir gibi ağaç türleri girmekte, doğal olarak dayanım süreleri 15-20 yıl arasındadır.

Orta derece dayanıklı

Bu sınıfa giren ağaç malzemelerin toprakla temasta olan yerlerde kullanılabilmesi için emprenye edilmesi gerekmektedir. Kullanım yerleri; binaların dış cephelerinde, çatılarda ve kirişlerde kullanılabilir. Ayrıca, gemi direkleri gibi teknelerin bazı kısımlarında ve taşıtlarda kullanılabilir. Bu gruba yerli ağaç türlerimizden ceviz ve servi dahil olmakta, doğal dayanım süreleri 10-15 yıl arasındadır.

Az Dayanıklı

Bu gruba giren ağaç malzemelerin, kullanım yerlerinde rutubet alma riski varsa mutlaka emprenye işlemi yapılması gerekmektedir. Mobilyalarda ve iç bağlantılarda güvenli şekilde kullanılabilirler. Eğer yüksek oranda diri odun içeriyorlarsa, özellikle kuru odun termitlerinin bulunduğu bölgelerde böcek

saldırısına karşı uzun süreli koruma gerektirebilir. Bu gruba yerli ağaç türlerimizden dut, karaağaç, kırmızı meşe, çam, göknar ve ladin girmekte, doğal dayanım süreleri 5-10 yıl arasındadır.

Dayanıksız

Bu sınıfa giren ağaçlar hızlı şekilde kesilmeli, daha sonra biçilip kurutulmalıdır. Etkili bir şekilde empenye edilmedikçe yapılarda kullanılmamalıdır. Tornacılıkta, kontrplakta kaplama olarak, çay kutuları, kibrit ve sepet yapımında kullanılabilirler. Bu gruba yerli ağaç türlerimizden akçaağaç, at kestanesi, dişbudak, gürgen, huş, ıhlamur, kavak, kayın, kızıl ağaç ve söğüt girmekte olup doğal dayanım süreleri 5 yılın altındadır.

1.7.3 Doğal Dayanımdaki Farklılıklar

Bir ağaç türünün içinde dahi dayanıklılık bakımından geniş farklılıklar ortaya çıkabilir. Bunun sebebi, ya diri odunun değişen oranından ya da odunun çürüklüğe karşı olan doğal direncindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Birinci duruma örnek olarak, geniş oranda öz odun içeren sarıçam, geniş oranda diri odun içeren sarıçamdan çok daha fazla dayanıklıdır.

Aynı tür ağaçların öz odunlarının dayanımlarında dahi farklılıklar mevcuttur. Bu tür farklılıklar, bu ağaçların içerdiği ekstraktif maddelerdeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

Ayrıca, bazı ağaçlarda öz odunun iç kısmı ile dış bölgesi arasında çürüklüğe karşı olan dirençte de büyük farklılıklar vardır. Öz odunun çürümeye karşı direnci, genellikle öz odunun dış bölgesinde maksimuma ulaşırken merkezi öze doğru azalmaktadır (Hillis, 1972). Bu örnek, doğal dayanıklı iğne yapraklı ağaç tomruklarında, ılıman ve tropik bölgelerde yetişen öz odunu çürümeye karşı dirençli olan yapraklı ağaçlarda belirgindir.

Ökalyptus grandis'de öze doğru gidildikçe, öz odunun dayanımındaki azalmanın sebebi olarak ekstraktif maddelerin etkinliğini azaltan polifenollerin polimerizasyonu gösterilmektedir (Nelson and Heather, 1972).

Ayrıca, çürümeye karşı dirençteki azalmanın bir nedeni olarak da, ağacın yaşlanmasına bağlı olarak öz odunun iç bölgesinde mevcut olan ekstraktif maddelerdeki enzimatik veya mikrobiyal değişiklikler ve suda çözünen toksik ekstraktif maddelerin yıkanması gösterilmektedir. Genç ağaçlarla kıyaslandığında, yaşlı ağaçlarda öz odunun dış bölgesinde çürüklük direncinin daha fazla olduğu görülmektedir. Yaşlı ağaçlardaki bu artışın sebebi, yaşlı ağaçlarda yüksek toksik ekstraktif maddelerin üretimine ya da ağaç yaşlandığı için ekstraktiflerin büyük orandaki miktarına bağlanmaktadır (Rao, 1976).

1.7.3.1 Ekstraktif maddeler

Toksik ekstraktif maddeler, odunun doğal dayanımının belirlenmesinde en önemli faktör olarak bilinmektedir. Ekstraktif maddelerden arındırılmış odun çürümeye karşı hassas olmaktadır. Benzer şekilde çürüklüğe karşı eğilimi olan oduna, öz odun ekstraktiflerinin ilavesi sonucu çürüklüğe karşı direnci artabilir. Bazı durumlarda, çürüklük direnci öz odun bileşenlerindeki değişiklikler ile zayıf şekilde uygunluk gösterir. Diğer taraftan, ekstraktif maddeler canlı ağaca saldıran organizmalara karşı spesifik aktiviteler göstermektedir. Ayrıca, bazı dayanıklı öz odunlar, birbirleriyle sinerjistik olarak etkileşimde bulunan düşük toksik özellikteki ekstraktif bileşenleri içerebilir. Örneğin, *Larix* gibi bazı türler oduna çok az veya hiç koruma sağlamayan büyük miktarda ekstraktif maddeleri üretebilmektedir. Oysa, bir türdeki toplam ekstraktif madde içeriği çürüklük direnci ile ilişkilidir. Mikroorganizmaların uzaklaştırılmasında, hücre çeperindeki ekstraktif maddeler hücre lümeninde bulunan ekstraktif maddelerden daha etkilidir (Taylor et al., 2002)

1.7.3.2 Yoğunluğun etkisi

Yoğunluğu fazla miktarda olan odunların çoğu yüksek oranda dayanıma sahiptir. Odunun yoğunluğu, yani birim hacmindeki ağırlığı çürüklük direncinin bir kriteri olabilir. Bununla birlikte, yoğunluğu düşük olan iğne yapraklı ağaçlar yüksek dayanım derecesine sahiptirler. Diğer taraftan kayın, ve akçaağaç gibi ağır odunların öz odunu, en az dayanıklı türler arasındadır. Çünkü, ekstraktif maddelerden yoksun olan türlerin çürüklüğe karşı dayanımlarında önemli bir fark yoktur. Yoğunluğu düşük olan fakat çok dayanıklı olan bazı türler, çürümeyi engelleyen yeterli miktarda toksik maddeleri içermektedir. Sonuç olarak, yüksek dayanımın toksik maddelerle olan ilişkisi dışında, türler içerisindeki yoğunluk farklılıklarıyla dayanıklılık arasında bir kanıt yoktur (Panshin and De Zeeuw, 1980).

1.7.3.3 Büyüme oranının etkisi

İlkbahar odunu ile yaz odunu arasındaki büyüme farklılıklarından dolayı dayanım ile büyüme oranı arasında ilişki kurulamamıştır. Bu dokuların yoğunluklarının farklı olması, bütün odunun yoğunluğunu değiştirmektedir. Yine de, yoğunluk odunun dayanımını belirlemede tek başına bir ölçüt değildir (Panshin and De Zeeuw, 1980).

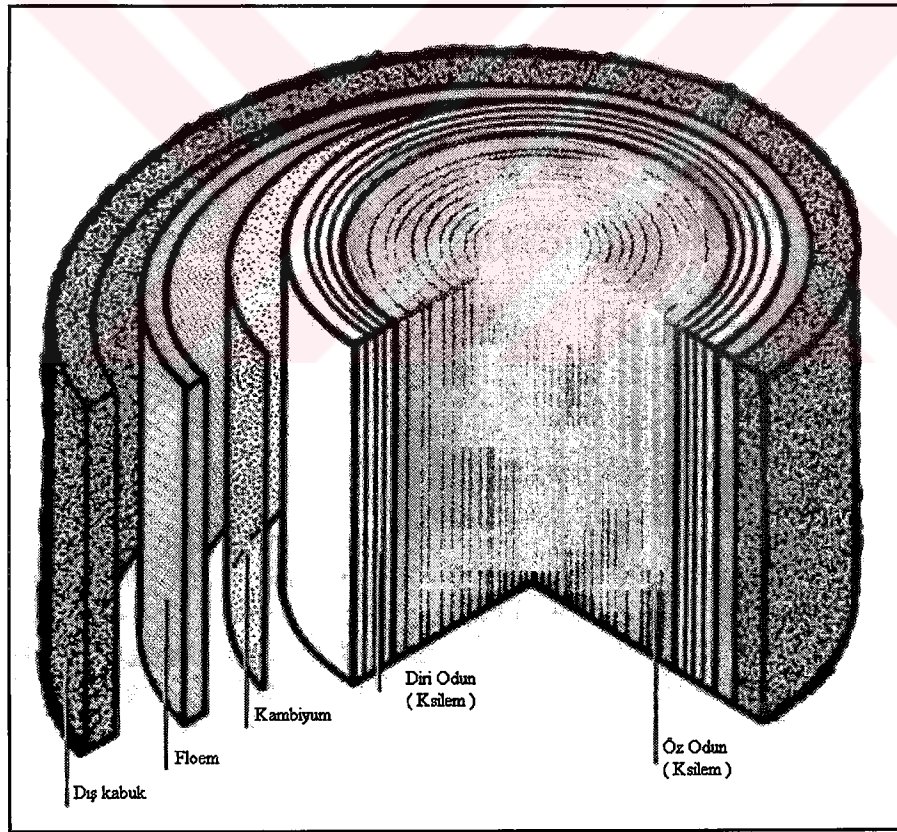
1.7.3.4 Diğer faktörler

Odunda bulunan ligninin türü ve miktarı, mikroorganizmalar tarafından meydana getirilen çürüklükler üzerinde önemli derecede etkiye sahiptir. Hücre çeperinin mikroorganizmalara karşı dirençli olduğu kısımlarında yüksek oranda lignin bulunmaktadır. Vejetasyon mevsiminde yapılan ağaç kesiminde, odunda karbonhidrat seviyesi yüksek olduğundan mikrobiyolojik saldırılara karşı odun hassas olmaktadır. Vejetasyon mevsimi dışında ise karbonhidrat seviyesi düşük olacağı için, odun mikrobiyolojik saldırılara karşı daha dayanıklı olur. Ayrıca,

içerdikleri yüksek orandaki azot seviyesi nedeniyle gübreleme işlemleri çürüklüğe karşı hassasiyetin artmasına yol açmaktadır (Zabel and Morrel, 1992).

1.8 DİRİ ODUN VE ÖZ ODUN

Bir çok ağaç türünde gövde enine kesitinin yeknesak bir renkte olmadığı görülmektedir. Böyle gövdelerde, özün etrafında koyu renkli bir kısım ve dışa doğru açık renkli bir tabaka bulunur. Ortadaki koyu renkli bölge öz odun, dış tarafta kalan açık renkli kısım ise diri odun olarak isimlendirilmektedir. Rengi belirgin olsun ya da olmasın, öz odun oluşumu ağaç türlerine göre farklı yaşlarda başlamaktadır (Bozkurt ve ark., 2000). Şekil 1.3’de olgun bir ağacın gövdesine ait çeşitli kısımlar görülmektedir.



Şekil 1.3 Olgun bir ağacın gövdesine ait çeşitli kısımlar (Haygreen and Bowyer, 1996).

Canlı ağaçlarda suyun yukarı doğru hareketi diri odunda gerçekleştiği için diri odun genellikle yüksek rutubet içeriğine sahiptir. Ayrıca diri odun nişasta gibi

enerji depo maddelerini içermektedir. Diri odunda permeabilite aspirasyona uğramamış, kalınlaşmamış geçitler tarafından kolaylıkla yapılmaktadır. Diri odun birkaç toksik ekstraktif madde içermektedir ve genellikle çürümeye karşı hassastır (Taylor et al., 2002).

Rutubet: Öz odun diri oduna nazaran farklı rutubet içeriğine sahiptir. İğne yapraklı ağaçlarda öz odun genellikle diri odundan daha kurudur. Yapraklı ağaçlarda ise diri odun ve öz odunun rutubet içerikleri spesifikdir (USDA-FS, 1999).

Öz odunun rutubet içeriği, mantarlar tarafından meydana getirilen çürümeyi önleyecek kadar düşük değildir. Odun hücrelerinde serbest haldeki su bulunmayınca mantar aktivitesi sınırlı olmaktadır. Öz odunun rutubet içeriği ise genel olarak bu seviyenin üzerindedir. Dolayısıyla öz odun oluştuğunda rutubet içeriği de değişmekte, fakat mantar saldırısını önlemek için yeterli olmamaktadır (USDA-FS, 1999).

Çizelge 1.4 Bazı İYA ve YA'ların diri ve öz odunlarındaki rutubet miktarları (%) (Bozkurt ve Erdin, 1997).

İğne Yapraklı Ağaçlar	Öz odun	Diri odun	Yapraklı Ağaçlar	Öz odun	Diri Odun
<i>Larix occidentalis</i>	54	110	<i>Acer saccharinum</i>	58	97
<i>Picea sitchensis</i>	41	142	<i>Betula papyrifera</i>	89	72
<i>Pinus monticola</i>	62	148	<i>Fagus grandiflora</i>	55	72
<i>Pinus palustris</i>	31	106	<i>Liquidambar</i>	79	137
<i>Pseudotsuga</i>	37	115	<i>styraciflua</i>	95	113
<i>menziesii</i>	86	210	<i>Populus tremuloides</i>	64	78
<i>Sequoia</i>	121	171	<i>Quercus alba</i>	81	133
<i>sempervirens</i>	58	249	<i>Tilia americana</i>	95	92
<i>Taxodium distichum</i>	85	170	<i>Ulmus americana</i>		
<i>Thuja plicata</i>					
<i>Tsuga heterophylla</i>					

1.8.1 Öz Odun Oluşumu

Bir ağaç genç iken hızlı şekilde büyüdüğünde genellikle öz odun içermemektedir. Bununla birlikte, birkaç yıl sonra öz odun tipik olarak gövdenin merkezine yakın oluşmaya başlar. Öz odundan diri oduna doğru oluşum yaygın olarak 14-18 yaşlarında görülür (Hillis, 1987). Bir kez başladığında, öz oduna doğru diri odun oluşumu sürekli devam eder. Genellikle, diri odunun halka sayısı ağacın taç kısmının boyutuyla direkt ilişkilidir (Hazenburger and Yang, 1991; Yang and Hazenburger, 1991). Bunun anlamı diri odunda yıllık halka sayısı ağacın hayatının ilk yıllarında artmaya meyillidir. Olgun yaşa gelince, taç kısmın hacmi azalır veya kapanır. Öz odun oluşumu her yıl bir yıllık halkayı aşabilir, böylece diri odunun halka sayıları azalır. Öz odun ile diri odun arasındaki sınır yıllık halka büyüklüğüne bağlı değildir.

Kambiyumdan oluşan hücreler daha fazla bölünme kabiliyetine sahiptirler. Kalınlaşmış ve lignifiye olmuş hücre çeperleri oluştuğunda bu kapasitelerini kaybederler. Hücre çeperi kalınlaşmasını, çekirdek ve protoplazma kayboluşunu takiben çoğu hücreler ölür (Esau, 1965). Bununla birlikte, % 5-40 arasında diri odundan oluşan bazı hücreler protoplastlarını muhafaza eder; bunlar parankim hücreleri olarak bilinen özelleşmiş depolama hücreleri olup, hem boyuna yönde hem de özışını hücreleri olarak oluşurlar (Kollmann and Cote, 1968).

Diri odundaki canlı hücreler solunum ve özümleme gibi metabolik işlemleri gerçekleştirirler. Öze doğru gidildikçe, metabolik ve enzimatik faaliyetler azalır. Canlı hücreler ölmeye başlar ve sitoplazma içindeki nişastalar, şekerler ve azotlu maddelerin azalması ile sitoplazma kimyasal bakımdan değişikliğe uğrar. Daire şeklindeki çekirdek bozulmaya başlar, sonra tamamen kaybolur. Bu durum, öz odundaki bütün hücrelerin öldüğünün belirtisidir (Frey-Wyssling, 1963). Böylece, öz odun oluşumu başlayarak ağacın hayatı boyunca devam eder.

Öz odun oluşumunun kesin sebebi tartışılmaya devam edilmekte olup, bu konuda çok sayıda araştırma ve yorumlar yapılmıştır. Fakat hücrelerin ölümünün iki

olayla ilişkili olduğu bilinmektedir; birisi özellikle iğne yapraklı ağaçlarda su içeriğinin azalması, diğeri ise hücre çeperi ve lümenlerine çeşitli polifenolik maddelerin birikmesidir. Bir polifenol altı karbonlu benzen bileşiğinden türemiş bir organik aromatik bileşiktir. Böyle bileşiklerde her benzen halkasına en az bir hidroksil grubu bağlıdır.

Öz odun çeşitli polifenoller, yağlar, waxlar, reçineler, zamlar, tanenler, aromatik ve renklendirici maddeleri içermektedir (Koch, 1972). Dekompozisyon ürünlerinin çoğu suda veya alkolde kaynatma ile veya diğer ekstraksiyon yöntemleri ile öz odundan uzaklaştırılmaktadır veya ayrılmaktadır. Bu çeşitli bileşikler ekstraktifler diye isimlendirilir.

Rudman (1966) , Öz odun oluşumuna ilişkin yaptığı açıklamasında ; bir ağacın ihtiyacından fazla olan besini nadiren ürettiğine işaret etmiş, bu materyalin öz ışınlarında biriktiğini ve bozulduğunu, çeşitli polifenolik bileşiklerin oluştuğunu ve sonuçta hücrelerin öldüğünü belirtmiştir. Ayrıca, gövde merkezinde rutubet içeriğinin mevsimsel azalması ile öz odun oluşumu arasında bir bağlantı olduğunu açıklamıştır. Bununla birlikte, besin maddelerinin birikmesinin ve yıkımının öz odun oluşumunun başlıca sebebi olduğunu ifade etmiştir. Nişastanın şekerlere hidrolizinin sebebinin su eksikliği olabileceğini ifade etmiş, karbondioksit ve gaz basıncının konsantrasyonunun artarken bu işlemin hücrelerin oksijen içeriğini azalttığını belirtmiştir. Birleşmiş etkinin solunum işlemi için ters olduğunu ve dokuların ölümüne yol açtığını açıklamıştır.

Hillis (1968, 1987), hızlı büyümenin ve karbohidratlardan verimli faydalanmanın öz odun polifenollerinin düşük miktarları ile ilişkili olduğunu bulmuştur. Nişastalar bazı türlerin geçiş bölgesinde keşfedilmiş olmasına rağmen, diri odundan geçiş bölgesine başlıca metabolitlerin önemli miktarlarının yerleşmesi, bazı öz odunlarında bulunmuş olan yüksek seviyeli ekstraktif maddelerin oluşması için gerekli olmaktadır.

Öz odun oluşumuna ilişkin bir diğer araştırmanın sonucuna göre, kambiyum faaliyetiyle üretilen maddelerin konsantrasyonu ve bozunmasının toksik etkileri ile öz odun meydana gelmektedir. Yani, kambiyumda hücre üretimi ve hücrelerin gelişmesi süresince oluşan kalıntı maddeler öz ışınları ile gövde ortasına doğru taşınmakta ve zehirli maddelerin burada toplanmasıyla da öz odun oluşmaya başlamaktadır. Daha sonraki yıllarda bu gibi maddeler öz odun-diri odun sınırında toplanıp, öz odun tabakasının dışarı doğru genişlemesini sağlamaktadır.

Benzer başka bir görüşe göre, ağaçların beslenme ihtiyacına bağlı olarak yapraklarda gıda maddeleri (şekerler) oluşturulmakta ve şekerler hem gövde boyunca aşağıya doğru iç kabukta taşınmakta, hem de öz ışınları yardımı ile gövdenin ortasına iletilmektedir. Ağacın ihtiyacından fazla olan şekerler gövdenin ortasında toplanmakta, bir müddet sonra değişmekte ve yeni bileşiklere dönüşmekte, sonunda hücrelerin ölmesine neden olmaktadır.

Bu açıklama ancak yaz odununda boy büyümesi ve yeni yaprak üretimi sona ermiş bir ağaç düşünüldüğünde daha iyi anlaşılabilir. Çünkü bu mevsimde büyüme uçlarının şekerlere ihtiyacı yoktur. Şekerler gövdede aşağıya doğru iç kabukta hareket eder ve kambiyumun ihtiyacını sağlarlar. Fakat kambiyumdaki büyüme hızı, yaz mevsiminde yavaşladığından şeker ihtiyacı da azalmaktadır. Fazla şekerlerin öz ışınları yardımıyla iç kısımlara ulaşımı devam eder. Bunlar gövde ortasına yakın kısımlarda toplanmaya başlar. Bir süre sonra toplanan bu şekerler ve nişasta dekompoze olarak yeni bileşiklere (yağlar, mumlar, reçineler, sakızlar, tanenler, aromatik ve renk veren maddeler) dönüşmeye başlarlar.

Öz odunun oluşum şekli nasıl olursa olsun, şekerlerin dekompoze olması, çeşitli polifenolik maddelere dönüşüme neden olmaktadır. Bu maddelerin bazıları kısmen ya da tamamen geçiş yollarını tıkar ve konsantre gıda maddesi ilavesini engelleyerek hücrelerin ölümüne yol açarlar. Böylece hücrelerde su miktarı azalır ve öz odun sınırı giderek genişler. Diğer bir ifade ile burada, öz odun oluşumuna neden olan polifenollerin kambiyumda değil, öz odun-diri odun arasında dekompoze edildiği tezi geçerli olmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Çam türlerinde paranzim hücrelerindeki değişimler gözlemlendiğinde; Yamamoto (1982), öz odun oluşumunun paranzim hücrelerinde çeşitli değişiklikler ile başladığını, bunu takiben bordürlü geçitlerin kalınlaştığını, depo maddeleri ve rutubet içeriğinde azalmalar meydana geldiğini belirlemiştir. Öz odun oluşumu paranzim hücresi çekirdeğinin degradasyonu ile sonuçlanmaktadır.

Öz odun oluşumu ile birlikte paranzim hücreleri ölmekte, geçitler aspirasyon durumuna gelmekte, tyller gelişip hücre çeperi üzerine ekstraktif maddeler depo edilmektedir. Ekstraktif maddelerin depolanması odun renginin değişmesine neden olur. Ancak, renk değişmesi her ağaç türünde görülmeyebilir. Ekstraktif maddeler çeşitli yöntemlerle öz odundan çıkartılarak endüstride değerlendirilmektedir. Örneğin, dünyada en fazla tanen, *sehinopsis lorentzii* öz odunu ekstraksiyonu ile elde edilmektedir.

Doğal bir yaşlanma olayı olan öz odun oluşumunda, her yıl kaç yıllık halkanın öz oduna dönüştüğü henüz bilinmemektedir. Ancak, diri odun genişliği, yıllık halka sayısı bakımından daima sabit kaldığından, ağaç türlerinin makroskopik tanımında önemli bir özellik olarak kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

1.8.2 Öz Odunun Özellikleri

Öz odun ile diri odun arasındaki farklılıklar tamamen kimyasal özelliklerden kaynaklanmaktadır. Bu farklılıklar aşağıda belirtildiği gibidir (Haygreen and Bowyer, 1996).

1. Öz odun diri odundan daha koyu renkli olabilir

Bu özellik, bazı ekstrakte edilebilir bileşikler koyu renkte olduğu zaman meydana gelmektedir. Bazı ağaçlarda, öz odun ve diri odun arasında hiçbir renk farklılığı yoktur. Bu durum, öz odun olmadığı anlamına gelmez, fakat renksiz ekstraktiflerin oluştuğunun belirtisidir. Öz odun renkliliği, çoğunlukla iğne yapraklı ağaçlardan ziyade yapraklı ağaçlarda görülmektedir.

2. Öz odun çürümeye ve böceklerle karşı daha dayanıklı olabilir

Çürümeye ve böceklerle karşı doğal dayanıklı olan odunların ekstraktifleri mantar ve böceklerle karşı zehirli veya iticidirler. Bu durum servi, sarıçam ve çoğu sedirlerde görülür. Çoğu ağaçların öz odunları, mantarlara karşı itici ekstraktifleri içermez. Bu tür özellik gösteren öz odunlar çürüklüğe karşı, diri odundan daha dayanıklı değildir. Çürüklüğe karşı dayanım gösteren kimyasallar yalnızca öz odunda oluşur, bütün türlerin diri odunu çürümeye karşı hassastır.

3. Öz oduna sıvıların nüfuzu güç olabilir

Bu durum; ekstrakte olabilen yağlar, waxlar ve zamkların hücre çeperindeki geçitleri tıkaması, iğne yapraklı ağaçlarda hücreden hücreye geçitlerin kapanması (geçit aspirasyonu) ya da yapraklı ağaçlarda hücre lümenleri içerisine paranzim hücreleri hareketi ile gözeneklerin kapanması sonucu tül oluşumundan kaynaklanmaktadır. Benzer yapılar öz oduna geçiş sırasında iğne yapraklı ağaçların reçine kanallarında gelişmekte ve tylosoidler olarak bilinmektedir.

4. Öz odunun kuruması güç olabilir

Kuruma güçlükleri genellikle penetrasyonu sınırlayan benzer faktörler tarafından kaynaklanmaktadır.

5. Öz odun belirgin bir kokuya sahip olabilir

Bu, genellikle aromatik ekstraktif bileşiklerin mevcudiyetinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, çoğu sedirler keskin kokan bileşikler içermektedir.

6. Öz odun diri odundan daha ağır olabilir

Bu, ekstraktif maddelerin önemli miktarlarda bulunmaları durumunda meydana gelmektedir.

1.8.3 Öz Odun Yapısındaki Farklılıklara Göre Ağaçların Gruplandırılması

Ağaç malzemenin makroskopik teşhisinde öz odun yapısındaki farklılıklar nedeniyle, ağaçları dört grupta toplamak mümkündür. Özellikle Avrupa şartlarında yetişen ağaçlarda kullanılan bu ayırım şekli, makroskopik teşhiste kullanılan özelliklerin en önemlilerinden biridir.

a) Koyu renkli öz odunu bulunan ağaçlar

Bu gruba giren ağaçlarda renk veren maddeler sadece parانشim hücrelerinin içerisinde değil, aynı zamanda hücre çeperinde de mevcuttur. Örnek olarak; çam, melez, sedir, ardıç, meşe, kestane, yalancı akasya, kiraz ve ceviz verilebilir. Bu gruba giren bazı ağaç türlerinde de koyu renkli öz odun bulunmayabilir. Bunlara yalancı öz odunlu ağaçlar, ya da koyu renkli öz odunu her zaman bulunmayan ağaçlar adı verilmektedir. Kayında kırmızı yürek, dişbudakta esmer öz odun bu gruba girmektedir. Bu ağaçlarda renk veren maddeler sadece parانشim hücrelerinin içini doldurmakta, odunsu hücreler içerisinde bulunmaktadır.

b) Öz odun + olgun odun özelliğindeki ağaçlar

Bu ağaçların enine kesitlerinde orta kısımda koyu renkli öz odun bulunmakla birlikte, öz odunun çevresinde öz odundan daha açık renkli, rutubeti diri odundan daha az ve az miktarda yaşayan parانشim hücreleri içeren, yani öz odun özelliklerine yakın özellikte bir olgun odun tabakası yer almaktadır. Bu durumda gövdenin ortasındaki koyu renkli öz odunun çevresinde, ekstraktif maddeleri açık renkte ve hemen hemen bütün parانشim hücreleri ölmüş olan bir kısım bulunmaktadır. Karaağaç ve bazen dişbudak bu gruba girmektedir.

c) Olgun odun özelliğindeki ağaçlar

Bunlara öz odunu açık renkli ağaçlar da denmektedir. Açık renkli ekstraktif maddelere sahip olduklarından öz odunları açık renklidir. Bu ağaçlarda öz odun kısmı, diri odundan daha az rutubet içermekte ve hemen hemen tüm

paranşim hücreleri canlılığını yitirmektedir. Bu gruba giren ağaçlara örnek olarak ladin, göknar, ıhlamur, armut, bazen kayın verilebilir.

d) Diri odun özelliği gösteren ağaçlar

Bu ağaç türlerinde enine kesitin orta kısmı ile dış kısmı arasında ne renk, ne de rutubet farkı vardır. Öz odun bölgesinde bazı canlı paranşim hücrelerine rastlanabilir. Titrek kavak, huş, akça ağaç, kızıl ağaç ve gürgen gibi ağaç türlerini içeren bu gruba, öz odun oluşumu gecikmiş ağaçlar da denmektedir. (Bozkurt ve ark., 2000)

1.8.4 Diri Odun ve Öz Odunun Dayanımı

Bütün doğal türlerin öz odunları çok dayanıklı olsa dahi, diri odunları biyolojik canlılara karşı hassastırlar. Çünkü, diri odun mikroorganizmaların gelişimini etkileyecek olan ekstraktif maddelerden yoksundur. Gerçekte, diri odunun paranşim hücrelerinde bulunan depo maddeleri, özellikle bakteriyel ve mantar renklemelerini ve odunun çürüklüğe karşı duyarlılığını artırabilir (Panshin and De Zeeuw, 1980).

Canlı diri odun aktif ve pasif savunma mekanizmalarına sahiptir. Pasif savunma mekanizmaları enfeksiyondan önce üretilirken, aktif savunma mekanizmalarına çeşitli yaralanmalar veya organizmalar tarafından gerçekleştirilen saldırılar neden olmaktadır. Öz odun oluştuğunda, paranşim hücrelerinin ölümü aktif savunmaları yok etmekte, geriye yalnızca patojenlere karşı direnç için pasif savunma mekanizmaları kalmaktadır (Taylor et al. 2002)

Aynı türün diri odunu ile karşılaştırıldığında, öz odunun daha fazla dayanıklılığı yüksek orandaki uçucu yağlar, tanenler ve fenolik maddeler gibi toksik maddelerin varlığına bağlanmaktadır. Bu maddeler yeterli miktarlarda bulunduğu, zararlı organizmaların saldırısını önleyebilirler veya en azından önemli ölçüde azaltabilirler.

Öz odunun daha dayanıklı olmasına neden olan diğer faktörler; düşük rutubet içeriği, düşük orandaki difüzyon, hücre boşluklarının yapışkan maddeler ve reçinelerle tıkanması, hücrelerdeki tül oluşumları ve reçine kanallarındaki tüller olarak sıralanabilir. Bunlardan herhangi birisi, mantarların gelişmesi için gerekli olan hava ile su arasındaki dengeyi olumsuz şekilde etkileyebilir. Böceklerin öz odundan ziyade diri oduna saldırması, öz odundaki toksik maddelerden değil, depo maddelerinin diri odundaki paranzim hücrelerinde bulunmasından kaynaklanmaktadır (Panshin and De Zeeuw,1980).

1.9 ODUNUN BİYOLOJİK DEGRADASYONU

Odun; mantarlar, bakteriler ve böcekler gibi çeşitli biyolojik organizmalar tarafından yıkıma uğratılabilmektedir. Mantarlar oduna yerleşip, hücre çeperi bileşenlerini degrade ederek kahverengi, beyaz ve yumuşak çürüklük oluşturmaktadırlar. Kahverengi çürüklük mantarları, başlıca odunda polisakkarid bileşenlerini degrade ederek geriye lignini bırakır. Beyaz çürüklük mantarları ise, tüm hücre çeperi bileşenlerini degrade edebilmektedirler. Degrade olan lignin, selüloz ve hemiselülozun oranı, beyaz çürüklük mantarlarının türüne göre değişmektedir. Yumuşak çürüklük mantarları sekonder çeperi aşındırmakta ya da hücre çeperi içerisinde farklı delikler oluşturmaktadırlar. Çürüklüğün her çeşidi çeşitli şekillere sahip olup, mikroskopik ve ultrastrüktürel özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Bakteriler ise oduna yerleşen diğer mikroorganizmalar üzerinde, sinerjistik veya antagonistik etkiye sahip olabilmektedirler (Blanchette et al., 1990).

Eğer çevresel şartlar mevcutsa, odun çok farklı biyolojik organizmalar tarafından yıkıma uğratılabilmektedir. Mantarlar, bakteriler ve böcekler odunun tümüne saldırabilir ve hücre çeperi bileşenlerini kullanır ya da mekanik bütünlüğün bozulmasına neden olurlar. Doğal ortamda bulunan oduna, mikroorganizma ve böceklerin hızlıca yerleşmesiyle degradasyon başlar. Odundaki yapısal polimerler tedrici olarak daha basit moleküllere ve en sonunda karbondioksit ve suya dönüşür. Organik maddenin bu doğal geri dönüşümü kara ve su ekosisteminde

önemli bir süreçtir. Fakat bu, odunun bütünlüğü bozulduğunda ciddi bir problem olur.

Çeşitli ağaç türleri, yapısal ve kimyasal olarak farklı odunlara sahip olmasına rağmen bütün odunlar biyolojik degradasyona karşı hassastır. Mantarlar oduna nüfuz edince, basit ve kenarlı geçitler gibi doğal açıklıklar boyunca hücreden hücreye uzanırlar, ya da direkt olarak hücre çeperini delerek oduna nüfuz edebilirler.

Bazı mantarlar, yalnızca odundaki depolama hücrelerinde bulunan besin maddelerini kullanır, fakat önemli bir hücre çeperi yıkımına neden olmaz. Bu mantarlar, odun yüzeylerinde yüzeysel bir renk bozukluğuna ya da lekelere neden olurlar (Blanchette et al., 1990).

1.9.1 Beyaz Çürüklük

Beyaz çürüklük, bütün hücre çeperi bileşenlerini degrade edebilen Basidiomycet sınıfı mantarların odunu degrade etmesi sonucu oluşur. Beyaz çürüklükte odun beyaz bir görünüm kazanmakta ve ligninle birlikte selüloz ve hemiselüloz bileşenleri yıkılmaktadır. Bir taraftan lignin ve polisakkarid bileşenleri aynı anda yıkılmakta, odun yapısında meydana gelen erozyon sonucu oyuklar oluşmaktadır. Enzimlerin etkisiyle oluşan bu degradasyon sonucu, odun hücre çeperi yüzeyden iç kısma doğru incelmektedir. Diğer taraftan, Basidiomycetes'lerin geniş bir grubu, polisakkarid bileşenlerinden önce ligninin seçici şekilde tahrip edildiğini açık olarak göstermiştir. Beyaz cep çürüklüğü oluşumunda ise bal peteği şeklinde bir oluşum meydana gelmektedir.

Mikroskobik incelemede, delignifiye olmuş odunda lignince zengin olan orta lamelin yok olduğu görülmektedir. Orta lamelin uzaklaştırılması sonucu çürümüş olan odun daha lifli bir görünüm almaktadır. Bu çürüklüğün diğer bir karakteristik özelliği; ilk önce lignince zengin olan öz ışını hücreleri ve sonbahar odunu saldırıya uğramaktadır. Bu gruba giren en önemli mantar türleri, *Polyporus versicolor* ve *Trametes (Fomes) pini*'dir. (Rayner and Boddy, 1988).

1.9.2 Esmer Çürüklük

Esmer çürüklük mantarları, Basidiomycetes sınıfına dahil olup yoğun depolimerizasyon ile polisakkaridleri degrade ederler. Çürüklüğün ileri safhasında, selüloz ve hemiselüloz tüketilmekte ve lignin sınırlı ölçüde degradasyona uğramaktadır. Sonuçta, odun çok yüksek lignin içeriğine sahip olup, kahverengi bir renk almakta, kurduğunda kırılıp kübik parçalara ayrılabilir. Bu çürüklüğe sebep olan mantarlar, çürüklüğün ilk safhasında odunda hızlı bir direnç kaybına neden olurlar.

Çürüklüğün ilk safhalarında, odun içerisindeki bazı hücreler diğerlerinden daha fazla degradasyona uğrayabilir, fakat çürüme bütün hücrelerde gelişmektedir. Hücre çeperinde polisakkaridlerin depolimerizasyonu, ligninin modifikasyonu ile birlikte olmaktadır. Mikroskopik incelemeler, hücre çeperinde selüloz ve hemiselülozun degrade edildiğini ve ligninin modifiye olduğunu göstermektedir. Esmer çürüklük mantarlarının önemlileri, *Serpula lacrymans* (*Merulius lacrymans*), *Poria incrassata* ve *Coniophora puteana* şeklinde sıralanabilir (Blanchette et al.,1990).

1.9.3 Yumuşak Çürüklük

Yumuşak çürüklük, *Ascomycetes* ve *Fungi imperfecti* mantarları tarafından meydana getirilmektedir. Beyaz ve kahverengi çürüklüğün aksine yumuşak çürüklüğün belirgin özelliği, odun hücre çeperinin değişmez şekilde yıkımı hüflerin çevresinde olmaktadır. Üstelik, beyaz çürüklüğün aksine lignin yavaş bir şekilde tahrip olmaktadır. Böylece geriye modifiye olmuş bir kalıntı kalabilmektedir (Rayner and Boddy, 1988).

Yumuşak çürüklüğün en önemli karakteristiği, odun hücre çeperinde selüloz mikrofibrillerine paralel olarak gelişen hüflerin enzimatik aktivitesi ile meydana gelen konik uçlu oyuklardır. Oyuklar en iyi şekilde boyuna kesitlerde gözlenmekte, genellikle hüflerin boyuna yönünde oluşmaktadır.

Bu çürüklüğü yapan mantarlar içerisinde en önemlisi *Chaetomium globosum*'dur. Yumuşak çürüklük sırasında odun önemli ölçüde direnç kaybetmektedir. Kayın örneklerinin üç hafta süreyle *Chaetomium globosum* un etkisine bırakılması sonucu; ağırlık kaybında % 7.4, eğilme direncinde ise % 61 oranında ağırlık kaybı meydana gelmiştir (Blanchette et al.,1990).

1.9.4 Bakteriler

Bakterilerin etkisi en iyi şekilde, odunun suda depolanması sonucu permeabilitede ki artış ile görülmektedir. Bu etki geçit zarlarının bakteriyel degradasyonu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bakteriler, çok farklı ortamlara maruz kalmış odunlar üzerinde yaygın olarak bulunmakta ve degradasyon yapan ve yapmayan türler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Degradasyon yapan bakterilerin bir kısmı yalnızca geçit zarlarını degrade ederken, diğerleri aktif olarak odun hücre çeperinin lignoselülozik yapısında tahribat yapmaktadırlar.

Geçit zarlarında degradasyon yapan bakteriler, ya suya batmış ya da suyla ıslanmış iğne yapraklı ağaçlarda görülmektedir. Bakteriler direkt olarak traheidlerde ve öz ışını paransim hücrelerindeki geçit zarlarına saldırmaktadırlar. Öz odundaki geçit zarları, diri odundakilerden çok daha az etkilenmektedir. Geçit zarlarının degradasyonu sonucu porozitede artış meydana gelmekte, bunun sonucu olarak da sıvıların absorpsiyonu artmaktadır. Diğer taraftan, odun hücrelerindeki çeşitli çürüklüklere bakterilerin neden olduğu sanılmaktadır. Bununla birlikte, kesin bir kanıt mevcut değildir (Blanchette et al.,1990).

1.9.5 Böcekler

Böcekler de mantarlar gibi odunun biyolojik bozunmasında başlıca faktörlerdendir. Böcekler, odun materyalini yaşanacak yer ve bir besin kaynağı olarak kullanırlar. Her iki maksat için de odunu küçük parçalara öğütmek suretiyle tahribat yapmaktadırlar. Bu özellik, ahşap malzemede böcek zararının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Böcek zararı, genellikle odun içerisinde farklı şekilde galeriler, yüzey kanalları veya öğütülmüş bölgeler şeklinde oluşmakta ve çoğu durumlarda, mantar renklenmeleri ve mantar çürüklüklerinden kolaylıkla ayırt edilebilmektedirler. Böcekler, renk ve çürüklük mantarlarının yaygın taşıyıcılarıdır. Böcek ve mantar zararı, çoğu odunda aynı şartlar altında ve birbirleriyle ilişkili olarak gelişmektedir.

Böcekler, eklembacaklılar içerisinde en geniş sınıfı teşkil etmektedirler. Oduna zarar verenler içerisinde ; *Isoptera*, *Coleoptera* ve *Hymenoptera* en önemlileridir. Böceklerin ahşap yapılara her yıl milyonlarca dolar zarar verdiği belirtilmektedir. Gerçekte, bir böcek grubu olan toprak altı termitleri her yıl A.B.D.' de 1.5 milyon doların üzerinde bir zarara neden olmaktadır.

Böcek zararının çeşitleri; türlere, çürüklük tipine, odun ürününe veya pratik maksatlar için saldırı zamanına bağlı olarak sınıflandırılmaktadır. Odun; canlı ağaçta, yeni kesilmiş tomruklarda, biçilmiş halde veya depolama sırasında ya da kullanım yerinde tahrip olabilir. Önemli böcek zararı, zayıflamış veya taze kesilmiş ağaçlarda ve depolanan tomruklarda meydana gelmektedir. Fakat, etkileri daha sonra işlenmiş ahşap üründe görülmektedir (Zabel and Morrel,1992).

1.10 TOPRAKLA TEMASTA OLAN ODUN

Elektrik ve telekomünikasyon kablolarının taşınmasında yoğun şekilde kullanılmakta olan ağaç malzeme, çürüklük yapan organizmalar için gerekli olan oksijen, su ve besin maddelerinin toprakta mevcut olduğu yerlerde, bu organizmalardan olumsuz şekilde etkilenmektedir. Yuvarlak haldeki direklerin dış tabakası kimyasal maddelerle emprenye edilebilen, biyolojik organizmalara karşı hassas olan diri odun kısmından oluşmaktadır.

% 1 veya 2 kadar düşük ağırlık kayıplarında dahi direnç özelliklerinde büyük bir azalma meydana geldiği için, emprenye işlemi yapılmayan tel direklerinde, çürüklük meydana gelmesi bir problem olarak bilinmektedir.

Emprenye edilmemiş sarıçam direkleri 4-5 yıl hizmet süresine sahip iken, melez direkleri 7-10 yıl arasında dayanım gösterebilmektedir. Bununla birlikte, kimyasal koruyucu maddelerle emprenye edilmiş direklerde hizmet süresi 30 yıla ulaşmakta ve kreozot ile emprenyeli direklerde 50-60 yıla kadar ulaşabilmektedir (Rayner and Boddy,1988).

Amerika’da white cedar (*Thuja occidentalis*), western red cedar (*Thuja plicata*), American chestnut (*Castanea dentata*) gibi çeşitli doğal dayanıklı türler mevcut olup, bunların hizmet süreleri emprenye edilmeyenlerde 12 yıl ve kreozotla emprenye edilenlerde ise yaklaşık 20 yıldır (Dickinson, 1982).

Britanya’da betonla yer değiştirmesine rağmen, traversler geçmişte yoğun şekilde kullanılmış ve çoğu ülkede hala kullanılmaktadır. Britanya’da kreozotla emprenyeli traverslerin hizmet süresi yaklaşık 25-35 yıldır (Cartwright and Findlay,1958).

Toprakla temas eden yerlerde kullanılan Çit kazıkları, demiryolu traversleri ve tel direkleri üzerinde gerek mikrobiyal, gerekse fungal çok sayıda çalışma yapılmış olup, bunların çoğu organizmaların teşhisi ve enzimatik kapasiteleri üzerine odaklanmıştır.

Genellikle emprenye edilmemiş odunda, ilk safhalarda çürüklük yapmayan organizmalar baskındır. Üç aydan sonra ise tedrici olarak çürüklük yapan organizmalar etkindir.

Kreozot ile emprenyeli tel direkleri ve demiryolu traverslerinde, emprenye işleminin yeterli olmaması halinde *Lentinus lepideus* mantarı en önemli çürüklük etmenlerinden birisidir. Tipik olarak tel direklerinde penetrasyonun yetersiz olduğu merkezi silindirde çürüklük yaparlar. Tüm bu örnekler *L.lepideus* mantarının kreozota karşı yüksek toleransa sahip olduğunu göstermektedir.

CCA kimyasal maddelerinin kullanımı farklı bir problemi ortaya çıkarmıştır. Basidiomycet'lerin saldırısını engellerken, yumuşak çürüklük mantarlarının etkisi altında kalmaktadırlar. Bu durumdan dolayı ökaliptus direklerinin kullanıldığı Avustralya'da ve iğne yapraklı ağaçların kullanıldığı İsveç'te çeşitli zararlar meydana gelmiştir. Bu problemin muhtemel nedeni olarak, odun hücreesindeki S₃ tabakasının koruyucu maddeyle kaplanmasına rağmen S₂ tabakasının yetersiz empenyesi gösterilmektedir.

Diğer taraftan, odunun içerisine giren azot CCA'nın etkisini azaltırken yumuşak çürüklüğü artırmaktadır (King et al.,1981,1983). Azot, ya mantar misellerinin toprağın içerisine uzamasına yol açabilir, ya da rutubet akışı ile birlikte hareket eder. Odun toprakla temas edince, bir fitil gibi görev yaparak topraktan suyu çekmekte ve odunun toprağa gömülü kısmı ile dışarıda kalan kısmı arasında önemli farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Toprağa gömülü olan *Picea abies* direklerinde çok açık rutubet farklılıkları olduğu tespit edilmiştir. Bu oran toprak altında % 33-47, toprak üstünde ise % 17-23 olarak belirtilmiştir.

Yalnızca odun içerisindeki çürüklük ve türlerin yerleşiminde farklılıklar olmayıp, aynı zamanda bir ülkede bölgeler arasında da farklılıklar vardır. Yeni Zelanda'da yapılan bir araştırmada, empenye edilmiş iğne yapraklı ağaç kazıklarının kırsal araziye nazaran bahçe ortamında daha büyük bir çürüme riski altında olduğu gözlenmiştir (Hedley and Drysdale, 1985). Bunun yanında, bölgesel farklılıkların oluştuğu ve çürümenin iklim, toprak tipi ve arazi kullanımından etkilendiği vurgulanmıştır.

Wakeling (2000), empenye maddelerinin başarı derecesinin test bölgesinden önemli ölçüde etkilendiğini, çürüklük çeşidinin ise bölge, kimyasal madde ve odun türünden etkilendiğini tespit etmiştir.

Bölgesel etkilerin sıcaklık, su, toprak türü ve vejetasyon olduğunu ifade ederek, balçıklı toprak ile birlikte sıcak yağışlı iklimin şiddetli çürüklüğe neden olduğunu belirtmiştir. (Wakeling, 2001).

İsveç'te metalik tuzlarla emprenye edilmiş tel direklerinde, yumuşak çürüklüğün gelişimi ve iklim arasında bir ilişki bulunmuştur (Henningson,1985) . Ülkenin kuzeyinde direklerin % 10 undan daha azı yumuşak çürüklükten dolayı ıskartaya ayrılırken, güney kesiminde ise bu oran % 15 ile 90 arası olmuştur. Ayrıca, toprağın besin durumu da önemli bir faktör olarak vurgulanarak, yumuşak çürüklüğün ekili toprakta ormanlık veya kırsal araziye göre daha hızlı geliştiği belirtilmiştir.

1.10.1 Arazi Denemeleri

Bu denemelerde özel bir çürüklüğe neden olan mantar tipini ayırmak mümkün değildir. Bu nedenle laboratuvar denemelerinden daha az uygulanmakta, ancak sonuçlar pratik şartlara daha yakın olmaktadır. Çünkü, denemeler emprenye edilmiş ağaç malzemenin kullanım yerine oldukça yakın şartlarda gerçekleştirilmekte ve dayanma süresi hakkında oldukça iyi fikir vermektedir.

Mevcut doğal dayanım sınıflandırmaları da, toprakla temas halinde yapılan çalışmalar için geçerli olmaktadır. Çünkü, toprakla temasta olan odunun çürümesi toprak üstüne nazaran daha güçlü olmaktadır. Yapılan arazi testi çalışmalarında, dayanımdaki farklılıkların test türleri arasında (toprakla temas veya toprak üstü), test bölgelerine nazaran daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Augusta and Rapp, 2003).

Toprakla temas eden yerlerdeki çürümeler için çeşitli boyutlarda çıtalar kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda; belirli konsantrasyondaki emprenye maddeleri ile işlem görmüş ağaç malzeme, emprenye edilmemiş kontrol örnekleri ile birlikte boylarının yarısına kadar toprağa gömülmektedir. Örnek büyüklüğü, 20x20 mm enine kesitten tam büyüklükteki travers ve tel direklerine kadar değişmektedir.

Westin et al. (2002), araştırmalarında küçük boyutlu (8x20x200 mm) örnekler kullanmışlar ve bu örneklerin arazi denemelerinde EN 252 standardına alternatif olabileceğini belirtmişlerdir. 6 yıl süren test sonrası, bu örneklerden elde edilen

sonuçların EN 252 standardında büyük hacimli (25x50x500 mm)  rneklerle karşılaştırılabilir olduğunu ifade etmişlerdir.

Wright and Ladrach (1994), Kolombiya’da *Pinus* ve *Cupressus* türleri ile *eucalyptus grandis*’den hazırlana tel ve it direklerini CCA ile emprenye ettikten sonra 10 yılda iyi sonuçlar almışlardır. Emprenye edilmemiş tel ve it direkleri ise 10 yılda tamamen tahrip olmuştur.

Daljeet et al.(1995), Kempas ve meranti tembaga örneklerini CCA ile çeşitli retensiyonlarda emprenye etmişlerdir. Toprakla temas halinde, CCA ile emprenyeli kerestelerin kullanım süresinin retensiyona bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, kempas 15 kg/m³ den daha fazla retensiyonda 30 yılın üzerinde kullanım hizmeti verirken, 12.8 kg/m³ retensiyona sahip olan meranti tembaga 11 yılın üzerinde kullanım süresi göstermiştir.

Ling (1996), yaptıkları arazi çalışmalarında, CCA ve kreozot ile emprenye edilmiş örneklerle emprenye edilmemiş örnekleri karşılaştırdılar ve CCA’yı tropikal bölgeler için en etkili koruyucu olarak buldular. Emprenyeli örneklerin analizlerinden çıkan sonuçlara göre, tropik bölgelerde toprakla temasta olan yerlerde, CCA için gerekli olan 16-20 kg/m³ retensiyon değerinin tekrar gözden geçirilmesi ve kreozotla birlikte diğer koruyucu maddelerin uzun süreli koruma vermeyeceği vurgulandı.

Arazi denemelerinde, kullanılan odun örneklerinin besin içeriklerinin yanında, toprak seçimi de farklı sonuçların elde edilmesine yol açmaktadır. Terziev and Nilsson (1999), odundaki çözünebilir şekerler ve azot bileşiklerinin, toprakla temasta olan odunun çürümesi üzerine olan etkisi üzerine yaptığı araştırmada, farklı oranlarda çözünebilir besin içeriklerine sahip olan odun örnekleri iki tip toprağa maruz bırakıldı. Birincisi yumuşak  r kl k mantarlarınca zengin, diğeri ise yumuşak  r kl k mantarları ve bakterilerce zengindi. Besin elementlerince zengin örneklerde ortalama % 16 oranında kütle kaybı meydana geldi. Besin elementlerince fakir olan örneklerde, yumuşak  r kl k mantarlarıyla zengin olan

toprakta 120 günlük bir süre sonunda % 8-9 oranında kütle kaybı meydana geldi. Aynı süre içerisinde, yumuşak çürüklük mantarları ve bakterilerce zengin olan bahçe kompostunda örnekler % 40-48 oranında kütle kaybına uğradı.

Goodell et al.(1995), difüze olabilen sekiz adet kimyasal maddenin mantarlara karşı etkinliğini değerlendirmek için hızlandırılmış arazi çalışması gerçekleştirdiler. *Picea rubens* test örnekleri, kimyasal maddelerle emprenye edildikten sonra, 30 ay süreyle hızlandırılmış arazi simülatörüne yerleştirildi. Yapılan görsel ve mikroskopik incelemelerde, çoğu örneklerde Basidiomycet ve yumuşak çürüklük mantar saldırıları gözlemlendi. Görsel değerlendirmelerde, kreozot, sodyum biflorid, borat kimyasal maddeleri iyi sonuçlar gösterdi. Bakır naftenat ile emprenyeli örneklerin direnç değerleri yüksek bulundu.

Crefffield et al. (2000), yaptıkları arazi çalışmasında iki farklı kreozot formülasyonunu üç ayrı retensiyonda (50,100 ve 200 kg/m³) denemişlerdir. 11 yıllık bir süre sonunda, HTC (yüksek sıcaklıktaki kreozot) ile emprenyeli, 200 kg/m³ retensiyona sahip *Eucalyptus regnans* örnekleri ve PEC (pigment emulsified kreozot) ile emprenyeli aynı retensiyona sahip örnekler iyi bir performans göstermiştir.

Kamdem et al. (1998), yuvarlak enine kesitli *Thuja occidentalis* örneklerini basınç uygulamadan % 3 lük CCA Tip-C emprenye maddesi ile emprenye ettikten sonra Florida bölgesinde test alanına yerleştirmişlerdir. 12 yıl sonra yapılan gözlemlerde, emprenye edilmemiş örnekler ve fırça ile % 3 konsantrasyonda emprenye edilmiş örneklerin tahrip olduğu gözlemlendi. 18 yıl sonraki gözlemlerde, 0.80-1.21 kg/m³ CCA retensiyonuna sahip örneklerde çürümeye dair işaretler ve termit zararları başladı. 3.72 kg/m³ CCA retensiyonuna sahip örneklerde ise çürüklük görülmezken termit saldırısı da meydana gelmedi.

Hedley et al. (1995), Radiata çamı (*Pinus radiata*) diri odun örneklerini (20x20x400 mm) CCA Tip-C ile Bethell, Lowry ve Rueping yöntemlerine göre emprenye ettikten sonra rastgele bir alana yerleştirmişlerdir. Beş yıl sonra,

dayanımın bakır retensiyonu ya da toplam element (Cu+Cr+As) retensiyonu olarak ifade edilen koruyucu madde retensiyonu ile ilişkili olduğu gözlemlendi. Emprenye yönteminin dayanım üzerinde çok az bir etkiye sahip olduğu vurgulandı.

Wazny and Kundzewicz (1988), sarıçam diri odunu ve öz odununu çeşitli şekillerde (vakum, daldırma ve fırça ile sürme) tuz esaslı ve yağlı emprenye maddeleri ile emprenye etmişlerdir. 10 yıl süren arazi çalışmaları sonunda; koruyucu tuzların 5 yıldan fazla koruma sağlamadığı, yağlı emprenye maddelerinden özellikle kreozotun iyi bir koruma sağladığı belirtilmiştir.

Son yıllarda, emprenye amaçlı flavonoid ve hidrolize tanen esaslı odun koruyucular da geliştirilmiştir. Bunlar, biosid olarak kullanılan bakır gibi metal tuzlarla kompleksler halinde kullanılmaktadır. Fakat, bu tür koruyucular toprakla temas halinde uzun süreli kullanımlarda, CCA gibi koruyuculara nazaran çok zayıf kalmaktadırlar (Bruce and Palfreyman, 1998). Flavonoid tanen bulunduran toksik olmayan bor kompleksleri deneme aşamasındadır. Fakat, bu tür kompleksler odundan çok kolay yıkandığı için uygun bulunmamaktadır (Dirol, 1994). Pizzi and Baecker (1996), Bu tür komplekslerin insanlar için toksik olmayan etkili koruyucular olduklarını, fakat toprakla temas etmeyen yerlerde ki kullanımlar için uygun olduklarını belirtmişlerdir.

Şen (2001), 1.5 yıl süren arazi denemelerinde, yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türleri ile kimyasal maddeler olarak meşe palamudu, meşe mazısı, sumak yaprakları ve kızılçam kabuklarından elde edilen ekstraktları kullanmıştır. Karşılaştırma yapmak amacıyla da CCA emprenye maddesini denemiştir. Doğal ekstraktif maddelerle emprenye edilen iğne yapraklı ağaçlar ile, aynı türlerin kontrol örnekleri arasında kayda değer bir sağlamlık farkı gözlenmemiştir. Doğal ekstraktif maddeler ile emprenye edilen yapraklı ağaç türlerinde ise toprak zonundan itibaren yaygın bir mantar tahribatı başlamış, fakat ileri derecede bir çürüme meydana gelmemiştir. Sonuçta, çevresel zararı olmayan doğal ekstraktif

maddeler arazi denemelerinde önemli derecede bir dayanım göstermezken, laboratuvar ortamında insektisid özellikleri etkili bulunmuştur.

1.10.2 Eğilme Direncindeki Değişmeler

Emprenyeli ağaç malzemenin direnç özellikleri üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, kimyasal maddelerin ve diğer biyotik ve abiyotik faktörlerin direnç özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, gerek emprenye işleminden sonra gerekse de toprakta çeşitli faktörlerin etkisinde kalmış, emprenyeli ve kontrol örnekleri üzerinde direnç testleri yapılmış araştırmalar mevcuttur.

Kamdem and Chow (1999), yapraklı ağaçlarda emprenye işleminden sonra retensiyon üzerinde basınç seviyesinin etkisi ve eğilme direncini araştırdılar. *Acer rubrum*, *A. Saccharum*, *Fagus grandifolia* ve *Quercus rubra* örnekleri CCA Tip-C ve bakır naftenat (Cu-N) ile dört farklı basınç seviyesinde emprenye edildi. Bakır naftenat ile emprenye işlemi yapılan örneklerde, kimyasal maddenin eğilme direncine bir etkisi görülmedi. CCA ile emprenye edilen örneklerde; ağaç türü, basınç seviyesi ve koruyucu madde türüne bağlı olarak eğilme direncinde % 0-33 arasında bir azalma meydana geldi.

Avustralya'da üzüm bağlarında kullanılmak amacıyla, farklı tip ve hacimlerdeki ağaç malzemeler için eğilme direnci testleri yapılmıştır. Özellikle 75-100 mm ve 100-125 mm çap sınıflarında, kreozot ile emprenye edilmiş örnekler CCA ile emprenye edilmiş örneklere göre daha fazla direnç göstermişlerdir (Mollah et al.,1997).

Emprenye işlemi ve peşi sıra yapılan tekrar kurutma işlemlerinin, yüksek kaliteli ağaç malzemelere nazaran düşük kaliteli ağaç malzemelerde eğilme direncini azalttığı belirtilmiştir (Barnes et al., 1990).

Winandy (1989), *Pinus taeda* kerestelerini CCA ile emprenye ettikten sonra, açık havada kurutma ve 116 °C'de fırında kurutma işlemlerini uygulamıştır. Eğilme

direnci dağılımı boyunca CCA ve tekrar kurutma işlemlerinin etkisi, malzemenin kalitesi veya dağılımdaki yüzde seviyenin bir fonksiyonu olarak görüldü. Emprenye işleminden sonra yapılan açık havada kurutma işlemi, emprenye seviyesine bağlı olarak direnci % 20-40 oranında etkilemiştir. Fırında yapılan 116 °C'de kurutma işlemi tüm eğilme direnci dağılımını etkilemiştir. CCA ve tekrar kurutma işleminin etkileri, odunun direnci ve özün varlığı veya yokluğu ile oldukça ilişkili bulundu.

Campos (1989), taze, kuru ve CCA ile emprenye edilmiş *Radiata* çamı direklerinden alınan örnekler üzerinde eğilme direnci testleri yapmıştır. Kuru haldeki direkler, taze haldeki direklere göre % 16 oranında daha fazla eğilme direncine sahip olurken, emprenye edilmiş direkler kuru direklere göre % 25 daha az eğilme direncine sahip olmuştur.

Wazny and Krajewski (1987), sarıçam odunu üzerinde yaptığı emprenye işlemlerinde, suda çözünen maddelerin % 20-25 oranında bir direnç kaybı meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, bazı suda çözünen ve yağda çözünen emprenye maddeleri basınç direncinin artmasına neden olmuştur. Bu değişiklikler öz oduna nazaran diri odunda daha belirgin olmuştur.

Siemon (1981), *Pinus caribaea* örnekleri üzerinde statik eğilme direnci testleri yapmıştır. Yapılan testlerde, CCA ile emprenye sonucu önemli direnç ve sertlik kayıpları meydana gelmiştir. CCA ile emprenye edilmiş örneklerde, yüksek sıcaklıkta kuruma sonucu kırılma modülünde azalmalar meydana gelmiştir.

Resch and Parker (1982), büyük hacimli deniz direkleri ve bunlardan elde edilen küçük örneklerin eğilme direnci ve sertliği üzerine koruyucu maddenin etkisi ve basınç direncini araştırmışlardır. Emprenye edilmiş Southern pine ve Douglas fir direklerinin direnç değerleri kontrol örneklerine göre daha düşük çıktı. ACA + kreozot ve CCA + kreozot olarak gerçekleştirilen çift emprenye işlemleri, tekli emprenye işlemlerine göre direnci daha fazla düşürdü. Eğilme direncinde, büyük

hacimli ve küçük hacimli örneklerin elastikiyet ve kırılma modülü değerleri arasındaki ilişki istatistiki olarak düşük olmuştur.

1.11 AHŞAP MALZEMENİN DENİZ ORTAMINDA KULLANIMI

Ahşap malzeme yüzyıllardır deniz ortamında yapı malzemesi olarak kullanılmış ve bu süre boyunca, insanlar onu zararlı organizmalara karşı korumanın yollarını araştırmışlardır. Mikroorganizmalar, deniz suyu içerisinde bulunan odunun yüzey kısımlarını çürütmelerine rağmen, esas tahribatı odun delici organizmalar olan yumuşakçalar ve kabuklular yapmaktadır. Mikroorganizmaların yaptığı yüzeysel çürüklük, deniz zararlılarının odun yüzeylerine yerleşmelerini hızlandırmaktadır (Eaton,1985).

Deniz ortamında ahşap malzemenin korunmasına yönelik önemli çalışmalar gerçekleştirilmiş olmasına karşın, bunların çoğu ılıman bölgelerde yapılmıştır. Deniz zararlıları tropik bölgelerde daha şiddetli olmasına karşın buralarda az sayıda araştırma yapılmıştır. Liman inşaatlarında kullanılan ahşap malzemenin çürümesi sonucu önemli ölçüde masraflar ortaya çıkmaktadır. Deniz zararlılarının, insan yapımı ahşap yapılara verdikleri zarar yaklaşık olarak yılda 20 milyon dolardır (Cookson,1986). Hindistan'da yapılan araştırmalar sonucu, Kerala bölgesinde yapılan masraf yılda 1 milyon rupee olarak hesaplanmıştır (Cherian and Cherian, 1975).

Amerika'da deniz inşaatlarında kullanılan ahşapta oluşturulan zarar 500 milyon dolar olarak tesbit edilmiştir (Helsing, 1979). Ayrıca, göletlerde depolanan biçilmiş haldeki kütüklere deniz delicilerin yerleşmesi sonucu % 90'a varan ticari değer kaybı meydana gelmektedir. Bu durum Kuzey Amerika, Avrupa ve Japonya'ya yapraklı ağaç ihraç eden tropik ülkeler için ekonomik olarak önemli bir bedeldir. Avustralya'da deniz ortamında kullanılmak amacıyla yılda 5 milyon dolar değerinde ahşap kereste satılmaktadır. Sahil şeridi uzunluğu 20 000 km olan bu ülkede yaklaşık olarak 350 000 adet ahşap deniz direği kullanılmakta ve emprenye edilmiş olan direkler en az 20-30 yıl hizmet vermektedir (Cookson,1986).

Ahşap malzeme, denizde kullanılan en ekonomik ve uygun yapı materyallerinden birisidir. Denizde kullanılan diğer yapı materyalleriyle kıyaslandığında ahşap malzemeyi üstün kılan özellikler; Her zaman bulunabilmesi, estetik oluşu, geçmişe dayanan performansı, dizaynı, kullanım ve imalattaki esnekliği, ekonomikliği ,tamir ve bakımının kolaylığı, uygun şekilde emprenye edilip inşa edildiğinde deniz ortamında gösterdiği dayanım, yüksek direnci ve elastiklik özelliğidir (SFPA, 1997).

1.11.1 Denizdeki Zararlılar

Denizde odunun çürümesi, başlıca olarak odun delici yumuşakçalar ve kabuklular tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunların teşhis metodları Turner (1971a), ve Kuhne (1971) tarafından verilmektedir. Denizel odun delici canlılar dört çeşittir, bunların ikisi kabuklular ve diğer ikisinde yumuşakçalardır. Çizelge 1.5’de denizde mevcut odun delici organizmaların listesi verilmektedir.

Çizelge 1.5 Çok yaygın olarak görülen odun delici organizmalar (Eaton,1985).

Yumuşakçalar (<i>Molluscs</i>)	Kabuklular (<i>Crustaceans</i>)
a) <i>Teredinidler</i> <i>Bactronophorus</i> <i>Bankia</i> <i>Dicyathifer</i> <i>Lyrodus</i> <i>Nausitoria</i> <i>Neoteredo</i> <i>Nototeredo</i> <i>Psiloteredo</i> <i>Teredo</i> <i>Teredora</i> <i>Teredothyra</i> <i>Sphathoteredo</i> <i>Uperotus</i> b) <i>Pholads (Piddocks)</i> <i>Lignopholas</i> <i>Martesia</i> <i>Xylophaga</i>	a) <i>Isopodlar</i> 1) <i>Limnoriidae</i> <i>Limnoria</i> <i>Paralimnoria</i> <i>Phycolimnoria</i> 2) <i>Sphaeromatidae</i> <i>Cymodoce</i> <i>Exosphaeroma</i> <i>Sphaeroma</i> b) <i>Amphipodlar</i> 1) <i>Cheluridae</i> <i>Chelura</i>

1.11.1.1 Kabuklular (*Crustaceans*)

Odun delici kabukluların en önemli cinsleri *Limnoria*, *Sphaeroma* ve *Chelura*'dır. *Limnoria* türleri soğuk sulardan ılık sulara kadar dünya genelinde yayılış gösterirken, *Sphaeroma*'lar ılıman tuzlu sularda yaşarlar. Bu organizmaların teşhisi dış morfolojik özelliklerine göre yapılır (Eaton,1985).

Limnoriidae

Limnoria 'lar küçük kabuklulardan olup 1-4 mm uzunluklarındadırlar ve odunu delerek beslenirler. Bunlar omurgasızlar grubundan olup ürettikleri selülaz enzimi ile herhangi bir mikroorganizmanın yardımı olmadan odundaki selülozu degrade ederler (Ray, 1959).

Limnori'alar, deniz suyunun çekilmesinin en az olduğu kısımlar ile çekilmenin yarı yüksekliği arasında tahribat yapabilirler, odun yüzeyine yakın kısımlarda meydana getirdikleri oyuklarda boyuna yönde küçük ventilasyon delikleri açarlar. *Limnorialar* tuzluluğun % 25 in altındaki bölgelerde nadiren görülürler.

L.tripunctata Menzies, dünyada yaygın şekilde çalışılmış *limnoriid* türüdür. Kreozotu degrade eden bakterilerle simbiyoz oluşturabilir ve kreozotla emprenye edilmiş iğne yapraklı ağaçlara saldırabilir (Zachary et al. 1983). Avustralya'da, ahşap direkler çoğunlukla yapraklı ağaçlardan yapılmaktadır. *Limnoriaların* önemli türleri *L.tripunctata*, *L.quadripunctata* Holthuis ve *L. indica* Becker ve Kampf şeklinde sıralanmaktadır (Barnacle et al.,1983; Cookson,1987). Ayrıca *L.insulae* Menzies ve *L.unicornis* Menzies Kuzey Avustralya'da bulunmuştur.

Sphaeromatidae

Sphaeroma türleri kabuklulardan olup, *Limnoria* türlerinden daha büyük olup, 8-14 mm'ye kadar büyüebilmektedirler. Bunlar içerisinde üç önemli odun delici *S.terebrans* Bate, *S.quoyanum* Milne Edwards ve *S.triste* Heller dir. *Ptyosphaera alata* (Baker) % 0.1 in altındaki tuzlulukta oduna hafifçe saldırabilir. *Sphaeroma* türleri odun, kumtaşı, zayıf beton ve polistiren maddeleri delmek suretiyle tüneller açabilmektedirler. Oyuklar küçük ve yüzeye aynı doğrultudadır.

Sphaeroma türleri deniz suyunu süzmek suretiyle beslenirler. Odunu yalnızca korunmak için delerler fakat odunla beslenmezler. Oysa *limnoriid*'ler beslenmek amacıyla odunda oyuk açmaktadırlar (Cragg et al. 2000).

Kimyasal koruyucu maddelerle bu türlerin saldırısını engellemek oldukça güçtür. (Rotramel,1975). Bu türler suların alçalıp kabardığı gelgit zonunda görülmektedirler (Barnacle, et al. 1986, Cragg and Levy, 1979). Ahşap direkler üzerinde yaptıkları tahribat sonucu kum saati şeklinde bir görünüm oluşturlar. *Sphaeroma quoyanum* Avustralya'nın güney kıyılarında görülmekte olup, genellikle çok yavaş ve sık delik açarak odunda kum saati görünümü oluşturlar. Tuzluluk oranı % 10 ile % 35 arasında olan denizlerde odunu tahrip edebilirler.

Sphaeroma türleri denizlerde başlıca gel git zonlarında aktif olup, bunların saldırısı fiziksel bariyerlerle kontrol edilebilir. Bu işlemde, yüzen bariyer kazığının etrafına takılır ve içi kreozot ile doldurulur. Suyun alçalıp yükselmesi ile bu canlılar kreozot etkisiyle öldürülür (Cookson,1986).

Alternatif olarak, fiziksel bariyerler (beton, plastik sargılar ve bantlar) gelgit zonunda *Sphaeroma* saldırısını kontrol altına almak için ekonomik şekilde uygulanabilir. Bu koruma sistemleri, bazı türlerde ahşap kazıkların kullanım süresini iki katına çıkarabilmektedir.

1.11.1.2 Yumuşakçalar (*Molluscs*)

Yumuşakçalar grubu, Teredinid'ler ve *Pholad*'lara ait türlerden oluşmaktadır. Teredinid'ler dünya genelinde yaygın olmalarına karşın, *Pholad*'ların yayılışı sınırlı kalmaktadır. Ilıman ve tuzlu tropik denizlerde yaşamlarını sürdürürler (Eaton,1985).

Teredinidae

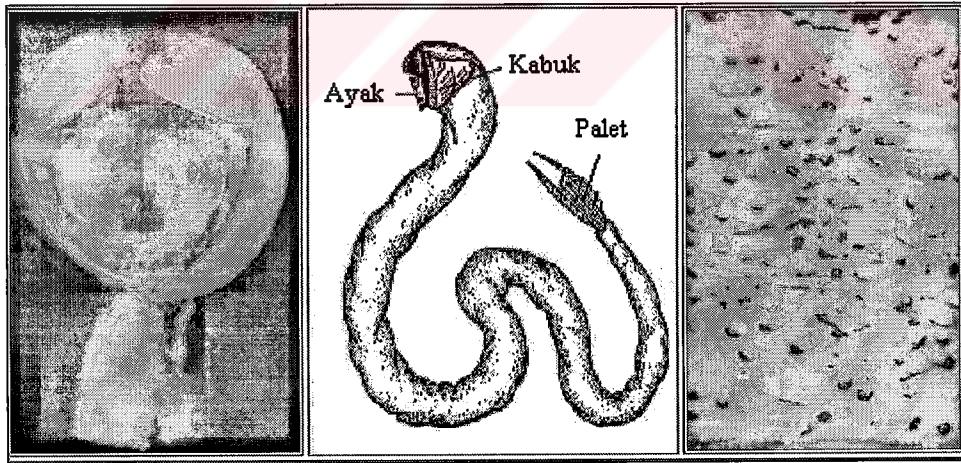
Teredinid'ler veya solucanlar iki kabuklu yumuşakçalardır; bununla birlikte, kabuklar küçüktür ve hayvanın ön kısmını örter. Kabuklarını törpü gibi kullanmak

suretiyle odunu delerler. Avustralya sahillerinde yaklaşık olarak 30 tür teredinid bulunmuştur (Turner, 1971b).

Bunların bazıları *Lyrodus*, *Bankia*, *Teredo* ve *Nausitora* şeklinde sıralanmaktadır. Teredinid'lerin çoğunun odunu yiyerek ve aynı zamanda suyu filtre ederek beslendikleri görülmektedir. Son zamanlarda, teredinid'lerden azot saptanan selülitik bakteriler izole edilmiştir (Waterbury et al.1983).

Teredinidler deniz suyuna mikroskobik larvalar salıverirler ve gelişme safhasına bağlı olarak 1 ile 30 gün arasında aktif duruma geçerler. Sipe at al.(2000), teredinidlerin denizel odun delici organizmalardan morfolojik olarak farklı bir grup oluşturduklarını ve Dünya genelinde denizlerdeki ahşap yapılarda milyonlarca dolarlık zarara yol açtığını belirtmiştir.

Şekil 1.4'de deniz içerisindeki ahşap malzemelerde önemli derecelerde tahribat yapan *Teredo navalis*'in anatomik şekli görülmektedir. (http://www.bruce.ruiz.net/PanamaHistory/teredo_navalis.htm)



Baş

Larvalar

Şekil 1.4 *Teredo navalis*'in anatomik yapısı.

Şekil 1.5' de bir teredinid türü olan *Bankia australis* görülmektedir.



Şekil 1.5 *Bankia australis* odun delici organizması (Cookson, 1986).

Teredinid'ler deniz suyunun çekilmesinin en az olduğu kısımlar ile çekilmenin yarı yüksekliği arasında tahribat yaparlar, en şiddetli tahribatı deniz suyunun çekilmesinin en az olduğu kısma yakın yerlerde yaparlar. Bazı türler iki metre boya kadar büyüebilmektedirler, en büyük boylarına açtıkları oyuklarda ulaşırlar. Dehidrasyon ve predatorlarından korunmak için paletleri ile oyuğu kapatırlar, oyuklar teredinidler tarafından salgılanan beyaz kalkerli çizgi ile ayırt edilebilir. Teredinidler hızlı bir şekilde büyüyebilir ve hassas odunlarda derin şekilde tahribat yapabilirler. Tropik denizlerde hala kontrolleri çok güç olmasına karşın belirli koruyuculara karşı hassastırlar.

Teredinidlerin çoğu tuzluluk oranı yüksek olan sularda yaşarlar; bununla birlikte, düşük tuzlu suda yaşayan teredinid türlerinden *Nausitora* spp. nin saldırısını kontrol etmek güçtür. *Nausitora* , başlıca tuzluluk oranı % 1 ile % 10 arasında olan sularda aktif olmaktadır. (Cookson, 1986).

Odunda Teredinid'lerin büyüme oranları, Haderlie (1983) tarafından araştırılmıştır. Monterey (Kanada) limanında yaptığı çalışmada, *Pseudotsuga douglasi* panellerinin yüzeylerini boyuna yönde plastik filmle örterek *Bankia setacea* saldırısını X-ışını analizleri ile gözlemiştir. Plastik örtülmeeyen panellerde

yoğun şekilde bir saldırı meydana gelmiş ve canlıların aylık ortalama büyüme oranı 43 mm olarak gözlenmiştir. Üç ay sonra canlılar açtıkları tünelleri genişleterek, ahşap panelleri tamamen tahrip etmişlerdir.

Pholadidae

Denizde tahribat yapan yumuşakçaların bir diğer grubu pholad'lar olup, bunların içerisinde en tanınmış, önemli ölçüde odun tahrip edici olan *Martesia striata* L.dir. *M. striata* tropik ve subtropik denizlerde yüksek tuzlu sularda yaşarlar. Kabukları yumuşak vücutlarının çoğunu örter ve vücutlarında az daha büyük armut şeklinde oyuklar açmaktadırlar. Bunlarda, *Sphaeroma* türleri gibi suyu süzerek beslenmektedirler. Odunla beslenmemekte, yalnızca odun içerisinde tüneller açmaktadırlar (Turner and Johnson, 1971). Bu nedenle koruyucu kimyasal maddeler ile kontrol altına alınmaları güçtür. *Martesia* türleri, deniz çekilmesinin en az olduğu yer ile düşük olduğu kısımlarda tahribat yapmaktadırlar.

Yapılan araştırmalar, deniz suyundaki sıcaklığın artmasıyla denizel odun delicilerinde sayılarında ve aktivitelerinde artış görüldüğü ortaya çıkmıştır (Turner, 1971b; Ibrahim ,1981). Ayrıca, denizel odun delicilerinin dağılımını etkileyen diğer bir faktör de deniz suyundaki tuzluluk oranıdır.

1.11.2 Ahşap Malzemenin Denizde Korunması

Denizde, odunun degradasyona karşı kullanım süresini artırmak için koruyucu önlemlerin alınması gerekli olmaktadır. Tropik ülkelerde, deniz inşaatları için doğal dayanıklı odun türleri geleneksel olarak kullanılmıştır. Bu keresteler tropik sularda yüzyıllarca kullanılmış ve gerektiğinde yenilenmişlerdir. Bununla birlikte, bu türlerin temini ve maliyetlerindeki artış ile denizde kullanılmak üzere daha az dayanıklı türlerin korunması gerekli olmuştur. Bu işlem, odunun kimyasal koruyucular ile emprenyesi ya da kereste yüzeylerine fiziksel ve kimyasal bariyerlerin uygulanması suretiyle gerçekleştirilmiştir (Eaton,1985).

1.11.2.1 Toksik bariyerler ve yüzey örtücü malzemeler

Gemi ve botların, denizel odun delici canlılara karşı korunması ihtiyacı uzun zaman önce anlaşılmıştır. 15 ve 16.yüzyıllara ait kayıtlarda Batı Avrupa, Hindistan ve Çin’de çeşitli materyallerin kullanıldığı görülmektedir. Mevcut kayıtlar geleneksel metodların günümüzde hala kullanıldığını göstermektedir (Barnacle, 1976).

Hindistan’da mevcut materyaller kullanılarak yöresel odun koruma metodları araştırılmıştır. Toplam olarak 15 metodun araştırıldığı çalışmada, ahşap direkler 3 yıl boyunca Cochin limanında denize bırakılmıştır. Dokuz ay sonra, emprenye edilmemiş örneklerde teredinid’ler, *sphaeroma*’lar ve *pholad*’ların şiddetli saldırısı görülmüştür (Cherian and Cherian, 1975). Yine bu ülkede, balıkçı teknelerinin denizel odun delicileri tarafından tahrip edilmesi sonucu önemli maddi kayıplar meydana geldiği, kayık yapımında kullanılan 59 ağaç türünün tümünün denizel odun deliciler tarafından hızlı şekilde tahrip edildiği belirtilmektedir (Santhakumaran and Jain, 1981).

Balıkçı teknelerini korumak için kullanılan metodlar çok sayıda olup bir bölgeden diğer bölgeye değişmektedir. Bunlar; ham balık yağlarını, sebze yağlarını, ham makine yağı, bitkisel reçineleri, kireç-plasterleri ve hayvansal yağları içermektedir. Bu yerli metodların zamanla hiçbirinin korumada etkili olmadığı görülmüştür.

1.11.2.2 Fiziksel bariyerler

Deniz suyunda odunun korunması için, kimyasal koruyucu işlemler ve toksik kaplama malzemelerinin yanında metal, beton ve plastik gibi fiziksel bariyerlerde başarıyla kullanılmıştır. Ayrıca, demir, çelik, kurşun, çinko ve bakır gibi metaller de kullanılmıştır. Beton kasalar kırılabilme ve çatlayabilmelerine rağmen deniz direklerinin korunmasında etkili olmuşlardır. Bununla birlikte, bu metod tropik denizlerde kullanılmaktadır. Filipinler’de betonla örtülmüş ahşap direkler 15-20 yıl hizmet verebilmektedirler. Beton kılıflar A.B.D. ve Avustralya’da etkili olmuş,

ahşap turpentin direkleri Sidney limanında 15 yıl sonra *Sphaeroma*'lara karşı koruma sağlamıştır.

Son yıllarda, ahşap kazıklar için kaplama malzemesi olarak plastiklerin kullanımı ilgi çekmiştir. Plastik kaplamalar, 1950'lerin ortalarından beri Kaliforniya'da kullanılmakta ve tam bir koruma sağlamaktadırlar. Hong Kong, Panama ve Brezilya'da *Pholad*'ların PVC ye nüfuz ettikleri görülmesine rağmen, polivinil klorid (PVC) ve polietilen sargılar uygun şekilde kullanıldıklarında sırasıyla 25 ve 5 yıl hizmet vermektedirler.

Ayrıca, tesis masraflarını azaltmak amacıyla Los Angeles limanında yeni bir gelişme olarak, ahşap direkler üzerinde ısıyla büzülebilen polietilen film kullanılmıştır. Hindistan'da ise fiberglas/polyester kaplamaların 18 ay boyunca odun bloklarını deniz delicilerin saldırısından koruduğu tesbit edilmiştir (Eaton,1985).

1.11.2.3 Deniz zararlılarına karşı kullanılan kimyasal koruyucu maddeler

Kreozot

Denizde kullanılan ahşap direkler, yüz yılı aşkın süredir deniz delicilerine karşı etkili bir koruma sağlamak amacıyla kreozot ile emprenye edilmiştir. 1963 yılına ait kayıtlarda, İskoçya'da 1013 adet kreozot ile emprenyeli direğin 12 yıl aradan sonra oldukça sağlam kaldığı belirtilmiştir. O zamandan beri, kreozot ile emprenye edilmiş ahşap malzemenin denizde etkinliği üzerine çok sayıda rapor yazılmıştır. En yaygın metod olarak kreozot ile basınç işlemi uygulanmıştır. Fakat kayıtlara göre, bu işlemin bazı örneklerde çok kısa süreli bir koruma sağladığı belirtilmiştir (Eaton,1985).

McQuire (1971), kreozot ile emprenye edilmiş ahşap malzemenin kullanım yerinde mümkün olabilecek başarısızlık nedenleri olarak; yetersiz retensiyon, kreozotun değişken yapısı ve odun delici organizmanın türü olduğunu ifade etmiştir.

Ahşap malzeme üzerinde kreozotun yüzey uygulamaları, deniz delicilerine karşı düşük oranda bir koruma sağlamaktadır. Bu yüzden ahşap direklerin emprenyesi için Dolu Hücre Yöntemine gerek duyulmaktadır. Avrupa denizlerinde kreozotlu emprenye işlemleri için önerilen minimum retensiyon seviyesi yaklaşık olarak 320 kg/m^3 tür (Barnacle,1976). A.B.D.'de tavsiye edilen oran benzer şekilde 320 kg/m^3 tür (AWPA, 1973).

Kreozot ile emprenye edilmiş iğne yapraklı ağaçlar

Tropik denizlerde, kreozot ile emprenye edilmiş İ.Y.A. direklerinin başarısız sonuçlar verdiği rapor edilmiştir. Douglas göknarı kullanılan testler, Singapur'da 13.5 yılda Colombo'da ise 10.5 yılda yapılmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan örneklerde, $192\text{-}224 \text{ kg/m}^3$ oranlarında kreozot kullanılmıştır. Ayrıca testlerde % 5 bakır-krom ve %1 ile %5 oranlarında bakır naftenat takviyeli kreozot kullanılmıştır. Deneme sonunda bütün örnekler tahrip edilmiş ve kullanılan 4 koruyucunun etkinliğinde hiçbir fark görülmemiştir.

Filipinler'de 6 yıl süren çalışmada, kreozot (192 kg/m^3) ile emprenye edilmiş Douglas göknarının başarısızlığının sebebi olarak, *Martesia* türü odun delici organizmalar gösterilmiştir. Emprenye edilmiş İ.Y.A.'ların diğer başarısız örnekleri Karaib'lerde rapor edilmiştir (Barnacle,1976). Papua Yeni Gine'de, kreozotun 320 kg/m^3 den daha düşük retensiyonları deniz delicilerine karşı uygun bulunmamıştır (Tamblyn,1971).

A.B.D. de Kreozot ile emprenye edilmiş iğne yapraklı ağaçların kısa sürede *L.tripunctata* tarafından tahrip edildiği kayıtlara geçmiştir. Yapılan çalışmalarda, kreozot ve kreozot-kömür katranı ile emprenye edilen *Pinus southern* in deniz delicilerine karşı etkili olmadığı görülmüştür. Düşük retensiyonlarda ($128\text{-}256 \text{ kg/m}^3$) kreozot ve kömür katranı kreozotu ile iğne yapraklı ağaçların emprenyesi sonucu iki yıl içerisinde *Limnoria tripunctata* saldırısı meydana gelmiştir. Daha ileri testlerde, kreozot ve kreozot-kömür katranı (480 kg/m^3) ile emprenye edilmiş iğne yapraklı ağaçlar 12 yıl sonra *Limnoria*'ların şiddetli saldırısına uğramıştır (Eaton, 1985).

Sidney’de yapılan bir denemede, 320 kg/m³ K55 kreozotu ile emprenye edilen Radiata çam (*Pinus radiata*) direkleri 6 yıl içerisinde tahrip olmuştur. HTC ile çok yüksek konsantrasyonlarda (500 kg/m³) emprenye edilen Radiata çam örnekleri, 12 yıl aradan sonra orta şiddetteki *L.tripunctata* saldırısına karşı koyamamıştır. Bununla birlikte, Güney Avustralya’da K55 kreozotu ile emprenye edilmiş Radiata çam direkleri üzerinde, 18 yıl içerisinde orta şiddette bir *L.tripunctata* saldırısı meydana gelmiştir. *P.radiata*’nın üç türü çok yüksek oranda (500 kg/m³) kreozot ile emprenye edildikten sonra, Cairns’de gelgit zonunun altında 11 yıl sonra tahribata uğramamıştır.

Sarıçam örnekleri kreozot ile ve kreozota ilave CCA ve sentetik piretroidler ile emprenye edildikten sonra, Avustralya ve Papua Yeni Gine’de üç tropikal bölgede 59 ay, Singapur’da dört bölgede 44 ay süreyle, denizel delicilerin etkili olduğu yerlere maruz bırakıldı. Emprenye edilmemiş örnekler 2 yıl içerisinde tahrip edildi. Tüm bölgelerde kreozot içeren koruyucularla emprenyeli örneklerde Teredinid ve *Limnoriid* saldırısı görülmezken, *Pholad* ve *Sphaeromatid* zararı hafif ile orta şiddet arasında olmuştur (Eaton and Cragg 1995).

K-55 kreozotu ile çift emprenye işlemi yapılan Radiata çam örnekleri Sidney’de *L.tripunctata* saldırısına karşı iyi bir performans göstermemiştir. Bununla birlikte, HTC ile çift emprenye edilen örnekler 12 yıl sonra hala sağlam durmaktadırlar. Çift emprenyeli Radiata çam direkleri (38 kg/m³ CCA ya ilave 240 kg/m³ HTC) 14 yıl aradan sonra Bowen’de hala hizmet vermektedir. Çift emprenyeli Douglas göknarı ve Southern yellow pine direkleri 22 yıl sonra Hawaii’de hala sağlam olarak durmaktadır (Pendleton and O’Neill, 1986).

Kreozot ile emprenye edilmiş yapraklı ağaçlar

Yapraklı ağaçlar ve iğne yapraklı ağaçlar arasındaki anatomik farklılıklar sonucu, yoğunluğu daha fazla olan yapraklı ağaçlarda daha düşük koruyucu retensiyon ve zayıf dağılım meydana gelebilir. Barnacle (1976), Tropikal Avustralya’da iki ökaliptus türü üzerindeki araştırmalarında bunu açıklamıştır. Diri odun örneklerini sırasıyla 228-336 ve 168-304 kg/m³ retensiyonlarında kreozot ile emprenye

ettikten 6 yıl sonra, yoğunluğu fazla olan tür teredinid ve *pholad*'ların şiddetli bir saldırısına uğramıştır. Bazı örnekler 2 yıl içerisinde tahrip edilmiştir. Bu araştırmadan çıkarılan sonuca göre; kreozotun diri odun örneklerini tropik olmayan bölgelerde dahi koruyamadığı ortaya çıkmaktadır.

Yine Avustralya'da yapılan bir araştırmada, 320 kg/m³ K55 kreozotu ile emprenye edilmiş *E. Macrorhyncha* F.Muell.ex Benth. direkleri, 26 yıl aradan sonra hala tahrip olmadan durmaktadırlar. K55 kreozotu artık ticari olarak mevcut olmamakta, yerini yüksek sıcaklıktaki kreozot (HTC) ve emülsiyon kreozot pigmenti içeren (PEC) HTC ye bırakmıştır (Cookson and Greaves, 1986).

Yapılan çalışmalarda, HTC nin K55 kreozotundan çok daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. HTC ile emprenye edilmiş (250 kg/m³) *E.pilularis* direklerinde, 12 yıl aradan sonra Port stephens'de zayıf bir *Sphaeroma* saldırısı ve Sidney'de zayıf bir *Limnoria* tahribatı görülmüştür. 110 kg/m³ HTC ile emprenyeli *E.maculata* direkleri, Bowen'da gelgit zonunda 14 yıl sonra zayıf bir *Sphaeroma* saldırısına maruz kalmıştır (Barnacle et al., 1986).

Southwell and Bultman (1971), yaptıkları araştırmada, farklı doğal dayanımlara sahip 14 tropikal ağaç türünü, deniz delicilerine karşı kreozot ile basınçlı emprenye yapmışlardır. Odun yoğunluğu ve lif yapısına bağlı olarak, retensiyonlar 32-736 kg/m³ arasında gerçekleştirilmiştir. Emprenye edilen odun bloklarını denizel delicilerin aktif olduğu karaib'lerde 4 yıl bekletmeleri sonucu, *Limnoria tripunctata* ve *Martesia striata* türlerini kapsayan teredinid, *limnoriid* ve *pholad*'ların 21 türü teşhis edilmiştir. Sonuçlar, kreozot ile emprenye edilmiş tropik ağaçlarda 160 kg/m³ ün altındaki retensiyonlarda gerekli korunmanın sağlanmadığını göstermiştir. Kreozot yumuşakçalara karşı etkili olurken, *limnoriid*'lere karşı etkili olamamaktadır. Southwell ve Bultmann, deniz inşaatlarında kullanılmak amacıyla doğal dayanıklılığı olan diğer türler üzerinde de araştırmalar yapılması gereğini ifade etmiştir. Apitong (*Dipterocarpus cornutus*) türünün kreozot ile emprenye edilmiş örnekleri Malezya'da deniz zararlılarının aktif olduğu bölgede 10-15 yıl hizmet verebilmektedir.

Suda çözünen tuzlar

Özellikle ılıman denizlerde, ahşap malzemenin kreozotla emprenyesinde elde edilen farklı sonuçlar çeşitli koruyucu tuzların kullanımının artmasına neden olmuştur. Ahşap direklerle aynı zamanda çift emprenye işlemleri de uygulanmıştır. Fakat bu işlem, *Limnoria* saldırısının üstesinden gelirken, kreozotla emprenyeli örnekler çarpmaya karşı dayanıklı olmadığı için örneklerin kırılabilirliğine yol açmıştır. Bununla birlikte, son 20-30 yılda çeşitli tuzlarla yapılan denemelerden ortaya cesaret verici sonuçlar çıkmıştır.

CCA (bakır,krom,arsenik) için emprenye spesifikasyonları, diri odunun tamamen emprenye edilmesini gerektirmekte ve ılıman denizler için 32 kg/m^3 , tropik denizler için ise 48 kg/m^3 retensiyon gerekmektedir.

Kabuklular (Crustacean) sınıfına giren odun delici organizmalar, CCA ile emprenye edilmiş odundan etkilenmemektedir. Bunlara örnek olarak *sphaeroma* ve *limnoria*'ların çeşitli türleri verilebilir (Cragg et al. 1999).

Suda çözünen tuzlar kullanılarak Avustralya'da ılıman, sub-tropik ve tropik bölgelerde, Kuzey ve Orta Amerika'da, Afrika'da, Hindistan'da, Güney Doğu Asya'da ve Avrupa'da çeşitli denemeler yapılmıştır. Bu denemelerde genellikle bakır-krom-arsenik (CCA) veya amonyaklı bakır arsenik (ACA) kullanılmıştır. İsveç'te 1940 dan beri yapılan denemelerde çinko-krom-arsenik (ZCA) ve çinko-bakır-krom-arsenik (ZCCA) kullanılmıştır (Nylinder-Norman et al.,1974).

Suda çözünen tuzlar ile emprenye edilmiş iğne yapraklı ağaçlar

Avustralya'da en az 3.2 kg/m^3 bakır elementi içeren CCA ile iğne yapraklı ağaçların emprenye edilmesi, kullanım yerlerinde iyi sonuçlar vermiş ve buralarda aktif bir *Sphaeroma* saldırısı görülmemiştir. Yine aynı oranda bakır içeren Boliden K33 (27 kg/m^3) ile emprenye edilmiş Radiata çamı örneklerinde, Sidney'de gelgit zonu altında 26 yıl aradan sonra zayıf bir tahribat görülmüştür. 27 kg/m^3 Tanalith C ($\text{Cu:}2.4\text{kg/m}^3$) ile emprenyeli benzer örnekler, *Limnoria* ve

Teredinid'ler tarafından orta ile ağır derecede bir tahribata uğratılmıştır (Tamblyn et al.,1978).

Bununla birlikte, *Sphaeroma* türlerinin çok aktif olduğu bölgelerde, CCA ile emprenye edilmiş çamlar gelgit zonunda ciddi şekilde tahrip olabilmektedir. CCA ile emprenye edilmiş Radiata çamı örnekleri, Port Stephens'de istiridye çiftliğinde kullanılmış ve ancak 3-4 yıl dayanabilmesine karşın, benzer örnekler Batemans körfezinde 8 yıl içinde sağlam olarak kalabilmiştir. Bowen'de 45-54 kg/m³ CCA içeren *P. Elliottii* Engelm. örnekleri 14 yıl aradan sonra hala kullanımda olmasına rağmen gelgit zonunda orta ve ağır derecede bir *Sphaeroma* tahribatı meydana gelmiştir (Barnacle et al.,1986).

Henningson and Norman (1980), sarıçam odununda bakır içerikli 13 formülasyonun denemelerini karşılaştırmalı olarak yapmıştır. 6.5 yıl sonra bakır-krom, bakır-krom-arsenik ve bakır-krom-bor formülasyonları iyi sonuçlar verirken, CCA ile emprenyeli yapraklı ağaçlar sarıçama kıyasla daha fazla zarara uğramıştır. Bakır, hazırlanan formülasyonlarda başlıca elementti ve onun etkinliği kromla birlikte amonyumdan fazla olmuştur.

Kanada'nın batı kıyısında yapılan araştırmada, bakır içeren formülasyonlar ile emprenye edilen *Pinus resinosa* 2 yıl sonra iyi durumda iken amonyaklı çinko arsenat (32 kg/m³) başarısız sonuç vermiştir (Ruddick, 1981).

Hindistan'da denizel delicilerin aktif olduğu bölgelerde yapılan testlerde, *Martesia*, *Sphaeroma* ve Teredinid saldırıları yaygın şekilde görülmüştür. Fakat CCA işlemleri *Martesia*'lara karşı diğer koruyuculardan daha iyi sonuçlar vermiştir (Purushotham and Rao, 1971).

Duglas göknarı ve *Pinus southern* blokları 16-70 kg/m³ retensiyonlarında CCA ve ACA ile emprenye edildikten sonra 5 yıl süreyle ABD'nin doğu kıyısında iki bölgede denize maruz bırakılmıştır. 16 kg/m³ retensiyona sahip örnekler

yumuşakçalar tarafından şiddetli biçimde tahrip edilmiştir. 32-70 kg/m³ retensiyona sahip örneklerde çok az bir saldırı görülmüştür (Baechler et al.,1970).

Pinus southern diri odun panelleri, CCA ve ACA ile emprenye edildikten 6 yıl sonra Florida'da, 40 kg/m³ retensiyona sahip örneklerde hiçbir saldırı görülmezken, 20 kg/m³ retensiyonda zayıf bir saldırı meydana gelmiştir (Johnson, 1977). Yapılan bu testler; ılıman ve sub-tropik sularda İ.Y.A. ların suda çözünen tuzlarla emprenyesinin deniz delicilerine karşı yeterli koruma sağladığını göstermektedir.

Virginia'da CCA ile emprenyeli örnekler ve emprenyesiz *Pinus southern* diri odun örnekleri iki yıl süreyle *Bankia gouldi* saldırısına maruz bırakıldı. Larvalar başlangıçta emprenye edilmemiş odunda gelişerek yetişkin hale gelmişler ve emprenyeli odunda oyuklar açmayı başaramamışlardır (Johnson and Lebow, 1996).

Avustralya'da ki denemeler de benzer sonuçlar vermektedir. Radiata çamı diri odunu, 27 kg/m³ CCA ve bakır-kromat ile emprenye edildikten sonra, 4 tropikal ve subtropikal bölgede 10 yıl süreyle denize maruz bırakılmıştır. İki bölgede teredinidlere karşı yüksek dayanım sağlanmıştır. CCA ile emprenyeli örneklerde *Limnoria tripunctata*'nın hafif şekilde bir saldırısı meydana gelmiştir (Barnacle, 1976).

Bangladeş'de CCA ile emprenye edilmiş *Pinus southern* direkleri, 15 yıl süresince odun bileşenlerinde hiçbir kayıp olmaksızın biyolojik saldırılara karşı direnç göstermiştir. CCA ile emprenye edilmiş ahşap deniz materyallerinin, tuzlu sularda diğer inşaat materyallerine göre daha güvenli olduğu ifade edilmiştir (Lahiry, 1998).

Suda çözünen tuzlar ile emprenye edilmiş yapraklı ağaçlar

Çok sayıda yapılan deniz testlerinde, CCA ile emprenye edilmiş ökaliptusların zayıf performans gösterdikleri görülmüştür. *E.macrorhyncha* örnekleri, CCA (27

kg/m³) ile emprenye edilmiş ve 4-9 yıl içerisinde Port Hedland'da ve 16 yıl içerisinde Sidney'de tahrip olmuşlardır. 1969 yılında Bowen'de, yaklaşık olarak 50 adet *E.maculata* direği 32 kg/m³ oranında CCA ile emprenye edilmiş ve 3 yıl sonra örnekler teredinidler tarafından tahrip edilmiştir. Aynı zamanda Tasmanya'da *E.obliqua* direkleri 22-32 kg/m³ Tanalith-C veya Tanalith CA ile emprenye edildikten sonra 15 ile 20 yıl arasında dayanabilmiştir. *E.maculata* ve *E.pilularis* direkleri, Tanalith-C ile 37 ve 57 kg/m³ oranlarında emprenye edildikten sonra Sidney ve Port Stephens'e yerleştirilmiş ve 12 yıl sonra tahribat görülmemiştir (Cookson, 1986).

1.11.2.4 Türkiye denizlerinde yapılan çalışmalar

Odun delici organizmalar konusunda ülkemizde sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. İlk yapılan araştırmalarda Marmara denizinin dip sularında *Teredo navalis*'e rastlanmıştır (Demir, 1954).

Berkel (1961), İstanbul çevresindeki sularda, yapı malzemesi olarak kullanılan çeşitli ahşap malzemelerin bu zararlı tarafından kısa sürede tahrip edildiğini ifade etmiştir. Sekendiz (1981), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde *Teredo navalis* zararını incelemiş ve bu türün Türkiye sularındaki varlığına dikkat çekmiştir.

Pınar (1997), 1968 yılında yaptığı araştırmalarda Türkiye limanlarındaki odun delici ve diğer çeşitli organizmalar üzerinde ekolojik araştırmalar ve bu organizmalara karşı kullanılan kimyasal maddelerin etkinliğini ölçme deneylerini yapmıştır. Gözlem ve deneyler Karadeniz'de Amasra limanı, İstanbul boğazı'nda Beykoz koyu, Çanakkale boğazı'nda Akbaş limanı, Ege denizi'nde İzmir limanı ve Akdeniz'de Mersin limanında yapılmıştır. Bu limanlarda 12 ay süre ile değişik periyotlarda çalışılmış, materyal olarak ise ahşap, metal ve cam plakalar kullanılmıştır. Deney istasyonlarında emprenye edilmemiş halde karaçam (*Pinus nigra*) plakaları kullanılmış ve bu plakalar üzerinde yapılan gözlemlerde, odun delici organizmalardan organizmalardan *Noroteredo norvegica* (syn. *Teredo navalis*), *limnoria tripunctata* ve *chelura terebrans* türlerine rastlanmıştır. Bu

organizmaların aktivitesi ise İzmir hariç bütün limanlarda çok şiddetli bulunmuştur. İstasyonlar arası kıyaslamada, *Teredo navalis*'in Amasra'da *Limnoria tripunctata*'nın ise Mersin'deki aktivitesi daha şiddetli bulunmuştur.

Bobat (1994), İzmit Derince limanı, Mersin ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü mendireği ve Trabzon limanında yaptığı çalışmalarında, odun türü olarak sarıçam, Uludağ göknarı, Doğu kayını kullanmıştır. Kimyasal maddeler olarak ise CCB tuzları ve kreozot kullanmıştır. Kontrol ve emprenyeli örnekler 14 ay süreyle bu limanlara bırakılmıştır. Deneme sonunda Marmara Denizi'ndeki örneklerin tahrip edilmediği, Akdeniz ve Karadeniz'de meşe odunu dışındaki kontrol örneklerinin denizel-odun zararlılarınca tamamen tahrip olduğu, meşe kontrol örneklerinin ise diğerlerine göre daha dayanıklı olduğu saptanmıştır. Akdeniz ve Karadeniz'deki CCB ile emprenyeli sarıçam ve meşe odunlarında bir-iki yumuşakça görülmüş, en iyi sonucu ise kreozotlu örnekler vermiştir. Akdeniz'deki kontrol örneklerinde odun delici canlılardan *Lyrodus pedicellatus*, *Teredo utriculus* ile *Bankia carinata* tespit edilmiş; Karadeniz'deki kontrol örneklerinde ise yalnızca *Teredo navalis*'e rastlanmıştır.

1.12 KİMYASAL MADDENİN AHŞAP MALZEMEDEN YIKANMASI

Emprenye edilmiş odun ekonomik, dayanıklı ve estetik bir yapı malzemesidir. Bu yüzden inşaat projeleri için ormanlarda, parklarda ve diğer alanlarda doğal olarak tercih edilmektedir. Bununla birlikte, kimyasal maddenin zamanla ahşap malzemeden yıkanabilme özelliğinden dolayı, insanlara ve çevreye zarar vermeyen kimyasal maddelerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Suda çözünen tuzlar, emprenye işleminde meydana gelen kompleks kimyasal reaksiyonlardan dolayı, kullanım yerlerinde yıkanmaya karşı dayanıklılık göstermektedirler. Yıkanmanın engellenmesinde bu reaksiyonların etkinliği; kimyasal maddenin formülasyonu, retensiyon, proses teknikleri gibi emprenye faktörleri yanında, sıcaklık, rutubet ve hava akımı gibi emprenye sonrası faktörlere bağlıdır.

Suda çözünen tuzlardan çok yaygın olarak kullanılan bakır krom arsenik (CCA) kerestelerin emprenyesinde tercih edilmektedir. Bunun sebebi; ucuz olması, ahşap malzeme üzerinde boyanabilir kuru bir yüzey bırakması ve oduna bağlanarak yıkanmaya karşı direnç göstermesidir. CCA ile emprenyeli ahşap malzeme kaldırımlar, rıhtım ve köprü gibi yerlerde yoğun şekilde kullanılmaktadır. Fakat bakır, krom veya arseniğin önemli miktarları çevreyi olumsuz şekilde etkilemektedir. Bu yüzden, benzer uygulamalar için CCA ya alternatif olarak değişik tipte kimyasal formülasyonlar geliştirilmiştir (Lebow, 1996).

Petrol yağlarında çözünen koruyucu maddelerden yaygın olarak kullanılanları; kreozot, pentaklorofenol ve bakır naftenattır. Kreozot ve pentaklorofenol yıllarca tel direklerinin, çit kazıklarının ve kerestelerin korunmasında geniş oranda kullanılmıştır. Fakat, bu emprenye maddelerinin insanların temasta bulunacağı alanlarda kullanımı azalmıştır. Kreozot ve pentaklorofenol, kaldırım gibi yerlerde diğer koruyucu maddelere nazaran daha az kullanılmaktadır. Bu yüzden gerek ahşabın dayanımı, gerekse ahşaptan kimyasal maddelerin yıkanması üzerine yapılan bilimsel araştırmalar diğer kimyasal maddeler üzerinde yoğunlaştırılmıştır.

Genellikle, kullanım yerinde veya laboratuvar testlerinde olsun, emprenye edilmiş odundan yıkanan kimyasal maddenin büyük kısmı başlangıç aşamasında olur. Fikse olmamış ya da zayıf derecede fikse olmuş kimyasal madde kolaylıkla odundan dışarı çıkarken, bundan sonra kimyasal maddenin yıkanmasında hızlı bir azalma meydana gelmektedir. Bununla birlikte, zamana bağlı olan yıkanma, emprenye edilen örneğin boyutlarına, örnek yüzey alanının miktarına ve fikse olmuş koruyucu bileşenlerin derecesine bağlıdır (Lebow, 1996).

CCA ile emprenyeli Southern pine diri odun örnekleri üzerinde yapılan çalışmada; ilk 6 saat sonunda yıkanma oranının en fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Bu oran 18 saat içerisinde % 10-20 oranında azalmıştır. 24-48 saat içerisinde % 1 oranında azalma meydana gelirken, 2-7 ve 7-14 gün arasında oldukça yavaş bir yıkanma meydana gelmiştir (Fahlstrom et al., 1967)

1.12.1 Fiksasyon ile Yıkanma Arasındaki İlişki

Fiksasyon genel bir terim olarak, emprenye edilmiş ahşap malzemeden kullanım süresi boyunca yıkanmayan kimyasal koruyucu maddelerin odun içerisinde meydana getirdiği kimyasal reaksiyonları ifade etmektedir. Bununla birlikte, oduna tamamen fikse olmuş CCA dahi, maruz kaldığı şartlara bağlı olarak bir dereceye kadar yıkanabilmektedir (Ruddick, 1993).

Bu yüzden fiksasyon, daha uygun bir deyimle kimyasal bileşenlerin yıkanmasını en aza indiren proses olarak tarif edilmektedir. Fiksasyon işleminin tamamlanması günler, haftalar, hatta aylar alabilmesine rağmen bazı reaksiyonlar birkaç saat içerisinde oluşabilmektedir (Cooper and Ung, 1989; Mc Namara, 1989).

Odunun pH sı, lignin yapısı ve ekstraktif maddelerin içeriği fiksasyonu etkileyebilmektedir. Odunun doğal pH sı, oduna fikse olan 6 değerlikli kromun miktarını ve selüloz ile lignin arasında kimyasal bileşenlerin dağılımını değiştirerek fiksasyonu etkileyebilir (Pizzi,1983b).

Krom ve bakır bileşenleri, yapraklı ağaç liflerindeki siringil ünitelerine nazaran iğne yapraklı ağaçlarda bulunan ligninin guayasil üniteleri ile daha stabil kompleksler oluşturduğu için, ligninin türü ve miktarı bir faktör olarak kabul edilebilir (Pizzi, 1983b; Ostmeyer et al.,1989).

CCA ile emprenye edilmiş odunda bakır, krom ve arseniğin direkt olarak mikro dağılımını belirlemek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. İlk çalışmalarda tarayıcı elektron mikroskop kullanılmıştır.

Petty and Preston (1968), CCA bileşenlerinin sıtka ladininin hücre çeperlerinde eşit olarak dağıldığını açıklamışlardır. Diğer araştırmacılar; odun hücre çeperinin S 2 tabakasında arseniğin çözeltidekinden daha az olduğunu, bakır ve krom oranlarının daha büyük olduğunu bulmuşlardır.

CCA emprenye maddesinin fiksasyonunda ekstraktif maddelerin rolü üzerine de araştırmalar yapılmıştır. Yaygın bir ekstraktif türü olan poliflavanoid tanenler bakır, krom ve arsenik gibi metal iyonlarla kompleks şekiller oluşturmaktadırlar (Ryan and Plackett ,1987).

Bir diğer araştırmada, CCA-C ile emprenye edilmiş çam öz odununda, arseniğin yıkanması diri oduna kıyasla iki kat daha fazla olmuştur. Bunun sebebi olarak, çam öz odununda bulunan ekstraktif maddelerin fiksasyonu engellediği sonucuna varılmıştır (Kennedy and Palmer,1994).

Kartal (1998), CCA ve CCB emprenye maddeleri ile sarıçam üzerinde dayanıklılık, yıkanma ve direnç özelliklerini araştırmıştır. CCA ile emprenye edilen örneklerde, fiksasyon işlemlerinde yıkanan As miktarları Cr ve Cu ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek bulunmuştur. % 65 $\pm$ 5 bağıl nem şartlarında yapılan fiksasyon işlemlerinde ise yıkanan As miktarlarının, yıkanan Cr ve Cu miktarları ile karşılaştırıldığında yüksek olduğunu bulmuştur. CCA ile yapılan işlemlerde, 70 °C sıcaklıkta kurutma işlemleri uygulanan örneklerde, 20 °C sıcaklıkta kurutma işlemleri uygulanan örneklerle karşılaştırıldığında, eğilme direncinde % 0.86'lık bir azalma meydana gelmiştir. Araştırma sonucunda, artan sıcaklık ve yüksek odun rutubetinde elementlerin yıkanma miktarlarında azalmalar olduğu ve buharlama ile fiksasyon metodlarında, her iki emprenye maddesi içinde yıkanma miktarlarının belirgin olarak azaldığı belirtilmiştir.

1.12.2 Emprenye Koşulları ve Parametreleri

Suda çözünen kimyasal maddelerin fiksasyonunu etkileyen pek çok faktör vardır. Bunlar; odun özellikleri, emprenye programı ve emprenye edilmiş malzemenin boyutlarıdır. Bununla birlikte, önemli faktörler; çözelti formülasyonu, koruyucu madde retensiyonu, sıcaklık, rutubet ve emprenye işleminden sonra malzemenin çevresindeki hava akışı şeklinde sıralanabilir.

1.12.2.1 Çözelti formülasyonu

Emprenye işlemlerinde, koruyucu kimyasal maddenin bileşimi fiksasyonu etkileyebilmektedir. Örneğin; CCA emprenye maddesinin A, B ve C tipleri için AWWPA standartlarına uygun farklı ticari formülasyonlar üretilmiştir (AWPA,1994).

CCA formülasyonunun yüksek oranda fikse olması ve hangi formülasyonun fiksasyonu etkilediği konusunda fikir ayrılıkları olmasına rağmen, arseniğin en fazla miktarda CCA-B formülasyonunda yıkandığı konusunda fikir birliği olduğu bilinmektedir (Arsenault,1975; Murphy and Dickinson ,1990; Ruddick ,1993; Sheard,1991).

1.12.2.2 Çözelti konsantrasyonu ve retensiyon seviyesi

CCA emprenye maddelerinde çözelti konsantrasyonundaki artışlar, bakır ve kromun fiksasyonunu yavaşlatmakta ve arseniğin fiksasyonunu hızlandırmaktadır (Wilson, 1971). Ya da, kromla bağlı olan bileşiklerin dağılımı ligninden yana değişirken fiksasyon hızlanmaktadır (Pizzi, 1983b).

Çözelti konsantrasyonundaki artış odun koruyucu sistemde pH yı düşürmekte ve fiksasyonu hızlandırabilmektedir (Anderson,1990; Pizzi,1983b). Bununla birlikte, pratik kullanımda çözelti konsantrasyonu ve retensiyonun fiksasyon oranı üzerine önemli bir etkisi görülmemektedir (Anderson, 1990; Cooper and Ung 1992; Pizzi 1983b).

CCA bileşenlerinin yıkanması üzerine retensiyonun etkisi pratik olarak daha önemli görülmektedir. Çeşitli araştırmacılar, yıkanabilen arseniğin yüzdesinin artan retensiyonla azaldığını belirtmişlerdir (Archer and Preston ,1994; Lee et al., 1993; Wood et al., 1980). Ayrıca, daha yüksek retensiyon seviyeleri oduna daha fazla su iticilik kazandırmakta, böylece yıkanmayı sınırlandırmaktadır (Coetze, 1980).

1.12.2.3 Sıcaklık ve rutubet

Çeşitli araştırmacılar; özellikle odunun rutubet içeriği çok hızlı düşürülmüşse, sıcaklığı artırmanın fiksasyonu engelleyebildiğini veya yıkanmayı artırdığını belirtmişlerdir. (Alexander et al., 1993; Avramidis and Ruddick,1989; Boone et al., 1995).

Conradie and Pizzi (1987), fiksasyon sıcaklığının oda sıcaklığından 120 °C ye çıkarıldığında, CCA elementlerinin yıkanmasının dört kez arttığını bulmuşlar ve 80 °C de ki fiksasyonda ise herhangi bir olumsuz etkiye rastlamamışlardır.

CCA ile yapılan emprenye işlemlerinden sonra gerçekleştirilen tekrar kurutma işlemi, emprenyeli odundan yıkanmış elementlerin miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Açık havada kurutulmuş odunda, düşük veya yüksek sıcaklıkta fırında kurutulmuş oduna göre elementlerin yıkanması daha az olmaktadır. Muhtemelen yüksek sıcaklık, lignin ve selüloz arasında kimyasal maddelerin yeniden dağılımına neden olmakta, bu da yıkanmayı artırmaktadır (Lee et al.,1993).

Kaldas and Cooper (1996), kromun fiksasyon oranı üzerine, odunun rutubet içeriği, fiksasyon sıcaklığı etkisini ve kromun tam fiksasyonundan sonra CCA bileşenlerinin yıkanmasını araştırmışlardır. Fiksasyon süresince, odun rutubet içeriği azaldığında fiksasyon oranının önemli derecede azaldığını, yüksek rutubet içeriği şartlarında fiksasyon oranının artan sıcaklıkla birlikte önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, odun rutubet içeriğinin LDN den düşük olduğu durumlarda, özellikle arsenik olmak üzere tüm bileşenlerde önemli oranda yıkanma meydana geldiğini, yüksek sıcaklıktaki (90 °C) fiksasyonda en iyi yıkanma direncinin meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

1.12.3 Toprakla Temasta Olan Emprenye Edilmiş Odunun Yıkanması

Kullanım yerinde, ahşap malzemeden kimyasal maddelerin yıkanmasını çok sayıda faktör etkilemekte ve bu faktörleri laboratuvar ortamına yansıtmak güçtür. Bu faktörler; genel anlamda örneğin maruz kaldığı çevre ve örneğin boyutları ile yüzey alanıdır. Arazi çalışmalarında yıkanmayı etkileyen faktörleri kontrol etmek çok güç olmasına rağmen elde edilen sonuçlar gerçek yıkanma miktarlarını yansıtmaktadır.

Diğer suda çözünen koruyucu maddeler, CCA kadar yaygın kullanılmadığı için yıkanma çalışmaları laboratuvar testleri ya da küçük odun örnekleri kullanılan arazi testleri ile sınırlı kalmıştır. Arazide veya kullanım yerinde yapılan çalışmalarda, CCA-C bileşenlerinin en fazla % 50 veya daha fazla oranda yıkandığı gözlenmiştir.

Nicholson and Levi (1971), Avustralya’da yaptıkları bir araştırmada, toprağa gömülü olan direklerde toprak üstü 300 mm ile toprak altı 150 mm’lik kısımda 6 yıl sonra CCA içeriğini analiz etmişlerdir. Bakır veya krom seviyelerinde hiçbir istatistiksel önemli fark bulunmamasına rağmen, direklerin toprak altı kısmında arsenik içeriği, toprak üstüne göre önemli derecede az bulundu (% 11-21). Çalışmanın gerçekleştirildiği alanda ise, kumlu killi ve açık tekstürlü killi topraklar mevcuttu.

Arsenault (1975), Southern pine çit kazıklarını CCA-A ile emprenye ettikten sonra, 17 yıl süre ile Amerika’da kumlu Florida bölgesinde toprak etkisine maruz bıraktı. Örneklerdeki CCA içeriğinin yapılan karşılaştırılmasında; örneklerin toprak altında bulunan kısımlarında bakır seviyeleri toprak üstünde kalan kısma göre önemli derecede azalırken toprak altı kısımdaki arsenik seviyesinin tükenmiş olduğu tespit edildi. Aynı kimyasal maddeyi kullanarak New Jersey’de gerçekleştirmiş olduğu denemede ise, Southern pine çit kazıklarında 9 ile 12 yıl sonra toprak altı ve üstü kısımlarda kimyasal bileşenlerin oranlarında bir fark görülmedi. Yeni Zelanda’da CCA-B kullanılarak yapılan benzer bir araştırmada

ise; Radiata çamı örneklerinin toprak üstü kısımlarında bakır ve arsenik miktarının azaldığı tespit edildi (Hedley, 1984).

İsveç’ de bir test alanında 2x5x50 cm boyularındaki Scots pine (*P.sylvestris*) örnekleri CCA-B ile emprenye edildikten 20 ile 43 yıl sonra analizler yapıldı. Orijinal retensiyon seviyeleri esas alınarak yapılan incelemede, örneklerde bakır oranında % 23, krom oranında % 19 ve arsenik oranında % 25 oranında azalma meydana geldiği görülmüştür (Evans and Edlund, 1993).

Benzer bir çalışmada ise, Hawaii’de 19x19x450 mm boyutlarında CCA-C ile emprenye edilmiş Southern pine örnekleri üzerinde 44 ay sonra yapılan incelemede, % 20.5 bakır, % 8.9 krom ve % 21.5 arsenik kaybı meydana gelmiştir (Jin et al., 1992).

Çalışmalar, toprak bileşeninin hem yıkanmayı hem de CCA bileşenlerini etkilediğini göstermektedir. Bergholm (1992), CCA ile emprenyeli odun yongalarını 3 farklı toprak ile örtterek element kayıplarını analiz etmiştir. Yongalardan bakırın yıkanması, kumlu ve killi toprağa nazaran en fazla turba toprakta meydana gelmiştir. Arsenik ve kromun hareketi, killi ve turba toprağa nazaran ince kumlu toprakta daha fazla olurken, bakırın hareketi en fazla turba toprakta olmuştur.

Toprak bileşenlerinin etkileri kompleks olmasına karşılık, koruyucu bileşenlerin genellikle yüksek organik topraklarda en az hareketli, killi topraklarda biraz daha hareketli ve kumlu topraklarda en fazla hareketli olduğu görülmüştür (Lebow, 1996).

Bir oyun alanında yapılan araştırmada Henningson and Carlsson(1984), oyun alanından alınan emprenye edilmiş ahşap ve kum örneklerinde bakır, krom ve arsenik analizleri yapılmıştır. Emprenyeli ahşap örneğinde, 2-4 yıl sonra % 20-25 oranında arsenik yıkandığı ve çok az oranda da bakır ve krom yıkandığı tespit edildi. Emprenyeli ahşabın çok yakınından alınan kum örneğinde ise arsenik oranı

ortalama 4-6 mg As/kg, maksimum 12,9 mg olarak bulundu. Bulunan arsenik oranı normal olarak değerlendirilmiştir. Çünkü, doğal halde topraklar 1-40 mg As/kg içermektedir. Bu araştırma sonucunda, CCA ile emprenyeli ahşap malzemenin kullanıldığı oyun alanlarında, çocuklar için arsenik zehirlenmesi riskinin çok düşük olduğu vurgulanmıştır.

Cooper et al. (2001), 1 ile 50 yıl arası kullanımdan sonra servis dışı kalmış red pine ve jack pine direklerinde, toprak üstü ve toprak altı bölgelerinde CCA bileşenlerinin dağılımını araştırmışlardır. Tüm direklerde 40 mm derinlikte CCA retensiyonları, mantarlar için zehirlilik sınırlarının üzerinde bulunmuştur. Bakır hariç, direklerin toprak altı ve toprak üstü kısımlarında CCA bileşenlerinin retensiyonlarında çok az farklılıklar meydana gelmiştir. Yüzeyden toprak altı bölgesine doğru tercihen bakırın yıkanmış olabileceği vurgulandı. Arseniğin diğer bileşenlerden daha fazla yıkandığı ve bu etkinin direklerdeki derinliğe bağlı olmadığı görülmüştür.

1.12.4 Emprenye Edilmiş Odunun Deniz İçerisinde Yıkınması

CCA ile emprenye edilmiş direk ve benzeri odun örnekleri, yüksek oranlardaki kimyasal madde retensiyonlarına sahip olmalarından dolayı, diğer ürünlerle kıyaslandığında deniz suyu içerisinde önemli derecede yıkanmaya maruz kalmaktadırlar.

Deniz içerisinde, büyük boyutlu direk veya kerestelere nazaran küçük boyutlu örneklerle çalışmak kolaylıklar sağlamasına karşın, bu örneklerde uzun süreli yıkanma çalışmalarını gerçekleştirmek ve yorumlamak güçtür. Bunun nedeni, deniz içerisindeki odun delici organizmaların saldırısı ve erozyon sonucu örneklerde meydana gelen kütle kayıplarıdır (Baechler et al., 1970). Bütün bu olumsuz faktörlerden dolayı, deniz içerisinde yıkanmaya yönelik sınırlı sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir.

Amerika’da liman inşaatlarında kullanılmış kreozot ile emprenyeli ahşap direkler üzerinde yapılan testlerde, basınç ile emprenye yapılmış direklerde çok az oranda kreozot kaybı meydana geldiği ve bu durumun çevre açısından önemli bir zarar doğurmayacağı vurgulanmıştır (Webb, 1975).

CCA-A ile emprenye edilmiş ahşap direkleri North Carolina’da 18 yıl süreyle deniz suyu etkisine maruz bırakılmıştır. Deniz içerisindeki farklı zonlarda yapılan analizlerde, CCA seviyelerinde veya bileşenlerin oranlarında önemli bir farklılık görülmemiştir (Arsenault, 1975).

Florida, Key West’de yapılan araştırmada, Southern pine direkleri CCA-C ile emprenye edilmiştir. Sekiz yıl sonra, direklerin dış kısımlarında bakır kaybı meydana gelmesine karşın CCA retensiyonunda çok az bir değişme meydana geldiği görülmüştür (Gjovik, 1977).

Sarıçam ile dört yapraklı ağaç türü keresteleri, CCA ile emprenye edildikten sonra, 72 ay boyunca İtalya, İsveç ve Avustralya sahil bölgelerinde deniz suyu etkisine maruz bırakılmıştır. Yapılan analizlerde element kayıpları sırasıyla; en fazla bakırda, daha sonra arsenik ve krom da meydana gelmiştir (Leightley, 1987).

İngiltere’de iki farklı bölgede, CCA ile emprenyeli 5x25x51 mm. boyutlarındaki küçük örnekler deniz suyu içerisine bırakılmıştır. 36 hafta sonunda, CCA bileşenlerinde önemli oranda kayıplar meydana gelmiştir (Irvine et al.,1972). Uygulanan düşük konsantrasyonlarda ($17.6-40 \text{ kg/m}^3$) en fazla yıkanma arsenik (%26-49) bileşeninde meydana gelmiştir. Bununla birlikte, yüksek retensiyonlarda ($61-83 \text{ kg/m}^3$) en fazla yıkanma krom (% 45-55) bileşeninde görülmüştür.

Southern pine panelleri (6x38x152 mm) CCA-B ve CCA-C ile emprenye işleminden sonra, 78 ay boyunca Florida Key West’de denize maruz bırakılmıştır. CCA-B ile emprenyeli panellerde % 80 bakır, % 50 krom ve % 50 arsenik kaybı meydana gelmiştir. CCA-C ile emprenyeli panellerde ise bakır ve krom da benzer

kayıplar meydana gelirken, özellikle yüksek retensiyonlarda arsenik yıkanmasının azaldığı gözlenmiştir (Johnson ,1977).

CCA-C ile emprenyeli Çam ve Kayın diri odun örnekleri (5x25x500 mm ve 20x20x150 mm) 1 yıl süreyle İrlanda kıyılarında denize maruz bırakılmıştır. Bir yıl sonunda, küçük bloklarda CCA bileşenlerinde % 50 oranında azalma meydana gelirken, bakır oranındaki kayıpların krom veya arsenikten daha düşük olduğu gözlenmiştir (Hegarty and Curran ,1986).



BÖLÜM 2

MATERYAL ve METOD

2.1 MATERYAL

Yapılan çalışmada; sarıçam (*Pinus sylvestris*), meşe (*Quercus petrae*) ve kestane (*Castanea sativa*) ağaç türleri kullanılmıştır. Bu ağaç türlerinin diri ve öz odunlarından, yapılan denemeler için standartlara uygun boyutlarda örnekler hazırlanmıştır. Bu ağaç türlerinin tercih edilmesinin sebebi, diri ve öz odunlarının belirgin şekilde ayırt edilmelerinin yanında, orman endüstrisinde önemli oranda kullanılan türler olmalarıdır.

Yapılan tüm denemelerde, emprenye maddeleri olarak; suda çözünen tuzlardan Tanalith-C (CCA) ve katran yağlarından kreozot kullanılmıştır. Bu emprenye maddeleri ağaç malzemenin dış ortamda kullanım süresini uzatmakta, fungusid ve insektisid özellikler göstermektedir.

2.1.1 Deneme Ağaçlarının Alınması

Türlere ait özelliklerin temsil edilmesi açısından, her ağaç türü için Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı bölgelerden 3'er adet ağaç kesilmiştir. Ağaçların seçiminde TS 4176 esaslarına uyulmuştur. Kesilen ağaçlar dal ve budaklarından temizlenmiş ve kök kısmından itibaren 1.30 m. den yukarı 2 m. boyunda tomruklara ayrılmıştır. Hazırlanan tomruklar araca yüklenerek biçilmek için atölyeye getirilmiştir. Denemelerde kullanılan ağaçlara ve kesim bölmelerine ait bilgiler aşağıda verilmektedir.

Sarıçam

Sarıçam ağaçları, Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Kumluca bölgesi, kumluk mevkii 101 no lu bölmeden temin edilmiştir. Sarıçam ağaçlarına ait bilgiler Çizelge 2.1'de verilmektedir. Şekil 2.1'de ise sarıçam ağaçlarına ait tomruklar görülmektedir.

Çizelge 2.1 Sarıçam ağaçlarına ait bilgiler.

Ağaç No	Bakı	Yükselti (m)	1.30 m Çapı (cm)	Yaş	Diri odun genişliği (cm)	Öz odun genişliği (cm)	Diri odun yıl.hal.say.	Öz odun yıl.hal.say.
1	Kuzey	1200	30	105	6.5	5.5	40	36
2	Kuzey	1200	38	110	7	10	42	63
3	Kuzey	1200	20	80	5.5	4.5	46	26



Şekil 2.1 Sarıçam ağaçlarına ait tomruklar.

Meşe

Meşe ağaçları Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Dumanlı bölgesi, kacadere mevki 29 no lu bölmeden temin edilmiştir. Çizelge 2.2'de meşe ağaçlarına ait bilgiler verilmektedir.

Çizelge 2.2 Meşe ağaçlarına ait bilgiler.

Ağaç No	Bakı	Yükselti (m)	1.30 m Çapı (cm)	Yaş	Diri odun genişliği (cm)	Öz odun genişliği (cm)	Diri odun yıl.hal.say.	Öz odun yıl.hal.say.
1	Kuzey	250	36	70	3	14	22	72
2	Kuzey	250	33	80	3	14.5	25	70
3	Kuzey	250	36	75	3	11	20	48

Kestane

Kestane ağaçları Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Kurucaşile bölgesi, Daldoruğu mevki 4 no lu bölmeden temin edilmiştir. Çizelge 2.3'de kestane ağaçlarına ait bilgiler verilmektedir.

Çizelge 2.3 Kestane ağaçlarına ait bilgiler.

Ağaç No	Bakı	Yükselti (m)	1.30 m Çapı (cm)	Yaş	Diri odun genişliği (cm)	Öz odun genişliği (cm)	Diri odun yıl.hal.say.	Öz odun yıl.hal.say.
1	Kuzey	360	34	100	2.5	18	10	28
2	Kuzey	360	50	90	1.5	13.5	4	40
3	Kuzey	360	42	100	2.5	13.5	6	35

2.1.2 Deney Örneklerinin Hazırlanması

Atölyeye getirilen tomruklar şerit testerede radyal yönde 4 eşit parçaya bölünerek doğal kurutmaya alınmıştır. Hava kurusu hale gelen parçaların diri ile öz kısmı, şerit testerede biçilerek ayrılmıştır. Daha sonra, diri ve öz odun kısımlarından; fiziksel, mekanik, arazi, deniz ve yıkanma testleri için standart boyutlarda örnekler hazırlanmıştır. Deniz denemeleri için hazırlanan örneklerde, kestane diri

odundan standart boyutlarda örnek çıkmadığı için kestane öz odundan hazırlanmıştır. Denemelere göre hazırlanan örnek boyutları aşağıda belirtilmiştir.

Fiziksel denemeler için: 2x2x3 cm (TS, 2472),

Mekanik testler için: 2x2x30 cm (TS, 2474),

Arazi denemeleri için: 2x2x30 cm (TS, 5986),

Deniz denemeleri için: 2,5x7,5x20 cm (TS EN, 275),

Yıkanma denemeleri için: 1,5x2,5x5 cm (TS,345) boyutlarında örnekler hazırlanmıştır.

2.1.3 Emprenye Maddeleri

Tanalith-C (CCA)

Denemelerde kullanılan CCA (Tanalith-C 3310) Hemel A.Ş. den (İstanbul) temin edilmiş olup içeriğindeki bileşenlerin oranları aşağıda belirtildiği gibidir. Çalışmada yapılan tüm testlerde % 4 konsantrasyonda CCA emprenye maddesi kullanılmıştır. Çizelge 2.4'de çalışmada kullanılan Tanalith-C emprenye maddesinin içeriği verilmektedir.

Çizelge 2.4 Tanalith-C emprenye maddesinin bileşim oranları.

Bileşen	%	g/l
Krom trioksit	30.2	52.8
Bakır oksit	11.2	196
Arsenik pentoksit	17.3	303

Kreozot

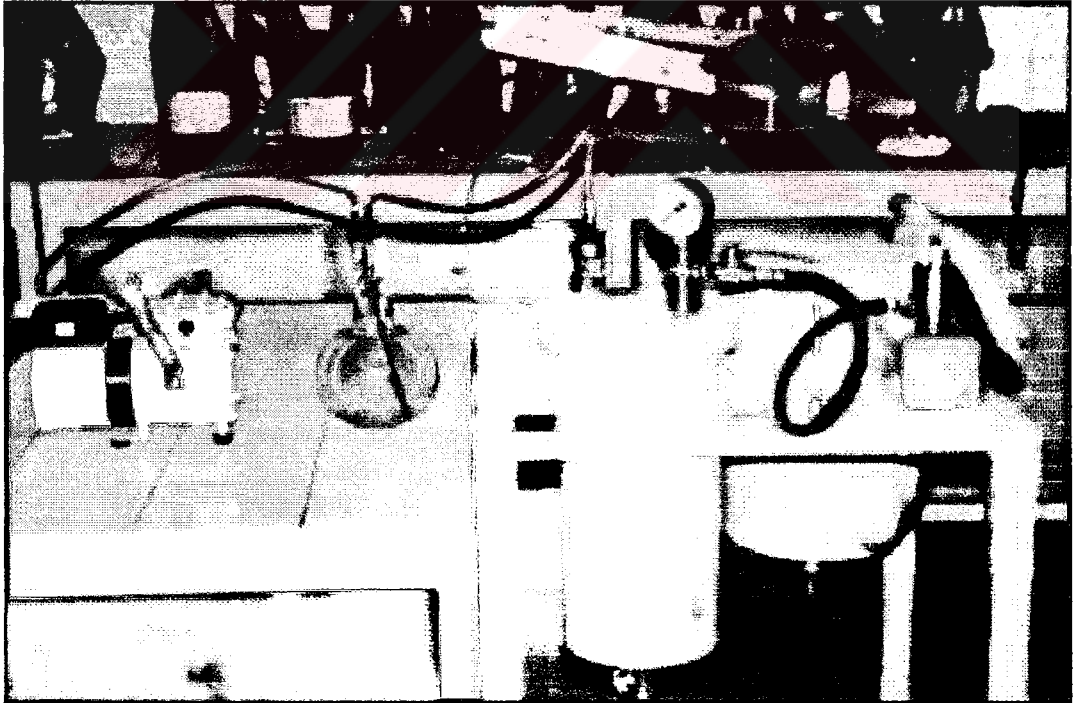
Bilindiği gibi kreozot; maden kömürü katranının destilasyonu sırasında elde edilen bir yan üründür. Denemelerde kullanılan kreozot, Karabük Demir Çelik Fabrikası'ndan temin edilmiş olup özellikleri Çizelge 2.5'de verilmiştir.

Çizelge 2.5 Kreozot analiz değerleri.

Kreozot Analiz Değerleri	
Destilasyon (%)	
205 °C	% 5
235 °C	% 26
315 °C	% 72
355 °C	% 78
Damlama (°C)	190
Kuruma (°C)	358
Tortu (32 °C)	-
Fenol	% 64
Yoğunluk	1.120
H ₂ O	% 0.8

2.1.4. Emprenye Düzeneği

Çalışmada gerçekleştirilen tüm emprenye denemelerinde şekil 2.2’de görülen düzenek kullanılmıştır.



Şekil 2.2 Çalışmada kullanılan emprenye düzeneği.

Dolu Hücre (Bethell) yöntemine göre emprenye işlemleri gerçekleştirilmiş olan düzenek şekilde görüldüğü gibi; emprenye silindiri, çözelti hazırlama kazanı, manuel basınç kolu ve vakum pompasından ibarettir.

2.2 METOD

2.2.1 Örneklerin Emprenye İşlemleri

Tez kapsamında tüm emprenye işlemleri Dolu Hücre (Bethell) Yöntemi'ne göre gerçekleştirilmiştir. Hava kurusu haldeki odun örnekleri, emprenye silindiri içerisine yerleştirildikten sonra 30 dk. süreyle 760 mm Hg düzeyinde vakum işlemi yapılmıştır. Bu işlem sonunda, çözelti hazırlama kazanındaki emprenye maddesi vakum etkisiyle odun örneklerinin bulunduğu silindire sevk edilmiştir. Silindir tamamen kimyasal maddeyle dolduktan sonra vakum kapatılarak basınç işlemine başlanmış, 10-15 bar düzeyinde 1 saat süreyle basınç işlemi uygulanmıştır. Bu süre sonunda emprenye işlemine son verilmiş, emprenye maddesi silindirden geri alınmıştır.

Kreozot ile yapılan emprenye işlemlerinde, Kreozot 80 °C' ye kadar ısıtılmış, Tanalith-C ile hazırlanan çözeltilerde bir ısıtma işlemi uygulanmamıştır. Emprenye edilmiş örnekler kazandan dışarı alınarak hafifçe kurulandıktan sonra, Tanalith-C için Retensiyon ve Net Kuru Tuz Miktarları, Kreozot için ise Retensiyon miktarları hesaplanmıştır.

2.2.2 Retensiyon ve Net Kuru Tuz Miktarının (NKTm) Bulunması

Suda çözünen tuzlar grubundan olan CCA emprenye maddesi için Retensiyon ve Net Kuru Tuz Miktarı (NKTm) aşağıda verilen formüllere göre hesaplanmıştır (ASTM D 1758-96; Bozkurt ve ark., 1993).

$$\text{Retensiyon} = \frac{G \times C}{V} \times 10 \quad (\text{kg/m}^3)$$

G : örnek tarafından absorbe edilen empenye maddesi çözelti miktarı (g)

C : empenye maddesi çözeltisinin konsantrasyonu (%)

V : örnek hacmi (cm³)

Net Kuru Tuz Miktarı ise aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{NKT M} = \frac{G \times C}{100} \quad (\text{g})$$

Kreozot için ise Retensiyon miktarı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{Retensiyon} = \frac{G \times 1000}{V} \quad (\text{kg/m}^3)$$

2.2.3 Fiziksel Özellikler

2.2.3.1 Tam kuru özgül ağırlık

Tam kuru özgül ağırlığın belirlenmesinde, 50'şer adet 2x2x3 cm boyutlarında diri ve öz odun örnekleri kullanılmıştır. Tam kuru özgül ağırlık (Q₀) tayini için, örnekler elektrikli kurutma fırınında 103±2 °C sıcaklık derecesinde ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Tam kuru hale gelen örnekler, fırından çıkarılarak içerisinde CaCl₂ bulunan desikatör içerisinde soğutulduktan sonra 0.001g duyarlıklı elektronik terazide tartılmışlardır. Örneklerin boyutları dijital kumpasla ölçülerek hacimleri hesaplandıktan sonra, tam kuru özgül ağırlıkları;

$Q_0 = M_0 / V_0 \quad (\text{g/cm}^3)$ formülü ile hesaplanmıştır.

2.2.3.2 Hava kurusu özgül ağırlık

Hava kurusu özgül ağırlığın belirlenmesi için, örnekler 20±2 °C ve % 65±5 bağıl nem şartlarında denge rutubetine ulaşınca kadar klimatize dolabında

bekletilmiştir. Daha sonra ağırlıkları tartılıp, boyutları ölçülerek hava kurusu özgül ağırlıkları ;

$Q_{12} = M_{12} / V_{12} \text{ (g/cm}^3\text{)}$ formülü ile hesaplanmıştır.

2.2.4 Mekanik Özellikler

2.2.4.1 Eğilme direnci

Eğilme direnci denemeleri TS 2474 (1976) standardında belirlenen esaslara göre Universal Test Makinesi'nde gerçekleştirilmiştir. Diri ve öz odun tabakasından hazırlanan, 2x2x30 cm boyutlarında kontrol örnekleri ile birlikte emprenye edilmiş örnekler ve arazi örnekleri deney işleminden önce $20 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $\% 65 \pm 5$ bağıl neme sahip klimatize dolabında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilerek $\% 12$ rutubete ulaşmaları sağlanmıştır. Universal test makinasına, dayanak noktaları açıklığı 24 cm olacak şekilde yerleştirilen örneklere, yıllık halkalara teğet yönde ve dayanak açıklığının orta kısmından kırılma işlemi gerçekleştirinceye kadar yük uygulanmıştır.

Eğilme direncinin hesaplanmasında ;

$$\Gamma_e = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times d^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ eşitliğinden yararlanılmıştır. Burada;}$$

Γ_e : Eğilme direnci (N/mm²)

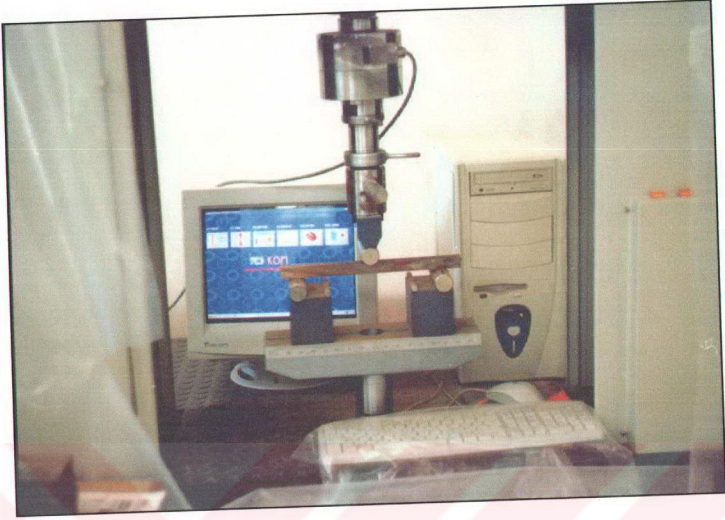
F : kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

L : dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

b : örnek genişliği (mm)

d : örnek kalınlığı (mm)

Mekanik testlerin yapıldığı universal test makinesi Şekil 2.3'de görülmektedir.



Şekil 2.3 Mekanik testlerin gerçekleştirildiği Üniversal test makinesi.

Deneyler yapıldıktan sonra kırılan her bir deney örneğinin kırılma noktasına yakın yerlerinden 2x2x3 cm boyutlarında örnekler alınarak özgül ağırlık ve rutubetleri belirlenmiştir. Rutubetleri % 12 den farklı olan örneklerin eğilme dirençleri;

$\Gamma_e (12) = \Gamma_e [1-0.004 (12-r)]$ Örs (1979), eşitliğinden yararlanılarak % 12 rutubetteki eğilme direncine çevrilmiştir. Burada;

$\Gamma_e (12)$: % 12 rutubetteki eğilme direnci (N/mm^2)

Γ_e : % r rutubetteki ölçülen eğilme direnci (N/mm^2)

2.2.5 Arazi Denemeleri

Arazi denemelerini gerçekleştirmek için, Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Yenihan Orman İşletme Şefliği'nin bahçesi kullanılmıştır. Bu amaçla, 100 m² boyutlarında bir alan seçilmiştir. Seçilen alan TSE 5986 standartlarına uygun, doğal bir alan olup, herhangi bir ekim veya gübreleme işlemi yapılmamış ve katkı maddesi içermemektedir. Arazi denemelerinde kullanılan alan Şekil 2.4'de görülmektedir.



Şekil 2.4 Arazi testlerinin gerçekleştirildiği deneme alanı.

Örneklerin yerleştirildiği alana ait toprak analizleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Toprak İlmi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Toprak türü Bouycous hidrometre yöntemi, toplam azot semi mikro kjeldhal yöntemi, organik karbon Walkley-Black yöntemi ve toprak asitliği cam elektrodlu pH metre kullanılarak belirlenmiştir.

Bartın ili'ne ait 2002 yılı meteorolojik verileri Çizelge 2.6'da ve deneme alanına ait toprak analizi sonuçları Çizelge 2.7' de verilmektedir.

Çizelge 2.6 Bartın ili'ne ait 2002 yılı meteorolojik verileri.

AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama sıcaklıklar	2,7	6,9	8,7	9,9	15,4	20,4	24,2	21,7	18,8	14,8	10,3	3,3	13,1
Max. Sıcaklık	18,3	23,7	27,6	23,5	33	35,5	34,2	36,2	31,4	30	25,6	22,4	36,2
Min. Sıcaklık	-9,5	-5,5	-2,6	-2,4	3,6	9,6	14,5	10,6	7,3	1	-1,1	-9,3	-9,3
Ort. Nisbi nem	81	73	74	78	73	76	76	81	83	84	84	82	78,7
Toplam yağış	84,3	29,6	61,5	62,9	24,9	141,4	138,8	190,4	153,4	149,8	77,1	68	1182,1
Yağışlı gün sayısı	17	4	14	13	6	12	9	15	13	18	9	15	145
Donlu gün sayısı	17	9	4	2							2	19	53
Güneşlenme süresi	2,5	5,3	5,2	5,4	9,1	9,2	9,4	8,1	7	5,4	5	2,5	6,1
Güneşlenme şiddeti	123	217,4	279,7	353,9	526,2	509,7	497,7	406,9	327,1	223,6	168,9	113,9	312,3
En yüksek kar örtüsü	21											10	21
Kar örtülü gün sayısı	13											7	1,6
Kuvvetli rüzgar yönü	E	N	NNW	WSW	E	W	N	NE	WSW	NNE	W	ENE	WSW
Kuvvetli rüzgar hızı	10,2	12	13,1	14	12,5	11,2	10,3	10,5	12,1	7,7	8,2	12,8	14

Çizelge 2.7 Arazi denemelerinin yapıldığı alana ait toprak analiz sonuçları.

Toprak Analizi Sonuçları	
Toprak asitliği (H ₂ O)	6.82
Organik Karbon (% C)	% 4.52
Toplam Azot (% N)	% 0.368
Kum	% 40.1
Toz	% 33.9
Kil	% 26.0
Toprak Türü	Killi balçık

Yapılan analiz sonucunda toprak örneğinin; hafif asit karakterde, killi balçık tekstürde, organik madde ve azot bakımından zengin bir toprak olduğu ortaya çıkmıştır.

Her ağaç türü ve kimyasal madde için, 25'er adet 2x2x30 cm boyutlarında emprenye edilmiş örnekler, kontrol örnekleriyle birlikte boylarının yarısına kadar toprağa gömülmüştür. Her ağaç türüne ait örnekler bir sıra oluşturacak şekilde, aralarında 15 cm mesafe bırakılarak yerleştirme işlemi yapılmıştır. Bütün örnekler alana yerleştirildikten sonra etrafı tel örgüyle çevrilmiştir. Örnekler 2002 ocak ayında araziye yerleştirilmiş, 1 yıl sonra 2003 ocak ayında araziden alınarak mikolojik gözlemler ve mekanik testler yapılmıştır.

TS 5986'ya göre Arazi denemelerinde, odun örnekleri üzerinde mantar tahribatı sonucu yapılan puanlama sistemi Çizelge 2.8'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.8 Arazi denemelerinde gerçekleştirilen puanlama sistemi.

Tahribat Durumu	Sağlamlık Puanı	Açıklama
Sağlam	10	Toprak zonunda ve altında sağlam ve köşeleri keskin kalmış çıtalar. Köşelerdeki ilkbahar odununda hafif yumuşamalar veya hafif termit yenisi dikkate alınmaz.
Eser miktarda çürüme	9	Hafif fakat belirgin başlangıç çürüklüğü veya belirgin termit saldırısının görülmesi.
Orta derecede çürüme	7	Çürüme veya termit saldırısı belirgin, geniş bir hatta muhtelif derecede yaygın. Emprenye maddesi ahşabın dış tabaka liflerini koruyacak gücünü yitirmiş.
İleri derecede çürüme	4	İleri derecede tahribatı ifade eder. Ancak ahşabın mukavemeti tamamen kaybolmamıştır.
Mukavemetini kaybetme	0	Ahşap tamamen mukavemetini kaybetmiştir.

Tabloda verilen bilgilere dayanarak yapılan puanlama işleminden sonra, örneklere ait sağlamlık endeksi aşağıdaki formüldeki gibi hesaplanmaktadır.

$$T = \sum fy / \sum f \quad \text{Burada;}$$

T = Gruba ait ortalama sağlamlık endeksi

f = Aynı puandaki çıta sayısı

Y = Sağlamlık puanı

2.2.6 Deniz Denemeleri

Deniz denemeleri için TS EN 275 standardına göre 25x75x200 mm boyutlarında, diri ve öz odun olmak üzere, her ağaç türü ve kimyasal madde için 5'er adet örnek kullanılmıştır. Denize salıverilecek emprenyeli ve kontrol örnekleri için deney düzenekleri hazırlanmıştır. Bu düzeneklerin hazırlanmasında; standart boyutlardaki deney örneklerinin her iki kısmına matkap ile 1 cm çapında delikler açılmıştır. Açılan bu deliklerden çürümeye karşı dayanıklı ipek ipler geçirilmiş ve iskele şeklinde bir düzenek oluşturulmuştur. Ahşap örneklerin birbirleri üzerine oturmaması için örnekler arasına karşılıklı düğümler atılarak, örnekler arasında 5

er cm.lik aralıklar oluşturulmuştur. Oluşturulan düzeneğin deniz içerisine batmasını sağlamak için ise, düzeneğin uç kısmına 5 kg ağırlığında bir demir bağlanmıştır.

Deneme alanı olarak Amasra Askeri iskelesi kullanılmıştır. Düzenek standartlara uygun olarak, yüzeyden 6 m. Aşağıda olacak şekilde ve orta seviyedeki bir yüksekliğin içerisine bırakılmıştır. Amasra Bölgesi'ne ait 2002 yılı deniz suyu sıcaklık ortalamaları aylara göre Çizelge 2.9'da verilmektedir.

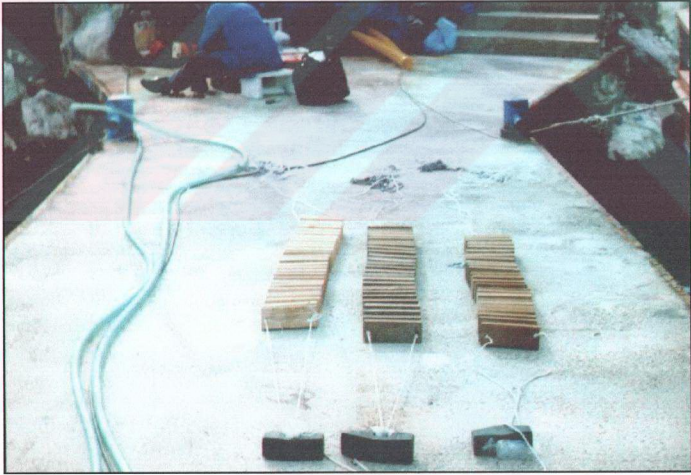
Çizelge 2.9 Amasra bölgesi'ne ait 2002 yılı deniz suyu sıcaklık ortalamaları.

Aylar	Deniz Suyu Sıcaklığı (°C)
Ocak	6,3
Şubat	7,0
Mart	8,1
Nisan	9,7
Mayıs	14,2
Haziran	20,3
Temmuz	24,7
Ağustos	24,9
Eylül	22,0
Ekim	18,6
Kasım	18,6
Aralık	10,6

Şekil 2.5'de emprenye edilmiş deniz panelleri, Şekil 2.6'da Deniz denemelerinde ahşap paneller için oluşturulan düzenek görülmektedir.



Şekil 2.5 Emprenye edilmiş deniz panelleri.



Şekil 2.6 Deniz denemeleri için hazırlanan düzenek.

2.2.7 Yıkanma Denemeleri

Emprenye edilmiş ağaç malzemenin açık hava, toprak veya su içerisinde uzun süre kullanılması halinde, emprenye maddelerinde meydana gelecek azalma miktarı, laboratuvar şartlarında kısa bir süre içerisinde belirlenebilmektedir.

Bu amaçla, TS 345 no lu standarda uygun şekilde, 50x25x15 mm boyutlarında sarıçam, meşe ve kestane türlerinden diri ve öz odun örnekleri hazırlanmıştır. Her ağaç türü ve kimyasal madde için 10'ar adet örnek hazırlanmıştır.

Hava kurusu haldeki örnekler % 4 konsantrasyondaki CCA ve kreozot ile emprenye edildikten sonra klimatize dolabında 20 ± 2 °C , % 65 ± 5 bağıl nem şartlarında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmişlerdir. Bu süre sonunda emprenye edilmiş hava kurusu örneklerin ağırlıkları tartılmıştır (M_1). Ardından laboratuvar ortamında yıkanma işlemine tabi tutulmuşlardır. Yapılan literatür araştırmalarında Fahlstrom et al., (1967), emprenye edilmiş örneklerde en etkili yıkanmanın ilk 6 saat sonunda meydana geldiği belirtilmektedir. Bu sebeple yıkanma deneyleri 6 şar saatlik 3 periyot halinde gerçekleştirilmiştir.

Hava kurusu hale gelmiş emprenyeli örnekler, önce cam beherler içerisinde 500 ml. suda 6 saat süreyle bekletilmişlerdir. Örneklerin üzerine suya batmasını sağlamak için ağırlıklar konmuştur. Bu süre sonunda beherlerdeki su boşaltılarak, örnekler ertesi güne kadar laboratuvar şartlarında bekletilmiştir. Örnekler 2. gün 6 saat süreyle akan suyun altında bekletilmişlerdir. Örnekler 3. gün tekrar 6 saat süreyle beherler içerisinde 600 ml. suda bekletilmişlerdir.

3. günün sonunda deneye son verilmiş ve örnekler tekrar 20 ± 2 °C , % 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki klimatize dolabına konulmuşlardır. Emprenyeli ve yıkanma işlemi yapılmış örnekler değişmez ağırlığa gelinceye kadar klimatize dolabında bekletilmişlerdir. Bu süre sonunda örneklerin ağırlıkları tartılmıştır (M_2). Örneklerin ağırlık farkları $M_2 - M_1$ alınarak yıkanan emprenye maddesi miktarı hesaplanmıştır.

2.2.7.1 Elementel düzeyde yıkanma

Tanalith-C (%4) ile emprenye işlemi yapılarak ikinci bir yıkanma programı uygulanmıştır. Bu defa örneklere uygulanan 1. ve 3. yıkanma süresi 12 saate çıkarılmış, akan suyun altında ise 6 saat süre ile yıkanmışlardır. Ayrıca, 1. ve 3. yıkanma işlemi sonucunda, her odun türüne ait yıkanma suları plastik kutularda toplanarak elementel düzeyde Cr, Cu ve As analizleri yapılmıştır. Bu işlem Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Analizler, Philips PU-9200X model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile yapılmıştır.

2.2.8. Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Tez kapsamında elde edilen tüm verilerin değerlendirilmesinde Statgraphics istatistik programından yararlanılmıştır.

Denemelerde mekanik testlere ilişkin verilerin değerlendirilmesinde çoğul varyans analiz işlemi uygulanmıştır. Böylece etmenler arasında istatistiki anlamda fark olup olmadığı sonucuna varılmıştır. Etmenler içerisinde hangi değişkenler arasında farkın meydana geldiğini tespit etmek için ise, % 95 güven aralığında Tukey testi uygulanmıştır.

Özgül ağırlıklar, Retensiyon, Net Kuru Tuz Miktarı, ve Yıkanma denemelerine ilişkin verilerin değerlendirilmesinde ise basit varyans analiz işlemi uygulanmıştır.

BÖLÜM 3

BULGULAR

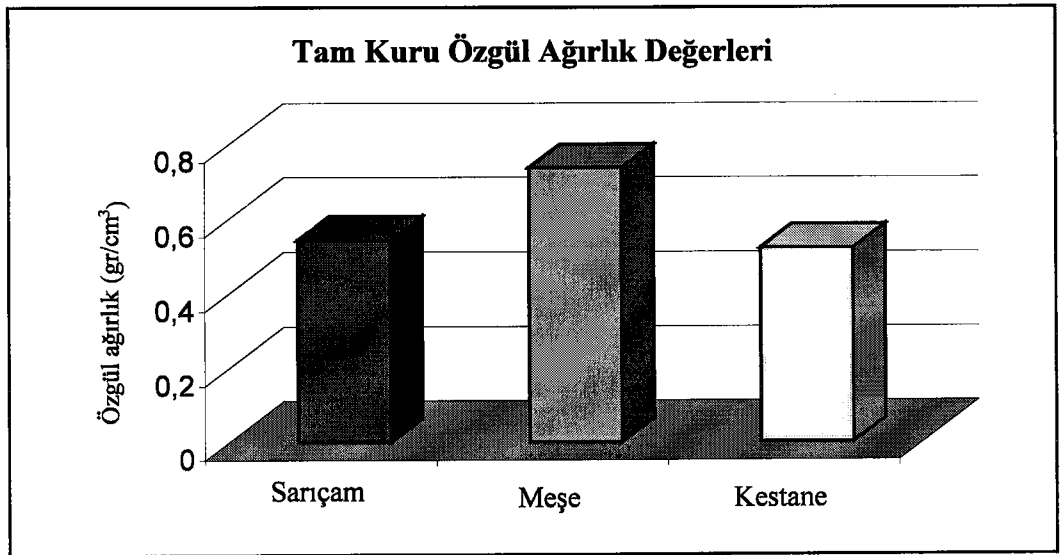
3.1 ÖZGÜL AĞIRLIKLARA İLİŞKİN BULGULAR

3.1.1 Ağaçların Öz Odunlarına Göre Özgül Ağırlıkları

Öz odunların tam kuru özgül ağırlık ($r = \% 0$) değerlerine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 3.1’de, ortalama değerler ise Şekil 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1 Öz odunların tam kuru özgül ağırlıklarına ilişkin istatistiksel sonuçlar (g/cm^3).

Ağaç Türü	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Sarıçam	50	0,543	0,0003	0,018	0,516	0,571
Meşe	50	0,737	0,002	0,046	0,635	0,837
Kestane	50	0,522	0,001	0,025	0,485	0,573

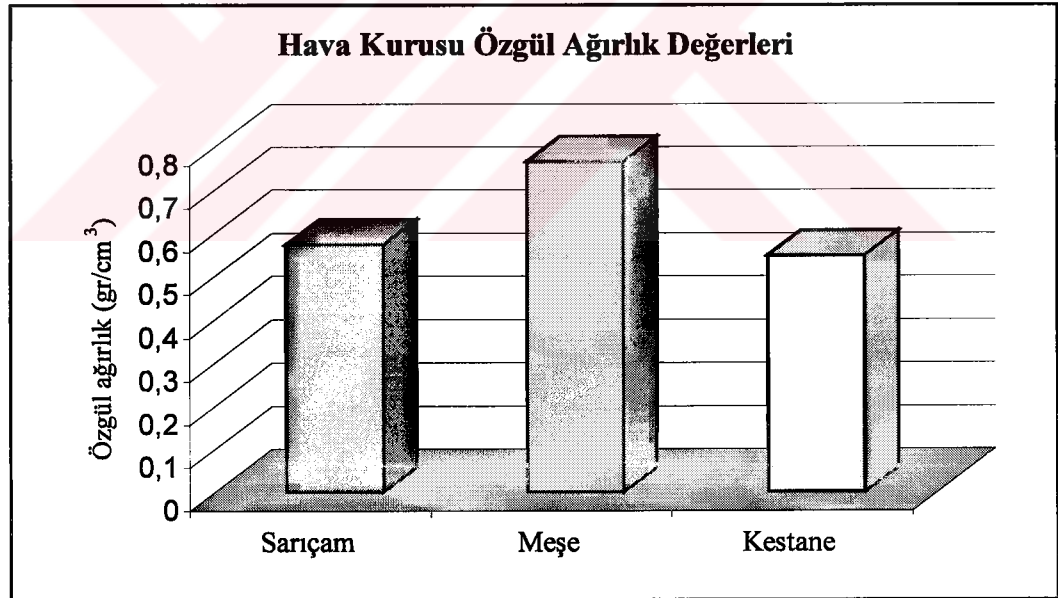


Şekil 3.1 Öz odunlara ait tam kuru özgül ağırlık ortalama değerleri.

Öz odunların hava kurusu özgül ağırlık değerlerine ($r = \% 12$) ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 3.2’de, ortalama değerler ise Şekil 3.2’de verilmektedir.

Çizelge 3.2 Öz odunların hava kurusu özgül ağırlıklarına ilişkin istatistiksel sonuçlar (g/cm^3).

Ağaç Türü	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Sarıçam	50	0,574	0,0003	0,019	0,542	0,594
Meşe	50	0,767	0,003	0,054	0,653	0,881
Kestane	50	0,549	0,001	0,034	0,485	0,611



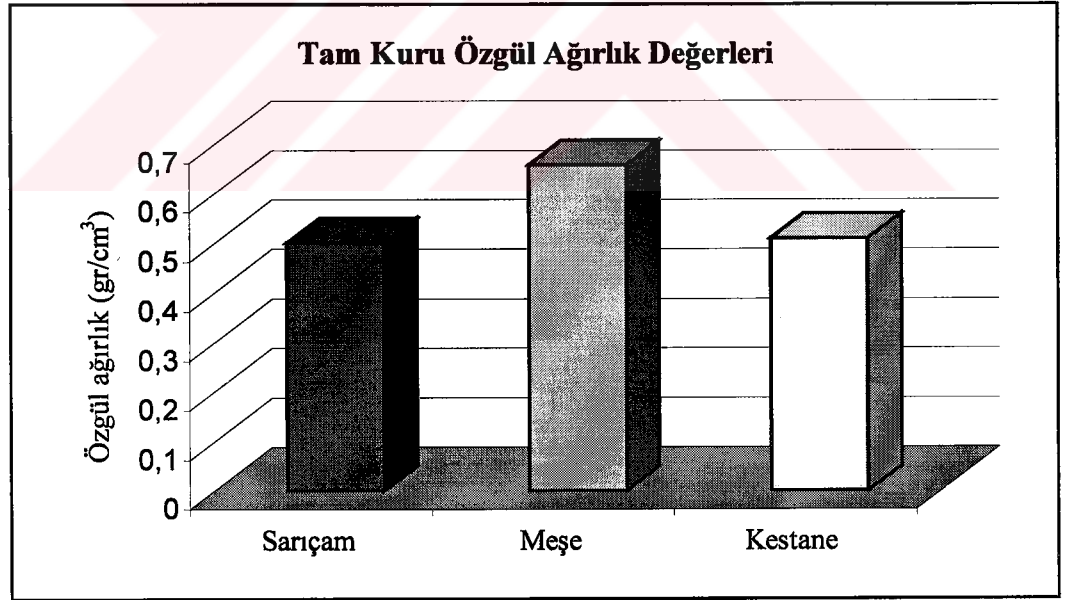
Şekil 3.2 Öz odunlara ait hava kurusu özgül ağırlık ortalama değerleri.

3.1.2 Ağaçların Diri Odunlarına Göre Özgöl Ağırlıkları

Diri odunların tam kuru özgöl ağırlık değerlerine ($r = \% 0$) ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 3.3’de, ortalama değerler ise Şekil 3.3’de verilmektedir.

Çizelge 3.3 Diri odunların tam kuru özgöl ağırlıklarına ilişkin istatistiksel sonuçlar (g/cm^3).

Ağaç Türü	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Sarıçam	50	0,500	0,002	0,048	0,420	0,553
Meşe	50	0,658	0,003	0,051	0,577	0,81
Kestane	50	0,509	0,007	0,026	0,448	0,579

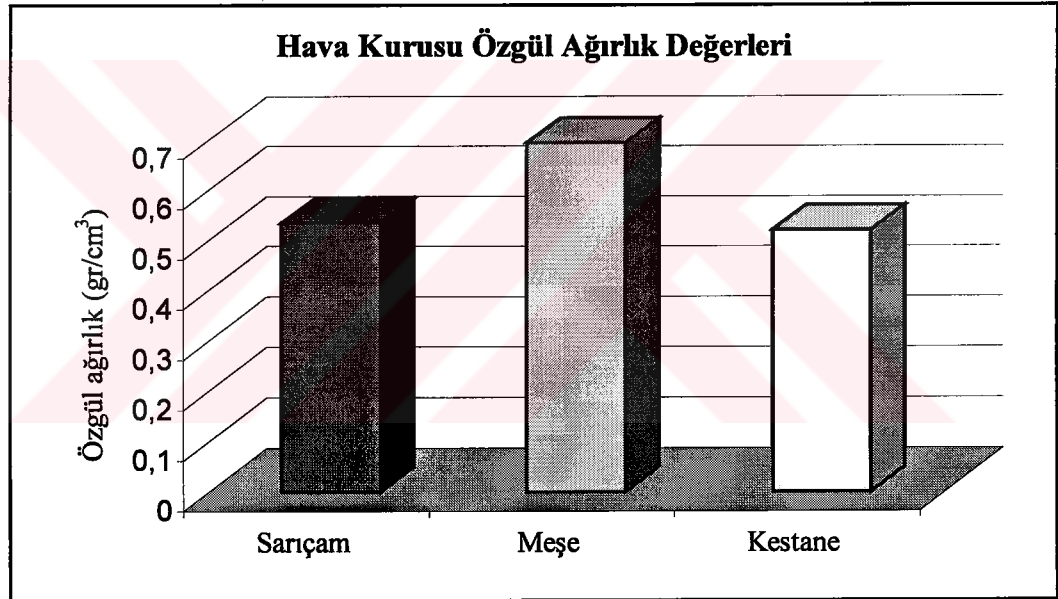


Şekil 3.3 Diri odunlara ait tam kuru özgöl ağırlık ortalama değerleri.

Diri odunların hava kurusu özgöl ağırlık değerlerine ($r = \% 12$) ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 3.4’de, ortalama değerler ise Şekil 3.4’de verilmektedir.

Çizelge 3.4 Diri odunların hava kuru özgül ağırlıklarına ilişkin istatistiksel sonuçlar (g/cm³).

Ağaç Türü	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Sarıçam	50	0,534	0,002	0,053	0,440	0,597
Meşe	50	0,694	0,003	0,055	0,613	0,848
Kestane	50	0,520	0,0009	0,030	0,438	0,592



Şekil 3.4 Diri odunlara ait hava kuru özgül ağırlık ortalama değerleri.

3.2 RETENSIYON VE NET KURU TUZ MİKTARLARINA AİT BULGULAR

Suda çözünen tuzlardan Tanalith-C ile emprenye işlemi yapılan örneklerde, retensiyon ve net kuru tuz miktarları hesaplanmıştır. Katran yağlarından Kreozot ile yapılan emprenye işlemlerinde ise retensiyon miktarları hesaplanmıştır. Her iki kimyasal maddeye ait pH değerleri ise Çizelge 3.5’de verilmektedir.

Çizelge 3.5 Kimyasal maddelere ait emprenye öncesi ve sonrası pH değerleri.

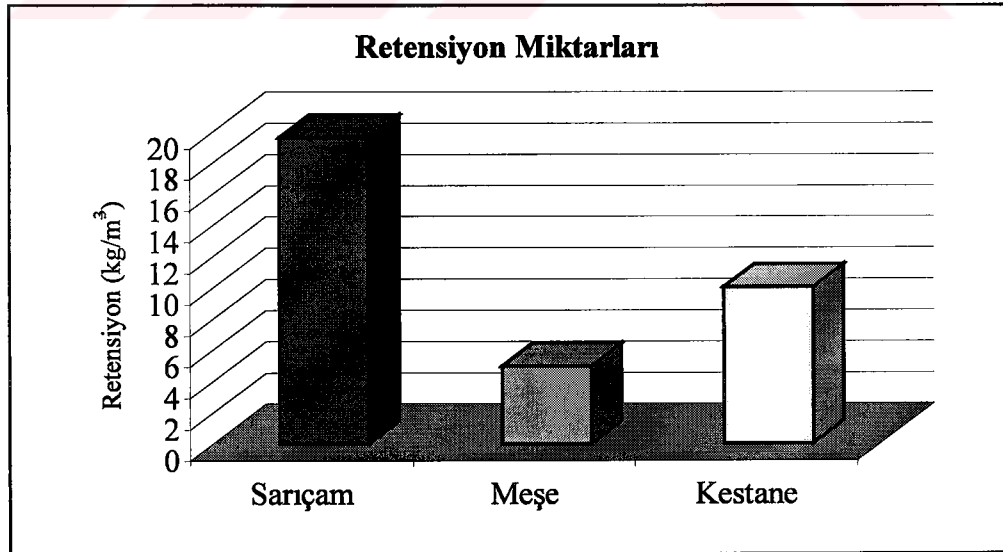
Emprenye maddeleri	pH	
	Emprenye öncesi	Emprenye sonrası
Tanalith-C	2,36	2,58
Kreozot	5,88	5,78

3.2.1 Tanalith-C (CCA) ile Emprenyeli Örneklerle ait Retensiyon Değerleri

Tanalith-C ile emprenyeli öz odunların retensiyon değerlerine ilişkin istatistiki sonuçlar Çizelge 3.6’da, ortalama değerler ise şekil 3.5’de verilmektedir.

Çizelge 3.6 Tanalith-C ile emprenyeli öz odunların retensiyonlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar (kg/m³).

Ağaç Türü	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Sarıçam	10	19,62	2,824	1,680	17,25	21,92
Meşe	10	4,95	1,691	1,300	3,28	7,11
Kestane	10	10,05	1,902	1,379	7,92	11,87

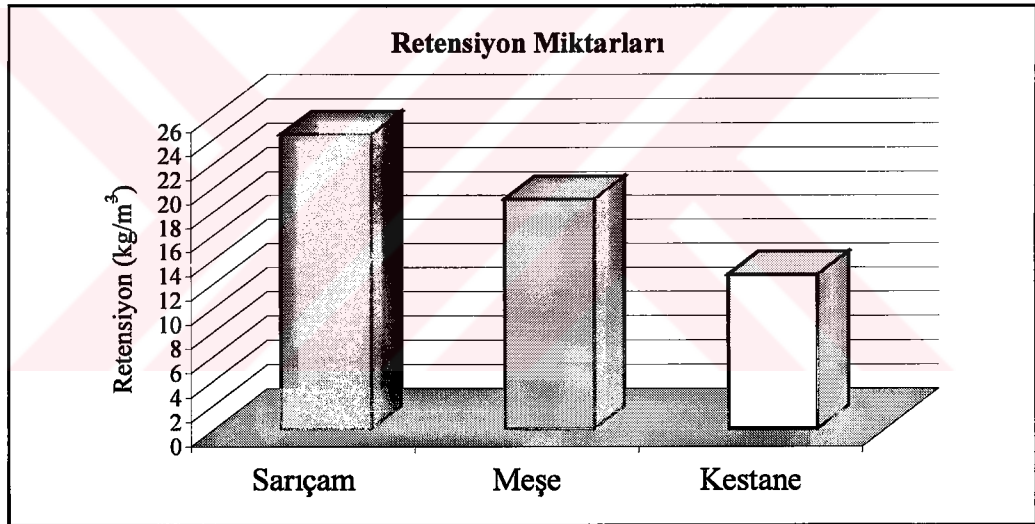


Şekil 3.5 Tanalith-C ile emprenyeli öz odunların retensiyonlarına ait ortalama değerler.

Tanalith-C ile emprenyeli diri odunların retensiyon değerlerine ilişkin istatistiki sonuçlar Çizelge 3.7’de, ortalama değerler ise şekil 3.6’da verilmektedir.

Çizelge 3.7 Tanalith-C ile emprenyeli diri odunların retensiyonlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar (kg/m³).

Ağaç Türü	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Sarıçam	10	24,41	0,944	0,972	22,62	25,69
Meşe	10	19,02	12,053	3,472	12,45	23,46
Kestane	10	12,73	5,317	2,306	8,32	15,88



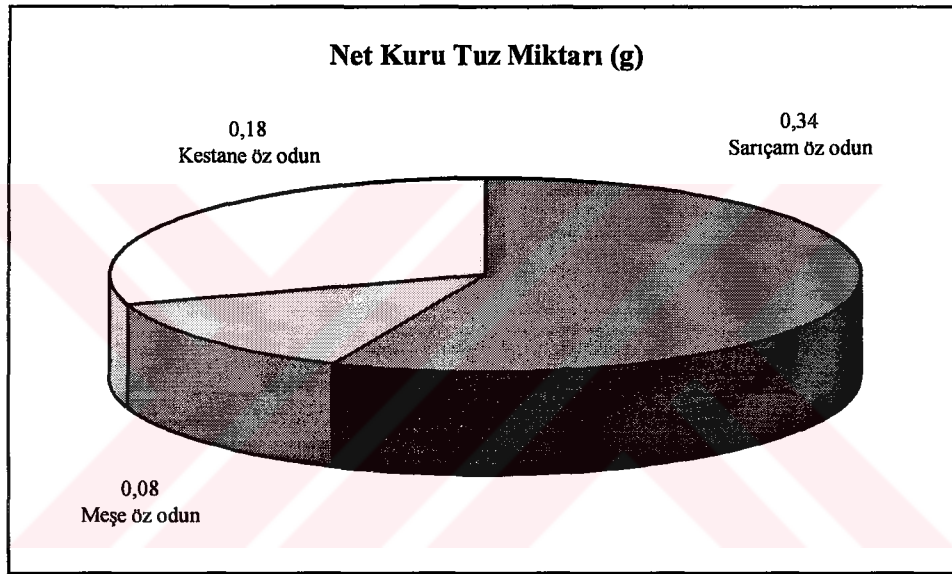
Şekil 3.6 Tanalith-C ile emprenyeli diri odunların retensiyonlarına ait ortalama değerler.

3.2.2 Tanalith-C (CCA) ile Emprenyeli Örneklere ait Net Kuru Tuz Miktarı Değerleri

Tanalith-C ile emprenyeli öz odunların net kuru tuz miktarı değerlerine ilişkin istatistiki sonuçlar Çizelge 3.8’de, ortalama değerler ise şekil 3.7’de verilmektedir.

Çizelge 3.8 Tanalith-C ile emprenyeli öz odunların net kuru tuz miktarlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar (g).

Ağaç Türü	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Sarıçam	10	0,34	0,001	0,032	0,31	0,39
Meşe	10	0,08	0,0005	0,023	0,05	0,12
Kestane	10	0,18	0,0007	0,027	0,13	0,21

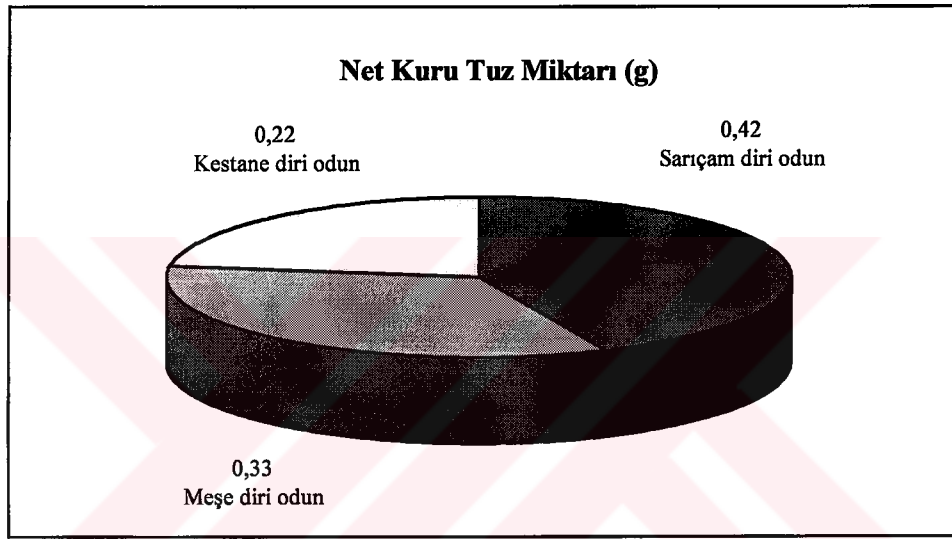


Şekil 3.7 Tanalith-C ile emprenyeli öz odunların net kuru tuz miktarlarına ait ortalama değerler.

Tanalith-C ile emprenyeli diri odunların net kuru tuz miktarı değerlerine ilişkin istatistiki sonuçlar Çizelge 3.9’da, ortalama değerler ise şekil 3.8’da verilmektedir.

Çizelge 3.9 Tanalith-C ile emprenyeli diri odunların net kuru tuz miktarlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar (g).

Ağaç Türü	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Sarıçam	10	0,42	0,0004	0,02	0,39	0,45
Meşe	10	0,33	0,004	0,064	0,22	0,42
Kestane	10	0,22	0,002	0,042	0,14	0,28



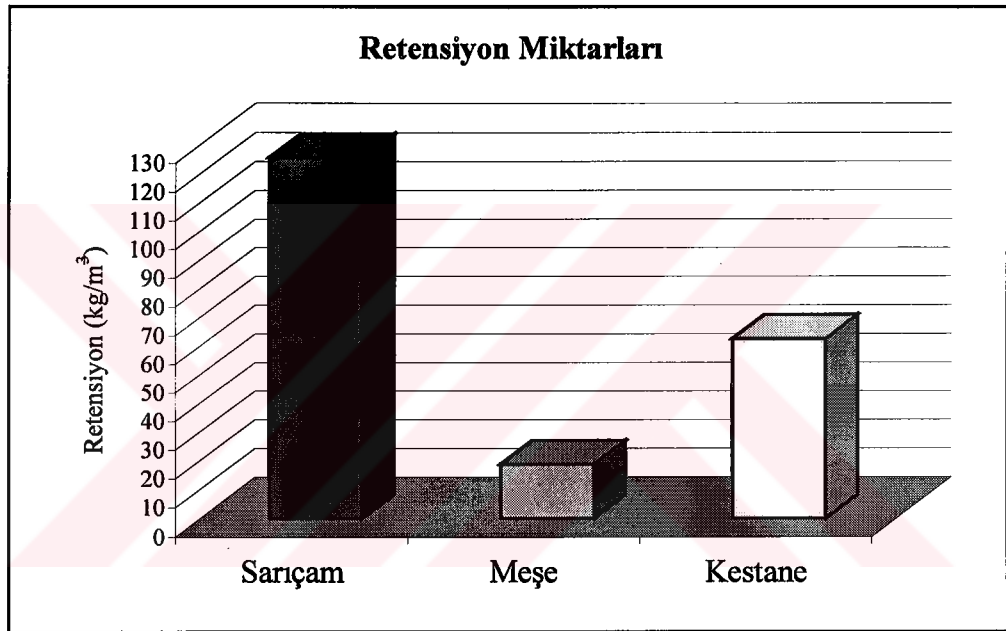
Şekil 3.8 Tanalith-C emprenyeli diri odunların net kuru tuz miktarlarına ait ortalama değerler.

3.2.3 Kreozot ile Emprenyeli Örneklerle ait Retensiyon Değerleri

Kreozot ile emprenyeli öz odunların retensiyon değerlerine ilişkin istatistiki sonuçlar Çizelge 3.10'da, ortalama değerler ise şekil 3.9'da verilmektedir.

Çizelge 3.10 Kreozot ile emprenyeli öz odunların retensiyonlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar (kg/m^3).

Ağaç Türü	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Sarıçam	10	125,71	397,262	19,931	93,45	158,60
Meşe	10	18,92	15,458	3,932	14,85	27,96
Kestane	10	62,79	72,888	8,537	51,50	79,05

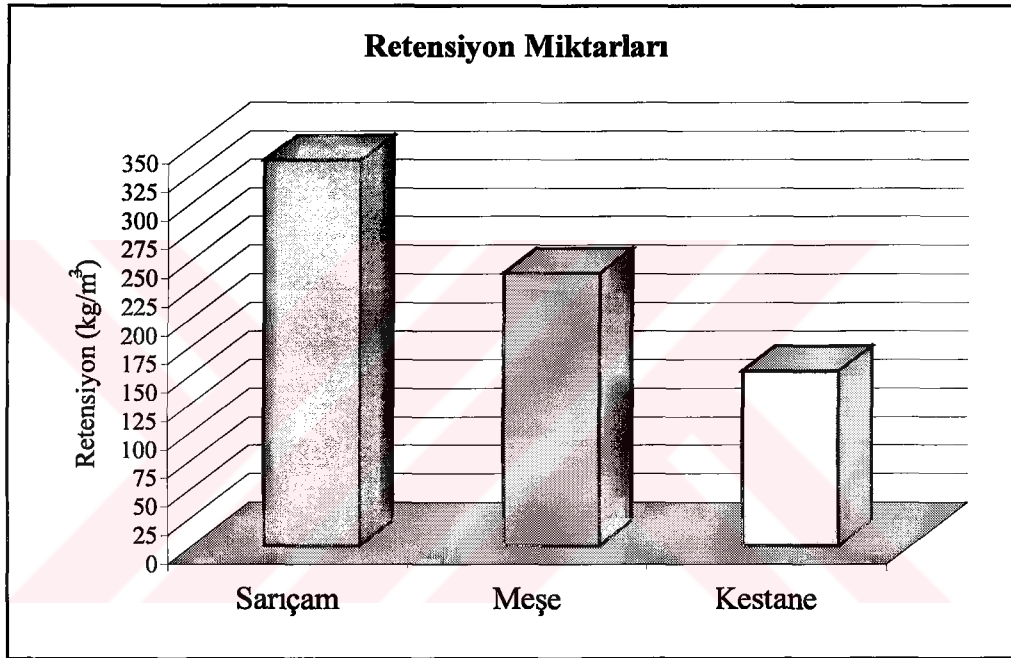


Şekil 3.9 Kreozot ile emprenyeli öz odunların retensiyonlarına ait ortalama değerler.

Kreozot ile emprenyeli diri odunların retensiyon değerlerine ilişkin istatistiki sonuçlar Çizelge 3.11’de, ortalama değerler ise şekil 3.10’de verilmektedir.

Çizelge 3.11 Kreozot ile emprenyeli diri odunların retensiyonlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar (kg/m^3).

Ağaç Türü	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Sarıçam	10	337,33	6094,39	78,067	194,82	445,34
Meşe	10	238,43	1670,12	40,867	197,86	329,78
Kestane	10	152,90	2337,22	48,345	68,78	252,51



Şekil 3.10 Kreozot ile emprenyeli diri odunların retensiyonlarına ait ortalama değerler.

3.3 MEKANİK TESTLERE AİT BULGULAR

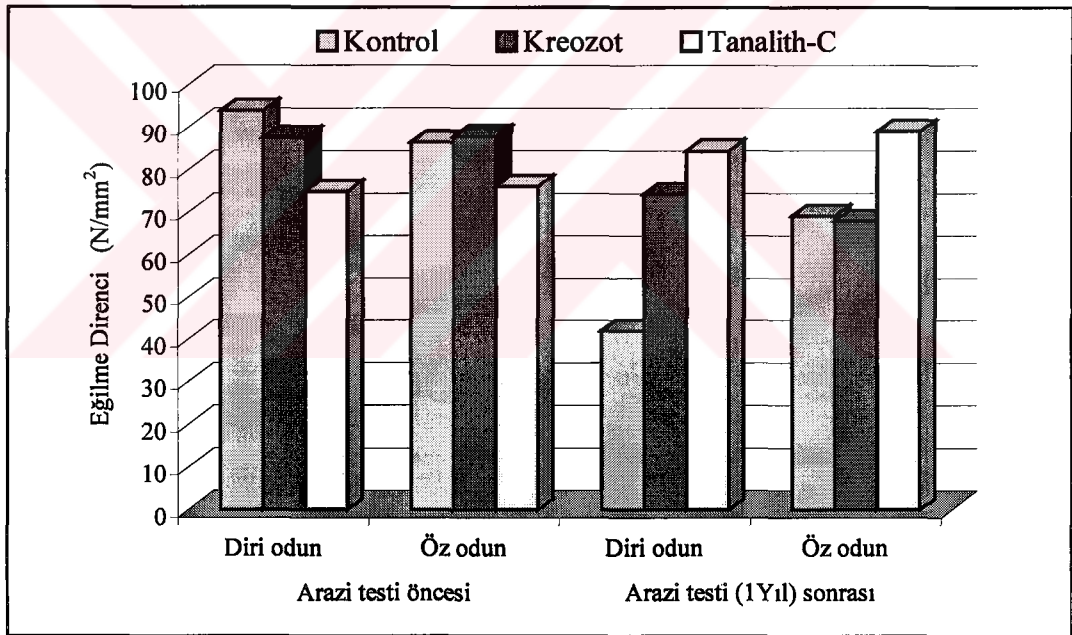
Yapılan çalışmada kontrol ve emprenye edilmiş odun örneklerine ait eğilme direnci testleri yapılmıştır. Öncelikle, sarıçam, meşe, kestane öz ve diri odunlarının emprenye edilmemiş halde ve emprenye edildikten sonraki eğilme direnci testleri yapılmıştır. Daha sonra, yine aynı türlere ait kontrol ve emprenyeli örnekler 12 ay süreyle arazi testine tabi tutulmuş ve bu süre sonundaki eğilme direnci testleri yapılmıştır.

3.3.1 Sarıçam'ın Eğilme Direncine Ait Bulgular

Arazi testi öncesi ve sonrası kontrol ve emprenyeli sarıçam örneklerine ait eğilme direnci ortalama değerleri (N/mm^2) Çizelge 3.12 ve şekil 3.11'de verilmektedir.

Çizelge 3.12 Sarıçam odunu örneklerine ait ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm^2).

Emprenye İşlemleri	Arazi Testi Öncesi Sarıçam		Arazi Testi Sonrası Sarıçam	
	Diri odun	Öz odun	Diri odun	Öz odun
Kontrol	93,79	86,44	41,96	69,17
Kreozot	87,51	87,80	74,33	68,02
Tanalith-C	74,88	76,12	84,42	88,96



Şekil 3.11 Sarıçam odunu örneklerine ait ortalama eğilme direnci değerleri.

3.3.1.1 Arazi testi öncesi sarıçam örneklerine ait eğilme dirençleri

Arazi testi öncesi sarıçam odunu örneklerine eğilme direnci testleri uygulanmıştır. Elde edilen eğilme direnci değerlerine ilişkin istatistiki bilgiler aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

Çizelge 3.13 Arazi testi öncesi sarıçam örneklerine ait varyans analizi sonuçları (P<0,05*, P<0,01**).

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
A:Emprenye maddeleri	6123,22	2	3061,61	22,85	0,0000**
B:Diri-Öz odun	140,91	1	140,91	1,05	0,3069
Etkileşimler					
AB	553,75	2	276,87	2,07	0,1304
Hata	19298,20	144	134,01		
Genel	26116,10	149			

Yapılan varyans analizi sonucunda, arazi öncesi sarıçam örneklerinde, emprenye maddeleri ve diri-öz odun ile ilgili varyans analizi sonuçlarına göre, emprenye maddeleri arasında önemli bir fark belirlenmiştir. Arazi testi öncesi, sarıçam örneklerinde emprenye maddeleri ortalamaları arasındaki farklar Çizelge 3.14’de Tukey testi ile irdelenmiştir.

Çizelge 3.14 Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Emprenye Maddeleri	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar	
Tanalith-C	50	75,5019	X	
Kreozot	50	87,6554	X	
Kontrol	50	90,1178	X	
Karşılaştırma			Fark	± Limit
Kontrol –Kreozot			2,462	5,472
Kontrol-Tanalith-C			*14,615	5,472
Kreozot- Tanalith-C			*12,153	5,472

Yapılan Tukey testi sonucunda Kontrol ile Tanalith-C, Kreozot ile Tanalith-C arasındaki farklar % 5 hata payı ile önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.15 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Diri-Öz Odun	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar
Diri odun	75	85,3943	X
Öz odun	75	83,4558	X
Karşılaştırma			Fark ± Limit
Diri odun-Öz odun			1,934 3,736

Diri-ve öz oduna ilişkin Tukey testi sonucunda ise diri ve öz odun arasında % 5 hata payı ile bir fark olmadığı görülmüştür.

3.3.1.2 Arazi testi sonrası sarıçam örneklerine ait eğilme dirençleri

Arazi testi sonrası sarıçam odunu örneklerine eğilme direnci testleri uygulanmıştır. Elde edilen eğilme direnci değerlerine ilişkin istatistiki bilgiler aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

Çizelge 3.16 Arazi testi sonrası sarıçam örneklerine ait varyans analizi sonuçları (P<0,05*, P<0,01**).

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
A:Emprenye Maddeleri	24225,8	2	12112,9	66,61	0,0000**
B:Diri-Öz odun	2696,9	1	2696,9	14,83	0,0002**
Etkileşimler					
AB	7314,03	2	3657,01	20,11	0,0000
Hata	26187,9	144	181,86		
Genel	60424,7	149			

Yapılan varyans analizi sonucunda, arazide 1 yıl kalmış sarıçam örneklerinde emprenye maddeleri ve diri-öz odun ile ilgili varyans analizi sonuçlarına göre, emprenye maddeleri ve diri ve öz odun arasında önemli bir fark belirlenmiştir.

Arazide 1 yıl beklemiş sarıçam örneklerinde emprenye maddeleri ortalamaları arasındaki farklar Çizelge 3.17’de Tukey testi ile irdelenmiştir.

Çizelge 3.17 Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Emprenye Maddeleri	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar	
Kontrol	50	55,5654	X	
Kreozot	50	71,178	X	
Tanalith-C	50	86,6946	X	
Karşılaştırma			Fark	± Limit
Kontrol – Kreozot			*-15,6126	6,37487
Kontrol-Tanalith-C			*-31,1292	6,37487
Kreozot- Tanalith-C			*-15,5166	6,37487

Yapılan Tukey testi sonucunda Kontrol, Tanalith-C ve Kreozot arasındaki farklar % 5 hata payı ile önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.18 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Diri-Öz Odun	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar	
Diri odun	75	66,9058	X	
Öz odun	75	75,3862	X	
Karşılaştırma			Fark	± Limit
Diri odun-Öz odun			*-8,48041	4,35279

Diri-ve öz oduna ilişkin Tukey testi sonucunda ise diri ve öz odun arasında % 5 hata payı ile önemli bir fark olduğu görülmüştür.

3.3.1.3 Arazi testi öncesi ve sonrası sarıçam örneklerine ait eğilme dirençleri

Arazi testi öncesi ve sonrası sarıçam odunu örneklerine eğilme direnci testleri uygulanmıştır. Elde edilen eğilme direnci değerlerine ilişkin istatistiki bilgiler aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

Çizelge 3.19 Arazi öncesi ve arazi sonrası (1 yıl) sarıçam örneklerine ait varyans analizi sonuçları ($P<0,05^*$, $P<0,01^{**}$).

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
A:Ortam	13225,0	1	13225,0	83,74	0,0000**
B:Emprenye	3807,76	2	1903,88	12,05	0,0000**
C:Diri-Öz odun	802,442	1	802,44	5,08	0,0249*
Etkileşimler					
AB	26541,3	2	13270,6	84,02	0,0000
AC	2035,38	1	2035,38	12,89	0,0004
BC	2098,67	2	1049,34	6,64	0,0015
ABC	5769,12	2	2884,56	18,26	0,0000
Hata	45486,1	288	157,93		
Genel	99765,7	299			

Yapılan varyans analizi sonucunda, arazi testi öncesi ve sonrası sarıçam örneklerinde, ortam (1 yıl beklemiş veya beklememiş), emprenye maddeleri ve diri-öz odun arasında önemli bir fark belirlenmiştir. Ortamlar arasındaki farklar Çizelge 3.20’de Tukey testi ile irdelenmiştir.

Çizelge 3.20 Ortamın % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Ortam	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar
Arazi testi sonrası	150	71,146	X
Arazi testi öncesi	150	84,425	X
Karşılaştırma		Fark	± Limit
Arazi öncesi-sonrası		*-13,279	2,85621

Ortamlar arasında % 5 hata payı ile önemli bir fark olduğu yukarıdaki çizelgede ortaya çıkmıştır.

Emprenye maddeleri ortalamaları arasındaki farklar Çizelge 3.21’de Tukey testi ile irdelenmiştir.

Çizelge 3.21 Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Emprenye Maddeleri	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar	
Kontrol	100	72,8416	X	
Kreozot	100	79,4167	X	
Tanalith-C	100	81,0983	X	
Karşılaştırma			Fark	± Limit
Kontrol –Kreozot			*-6,5711	4,20078
Kontrol-Tanalith-C			*-8,2566	4,20078
Kreozot- Tanalith-C			-1,6815	4,20078

Yapılan Tukey testi sonucunda % 5 hata payı ile Kontrol ile Tanalith-C ve Kontrol ile Kreozot arasındaki fark önemli bulunmuştur. Kreozot ile Tanalith-C arasındaki fark ise önemli bulunmamıştır.

Çizelge 3.22 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Diri-Öz Odun	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar
Diri odun	150	76,15	X
Öz odun	150	79,42	X
Karşılaştırma			Fark ± Limit
Diri odun-Öz odun			*-3,27097 2,85621

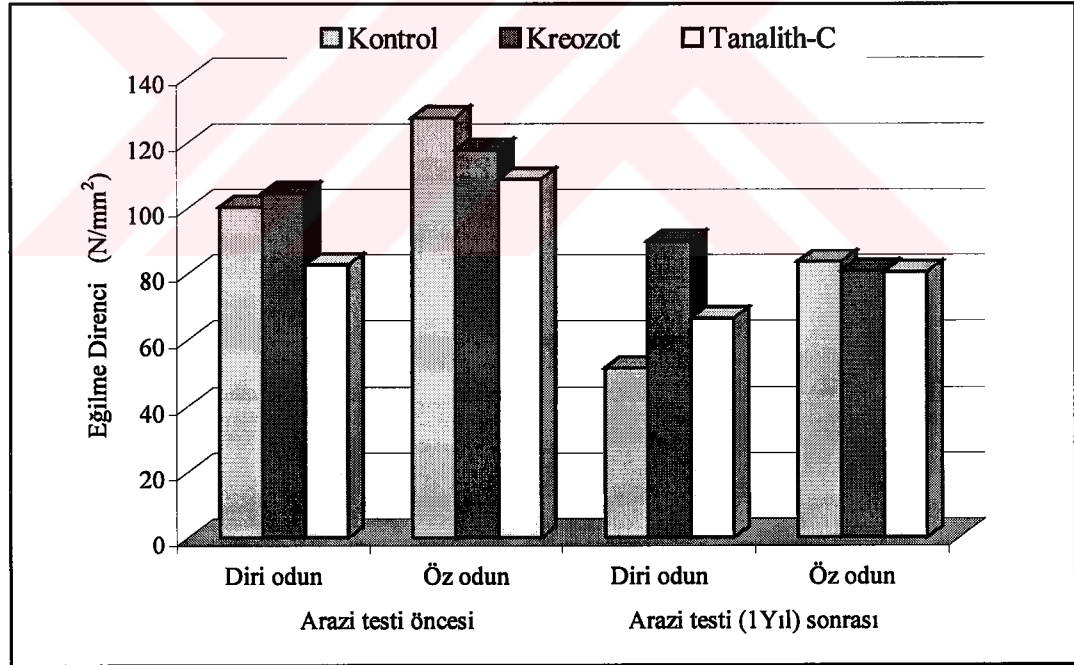
Diri-ve öz oduna ilişkin Tukey testi sonucunda ise diri ve öz odun arasında % 5 hata payı ile önemli bir fark olduğu Çizelge 3.22’de görülmüştür.

3.3.2 Meşe'nin Eğilme Direncine Ait Bulgular

Arazi testi öncesi ve sonrası kontrol ve emprenyeli meşe örneklerine ait eğilme direnci ortalama değerleri (N/mm^2) Çizelge 3.23 ve şekil 3.12'de verilmektedir.

Çizelge 3.23 Arazi testi öncesi ve sonrası kontrol ve emprenyeli meşe örneklerine ait eğilme direnci ortalama değerleri (N/mm^2).

Emprenye İşlemleri	Arazi Testi Öncesi Meşe		Arazi Testi Sonrası Meşe	
	Diri odun	Öz odun	Diri odun	Öz odun
Kontrol	100,44	127,67	51,50	83,72
Kreozot	104,67	117,91	89,91	80,97
Tanalith-C	82,76	109,01	66,53	80,63



Şekil 3.12 Meşe odunu örneklerine ait ortalama eğilme direnci değerleri.

3.3.2.1 Arazi testi öncesi meşe örneklerine ait eğilme dirençleri

Arazi testi öncesi (emprenye sonrası) meşe odunu örneklerine eğilme direnci testleri uygulanmıştır. Elde edilen eğilme direnci değerlerine ilişkin istatistikî bilgiler aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

Çizelge 3.24 Arazi testi öncesi meşe örneklerine ait varyans analizi sonuçları
($P<0,05^*$, $P<0,01^{**}$).

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
A:Emprenye maddeleri	9582,93	2	4791,47	35,14	0,0000**
B:Diri-Öz odun	18548,0	1	18548,0	136,01	0,0000**
Etkileşimler					
AB	1525,1	2	762,548	5,59	0,0046
Hata	19637,0	144	136,368		
Genel	49293,1	149			

Yapılan varyans analizi sonucunda arazi testi öncesi meşe örneklerinde, emprenye maddeleri ve diri-öz odun ile ilgili varyans analizi sonuçlarına göre emprenye maddeleri içerisinde ve diri-öz odunda önemli bir fark belirlenmiştir.

Beklememiş meşe örneklerinde, emprenye maddeleri ortalamaları arasındaki farklar Çizelge 3.25’de Tukey testi ile irdelenmiştir.

Çizelge 3.25 Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Emprenye Maddeleri	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar	
Tanalith-C	50	95,8899	X	
Kreozot	50	111,294	X	
Kontrol	50	114,057	X	
Karşılaştırma			Fark	± Limit
Kontrol –Kreozot			2,7629	5,52025
Kontrol-Tanalith-C			*18,1672	5,52025
Kreozot- Tanalith-C			*15,4043	5,52025

Yapılan Tukey testi sonucunda % 5 hata payı ile Kontrol ile Kreozot arasında bir fark bulunmazken, Kontrol ile Tanalith-C ve Kreozot ile Tanalith-C arasındaki farklar önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.26 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Diri-Öz Odun	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar
Diri odun	75	95,9605	X
Öz odun	75	118,2	X
Karşılaştırma			Fark ± Limit
Diri odun-Öz odun			*-22,2399 3,76925

Diri-ve öz oduna ilişkin Tukey testi sonucunda ise diri ve öz odun arasında % 5 hata payı ile önemli bir fark olduğu yukarıdaki çizelgede görülmüştür.

3.3.2.2 Arazi testi sonrası meşe örneklerine ait eğilme dirençleri

Arazi testi sonrası meşe odunu örneklerine eğilme direnci testleri uygulanmıştır. Elde edilen eğilme direnci değerlerine ilişkin istatistiki bilgiler aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

Çizelge 3.27 Arazi testi sonrası meşe örneklerine ait varyans analizi sonuçları (P<0,05*, P<0,01**).

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
A:Emprenye maddeleri	8233,53	2	4116,77	31,90	0,0000**
B:Diri-Öz odun	5822,89	1	5822,89	45,12	0,0000**
Etkileşimler					
AB	10640,3	2	5320,14	41,22	0,0000
Hata	18584,0	144	129,056		
Genel	43280,7	149			

Yapılan varyans analizi sonucunda, 1 yıl süreyle arazi testi yapılan meşe örneklerinde, emprenye maddeleri ve diri-öz odun ile ilgili varyans analizi sonuçlarına göre emprenye maddeleri ve diri-öz odun arasında önemli bir fark belirlenmiştir.

Arazi testi yapılmış meşe örneklerinde emprenye maddeleri ortalamaları arasındaki farklar Çizelge 3.28’de Tukey testi ile irdelenmiştir.

Çizelge 3.28 Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Emprenye Maddeleri	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar	
Kontrol	50	67,616	X	
Tanalith-C	50	73,5835	X	
Kreozot	50	85,4422	X	
Karşılaştırma			Fark	± Limit
Kontrol –Kreozot			*-17,8262	5,3702
Kontrol-Tanalith-C			*-5,96752	5,3702
Kreozot- Tanalith-C			*-11,8587	5,3702

Yapılan Tukey testi sonucunda % 5 hata payı ile Kontrol-Kreozot, Kontrol-Tanalith-C ve Kreozot-Tanalith-C arasındaki farklar önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.29 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Diri-Öz Odun	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar	
Diri odun	75	69,3167	X	
Öz odun	75	81,7777	X	
Karşılaştırma			Fark	± Limit
Diri odun-Öz odun			*-12,461	3,6668

Diri-ve öz oduna ilişkin Tukey testi sonucunda ise diri ve öz odun arasında % 5 hata payı ile önemli bir fark olduğu yukarıdaki çizelgede görülmüştür.

3.3.2.3 Arazi testi öncesi ve sonrası meşe örneklerine ait eğilme dirençleri

Arazi testi öncesi ve sonrası meşe odunu örneklerine eğilme direnci testleri uygulanmıştır. Elde edilen eğilme direnci değerlerine ilişkin istatistiki bilgiler aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

Çizelge 3.30 Arazi testi öncesi ve arazi testi sonrası meşe örneklerine ait varyans analizi sonuçları ($P<0,05^*$, $P<0,01^{**}$).

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
A:Ortam	74575,9	1	74575,9	561,94	0,0000**
B:Emprenye	9325,06	2	4662,53	35,13	0,0000**
C:Diri-Öz odun	22577,9	1	22577,9	170,13	0,0000**
Etkileşimler					
AB	8491,41	2	4245,7	31,99	0,0000
AC	1793,0	1	1793,0	13,51	0,0003
BC	9805,78	2	4902,89	36,94	0,0000
ABC	2359,59	2	1179,79	8,89	0,0002
Hata	38221,0	288	132,712		
Genel	167150,0	299			

Yapılan varyans analizi sonucunda, arazi testi yapılmış ve yapılmamış meşe örneklerinde, ortam (arazi testi öncesi ve sonrası), emprenye maddeleri ve diri-öz odun arasında önemli bir fark belirlenmiştir.

Ortamlar arasındaki farklar Çizelge 3.31’de Tukey testi ile irdelenmiştir.

Çizelge 3.31 Ortamın % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Ortam	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar
Arazi testi sonrası	150	75,547	X
Arazi testi öncesi	150	107,08	X
Karşılaştırma		Fark	± Limit
Arazi öncesi-sonrası		*-31,5332	2,6182

Ortamlar arasında % 5 hata payı ile önemli bir fark olduğu yukarıdaki çizelgede ortaya çıkmıştır. Emprenye maddeleri ortalamaları arasındaki farklar Çizelge 3.32’de Tukey testi ile irdelenmiştir.

Çizelge 3.32 Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Emprenye Maddeleri	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar		
Tanalith-C	100	84,7367	X		
Kontrol	100	90,8366	X		
Kreozot	100	98,3682	X		
Karşılaştırma			Fark	± Limit	
Kontrol –Kreozot			*-7,53164	3,85072	
Kontrol-Tanalith-C			*6,09986	3,85072	
Kreozot- Tanalith-C			*13,6315	3,85072	

Yapılan Tukey testi sonucunda % 5 hata payı ile Kontrol ile Kreozot, Kontrol ile Tanalith-C ve Kreozot ile Tanalith-C arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.33 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Diri-Öz Odun	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar		
Diri odun	150	82,63	X		
Öz odun	150	99,98	X		
Karşılaştırma			Fark	± Limit	
Diri odun-Öz odun			*-17,3505	2,6182	

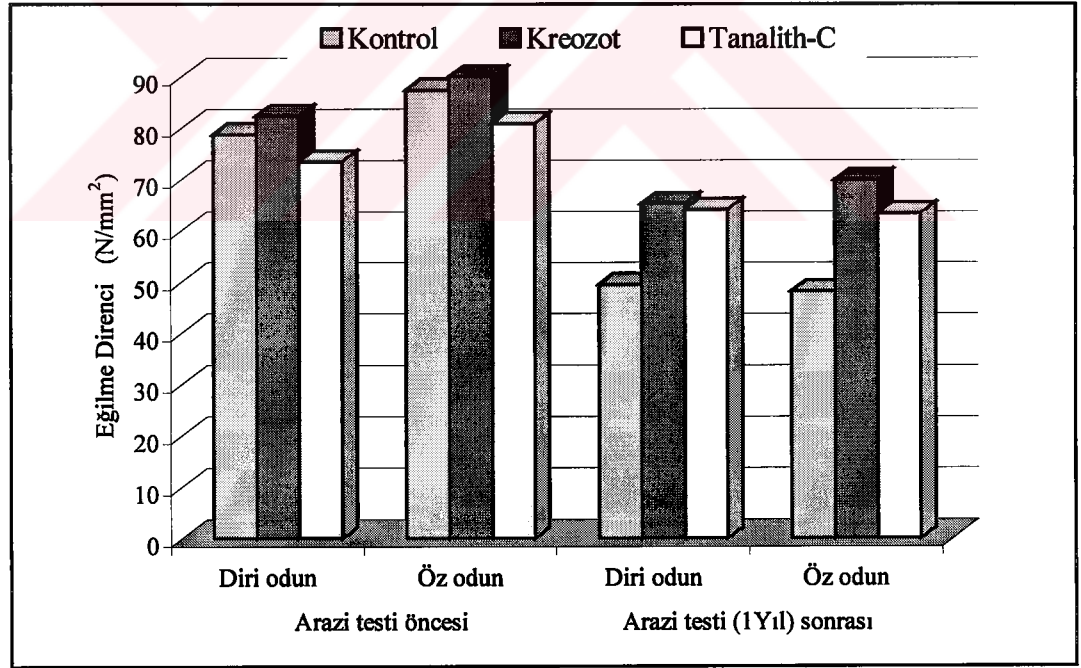
Diri-ve öz oduna ilişkin Tukey testi sonucunda ise diri ve öz odun arasında % 5 hata payı ile önemli bir fark olduğu yukarıdaki çizelgede görülmektedir.

3.3.3 Kestane'nin Eğilme Direncine Ait Bulgular

Arazi testi öncesi ve sonrası kontrol ve emprenyeli kestane örneklerine ait eğilme direnci ortalama değerleri (N/mm^2) Çizelge 3.34 ve şekil 3.13'de verilmektedir.

Çizelge 3.34 Kestane örneklerine ait ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm^2).

Emprenye İşlemleri	Arazi Testi Öncesi Kestane		Arazide Testi Sonrası Kestane	
	Diri odun	Öz odun	Diri odun	Öz odun
Kontrol	78,83	87,46	49,50	48,15
Kreozot	82,38	89,97	65,30	69,92
Tanalith-C	73,51	80,97	64,20	63,39



Şekil 3.13 Kestane odunu örneklerine ait ortalama eğilme direnci değerleri.

3.3.3.1 Arazi testi öncesi kestane örneklerine ait eğilme dirençleri

Arazi testi öncesi (emprenye sonrası) kestane odunu örneklerine eğilme direnci testleri uygulanmıştır. Elde edilen eğilme direnci değerlerine ilişkin istatistiki bilgiler aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

Çizelge 3.35 Arazi testi öncesi kestane örneklerine ait varyans analizi sonuçları
($P<0,05^*$, $P<0,01^{**}$).

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
A:Emprenye maddeleri	2066,01	2	1033,01	19,77	0,0000**
B:Diri-Öz odun	2332,73	1	2332,73	44,65	0,0000**
Etkileşimler					
AB	10,3135	2	5,15675	0,10	0,9061
Hata	7522,56	144	52,24		
Genel	11931,6	149			

Yapılan varyans analizi sonucunda, emprenye sonrası kestane örneklerinde, emprenye maddeleri ve diri-öz odun ile ilgili varyans analizi sonuçlarına göre önemli farklar bulunmuştur. Arazi testi öncesi meşe örneklerinde emprenye maddeleri ortalamaları arasındaki farklar Çizelge 3.36’da Tukey testi ile irdelenmiştir.

Çizelge 3.36 Emprenye maddelerinin % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Emprenye Maddeleri	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar
Tanalith-C	50	77,2405	X
Kontrol	50	83,1468	X
Kreozot	50	86,1784	X
Karşılaştırma			Fark ± Limit
Kontrol –Kreozot			-3,03154 3,41667
Kontrol-Tanalith-C			*5,90634 3,41667
Kreozot- Tanalith-C			*8,93788 3,41667

Yapılan Tukey testi sonucunda % 5 hata payı ile Kontrol ile Kreozot arasında bir fark bulunmazken, Kontrol ile Tanalith-C ve Kreozot ile Tanalith-C arasındaki farklar önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.37 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Diri-Öz odun	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar
Diri odun	75	78,245	X
Öz odun	75	86,1321	X
Karşılaştırma		Fark	± Limit
Diri odun-Öz odun		*-7,88709	2,33292

Diri-ve öz oduna ilişkin Tukey testi sonucunda ise diri ve öz odun arasında % 5 hata payı ile önemli bir fark olduğu yukarıdaki çizelgede görülmektedir.

3.3.3.2 Arazi testi sonrası kestane örneklerine ait eğilme dirençleri

Arazi testi sonrası kestane odunu örneklerine eğilme direnci testleri uygulanmıştır. Elde edilen eğilme direnci değerlerine ilişkin istatistiki bilgiler aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

Çizelge 3.38 Arazi testi sonrası kestane örneklerine ait varyans analizi sonuçları (P<0,05*, P<0,01).

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
A:Emprenye maddeleri	9857,94	2	4928,97	49,52	0,0000**
B:Diri-Öz odun	25,2011	1	25,2011	0,25	0,6156
Etkileşimler					
AB	272,453	2	136,226	1,37	0,2578
Hata	14333,9	144	99,5408		
Genel	24489,5	149			

Yapılan varyans analizi sonucunda, arazide 1 yıl kalmış kestane örneklerinde, emprenye maddeleri ve diri-öz odun ile ilgili varyans analizi sonuçlarına göre, emprenye maddeleri arasında önemli fark bulunurken diri-öz odun arasında önemli bir fark belirlenmemiştir.

Arazide 1 yıl beklemiş kestane örneklerinde emprenye maddeleri ortalamaları arasındaki farklar Çizelge 3.39’da Tukey testi ile irdelenmiştir.

Çizelge 3.39 Emprenye maddelerine ilişkin % 95 güven aralığında Tukey testine ait sonuçlar.

Emprenye Maddeleri	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar	
Kontrol	50	48,8289	X	
Tanalith-C	50	63,799	X	
Kreozot	50	67,6126	X	
Karşılaştırma			Fark	± Limit
Kontrol –Kreozot			*-18,7837	4,71631
Kontrol-Tanalith-C			*-14,9701	4,71631
Kreozot- Tanalith-C			3,81358	4,71631

Yapılan Tukey testi sonucunda % 5 hata payı ile Kontrol örnekleri ile emprenyeli örnekler arasında önemli bir fark bulunmazken, Kreozot ile Tanalith-C arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.40 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Diri-Öz Odun	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar	
Diri odun	75	59,6703	X	
Öz odun	75	60,4901	X	
Karşılaştırma			Fark	± Limit
Diri odun-Öz odun			-0,819773	3,22032

Diri-ve öz oduna ilişkin Tukey testi sonucunda ise diri ve öz odun arasında % 5 hata payı ile önemli bir fark olmadığı yukarıdaki çizelgede görülmektedir.

3.3.3.3 Arazi testi öncesi ve sonrası kestane örneklerine ait eğilme dirençleri

Arazi testi öncesi ve sonrası kestane odunu örneklerine eğilme direnci testleri uygulanmıştır. Elde edilen eğilme direnci değerlerine ilişkin istatistiki bilgiler aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

Çizelge 3.41 Arazi testi öncesi ve sonrası kestane örneklerine ait varyans analizi sonuçları ($P < 0,05^*$, $P < 0,01^{**}$).

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
A:Ortam	36658,6	1	36658,6	483,05	0,0000**
B:Emprenye	6005,48	2	3002,74	39,57	0,0000**
C:Diri-Öz odun	1421,43	1	1421,43	18,73	0,0000**
Etkileşimler					
AB	5918,48	2	2959,24	38,99	0,0000
AC	936,50	1	936,50	12,34	0,0005
BC	115,80	2	57,90	0,76	0,4672
ABC	166,96	2	83,47	1,10	0,3343
Hata	21856,4	288	75,89		
Genel	73079,7	299			

Yapılan varyans analizi sonucunda, arazide 1 yıl kalmış ve kalmamış kestane örneklerinde, ortam (arazi testi öncesi ve sonrası), emprenye maddeleri ve diri-öz odun arasında önemli bir fark belirlenmiştir.

Ortamlar arasındaki farklar Çizelge 3.42’de Tukey testi ile irdelenmiş ve % 5 hata payı ile önemli bir fark olduğu bulunmuştur.

Çizelge 3.42 Ortamın % 95 güven aralığında eğilme direncine etkisini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Ortam	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar
Arazi testi sonrası	150	60,08	X
Arazi testi öncesi	150	82,18	X
Karşılaştırma		Fark	± Limit
Arazi öncesi-sonrası		*-22,1084	1,97989

Emprenye maddeleri ortalamaları arasındaki farklar Çizelge 3.43’da Tukey testi ile irdelenmiştir.

Çizelge 3.43 % 95 güven aralığında emprenye maddelerinin eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Emprenye Maddeleri	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar
Kontrol	100	65,98	X
Tanalith-C	100	70,51	X
Kreozot	100	76,89	X
Karşılaştırma		Fark	± Limit
Kontrol –Kreozot		*-10,9076	2,91193
Kontrol-Tanalith-C		*-4,5319	2,91193
Kreozot- Tanalith-C		*6,37573	2,91193

Yapılan Tukey testi sonucunda % 5 hata payı ile Kontrol ile Kreozot, Kontrol ile Tanalith-C ve Kreozot ile Tanalith-C arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.44 Diri ve öz odunda % 95 güven aralığında eğilme direncinin değişimini gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

Diri-Öz Odun	Deney Sayısı	Ortalama	Eş Gruplar
Diri odun	150	68,95	X
Öz odun	150	73,31	X
Karşılaştırma		Fark	± Limit
Diri odun-Öz odun		*-4,35343	1,97989

Diri-ve öz oduna ilişkin Tukey testi sonucunda ise diri ve öz odun arasında % 5 hata payı ile önemli bir fark olduğu ortaya çıkmıştır.

3.4 ARAZİ TESTİ SONRASI KONTROL ÖRNEKLERİNE AİT SAĞLAMLIK ENDEKSLERİ

Arazi testi yapılmış kontrol ve emprenyeli örneklerde yapılan gözlemlerde, emprenyeli örneklerde kayda değer bir tahribat görülmediği için sağlamlık endeksleri kontrol örneklerinde yapılan gözlemlere göre yapılmıştır. Gözlemler 25'er adet örnek üzerinde yapılmıştır. TS 5986' ya göre sağlamlık endeksi aşağıdaki formülde olduğu gibi hesaplanmaktadır.

$T = \Sigma fy / \Sigma f$ Burada,

T = Gruba ait ortalama sağlamlık endeksi

f = Aynı puandaki çıta sayısı

Y = Sağlamlık puanı

3.4.1 Sarıçam Kontrol Örneklerine Ait Sağlamlık Endeksleri

Çizelge 3.45 sarıçam kontrol örneklerine ait sağlamlık endeksi değerleri.

Gruptaki çıtaların sayısı	Y	Sarıçam-öz		Sarıçam-diri	
		f	fY	f	FY
25	10	11	110	3	30
	9	5	45	6	54
	7	7	49	5	35
	4	2	8	6	24
	0			5	0
	Toplam	25	212	25	143

$$T \text{ sarıçam öz} = 212 / 25 = 8,48$$

$$T \text{ sarıçam diri} = 143 / 25 = 5,72$$

3.4.2 Meşe Kontrol Örneklerine Ait Sağlamlık Endeksleri

Çizelge 3.46 Meşe kontrol örneklerine ait sağlamlık endeksi değerleri.

Gruptaki çıtaların sayısı	Y	Meşe-öz		Meşe-diri	
		F	fY	f	fY
25	10	6	60	1	10
	9	18	162	16	144
	7	1	7	2	14
	4			4	16
	0			2	0
	Toplam	25	229	25	184

$$T \text{ meşe öz} = 229 / 25 = 9,16$$

$$T \text{ meşe diri} = 7,36$$

3.4.3 Kestane Kontrol Örneklerine Ait Sağlamlık Endeksleri

Çizelge 3.47 Kestane kontrol örneklerine ait sağlamlık endeksi değerleri.

Gruptaki çıtaların sayısı	Y	Kestane-öz		Kestane-diri	
		F	fY	F	fY
25	10	6	60	1	10
	9	15	135	14	126
	7	4	28	6	42
	4			4	16
	0				
	Toplam	25	223	25	194

$$T \text{ kestane öz} = 223 / 25 = 8,92$$

$$T \text{ kestane diri} = 194 / 25 = 7,76$$

Aşağıda kontrol örneklerine ait ortalama sağlamlık endeksi değerleri Çizelge 3.48’de verilmektedir.

Çizelge 3.48 Kontrol örneklerine ait ortalama sağlamlık endeksi değerleri.

Ortalama Sağlamlık Endeksi ($T = \Sigma f_y / \Sigma f$)				
Tür		Σf	Σf_y	T
Sarıçam	Öz odun	25	212	8,48
	Diri odun	25	143	5,72
Meşe	Öz odun	25	229	9,16
	Diri odun	25	184	7,36
Kestane	Öz odun	25	223	8,92
	Diri odun	25	194	7,76

3.5 MİKOLojİK GÖZLEMLER

Yapılan mikolojik gözlemlerde, kontrol örneklerinde orta ve ileri derecede çürümeler meydana gelmiştir. Özellikle, sarıçam diri odunda ileri derecede olmak üzere, sarıçam diri ve öz odunda meydana gelen çürüklükler, diğer türlere nazaran daha fazla olmuştur. Meydana gelen çürüklük özellikleri beyaz çürüklüğü temsil etmektedir.

Tanalith-C ile emprenyeli diri ve öz odunlarda herhangi bir mantar tahribatı görülmediği gibi, örneklerin renk açısından görünümünde de bir değişiklik gözlenmemiştir.

Kreozot ile emprenye edilmiş örneklerde, özellikle sarıçamlarda örneklerin toprak üstünde kalan kısımlarında hissedilir derecede renk kaybı meydana gelmiş ve odun örneklerinin kendi doğal renkleri ortaya çıkmıştır. Yine, kreozot ile emprenyeli meşe öz ve diri odunu, kestane öz ve diri odun örneklerinde yüzeysel misel oluşumları gözlenmiştir.

Şekil 3.14’de arazi testi yapılmış sarıçam kontrol diri odun örneklerinde beyaz çürüklük görülmektedir.



Şekil 3.14 Bir yıl süreyle arazide kalmış sarıçam kontrol diri odun örnekleri.

Şekil 3.15’de arazi testi yapılmış sarıçam diri oduna ilişkin kontrol ve emprenyeli örnekler görülmektedir.



Şekil 3.15 Bir yıl süreyle arazide kalmış sarıçam diri oduna ait kontrol, Tanalith-C ve Kreozot ile emprenyeli örnekler.

3.6 DENİZ DENEMELERİNE AİT BULGULAR

Batı Karadeniz Bölgesi'nde (Amasra) gerçekleştirilen Deniz denemelerinde, kontrol ve empenye edilmiş ahşap örnekler üzerinde *Teredo navalis* odun delici zararlısına rastlanmıştır. Organizmanın teşhisi ve zararına ilişkin biyolojik araştırmalar Portsmouth Üniversitesi (İngiltere) Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.49 ve Çizelge 3.50'de ahşap deniz panellerine ilişkin bilgiler verilmektedir.

Çizelge 3.49 Deniz panellerine ilişkin retensiyon ve net kuru tuz miktarı ortalama değerleri.

Ağaç Türü		Tanalith – C		Kreozot
		Retensiyon (kg/m ³)	Net Kuru Tuz Miktarı (g)	Retensiyon (kg/m ³)
Sarıçam	Öz odun	11,87	4,20	178,20
	Diri odun	22,57	8,06	250,42
Meşe	Öz odun	0,92	0,32	11,84
	Diri odun	9,99	3,61	155,94
Kestane	Öz odun	5,88	1,99	42,69

Çizelge 3.50 Deniz testi yapılmış ahşap panellere ilişkin bilgiler.

Örnek	Organizma Saldırısı	Organizma Türü
Sarıçam öz odun (Kontrol)	+	<i>Teredo navalis</i>
Sarıçam diri odun (Kontrol)	+	<i>Teredo navalis</i>
Meşe öz odun (Kontrol)	+	<i>Teredo navalis</i>
Meşe diri odun (Kontrol)	+	<i>Teredo navalis</i>
Kestane öz odun (Kontrol)	+	<i>Teredo navalis</i>
Sarıçam öz odun (Tanalith-C)	-	
Sarıçam diri odun (Tanalith-C)	-	
Meşe öz odun (Tanalith-C)	+	<i>Teredo navalis</i>
Meşe diri odun (Tanalith-C)	+	<i>Teredo navalis</i>
Kestane öz odun (Tanalith-C)	+	<i>Teredo navalis</i>
Sarıçam öz odun (Kreozot)	+	<i>Teredo navalis</i>
Sarıçam diri odun (Kreozot)	+	<i>Teredo navalis</i>
Meşe öz odun (Kreozot)	+	<i>Teredo navalis</i>
Meşe diri odun (Kreozot)	+	<i>Teredo navalis</i>
Kestane öz odun (Kreozot)	+	<i>Teredo navalis</i>

Şekil 3.16 ve şekil 3.17’de 1 yıl sonra denizden çıkarılmış örnekler görülmektedir.



Şekil 3.16 Bir yıl süreyle denizde bekletilmiş ahşap paneller.



Şekil 3.17 Deniz testi yapılmış kreozot ile emprenyeli kestane öz odun.

Teredo navalis odun zararlısı kontrol örneklerinin tümünde etkili olmuştur. Tanalith-C (CCA) ile emprenye edilmiş örneklerde ise, sarıçam öz ve sarıçam diri odun dışındaki tüm örnekler ile Kreozot ile emprenye edilmiş tüm örneklerde tahribat yapmıştır. Şekil 3.18’de önemli derecede tahrip olmuş sarıçam öz odun kontrol paneli görülmektedir.



Şekil 3.18 Denizde bırakılmış sarıçam öz odun kontrol paneli.

Şekil 3.19 ve Şekil 3.20’de Tanalith-C ile emprenyeli sarıçam öz odun ve sarıçam diri odun panellerinde deniz zararlısı görülmemiştir.



Şekil 3.19 Denizde bırakılmış Tanalith-C ile emprenyeli sarıçam öz odun panelleri.



Şekil 3.20 Denizde bırakılmış Tanalith-C ile emprenyeli sarıçam diri odun panelleri.

Şekil 3.21’de Tanalith-C ile emprenyeli meşe diri odun paneli, Şekil 3.22’de Tanalith-C ile emprenyeli kestane öz odun paneli görülmektedir.



Şekil 3.21 Denizde bırakılmış Tanalith-C ile emprenyeli meşe diri odun paneli.



Şekil 3.22 Denizde bırakılmış Tanalith-C ile emprenyeli kestane öz odun paneli.

Şekil 3.23’de Tanalith-C ile emprenyeli Kestane öz odun içerisine yerleşmiş halde bulunan *Teredo navalis* odun delici canlıları görülmektedir.



Şekil 3.23 *Teredo navalis* odun delici canlıları.

Şekil 3.24’de *Teredo navalis*’ in baş kısmında bulunan ve odunu delme amacıyla kullandıkları kabuk kısmı ve Şekil 3.25’de odunda açtıkları oyukları kapatmak amacıyla kullandıkları paletlere ait mikroskop altında çekilmiş fotoğraflar görülmektedir.



Şekil 3.24 *Teredo navalis*’in baş tarafında bulunan kabuk kısmı(shell).



Şekil 3.25 *Teredo navalis*' e ait paletler.

3.7 KİMYASAL MADDELERİN YIKANMA MİKTARLARINA İLİŞKİN BULGULAR

3.7.1 Tanalith-C (CCA)'nın Yıkanma Miktarına İlişkin Bulgular

Tanalith-C ile emprenye edilmiş sarıçam, meşe ve kestane diri ve öz odunlarındaki yıkanma miktarlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar, sırasıyla Çizelge 3.51, 3.52 ve 3.53’de verilmektedir.

Çizelge 3.51 Sarıçam odununda CCA yıkanma miktarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.

	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Sarıçam öz (g)	10	0,22	0,001	0,026	0,180	0,260
Sarıçam öz (%)	10	2,27	0,047	0,216	1,946	2,712
Sarıçam diri (g)	10	0,26	0,001	0,028	0,210	0,310
Sarıçam diri (%)	10	2,39	0,058	0,240	2,087	2,688

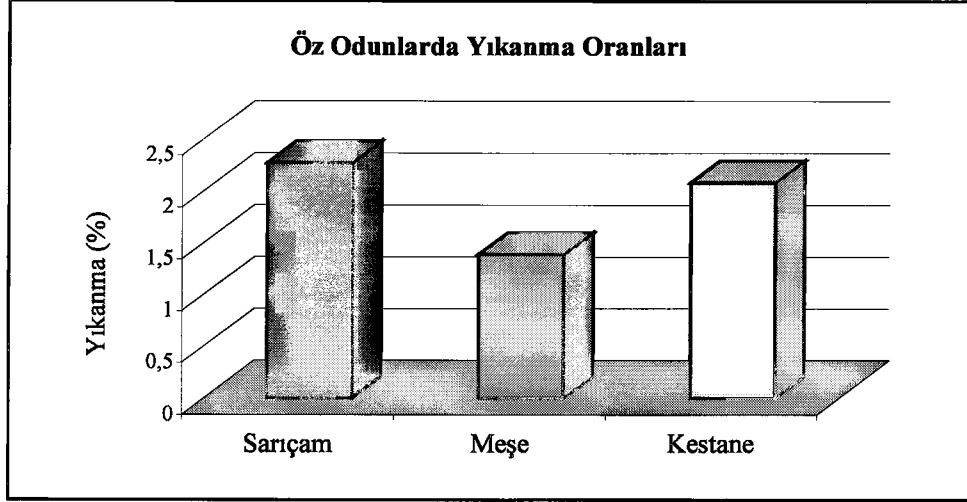
Çizelge 3.52 Meşe odununda CCA yıkanma miktarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.

	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Meşe öz (g)	10	0,20	0,001	0,041	0,120	0,270
Meşe öz (%)	10	1,39	0,1113	0,336	0,804	2,020
Meşe diri (g)	10	0,31	0,001	0,020	0,290	0,360
Meşe diri (%)	10	2,46	0,027	0,165	2,305	2,894

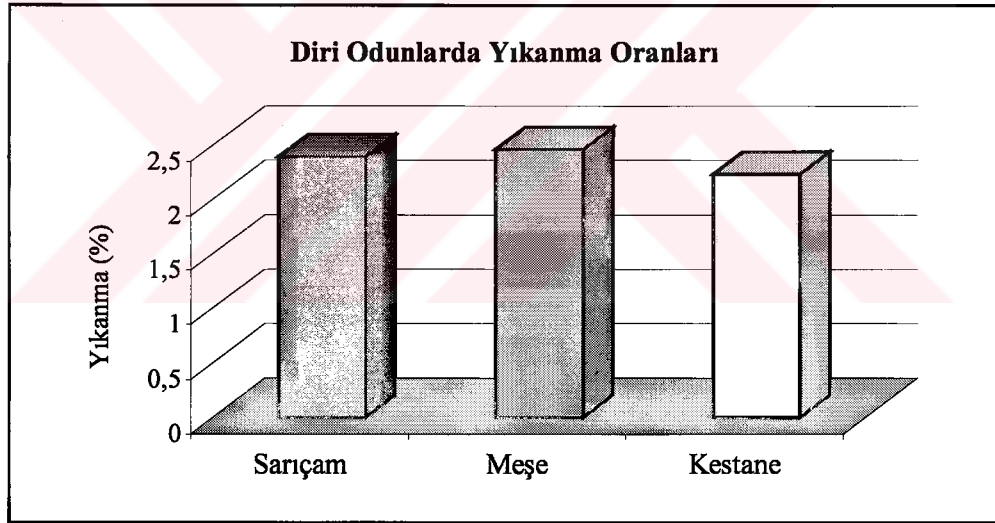
Çizelge 3.53 Kestane odununda CCA yıkanma miktarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.

	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Kestane öz (g)	10	0,22	0,001	0,020	0,180	0,240
Kestane öz (%)	10	2,08	0,051	0,226	1,772	2,484
Kestane diri (g)	10	0,22	0,001	0,021	0,180	0,250
Kestane diri (%)	10	2,23	0,070	0,266	1,751	2,657

Aşağıdaki şekillerde Tanalith-C ile emprenye edilmiş örneklerde, diri ve öz odunlarına ait ortalama yıkanma miktarı değerleri görülmektedir.



Şekil 3.26 Öz odunlara ait Tanalith-C ortalama yıkanma oranları.



Şekil 3.27 Diri odunlara ait Tanalith-C ortalama yıkanma oranları.

3.7.2 Kreozot'un Yıkanma Miktarına İlişkin Bulgular

Kreozot ile emprenye edilmiş sarıçam, meşe ve kestane diri ve öz odunlarındaki yıkanma miktarlarına ilişkin istatistiksel sonuçlar, sırasıyla Çizelge 3.54, 3.55 ve 3.56'da verilmektedir.

Çizelge 3.54 Sarıçam odununda kreozot yıkanma miktarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.

	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Sarıçam öz (g)	10	0,21	0,006	0,080	0,090	0,350
Sarıçam öz (%)	10	1,85	0,466	0,683	0,839	3,062
Sarıçam diri (g)	10	0,62	0,026	0,161	0,440	0,860
Sarıçam diri (%)	10	3,83	0,619	0,786	2,896	5,116

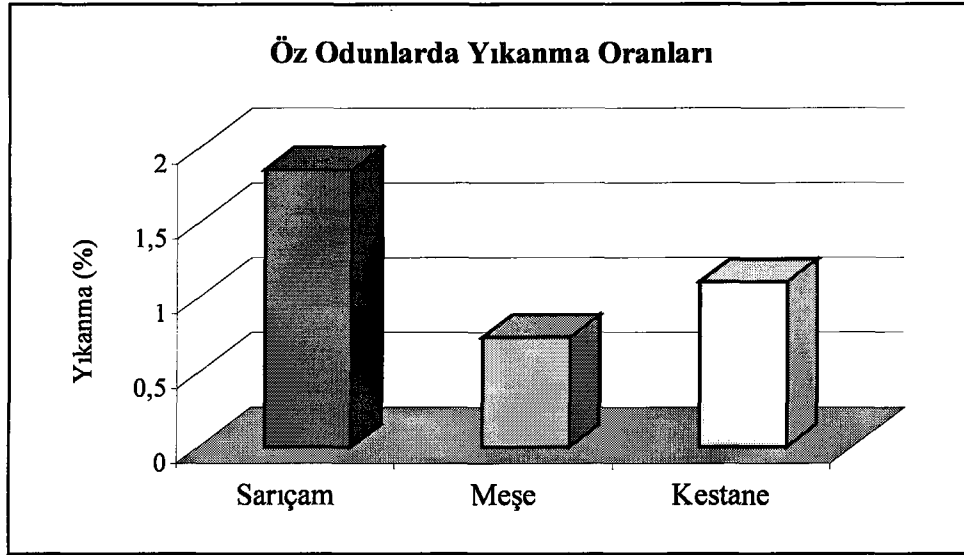
Çizelge 3.55 Meşe odununda kreozot yıkanma miktarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.

	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Meşe öz (g)	10	0,11	0,0003	0,017	0,090	0,130
Meşe öz (%)	10	0,73	0,012	0,112	0,602	0,875
Meşe diri (g)	10	0,50	0,015	0,121	0,370	0,750
Meşe diri (%)	10	3,43	0,492	0,701	2,545	4,711

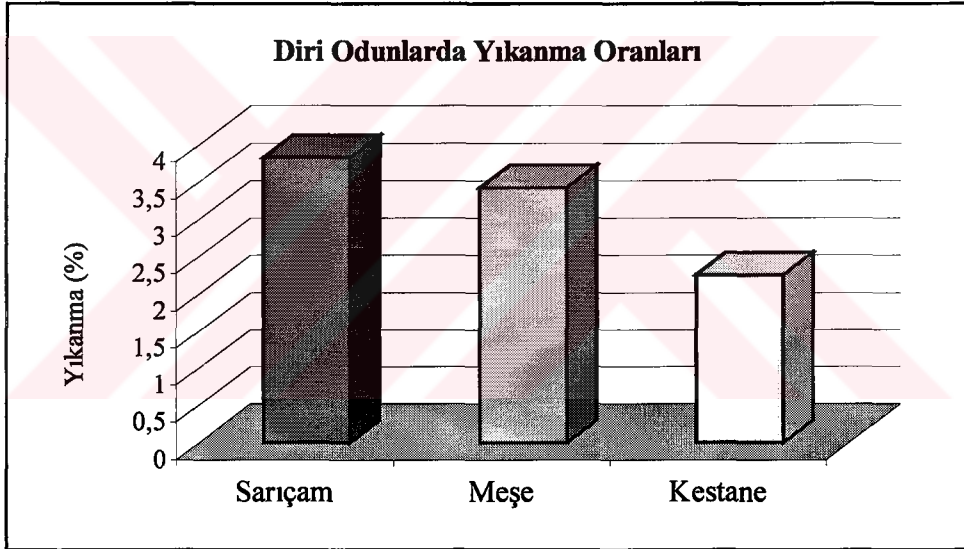
Çizelge 3.56 Kestane odununda kreozot yıkanma miktarına ilişkin istatistiksel sonuçlar.

	Örnek sayısı	Ortalama	Varyans	Standart sapma	Minimum	Maximum
Kestane öz (g)	10	0,12	0,0008	0,028	0,070	0,170
Kestane öz (%)	10	1,10	0,079	0,282	0,647	1,630
Kestane diri (g)	10	0,24	0,011	0,107	0,090	0,510
Kestane diri (%)	10	2,26	0,910	0,954	0,856	4,607

Aşağıdaki şekillerde kreozot ile emprenye edilmiş örneklerde, diri ve öz odunlarına ait ortalama yıkanma miktarı değerleri görülmektedir.



Şekil 3.28 Öz odunlara ait ortalama kreozot yıkanma oranları.



Şekil 3.29 Diri odunlara ait ortalama kreozot yıkanma oranları.

3.7.3 Elementel Düzeyde Yıkanma Miktarlarına İlişkin Bulgular

Bu yıkanma programında 12 saat suda bekletme, 6 saat akan suyun altında bırakma ve son olarak 12 saat suda bekletme işlemleri uygulanmıştır. İlk ve son yıkanma sularında Cu, Cr ve As analizleri yapılarak ppm olarak kaydedilmiştir.

Tanalith-C (CCA) ile emprenyeli sarıçam, meşe ve kestane diri ve öz odunlarında ki Cu, Cr, As yıkanma miktarları (ppm) sırasıyla, Çizelge 3.57, 3.58 ve 3.59’da verilmektedir.

Çizelge 3.57 Sarıçam odununda yıkanan Cu, Cr, As miktarları.

SARIÇAM	Retensiyon (kg/m ³)	NKTm (g)	İlk yıkanma (ppm)			Son yıkanma (ppm)		
			Cu	Cr	As	Cu	Cr	As
Öz odun	17,92	0,31	1,39	8,5	*	0,26	2,24	*
Diri odun	24,52	0,42	1,77	12,45	*	0,28	4,01	*

* : AAS ölçüm alanı dışında

Çizelge 3.58 Meşe odununda yıkanan Cu, Cr, As miktarları.

MEŞE	Retensiyon (kg/m ³)	NKTm (g)	İlk yıkanma (ppm)			Son yıkanma (ppm)		
			Cu	Cr	As	Cu	Cr	As
Öz odun	2,84	0,05	1,41	0,43	8,82	0,61	0,31	2,46
Diri odun	21,42	0,37	3,22	3,92	12,36	1,16	1,9	5,66

Çizelge 3.59 Kestane odununda yıkanan Cu, Cr, As miktarları.

KESTANE	Retensiyon (kg/m ³)	NKTm (g)	İlk yıkanma (ppm)			Son yıkanma (ppm)		
			Cu	Cr	As	Cu	Cr	As
Öz odun	10,76	0,19	1,97	0,44	10,41	0,58	0,15	2,70
Diri odun	11,22	0,20	2,43	0,69	10,5	0,88	0,27	2,66

BÖLÜM 4

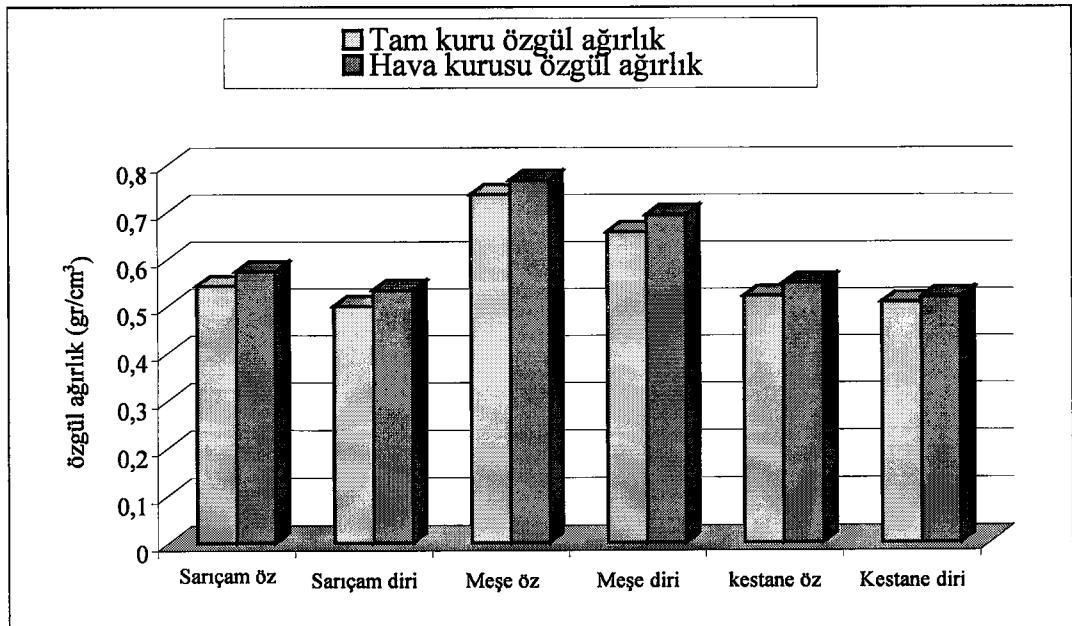
SONUÇLAR ve TARTIŞMA

4.1 ÖZGÜL AĞIRLIKLARA İLİŞKİN SONUÇLAR

Sarıçam, meşe ve kestane türlerine ait tam kuru ve hava kurusu özgül ağırlık değerlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar, öz odun ve diri odunlarına göre Bölüm 3.1’de verilmiştir. Tam kuru ve hava kurusu özgül ağırlığa ilişkin ortalama değerler ise aşağıda Çizelge 4.1’de ve Şekil 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1 Diri ve öz odunlara ait tam kuru ve hava kurusu özgül ağırlıklar.

Özgül ağırlık (gr/cm ³)	Sarıçam		Meşe		Kestane	
	öz odun	diri odun	öz odun	diri odun	öz odun	diri odun
Tam kuru	0,543	0,500	0,737	0,658	0,522	0,509
Hava kurusu	0,574	0,534	0,767	0,694	0,549	0,520



Şekil 4.1 Diri ve öz odunlara ait tam kuru ve hava kurusu özgül ağırlık ortalama değerleri.

Tam kuru özgül ağırlık

Meşe gerek öz gerekse diri odunda en yüksek özgül ağırlık değerlerini göstermektedir. Öz odunları arasında, meşe öz odunu en yüksek ($0,74 \text{ gr/cm}^3$) tam kuru özgül ağırlık değerine sahip olmuştur. Diri odunlar arasında ise en yüksek değer ($0,66 \text{ gr/cm}^3$) meşe diri odunda elde edilmiştir. Türler içerisinde sarıçam öz odunun değeri sarıçam diri odundan yüksek çıkmıştır. Meşe öz odunun tam kuru ağırlık değeri meşe diri odundan daha yüksek bulunmuştur. Kestane öz ve diri odun arasında ise birbirine yakın değerler elde edilmiştir.

Hava kurusu özgül ağırlık

Meşe gerek öz gerekse diri odunda en yüksek özgül ağırlık değerlerini göstermektedir. Öz odunları arasında meşe öz odun en yüksek ($0,77 \text{ gr/cm}^3$) hava kurusu özgül ağırlığa sahip olmuştur. Diri odunlar arasında en yüksek değer ($0,69 \text{ gr/cm}^3$) meşe diri odunda elde edilmiştir. Türler içerisinde sarıçam öz odunda, diri odundan daha yüksek değer elde edilmiştir.

Meşe ve kestane türlerine ait öz odun değerleri, diri odun değerlerinden yüksek çıkmıştır. Meşe öz odunda ki yüksek değer öz odunlarında bulunan ekstraktif maddelerin yoğunluğundan kaynaklanabilir. Türler arası farklılıklar ise anatomik yapıdan kaynaklanmaktadır.

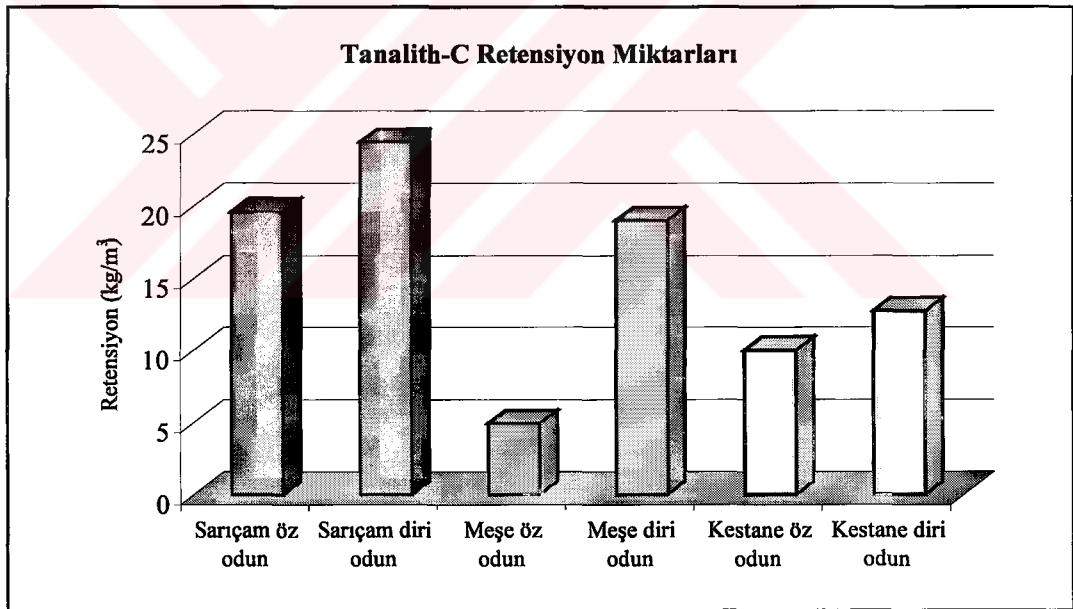
4.2 RETENSIYON VE NET KURU TUZ MİKTARLARINA İLİŞKİN SONUÇLAR

Tanalith-C emprenye maddesine ilişkin retensiyon sonuçları

Tanalith-C ile emprenyeli öz ve diri odunların retensiyon değerlerine ait istatistiksel bilgiler Çizelge 3.6 ve 3.7’de verilmiştir. Aşağıda Çizelge 4.2’de Tanalith-C emprenye maddesine ilişkin ortalama retensiyon ve net kuru tuz miktarı değerleri verilmektedir. Şekil 4.2’de sarıçam, meşe ve kestane türlerine ait öz ve diri odunların ortalama retensiyon değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.2 Tanalith-C ile emprenyeli öz ve diri odunların retensiyon ve net kuru tuz miktarlarına ait ortalama değerler.

Ağaç Türü		Retensiyon (kg/m ³)	NKTM (g)
Sarıçam	Öz odun	19,62	0,34
	Diri odun	24,44	0,42
Meşe	Öz odun	4,95	0,08
	Diri odun	19,02	0,33
Kestane	Öz odun	10,05	0,18
	Diri odun	12,73	0,22



Şekil 4.2 Tanalith-C ile emprenyeli örneklere ait ortalama retensiyon değerleri.

Öz odunlar arasında en yüksek retensiyon değeri sarıçam öz odununda (19,6 kg/m³) elde edilmiştir. Meşe öz odununda retensiyon değerinin oldukça düşük çıkması, öz odunlarında yoğun miktarda bulunan ekstraktif maddelerin absorpsiyonu engellemesi ve tül oluşumlarından kaynaklanabileceği sonucuna

varılmıştır. Sarıçam öz odunda ise diri oduna yakın değer elde edilmesi, bunların öz odunlarının meşe ve kestane de olduğu gibi yoğun miktarda ekstraktifler bulunmamasına ve tül oluşumu gibi olayların meydana gelmemesine bağlanmaktadır.

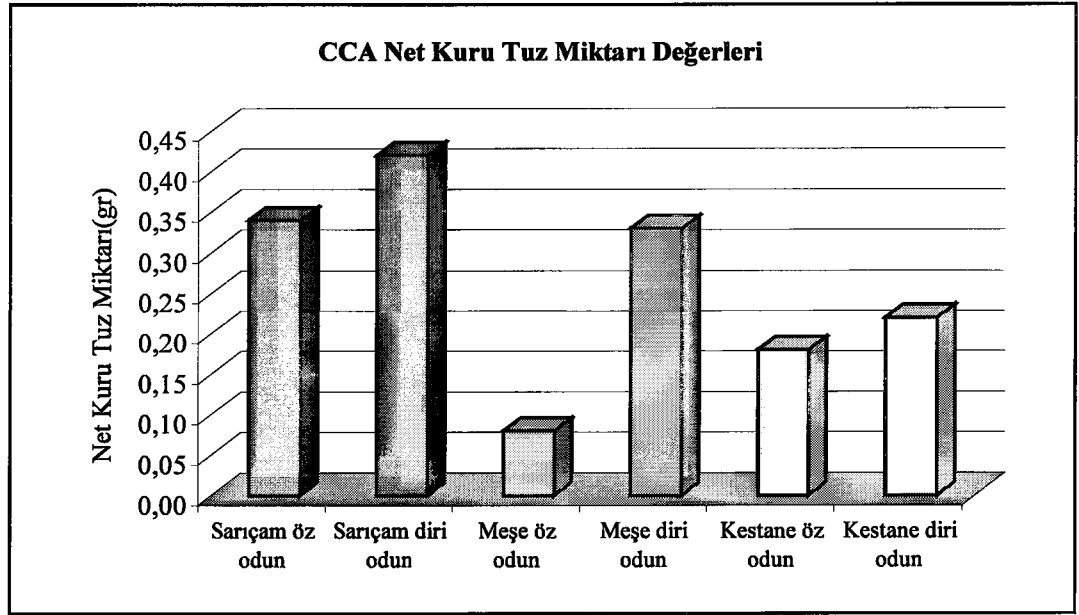
Diri odunlar arasında sarıçam diri odun (24.4 kg/m^3) en yüksek retensiyona sahip olmuştur. Kestane öz odununda retensiyon değeri (10.05 kg/m^3), meşe öz odununa göre (4.95 kg/m^3) yaklaşık iki kat daha yüksek çıkmıştır. Meşe diri odununda ise (19.02 kg/m^3) kestane diri odunundan (12.73 kg/m^3) daha fazla retensiyon elde edilmiştir.

Türler içerisinde her üç türe ait diri odunların retensiyon değerleri, öz odunlarıyla kıyaslandığında oldukça yüksek çıkmıştır. Bu durum, diri odunun geçirgen yapısından ve odunda başlıca su iletimi gibi hayatsal fonksiyonların diri odunda gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır.

Her ne kadar ekstraktif maddeler ve tül oluşumlarının retensiyonu olumsuz yönde etkilediği düşünülse de, retensiyonun odundaki boşluk oranı ile ilişkili olduğu unutulmamalıdır. Bu da türlerin anatomik yapısına göre farklılık göstermektedir.

Tanalith-C' ye ilişkin net kuru tuz miktarı sonuçları

Tanalith-C ile emprenyeli öz ve diri odunların net kuru tuz miktarları değerlerine ait istatistiksel bilgiler Çizelge 3.8 ve 3.9'da verilmiştir. Aşağıda şekil 4.3'de sarıçam, meşe ve kestane türlerine ait öz ve diri odunların ortalama net kuru tuz miktarları değerleri görülmektedir. Ortalama net kuru tuz miktarı değerleri ayrıca, yukarıda Çizelge 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.3 Tanalith-C ile emprenyeli örneklere ait ortalama NKTm değerleri.

Öz odunları arasında sarıçam öz odununda en yüksek(0,34 gr) net kuru tuz miktarı elde edilmiştir. Kestane öz odununda 0.17 gr net kuru tuz miktarı elde edilirken, meşe öz odunda 0,08 gr kadar oldukça düşük bir değer elde edilmiştir.

Diri odunlar arasında sarıçam diri odunda en yüksek (0,42 gr) NKTm elde edilmiştir. Meşe diri odundaki net kuru tuz miktarı (0,33 gr) , kestane diri odundan (0,22 gr) yüksek çıkmıştır.

Türler içerisinde her üç türde de diri odunlarda, öz odunlara nazaran daha yüksek miktarlarda net kuru tuz miktarları elde edilmiştir.

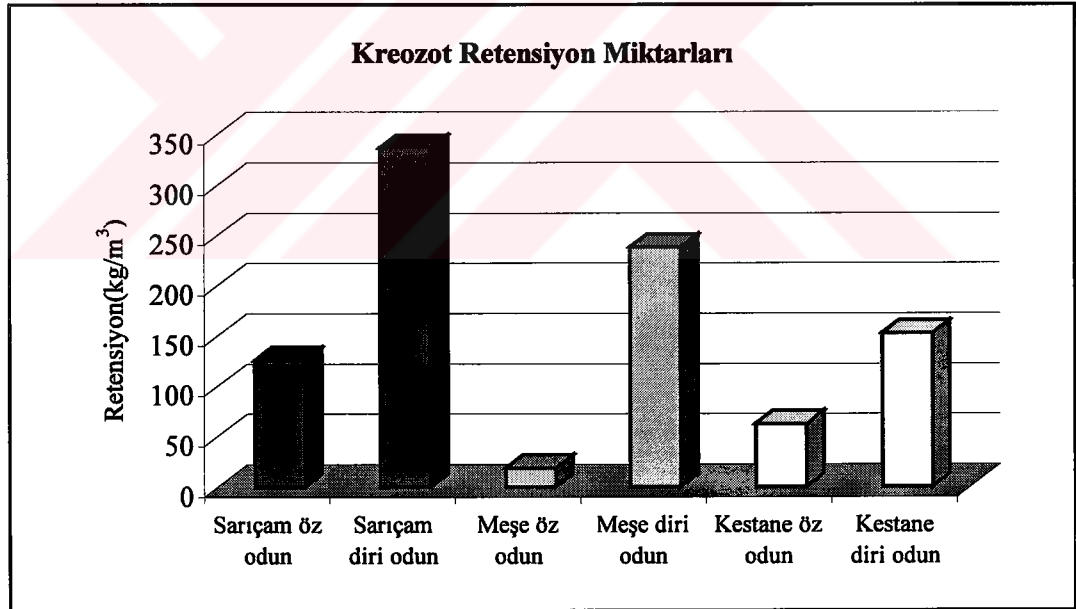
Net kuru tuz miktarı retensiyon değeriyle doğrudan ilişkili olduğundan dolayı, retensiyon için yapılan sonuç ve yargılar burada da geçerlidir.

Kreozot emprenye maddesine ilişkin retensiyon sonuçları

Kreozot ile emprenyeli öz ve diri odunların retensiyon değerlerine ait istatistiksel bilgiler Çizelge 3.10 ve 3.11’de verilmiştir. Aşağıda Çizelge 4.3 ve şekil 4.4’de sarıçam, meşe ve kestane türlerine ait öz ve diri odunların ortalama retensiyon değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.3 Kreozot ile emprenyeli öz ve diri odunların retensiyon miktarlarına ait ortalama değerler.

Ağaç Türü		Retensiyon (kg/m ³)
Sarıçam	Öz odun	125,71
	Diri odun	337,33
Meşe	Öz odun	18,92
	Diri odun	238,43
Kestane	Öz odun	62,79
	Diri odun	152,90



Şekil 4.4 Kreozot ile emprenyeli örneklere ait ortalama retensiyon değerleri.

Öz odunları arasında en yüksek kreozot retensiyonu 125,7 kg/m³ ile sarıçam öz odunda elde edilmiştir. Kestane öz odunda 62,8 kg/m³, meşe öz odunda 18,9 kg/m³ olarak elde edilmiştir.

Diri odunlar arasında en yüksek kreozot retensiyonu $337,3 \text{ kg/m}^3$ ile sarıçam diri odunda elde edilmiştir. Kestane diri odunda $152,9 \text{ kg/m}^3$, meşe diri odunda $238,4 \text{ kg/m}^3$ olarak elde edilmiştir. Türler içerisinde kıyaslama yapıldığında, her üç türe ait diri odunlarda ortalama kreozot retensiyonu öz odunlara göre oldukça yüksek çıkmıştır.

Tanalith-C' ye ilişkin sonuçlarla kıyaslama yapıldığında, Türler ve diri öz odun arasında ki farklılıklar kreozot ile elde edilen sonuçlarla uygunluk arz etmektedir. Fakat oran olarak değerler, Kreozot ile emprenye edilen örneklerde oldukça yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi ise kreozotun emprenyeden önce ısıtılması, dolayısıyla ısıtma işleminin retensiyonu artırdığı bilinmektedir (Richardson, 1993; Bergman, 2003).

4.3 MEKANİK TESTLERE AİT SONUÇLAR

Eğilme direncine ilişkin sonuçlar

Çalışmada kullanılan türlerin diri ve öz odunlarına ait eğilme dirençleri kontrol, emprenye sonrası (arazi testi öncesi) ve arazi testi sonrası olmak üzere üç bölümde toplanmıştır. Genel olarak, tüm değişkenler istatistiki olarak % 95 güven düzeyinde Tukey testi ile incelendiğinde;

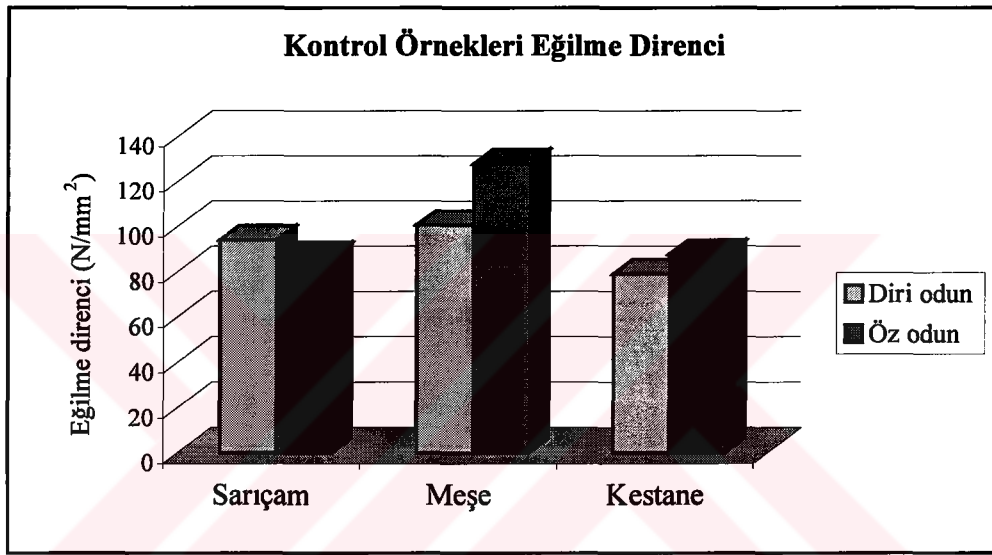
Ortamlar (Arazi testi öncesi-sonrası) arasında, emprenye maddeleri (Kreozot - Tanalith-C) arasında, ağaç türleri (Sarıçam-Meşe-Kestane) arasında, bulunuş yerleri (Diri odun-Öz odun) arasında farklar meydana gelmiştir.

Kontrol örnekleri eğilme dirençleri

Sarıçam, meşe ve kestane türlerinin öz ve diri odunlarına ait eğilme direnci ortalama değerleri aşağıda Çizelge 4.4 ve Şekil 4.5' de verilmektedir.

Çizelge 4.4 Kontrol örneklerine ait eğilme direnci ortalama değerleri (N/mm²).

Ağaç Türü	Diri odun	Öz odun
Sarıçam	93,79	86,44
Meşe	100,44	127,67
Kestane	78,83	87,46



Şekil 4.5 Kontrol örneklerine ait eğilme direnci ortalama değerleri.

Çizelge 4.4 ve Şekil 4.5’de görüldüğü gibi, diri odunları arasında meşe diri odunu en yüksek eğilme direnci değerine sahip olurken, bunu sarıçam diri odun ve kestane diri odun izlemiştir. Öz odunları arasında ise yine meşe öz odun en yüksek eğilme direnci değerine sahip olurken, sarıçam öz odun ve kestane öz odun eğilme direnci değerleri birbirlerine yakın çıkmıştır.

Tüm kontrol örnekleri içerisinde, meşe öz odununda eğilme direncinin en yüksek çıkması özgül ağırlıkla ilişkili olabilir. Çünkü, diri ve öz olmak üzere türler arasında en yüksek özgül ağırlık değeri meşe öz odunda (0,767 gr/cm³) bulunmuştur.

Kontrol örneklerine ilişkin elde edilen eğilme direnci değerleri literatür değerleriyle uygunluk arz etmektedir (Bozkurt ve Göker, 1996).

Emprenye sonrası eğilme dirençleri

Tanalith-C ve Kreozot ile emprenye edilmiş eğilme direnci örneklerine ait retensiyon ve net kuru tuz miktarı ortalama değerleri Çizelge 4.5’de verilmektedir.

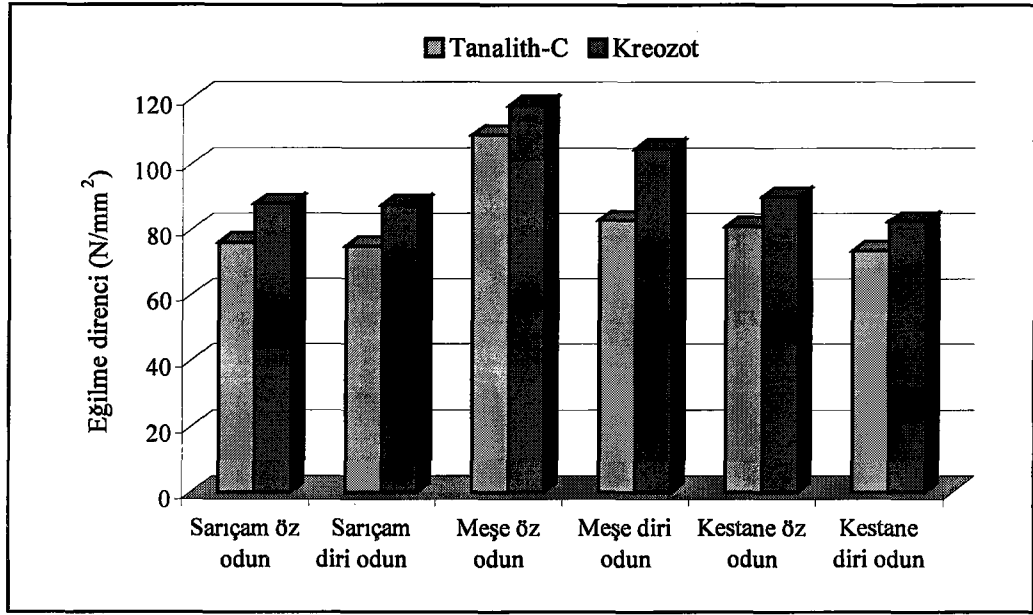
Çizelge 4.5 Emprenye edilmiş örneklere ilişkin retensiyon ve net kuru tuz miktarı ortalama değerleri.

Ağaç Türü		Tanalith – C		Kreozot
		Retensiyon (kg/m ³)	Net Kuru Tuz Miktarı (g)	Retensiyon (kg/m ³)
Sarıçam	Öz odun	11,21	1,34	55,66
	Diri odun	22,48	3,54	112,91
Meşe	Öz odun	2,01	0,99	7,22
	Diri odun	8,83	1,81	29,10
Kestane	Öz odun	4,86	0,82	25,04
	Diri odun	6,31	0,97	49,33

Emprenye edildikten sonra, iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa gelen örneklerin eğilme direnci ortalama değerleri Çizelge 4.6 ve Şekil 4.6’da verilmektedir.

Çizelge 4.6 Emprenye sonrası eğilme direnci ortalama değerleri (N/mm²).

Emprenye sonrası		Tanalith-C	Kreozot
Sarıçam	Öz odun	76,12	87,80
	Diri odun	74,88	87,51
Meşe	Öz odun	109,01	117,91
	Diri odun	82,76	104,67
Kestane	Öz odun	80,97	89,97
	Diri odun	73,51	82,38



Şekil 4.6 Emprenye sonrası eğilme dirençleri.

Yukarıdaki çizelge ve şekilden de görüleceği üzere Tanalith-C ile emprenyeli örneklerde;

Öz odunlar arasında en yüksek eğilme direnci meşe öz odunda elde edilmiştir. Bunu kestane öz odun ve sarıçam öz odun izlemiştir. Aynı kimyasal madde ile emprenyeli diri odunlarda ise en yüksek değer yine meşe de elde edilmiştir. Sarıçam diri odun ve kestane diri odun değerleri ise birbirine yakın çıkmıştır.

Her üç türün Tanalith-C ile emprenyeli öz ve diri odunlarına ait eğilme direnci değerleri kontrol örnekleri ile kıyaslandığında , Tanalith-C emprenye maddesinin eğilme direnci değerini düşürdüğü sonucuna varılmıştır.

Hager (1969), CCA koruyucu maddelerinin normal retensiyon değerlerinin, eğilme direncinde % 5-10 oranında azalmaya neden olduğunu ve bunun yüksek krom içeriği ile ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Wazny and Krajevski (1987), *P.sylvestris* odununda suda çözünen tuzların eğilme direncini % 20-25 oranında düşürdüğünü, Kamdem and Chow (1999), CCA ile yapılan emprenye işlemlerinde eğilme direnci değerinde % 0-33 arasında bir azalma olduğunu

belirtmişlerdir. Siemon (1981), CCA ile yapılan emprenye işlemlerinde önemli direnç kayıplarından söz etmiştir.

Özellikle sarıçam odununda, eğilme direnci ile retensiyon arasında bir ilişkinin varlığından söz etmek mümkündür. En yüksek retensiyon değerlerinin elde edildiği sarıçam diri ve öz odun örneklerinde, eğilme direnci değerlerinin kontrol örneklerine kıyasla azaldığı görülmektedir.

Kreozot ile emprenye edilmiş örneklerde; Öz odunları arasında, meşe öz odununda en yüksek eğilme direnci elde edilmiştir. Kestane öz odunun değeri çok az oranda sarıçam öz odundan yüksek çıkmıştır. Diri odunlar arasında ise, yine meşe de en yüksek eğilme direnci elde edilmiş, bunu sarıçam diri odun ve kestane diri odun izlemiştir.

Her üç türün Kreozot ile emprenyeli öz ve diri odunlarına ait eğilme direnci değerleri kontrol örnekleri ile kıyaslandığında, kreozotun sarıçam diri odunda eğilme direncini düşürdüğü, sarıçam öz odununda önemli bir değişiklik yapmadığı sonucuna varılmıştır. Meşe öz odunda eğilme direncini düşürürken meşe diri odununda küçük bir artış sağladığı, ayrıca kestane öz ve diri odunların eğilme dirençlerinde küçük oranda artışa sebep olduğu sonuçlarına varılmıştır.

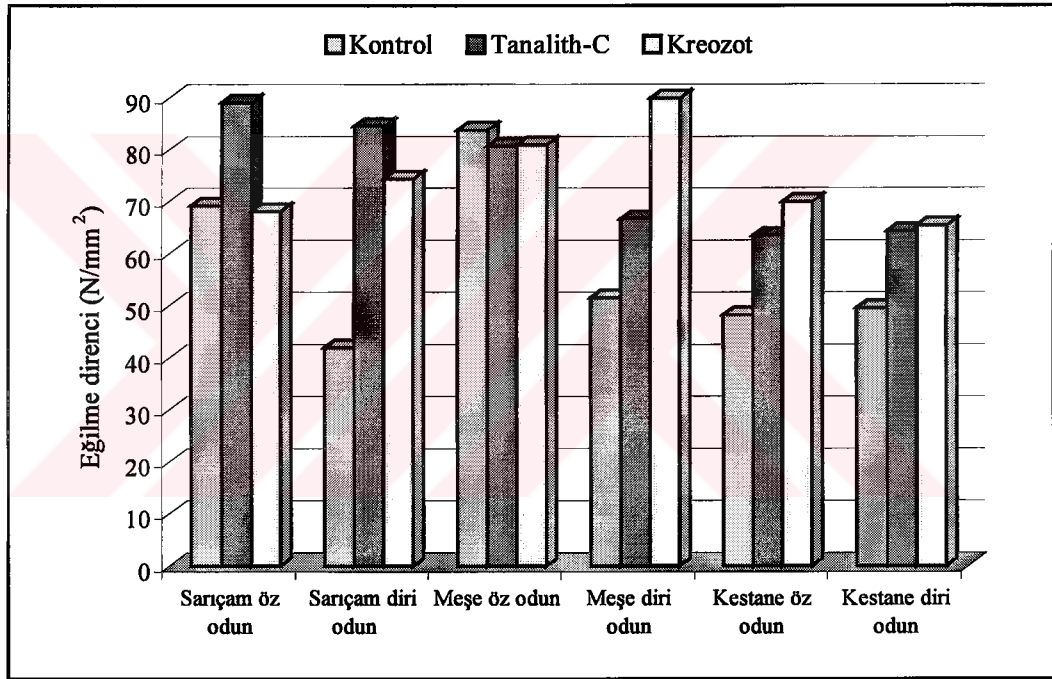
Sonuçlar istatistiki olarak % 95 güven düzeyinde Tukey testi ile incelendiğinde; Kontrol – Tanalith-C ile Kreozot - Tanalith-C arasında fark ortaya çıkmıştır. Kontrol – Kreozot arasında fark oluşmamıştır. Yani kontrol örnekleri ile kıyaslandığında kreozot eğilme direncini değiştirmemiştir. Kestane-Meşe ve Meşe-Sarıçam arasında farklar ortaya çıkmıştır. Kestane-Sarıçam arasında ise fark meydana gelmemiştir. Ayrıca, diri-öz odun arasında da fark meydana gelmiştir.

Arazi testi sonrası eğilme dirençleri

Emprenye edildikten sonra 1 yıl süreyle arazi testi yapılmış kontrol ve emprenyeli örneklerle ait eğilme direnci ortalama değerleri Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7’de verilmektedir.

Çizelge 4.7 Arazi testi yapılmış örneklere ait ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm²).

Arazi testi sonrası		Kontrol	Tanalith-C	Kreozot
Sarıçam	Öz odun	69,17	88,96	68,02
	Diri odun	41,96	84,42	74,33
Meşe	Öz odun	83,72	80,63	80,97
	Diri odun	51,50	66,53	89,91
Kestane	Öz odun	48,15	63,39	69,92
	Diri odun	49,50	64,20	65,30



Şekil 4.7 Arazi testi yapılmış örneklere ait ortalama eğilme direnci değerleri.

Arazi testi sonrası - kontrol örneklerine ilişkin sonuçlar

Yukarıdaki çizelge ve şekilde görüldüğü üzere, arazi testi yapılmış kontrol öz odun örneklerinde en yüksek eğilme direnci değeri meşe öz odunda bulunmuştur. Bunu sırasıyla sarıçam öz odun ve kestane öz odun izlemiştir.

Kontrol diri odun örneklerinde, meşe diri odun en yüksek eğilme direncine sahip olurken bunu kestane diri odun ve sarıçam diri odun izlemiştir.

Arazi testi yapılmış kontrol örnekleri normal kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında, 1 yıl sonunda arazi örneklerine ait eğilme direnci değerlerinde önemli oranda kayıplar meydana gelmiştir. Arazi testi yapılmış kontrol örneklerine ait eğilme direnci değerlerinin düşmesinde, toprakta mevcut çürüklük yapan organizmalar bir faktör olarak düşünülebilir.

Arazi testi sonrası - emprenye edilmiş örneklere ilişkin sonuçlar

Çizelge 4.7 ve şekil 4.7’de görüleceği üzere Arazi testi yapılmış Tanalith-C ile emprenyeli örneklerde; öz odunlar arasında en yüksek eğilme direnci sarıçam öz odunda elde edilmiştir. Bunu meşe öz odun ve kestane öz odun izlemiştir. Diri odunlar arasında ise en yüksek eğilme direnci sarıçam diri odunda bulunmuştur. Bunu meşe diri odun ve kestane diri odun izlemiştir.

Arazi testi yapılmış Tanalith-C ile emprenyeli örnekler, emprenye sonrası örneklerle karşılaştırıldığında, sarıçam öz ve diri odunlarda artış meydana gelirken meşe ve kestane öz ve diri odun örneklerinde eğilme direnci azalmıştır.

Arazi testi yapılmış kreozot ile emprenyeli örneklerde; öz odunlar arasında en yüksek eğilme direnci meşe öz odunda bulunmuştur. Sarıçam öz odun ve kestane öz odun değerleri birbirlerine yakın çıkmıştır. Diri odunlar arasında ise, en yüksek eğilme direnci meşe diri odunda bulunmuştur. Bunu sarıçam diri odun ve kestane diri odun izlemiştir.

Emprenye sonrası örneklerle karşılaştırıldığında, arazi testi yapılmış Kreozot ile emprenyeli tüm diri-öz odun örneklerinde eğilme direnci değerleri azalmıştır.

Sonuçlar istatistiki olarak % 95 güven düzeyinde Tukey testi ile incelendiğinde;

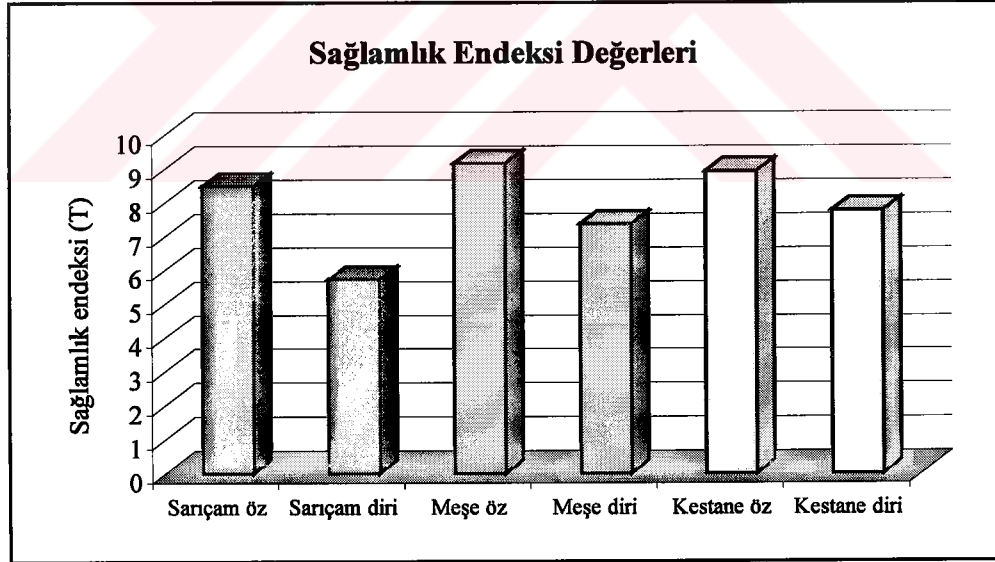
Kontrol - Kreozot ve Kontrol - Tanalith-C arasında fark ortaya çıkmıştır. Kreozot - Tanalith-C arasında fark bulunmamıştır. Kestane - Meşe, Kestane - Sarıçam ve Meşe - Sarıçam arasında farklar meydana gelmiştir. Ayrıca, diri-öz odun farkı da ortaya çıkmıştır.

4.4 SAĞLAMLIK ENDEKSİ DEĞERLERİNE İLİŞKİN SONUÇLAR

Sağlamlık endeksine ilişkin sonuçlar, Bulgular kısmında Bölüm 3.4’de verilmiştir. Tüm örneklere ait ortalama sağlamlık endeksleri aşağıda, Çizelge 4.8 ve Şekil 4.8’de verilmektedir.

Çizelge 4.8 Kontrol örneklerine ilişkin ortalama sağlamlık endeksleri (T).

Ortalama Sağlamlık Endeksi		T
Sarıçam	Öz odun	8,48
	Diri odun	5,72
Meşe	Öz odun	9,16
	Diri odun	7,36
Kestane	Öz odun	8,92
	Diri odun	7,76



Şekil 4.8 Arazide 1 yıl kalmış kontrol örneklerine ait ortalama sağlamlık endeksi değerleri.

Sonuçlar incelendiğinde, türler arasında en yüksek sağlamlık endeksi değeri meşe öz odunda bulunmuştur. Bunu sırasıyla kestane öz odun, sarıçam öz odun, kestane diri odun, meşe diri odun ve sarıçam diri odun izlemiştir.

Sonuçlardan anlaşıldığı üzere, öz odunların sağlamlık endeksi değerlerinin yüksek çıkması, bunlarda mevcut bulunan ekstraktif maddelerden kaynaklanmaktadır. Çünkü, ekstraktif maddeler mantar, böcek gibi zararlılara karşı toksik etki göstermektedirler.

4.5 MİKOLOJİK GÖZLEMLERE İLİŞKİN SONUÇLAR

Kontrol örneklerinde orta ve ileri derecede beyaz çürüklük meydana gelmesi, araştırmanın yapıldığı deneme alanının çürüklük yapan organizmalar için elverişli bir ortam olduğunu göstermektedir. Deneme alanından alınan toprak örneklerinin analizleri de toprak türünün killi balçık olduğunu göstermektedir.

Wakeling (2001), balçıklı toprakla birlikte sıcak yağışlı iklimin, şiddetli çürüklüğe neden olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, çürümelerin örneklerin toprak altında kalan kısımlarında gerçekleşmesi o bölgedeki sıcaklık, oksijen ve nemin mantar tahribatı için elverişli olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.

Tanalith-C ile emprenyeli örnekler en iyi dayanım özelliğini göstermişlerdir. Örneklerde herhangi bir renk kaybı olmadığı gibi, misel oluşumlarına da rastlanmamıştır. Buradan CCA emprenye maddesinin, çürüklük yapan organizmaların aktivitesine karşı oldukça etkili olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu görüşü destekleyen çok sayıda literatür mevcuttur. (Wright and Ladrach,1994; Daljeet et al. 1995; Kamdem et al. 1998)

Kreozot ile emprenyeli örneklerde ise renk değişiklikleri ve yüzeysel misel oluşumlarının gözlenmesi, kreozotun mantarlara karşı tolerans gösterdiğini ortaya çıkarmaktadır.

4.6 DENİZ DENEMELERİNE İLİŞKİN SONUÇLAR

Batı Karadeniz- Amasra bölgesinde gerçekleştirilen deniz denemelerinde, *Teredo navalis* odun delici organizmasına rastlanmıştır. Bu organizmanın, türlere göre

kontrol ve emprenye edilmiş örnekler üzerinde yaptığı saldırılar şekillerle birlikte Bölüm 3.6’ da verilmiştir.

Literatür araştırmasında; Sekendiz (1981), Bobat (1994), *Teredo navalis*’in Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki varlığından söz etmişlerdir. Pınar (1997), ise Amasra’daki aktivitesinin şiddetli olduğunu belirtmiştir.

Kontrol panellerine ilişkin sonuçlar

Sarıçam öz odununda önemli derecede tahribat meydana gelmiştir. Ahşap paneller elle kırılabilir hale gelmiş, paneller içerisindeki oyuklar sayılamayacak derecede fazla olmuştur. Sarıçam diri odunda ise, öz odunda meydana gelen tahribatın çok daha ileri boyutu gerçekleşmiştir.

Meşe öz odun panellerinde orta ile ağır derece arasında bir tahribat meydana gelmiştir. Bazı panellerde, Panelin tüm kısmında saldırı meydana gelirken, diğerlerinde saldırılar panelin yalnızca bir yüzeyinde meydana gelmiştir. Meşe diri odun panellerinde, özellikle panellerin yüzey kısımlarında sayılamayacak kadar tüneller açılmıştır.

Kestane öz odun panellerinde de ağır saldırılar meydana gelmiştir. Panellerin bazı kısımları elle kırılabilir hale gelmiştir.

Kontrol örneklerinin tümünde organizma saldırıları görülmesine karşın, tahribatın sarıçam diri ve öz odunda ileri boyutta olması diğer türlerin ekstraktif maddelerce daha zengin olmalarından kaynaklanabilir.

Prael et al.(2000), Avustralya’da yaptıkları bir araştırmada, *Pinus nigra* kontrol panellerinin 5 ve 10 ay sonra ağır şekilde tahrip edildiklerini gözlemişlerdir. Kontrol örneklerinde cm² de oyuk sayısı, 5 ay sonra 0,23 ± 0,09 iken, 10 ay sonra 0,42 ± 0,07 seviyesinde olmuştur. Aynı paneller CCA ile vakum-basınç ile 2, 24 ve 38 kg/m³ retensiyonlarda emprenye edilmiştir. 5 ay sonra CCA ile emprenyeli panellerin hiçbirinde saldırı görülmemiştir. 10 ay sonra ise 2 kg/m³ retensiyona

sahip örneklerde yine saldırı görülmezken, 24 ve 38 kg/ m³ retensiyona sahip örneklerde birer adet panelde bir tek oyuga rastlanılması sürpriz olarak yorumlanmıştır.

Tanalith-C (CCA) ile emprenyeli panellere ilişkin sonuçlar

CCA ile emprenye edilmiş sarıçam öz ve sarıçam diri ahşap panellerde, herhangi bir odun delici organizma saldırısı görülmemiştir. Bu sonuç, yapılan bu çalışmada ki deniz denemelerinde elde edilen en önemli bulgu olarak ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi olarak da, bu iki örnekte en yüksek retensiyon değerlerinin elde edilmesi ve bunun yanında CCA'nın kendisine has toksik özelliği olduğu sonucuna varılmıştır.

Meşe öz odun panellerinde etkili bir saldırı meydana gelmiş, fakat örnekler elle kırılabilir hale gelmemiştir. Meşe diri odunda yüzeysel bir saldırı meydana gelmiştir. Panellerdeki tünel sayıları 1 ile 7 arasında olmuştur.

Kestane öz odun panellerinde de saldırı meydana gelmiş, açılan tünel sayıları 5 ile 8 arasında bulunmuştur. CCA ile emprenye edilmiş sarıçam öz ve sarıçam diri odunun başarılı sonuç vermesi, yapraklı ağaçlardan ziyade iğne yapraklı ağaçların CCA ile uyumlu olduğunu göstermektedir. Nitekim literatürlere bakıldığında;

Johnson (1977), ılıman ve subtropik sularda, iğne yapraklı ağaçların suda çözünen tuzlarla (CCA ve ACA) emprenyesinin deniz delicilerine karşı yeterli bir koruma sağladığını belirtmiştir. Barnacle (1976), CCA ile emprenyeli iğne yapraklı ağaçların, tropikal ve subtropikal denizlerde *teredinid*'lere karşı yüksek dayanım sağladığını söylemiştir. Lahiry (1998), CCA ile emprenye edilmiş ahşap deniz materyallerinin, tuzlu sularda diğer inşaat materyallerine göre daha güvenli olduğunu ifade etmiştir. Bununla birlikte, Cookson (1986), Çok sayıdaki deniz testlerinde, CCA ile emprenye edilmiş ökaliptusların zayıf bir dayanım gösterdiklerini belirtmiştir.

Kreozot ile emprenyeli panellere ilişkin sonuçlar

Kreozot ile emprenye edilmiş sarıçam öz odun panellerinde zayıf derecede bir saldırı meydana gelmiştir. Birer adet tünel oluşumları görülmüştür. Sarıçam diri odunda da zayıf şekilde saldırı görülmüştür. Bazı panellerde saldırı görülmezken, diğerlerinde yalnızca bir adet tünele rastlanmıştır.

Meşe öz odun panellerinde zayıf derecede saldırı meydana gelmiştir. Bazı panellerde saldırı olmazken ,diğerlerinde panelin yalnızca bir yüzeyinde meydana gelmiştir. Meşe diri odunda da öz oduna benzer bir sonuç meydana gelmiştir.

Kestane öz odun örneklerinde yüzeysel bir saldırı meydana gelmiştir. Panellerde bulunan tünel sayıları 10 ile 12 arasında olmuştur.

Burada da kreozot ile emprenye edilmiş sarıçam öz ve diri odunlarının kontrol örneklerine oranla önemli dayanım göstermesi, sahip oldukları yüksek derecedeki kreozot retensiyon seviyesinden kaynaklanmaktadır.

Johnson and Gutzmer (1990), kreozot, suda çözünen tuzlar ve modifiye polimerler gibi farklı kimyasal maddeler ile emprenye edilmiş ahşap panelleri Florida- Key West’de *limnoid* ve *teredinid*’lerin etkisine maruz bırakmışlardır. Emprenye edilmiş panellerin çoğu, organizma saldırısına uğramadan deniz içerisinde 19 yıl kalabilmişlerdir. Kontrol panelleri ise 6-18 ay arasında, odun delici organizmalar tarafından ağır şekilde tahribata uğratılmıştır.

4.7 YIKANMA DENEYLERİNE İLİŞKİN SONUÇLAR

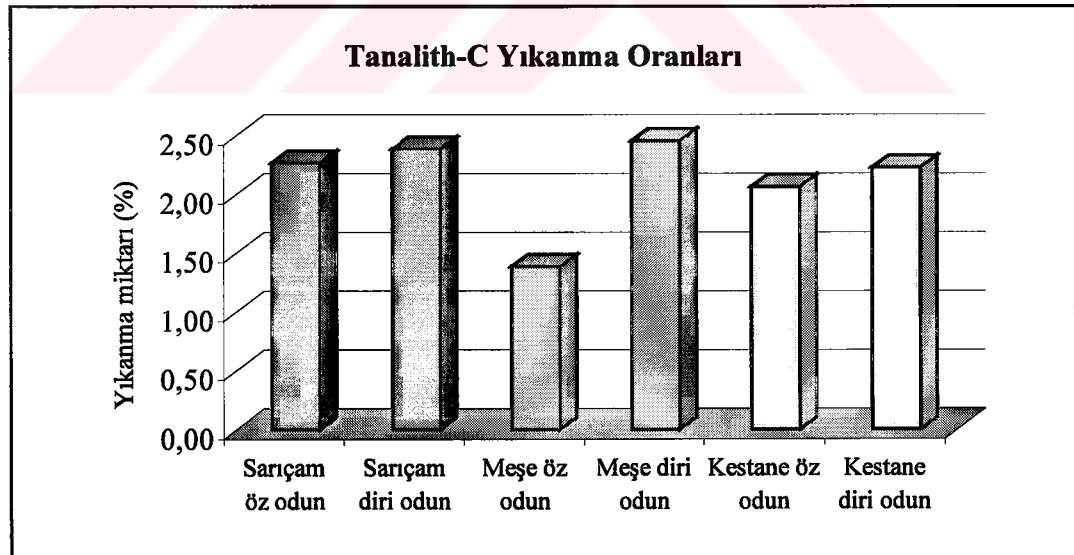
Tanalith-C’ ile emprenyeli örneklere ilişkin sonuçlar

Türlere göre yıkanma miktarlarını gösteren sonuçlar, istatistiki bilgilerle birlikte Bölüm 3.7’de verilmiştir. Elde edilen yıkanma miktarı (gr ve % olarak) sonuçlarının, retensiyon ve net kuru tuz miktarlarıyla karşılaştırılması aşağıda Çizelge 4.9’da verilmektedir.

Çizelge 4.9 Tanalith-C ile emprenyeli örneklerin retensiyon, net kuru tuz miktarı ve yıkanma miktarları.

Ağaç Türü		Retensiyon (kg/m ³)	NKTM (g)	CCA Ortalama Yıkanma Miktarı	
				(gr)	(%)
Sarıçam	Öz odun	18,18	0,32	0,22	2,27
	Diri odun	25,51	0,44	0,261	2,39
Meşe	Öz odun	4,42	0,07	0,20	1,39
	Diri odun	19,84	0,35	0,312	2,46
Kestane	Öz odun	12,36	0,22	0,216	2,07
	Diri odun	14,79	0,26	0,217	2,23

Şekil 4.9'da Tanalith-C ile emprenyeli örneklerin yıkanma miktarları ortalama değerleri (%) verilmektedir.



Şekil 4.9 Tanalith-C yıkanma oranları (%).

Çizelge 4.9' da görüldüğü gibi, öz odunları arasında yıkanma miktarı açısından önemli farklar meydana gelmemiştir. Diri odunları arasında ise, en yüksek

yıkanma miktarları sırayla meşe diri odun, sarıçam diri odun ve kestane diri odun şeklinde olmuştur.

Diri ve öz odunları arasında kıyaslama yapıldığında, sarıçam ve meşe diri odunlarında yıkanma miktarlarının öz odunlarından fazla olduğu, kestane öz ve diri odunları arasında ise bir fark oluşmadığı görülmektedir.

Çizelgede yıkanma miktarı sonuçları retensiyon değerleri ile karşılaştırıldığında; öz odunları arasında retensiyonlardaki artışla birlikte, yıkanma miktarındaki artışın doğru orantılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Diri odunları arasında, sarıçam diri odun ile kestane diri odunların retensiyon değerleriyle yıkanma değerleri arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu görülmektedir.

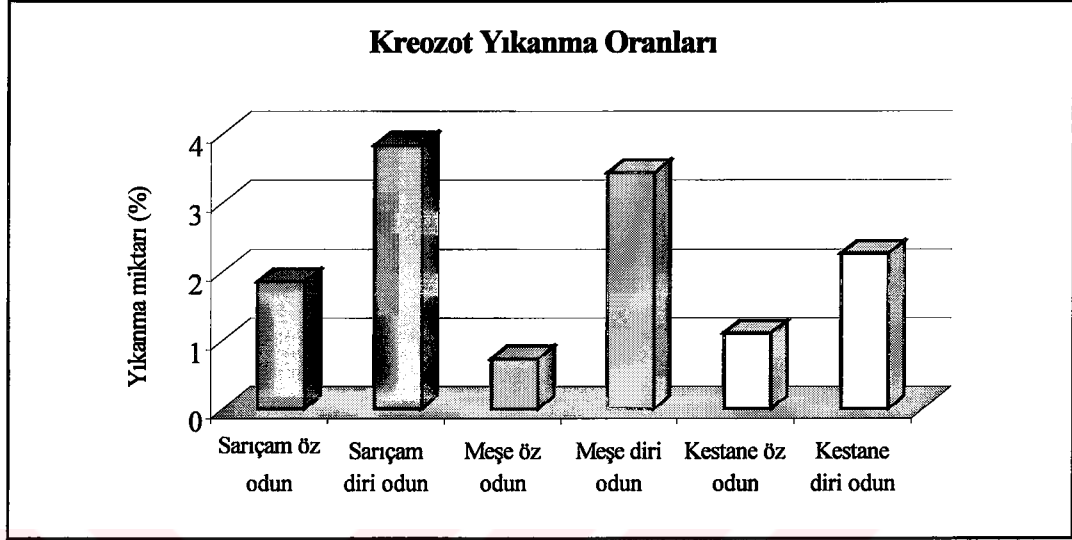
Kreozot ile emprenyeli örneklerle ilişkin sonuçlar

Kreozot ile emprenyeli örneklerle ilişkin yıkanma miktarları (gr ve % olarak) sonuçlarının retensiyon değerleriyle karşılaştırılması aşağıda Çizelge 4.10'da verilmektedir.

Çizelge 4.10 Kreozot ile emprenyeli örneklerin retensiyon ve yıkanma miktarları ortalama değerleri.

Ağaç Türü		Retensiyon (kg/m ³)	Kreozot Ortalama Yıkanma Miktarı	
			(gr)	(%)
Sarıçam	Öz odun	128,69	0,208	1,85
	Diri odun	348,87	0,623	3,83
Meşe	Öz odun	19,10	0,109	0,73
	Diri odun	248,94	0,497	3,43
Kestane	Öz odun	64,97	0,118	1,10
	Diri odun	157,01	0,243	2,26

Aşağıda Şekil 4.10'da Kreozot ile emprenyeli örneklerin yıkanma miktarı ortalama değerleri, % olarak verilmektedir.



Şekil 4.10 Kreozot yıkanma oranları (%).

Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi, meşe öz odun ve kestane öz odun arasında önemli derecede yıkanma farkları meydana gelmemiştir. Sarıçam öz odunda ise daha yüksek olmuştur.

Diri odunları arasında ise yıkanma miktarları, sarıçamdan kestane ve meşeye doğru azalma göstermiştir. Türler içerisinde kıyaslama yapıldığında, bütün türlerin diri odunlarında yıkanma miktarı öz odunlarından yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.10'da yıkanma miktarı sonuçları retensiyon değerleri ile karşılaştırıldığında; retensiyonun en fazla olduğu sarıçam öz odunda yıkanma miktarı da diğer türlere nazaran fazla olmuştur.

Diri odunları arasında, en yüksek retensiyon değerinin elde edildiği sarıçam diri odunda yıkanma miktarı da en fazla olmuştur.

Gerek öz odunlar, gerekse de diri odunlar arasında retensiyon artışıyla birlikte yıkanan madde miktarının da arttığı sonucuna varılmıştır.

Elementel düzeyde yıkanma sonuçları

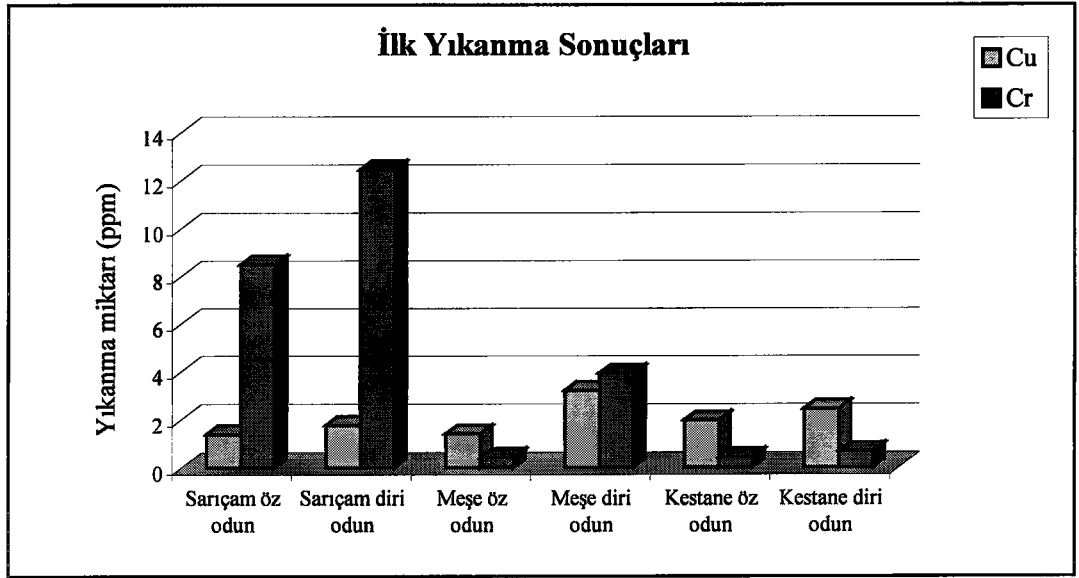
Türlere göre elementel yıkanma sonuçları Cu, Cr, As değerleri (ppm) olarak, retensiyon ve net kuru tuz miktarları ile birlikte Bölüm 3.7.3’de verilmiştir.

Örneklere ait retensiyon ve net kuru tuz miktarı değerleri ise aşağıda Çizelge 4.11’de verilmektedir.

Çizelge 4.11 Tanalith-C ile emprenyeli yıkanma örneklerine ilişkin retensiyon ve net kuru tuz miktarı değerleri.

Ağaç Türü		Retensiyon (kg/m ³)	NKTM (g)
Sarıçam	Öz odun	17,92	0,31
	Diri odun	24,52	0,42
Meşe	Öz odun	2,84	0,05
	Diri odun	21,42	0,37
Kestane	Öz odun	10,76	0,19
	Diri odun	11,22	0,20

İlk ve son yıkama işlemi sonunda; yıkanan Cu ve Cr değerleri Şekil 4.11 ve 4.12’de verilmektedir.



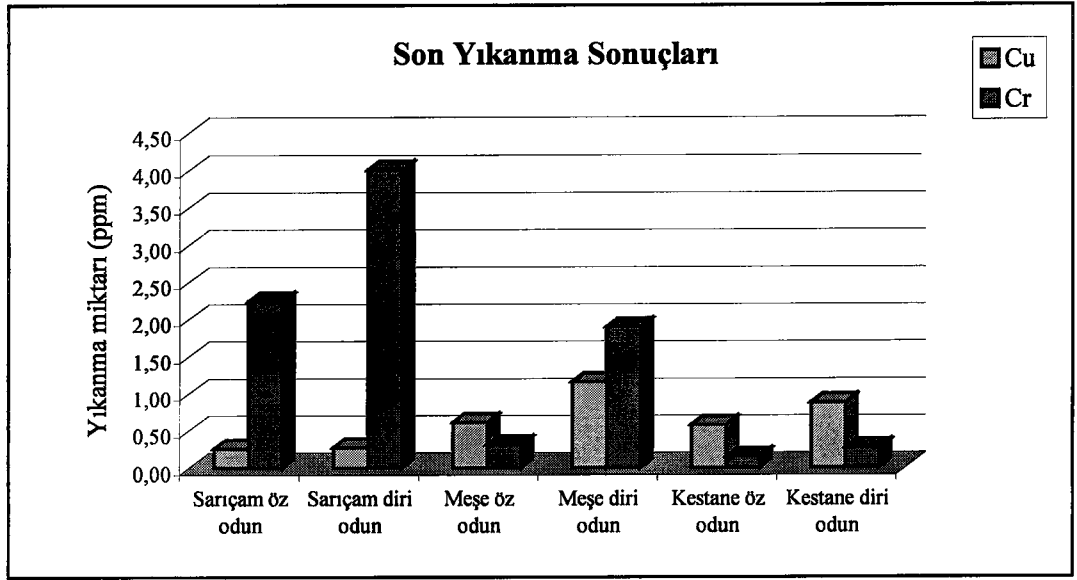
Şekil 4.11 İlk yıkanma sonucu elde edilen Cu ve Cr değerleri (ppm).

Şekil 4.11’de ilk yıkanma sonuçları incelendiğinde ; Cu, öz odunları arasında en fazla kestane öz odunda yıkanmış, bunu meşe öz odun ve sarıçam öz odun izlemiştir. Diri odunları arasında ise en fazla meşe diri odunda yıkanmış, bunu kestane diri odun ve sarıçam diri odun izlemiştir.

Diri ve öz odunları arasında kıyaslama yapıldığında, yıkanan Cu miktarı öz odunlarda daha düşük seviyede bulunmuştur.

Cr, meşe öz odun (0,43 ppm) ile kestane öz odunda (0,44 ppm) aynı oranlarda yıkanırken, sarıçam öz odunda ki yıkanması (8,5 ppm) oldukça yüksek çıkmıştır. Diri odunlar arasında ise sarıçam diri odunda Cr’nin yıkanması meşe ve kestane diri oduna oranla oldukça yüksek çıkmıştır. Diri odunlarda Cr yıkanma miktarı öz odunlara göre daha fazla miktarda olmuştur.

Tüm odun örnekleri içerisinde, sarıçam öz ve diri odunda Cr’nin yıkanması Cu ile kıyaslandığında oldukça yüksek çıkmıştır. Kim, J.J. and Kim, G-H.(1993), çeşitli pH şartlarında yaptığı yıkanma işlemlerinde, Cr’nin yıkanmaya karşı en dirençli element olduğunu bulmuştur. Ayrıca, emprenyeli odunun artan retensiyonu ile birlikte yıkanma miktarının da arttığını belirtmişlerdir.



Şekil 4.12 Son yıkanma sonucu elde edilen Cu ve Cr değerleri (ppm).

Şekil 4.12’de Son yıkanma sonuçları incelendiğinde ; Cu, öz odunları arasında meşe öz (0,61 ppm) ve kestane öz (0,58 ppm) odunda birbirine yakın değerlere ulaşırken, sarıçam öz odunda (0,26 ppm) düşük çıkmıştır. Diri odunları arasında ise sarıçam diri odunda yıkanma miktarı, meşe ve kestane diri oduna kıyasla oldukça düşük bulunmuştur.

Diri ve öz odunları arasında kıyaslama yapıldığında, yıkanan Cu miktarı sarıçam öz ve diri odunda oldukça yakın bulunurken, meşe ve kestane diri odunlarda yüksek bulunmuştur.

Cr, son yıkanma işlemlerinde, öz odunları arasında sarıçam öz odunda oldukça fazla yıkanmıştır. Benzer şekilde, diri odunlar arasında sarıçam diri odunda Cr’nin yıkanması meşe ve kestane diri oduna oranla oldukça yüksek çıkmıştır. Diri odunlarda Cr yıkanma miktarı öz odunlara göre daha fazla miktarda olmuştur.

Tüm odun örnekleri içerisinde, sarıçam öz ve diri odunda Cr’nin yıkanması Cu ile kıyaslandığında oldukça yüksek çıkmıştır. Meşe ve kestane örneklerinde ise Cr yıkanmaya karşı oldukça direnç göstermiştir.

Cooper (1991), asidik çözeltilerle yaptığı yıkanma işlemlerinde; Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), red pine (*Pinus resinosa* Ait.), lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl. Var. *Latifolia* Engelm.) ve western redcedar (*Thuja plicata* Donn.) türlerini kullanmıştır. Douglas göknarı örneklerinde en az miktarda Cu ve Cr kayıplarının olduğunu ve red pine’de en fazla yıkanmanın olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca, tüm yıkanma işlemlerinde Cr’nin yıkanmaya karşı en fazla direnç gösterdiğini belirtmiştir.

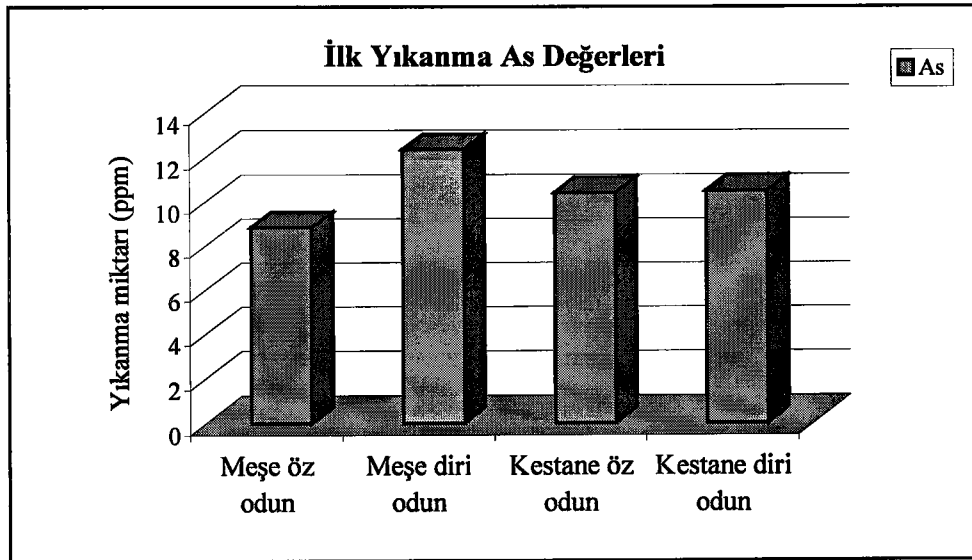
Arseniğin yıkanması

Tanalith-C ile emprenyeli örneklerden arseniğe (As) ait yıkanma değerleri Bölüm 3.7.3’de verilmiştir. Çizelge 3.57’de arseniğe ait yıkanma değerlerinin meşe ve kestane örneklerinde okunduğu, sarıçam da ise makinenin ölçüm alanı sınırları içerisinde bulunmadığı görülmüştür.

Şekil 4.13 ve 4.14’de, ilk yıkanma ve son yıkanma işlemlerinde meşe ve kestane örneklerinde As yıkanma değerleri verilmektedir.

Arsenik - ilk yıkanma sonuçları

Şekil 4.13’de ilk yıkanma işlemi sonucu meşe ve kestane odun örneklerinde yıkanan As miktarları verilmektedir.



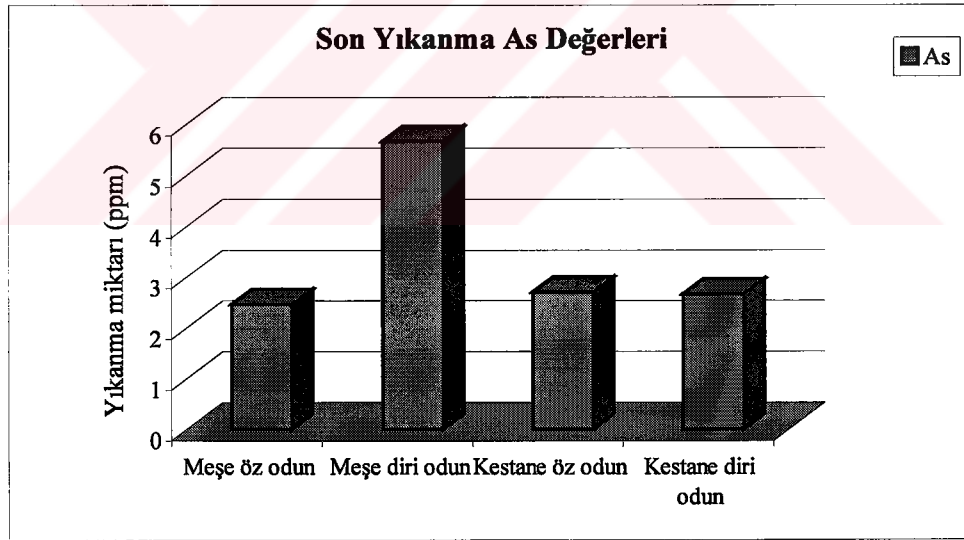
Şekil 4.13 İlk yıkanma sonucu elde edilen As değerleri.

İlk yıkanma işlemi sonucunda meşe ve kestane örneklerinde, diri odunlarda ki As yıkanma değerleri öz odunlarında yüksek çıkmıştır. Bu sonuçlar aynı türlere ait Cu ve Cr değerleri ile kıyaslandığında , As değerleri oldukça yüksek bulunmuştur. Kaldas and Cooper (1996), odun rutubetinin LDN'nin altında olduğu fiksasyon işlemlerinde, özellikle arsenik olmak üzere CCA bileşenlerinde önemli yıkanma miktarları olduğunu belirtmişlerdir.

Arsenik - son yıkanma sonuçları

Şekil 4.14'da son yıkanma işlemi sonucu meşe ve kestane odun örneklerinde yıkanan As miktarları verilmektedir.

Son yıkanma işlemi sonucunda, meşe diri odununda arseniğin yıkanma değeri meşe öz odundan yüksek bulunmuştur. Kestane öz ve diri odunda ise değerler birbirlerine yakın çıkmıştır. Bu değerler aynı türlere ait Cu ve Cr değerleri ile kıyaslandığında As değerleri yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.14 Son yıkanma sonucu elde edilen As değerleri.

İlk ve son yıkanma sonuçlarında sarıçam öz ve diri odun yıkanma sularında arseniğe rastlanmamıştır. Bunun sebebi olarak As'nin yüksek miktarlarda yıkandığı, dolayısıyla AAS (Atomik Absorpsiyon Spektrometresi) okuma alanı dışında kaldığı düşünülmektedir. Çünkü diğer türlerde Cu ve Cr ile

kıyaslandığında, As oldukça yüksek miktarlarda yıkanmıştır. Üstelik, görüldüğü gibi sarıçam öz ve diri odunlarda, diğer türlere kıyasla yüksek miktarlarda retensiyon değerleri elde edilmiştir.

Nitekim, literatürler incelendiğinde; Kennedy and Palmer (1994), CCA-C ile emprenye edilmiş çam öz odununda, As'nin yıkanmasının iki kat daha fazla olduğunu bulmuştur. Bunun sebebi olarak da, çam öz odununda bulunan ekstraktif maddelerin fiksasyonu engellediği sonucuna varmışlardır. Kartal (1998), sarıçam diri odununda CCA-C ile yaptığı çeşitli fiksasyon denemeleri ve yıkanma işlemlerinde, As'nin Cr ve Cu'ya oranla oldukça yüksek miktarlarda yıkandığını bulmuştur.



BÖLÜM 5

ÖNERİLER

“Diri ve öz odunun emprenye edilebilirliği ve dayanım özellikleri” konulu bu çalışma sonunda aşağıdaki öneriler verilmektedir.

Çalışma sonunda en kolay emprenye edilebilen tür, sarıçam olmuştur. Emprenye işlemleri sonucunda yüksek retensiyonlar elde etmek için sarıçam diri odunu tercih edilebilir. Yapılan tüm denemelerde, en yüksek retensiyon değerleri sarıçam diri odunda elde edilmiştir. Sarıçam öz odun da, sarıçam diri oduna yakın oranlarda emprenye edilebilmektedir. Meşe öz odunun ise emprenye edilebilmesi, basınçlı yöntemlerle dahi oldukça güç olmaktadır.

Ağaç malzemenin toprakla temas eden yerlerde uzun süreli hizmet verebilmesi için, mutlaka vakum-basınç uygulanan yöntemler ile emprenye edilmesi gereklidir. Tanalith-C (CCA) kokusuz olması, emprenye işleminden sonra ahşap üzerinde temiz bir yüzey bırakması nedeniyle kreozot’a tercih edilebilir. Üstelik ağaç malzemede tahribat yapan mantar, böcek gibi canlılara karşı üstün toksik özelliği tartışılmazdır. Tanalith-C daha yüksek konsantrasyonlarda denenerek, ağaç malzemede daha uzun süreli koruma sağlanabilir.

Deniz ortamında kullanılacak ağaç malzeme içinde, benzer şekilde vakum-basınç uygulanan sistemler kullanılmalıdır. Bu tür yerlerde, Tanalith-C ile emprenye edilmiş sarıçam diri odun veya sarıçam öz odunun kullanılması uygundur. Nitekim yapılan tüm denemelerde, ekstraktif maddelerce zengin olan meşe ve kestane odununun emprenye edilmiş panellerinde, zayıf dahi olsa *Teredo navalis* saldırısı görülürken, Tanalith-C ile emprenye edilmiş sarıçam diri ve öz odunda

herhangi bir organizma saldırısı görülmemiştir. Bunun nedeni, Tanalith-C'nin toksik etkisi ve bu türlerde elde edilen yüksek retensiyon değerleridir.

Tanalith-C'nin yıkanmaya karşı direçli olduğu, yapılan çok sayıdaki bilimsel araştırmalardan bilinmektedir. Bununla birlikte, arseniğin nispeten diğeri bileşenlere oranla daha fazla yıkanması bu konu üzerinde ileri boyutta araştırmalar yapılmasını gerektirmektedir.

Son yıllarda çevresel kaygılardan dolayı, CCA emprenye maddesine çeşitli kullanım yerlerinde sınırlamalar getirilmiştir. Diğeri taraftan, CCA' ya alternatif olabilecek yeni kimyasal maddelerin araştırılması yönünde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bununla birlikte, yeni bir kimyasal maddenin odun zararlıları canlıları üzerindeki etkisi, çevreyle uyumlu olması, özellikle dış ortamlarda uzun süreli etkinliğinin belirlenmesi uzun yıllar almaktadır. Bu nedenle, CCA gibi etkinliği kanıtlanmış mevcut kimyasal maddelerden tamamen vazgeçilemeyeceği ortaya çıkmaktadır. Nitekim, günümüzde hala bu ve benzeri kimyasal maddeler üzerinde bilimsel araştırmalar yapılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Alexander, D.L., Ung, T., Cooper, P.A.** (1993) Effects of temperature and humidity on CCA-C fixation in pine sapwood. In: winandy, J., Barnes, M. Eds. Chromium-containing waterborne wood preservatives: fixation and environmental issues. Madison, WI: *Forest Products Society*: 32-35.
- Anderson, D.G.** (1990) The accelerated fixation of chromated copper preservative treated wood. In: Proceedings, *American Wood Preservers' Association*; 86:129-151.
- Anonymous** (1972) Laboratory tests of natural decay resistance of timber. Princes Risborough Laboratory, Timberlab pap. 50.
- Archer, K., Preston, A.** (1994) Depletion of wood preservatives after four years' marine exposure in Mt. Maunganui Harbour, NZ. IRG/WP/94-50036. Stockholm, Sweden: *International Research Group*.
- Arsenault, R.D.** (1975) CCA-treated wood foundations. A study of permanence, effectiveness, durability and environmental considerations. In: Proceedings, *American Wood Preservers' Association*; 71:126-146.
- ASTM D 2017 – 81** (1994) Accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods.
- ASTM D 390-92** (1997) Standard specification for coal-tar creosote for the preservative treatment of piles, poles, and timbers for marine, land, and freshwater use.
- ASTM D 1758-96** (1997) Standard test method of evaluating wood preservatives by field tests with stakes. *Annual Book of ASTM Standards*, 04.10 Easton, MD, U.S.A.
- Augusta, U., Rapp, A.O.** (2003) The natural durability of wood in different use classes. IRG/WP/03-10457 34th Annual Meeting Brisbane/Australia, 18-23 May.
- Avramidis, S., Ruddick, J.N.R.** (1989) Effect of temperature and moisture on CCA fixation. *Holz als Roh-und Werkstoff*. 47(8): 328.
- AWPA** (1973) *Book of standards*. American Wood Preservers' Association.
- AWPA** (1994) *Book of standards*. Woodstock, MD: American Wood Preservers' Association.

- AWPA** (1995) American Wood Preservers' Association, Standard E11-87. Standard method of determining the leachability of wood preservatives AWPA, Woodstock, MD.
- Baechler, R.H., Richards, B.R., Richards, A.P., Roth, H.G.** (1970) Effectiveness and permanence of several preservatives in wood coupons exposed to sea water. In: *Proceedings, American Wood Preservers' Association*; 66: 47-64.
- Barnacle, J.** (1976) Wood and its preservation in the sea – a resume. Proc. 4th Int. Congress Marine Corrosion and Fouling; 57-66.
- Barnacle, J.E., Cookson, L.J., Mc Evoy, C.N.** (1983) *Limnoria quadripunctata* Holthuis-a threat to copper-treated wood. *International Research Group on Wood Preservation* Doc. No. IRG/WP/4100, IRG Secreteriat, Stockholm, pp.1-10.
- Barnacle, J.E., Cookson, L.J., Mc Evoy, C.N.** (1986) An appraisal of the vertical distribution of attack of untreated and treated wood by warm water sphaeromatids at some tropical sites-a discussion paper. *International Research Group on Wood Preservation* Doc.No. IRG/WP/4124, IRG Secreteriat, Stockholm, pp.1-24.
- Barnes, H.M., Winandy, J.E., Mitchell, P.H.** (1990) Effect of initial and post-treatment drying temperatures on the bending properties of CCA-treated Southern pine. *Journal of the Institute of Wood Science*. 11:6, 222-230.
- Bergholm, J.** (1992) Leakage of arsenic, copper and chromium from preserved wooden chips deposited in soil. An eleven year old field experiment. Rep. 166. Stockholm, Sweden: *International Research Group*.
- Bergman, Ö.** (2003) Influence of different treatment parameters on penetration, retention and bleeding of creosote. IRG/WP 03 – 40255, 34th Annual Meeting Brisbane, Australia 18-23 May.
- Berkel, A.** (1961) İstanbul ve civarı su inşaatında ağaç malzemenin kullanımı hakkında incelemeler, *İÜ. Orman Fak. Dergisi*, Seri:B, 1, 11, 45-54.
- Berkel, A.** (1972), *Ağaç Malzeme Teknolojisi, Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 1745/183, Sermet Matbaası, İstanbul.
- Blanchette, A., Nilsson, T., Daniel, G., Abad, A.** (1990) Biological degradation of wood. In: *Archaeological Wood Properties, Chemistry and Preservation*. Rowell, M.R., Barbour, R.J. American Chemical Society, Washington, DC.

- Bobat, A.** (1994) *Emprenyeli Ağaç Malzemenin Kapalı Maden Ocaklarında ve Deniz İçinde Kullanımı ve Dayanma Süresi*. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Boone , R.S., Winandy, J.E., Fuller, J.** (1995) Effects of redrying schedule on preservative fixation and strength of CCA-treated lumber. *Forest Products Journal*. 45(9): 65-73.
- Bozkurt, A.Y., Erdin, N.** (1997) *Ağaç teknolojisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Üniversite Yayın No: 3998, O.F. Yayın No: 445, ISBN 975-404-449-X, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Göker,Y., Erdin, N.** (1993) *Emprenye Tekniği*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No: 3779, O.F. Yayın No: 425, ISBN 975-404-327-2, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y.** (1996) *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı*. İ.Ü. Yayın No:3944, O.F. Yayın No: 436, 2. baskı, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Göker,Y., Erdin, N.** (2000) *Odun Anatomisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İ.Ü. Rektörlüğü Yayın No:4263, O.F. Yayın No: 466, ISBN 975-404-592-5, İstanbul.
- British Standards Institution** (1974): BS 4072 Specification for wood preservation by means of water-borne copper/chrome/arsenic compositions. BSI, March 1974, UDC 674.048:634.0.841,London.
- Bruce, A., Palfreyman, J.W.** (1998) *Forest Products Biotechnology*. Taylor & Francis Ltd. 326 p., ISBN 0-7484-0415-5, London.
- Campos, BA.** (1989) Physical and mechanical properties of *Pinus radiata* poles grown in Chile. *Ciencia-e-Investigacion-Forestal*. No:6, 99-108.
- Cartwright, K.G., Findlay, W.P.K.** (1958) *Decay of Timber and its Prevention*, Her Majesty's Stationery Office (HMSO), 2nd edn, London.
- Cherian, P.V., Cherian, C.J.** (1975) On the comparative efficacy of some indigenous methods for the protection of underwater timber structures. *Bull. Dept. Mar. Sci. Univ. Cochin.*, 7, (2); 419-426.
- Coetze, P.F.** (1980) Multisalt preservatives and the treated wood/water relationship. *South African Journal Forestry*. 113:36-45.
- Conradie, W.E., Pizzi, A.** (1987) Progressive heat inactivation of CCA biological performance. *Holzforschung und Holzverwertung*. 39(3): 70-77.

- Cookson, L.J.** (1986) *Marine Borers and Timber Piling Options*. CSIRO, Division of Chemical and Wood Technology, Research Review, Australia.
- Cookson, L.J.** (1987) The Occurrence of *Limnoria indica* Becker&Kampf (Isopoda) on the Eastern Coast of Australia. *Crustaceana* 52, pp.85-89.
- Cookson, L.J., Greaves, H.** (1986) Comparative bioassays of two high temperature-and two low temperature-derived creosotes. *Holzforschung* 40, pp. 59-64.
- Cooper, P.A.** (1991) Leaching of CCA from treated wood: pH effects. *Forest Products Journal* 41(1), 30-32.
- Cooper, P.A., Jeremic, D., Taylor, J.L.** (2001) Residual CCA levels in CCA-treated poles removed service. *Forest Products Journal*, 51 (10).
- Cooper, P.A., Ung, T.** (1989) Moderate temperature fixation of CCA-C. IRG/WP/3522. 20th Annual meeting, Finland. Stockholm, Sweden: *International Research Group*.
- Cooper, P.A., Ung, Y.T.** (1992) Accelerated fixation of CCA treated poles. *Forest Products Journal*. 42(9): 27-32.
- Cragg, S.M., Levy, C.R.** (1979) Attack by the crustacean sphaeroma on CCA-treated softwood in Papua New Guinean waters. *International Journal of Wood Preservation* 1, pp. 161-168.
- Cragg, S.M., Pitman, A.J., Henderson, S.M.** (1999) Developments in the understanding of the biology of marine wood boring crustaceans and in methods of controlling them. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 43: 197-205.
- Cragg, S.M., Thiel, M., Goldstien, S.** (2000) Evidence for feeding mechanisms in the wood boring isopod sphaeroma derived from microscopic examination of gut contents and faecal pellets from animals from the field and fed artificial diets. IRG/WP00-pp.1-12, 31th Annual Meeting, Kona Surf, USA.
- Creffield, J.W., Greaves, H., Chew, N., Nguyen, N.K.** (2000) A field trial of pigment-emulsified creosote : 11 year data. *Forest Products Journal*, 50:6, 77-82.
- Daljeet, S.K., Tam, M.K., Mohd, D.J., Sulaiman, M.Z.** (1995) Long and medium term in ground performance trials of two CCA treated timbers of Malaysia. *Journal of Tropical Forest Products*. 1:2, 107-112.

- Demir, M.** (1954) Boğaz ve ada sahillerinin omurgasız dip hayvanları, *İÜ. Fen Fak. Hidrobiyoloji Arş. Ens. Yayınları*, Yayın No:3.
- Dickinson, D.J.** (1982) Decay of commercial timbers, in decomposer Basidiomycetes: their biology and ecology (eds J.C. Frankland, J.N. Hedger and M.J. Swift), pp.179-190, Cambridge University Press, Cambridge.
- Dirol, D.** (1994) CTBA yearly Technical Committee Report, Paris, France.
- Eaton, R.A.** (1985) Preservation of Marine Timbers, (In: W.P.K. Findlay, *Preservation of Timber in the Tropics*), Martinus Nijhoof / DR W. Junk Publishers, ISBN 90-247-3112-7 Dordrecht, Netherlands.
- Eaton, R.A., Cragg, S.M.** (1995) Evaluation of creosote fortified with synthetic pyrethroids as wood preservatives for use in the sea. Part 1: Efficacy against marine wood-boring molluscs and crustaceans. *Material-und-Organismen*, 29:3, 211-229, 1995.
- Esau, K.** (1965) *Plant Anatomy*, 2d ed. New York: John Wiley & Sons, pp. 249-250.
- Evans, P.** (2003) Emerging technologies in wood protection. *Forest Products Journal*, Vol.53, No:1.
- Evans, F.G., Edlund, M.L.** (1993) Leaching from field test stakes: Results from two different methods of analysis. IRG/WP/50013. Stockholm, Sweden: *International Research Group*.
- Fahlstrom, G.B., Gunning, P.E., Carlson, J.A.** (1967) Cooper-chrome arsenate wood preservatives: a study of the influence of composition on leachability. *Forest Products Journal*. 17 (7) : 17-22.
- Findlay, W.P.K.** (1985) *Preservation of Timber In The Tropics*. Martinus Nijhoof /DR W. Junk Publishers, ISBN 90-247-3112-7 Dordrecht, Netherlands.
- Fortin, Y., Poliquin, J.** (1976) Natural durability and preservation of one hundred tropical African woods. International Development Reserach Center (IDRC)-017e, Ottawa, Canada.
- Frey-Wyssling, A.** (1963) *Cytology of aging ray cells. In The Formation of Wood in Forest Trees*, ed. M.H. Zimmermann. New York: Academic Press, p. 457.
- Gjovik, L.R.** (1977) Pretreatment molding of Southern pine: Its effect on the permanence and performance of preservatives exposed in sea water. In: *Proceedings, American Wood Preservers' Association*; 73: 142-153.

- Goodell, B., Liu, J., Slahor, J.** (1995) Evaluation of diffusible preservatives using an accelerated field simulator. *Forest Products Journal*, 45:6, 74-76.
- Haderlie, E.C.** (1983) Monitoring growth rates in wood and rock-boring marine bivalves using radiographic techniques. *Biodeterioration* 5, ed. Oxley, T.A. and Barry, S: 304-318.
- Hager, B.** (1969) Leaching test on copper-chromium-arsenic preservatives. *Forest Products Journal* Vol.19, No.10.
- Haygreen, J.G., Bowyer, J.L.** (1996) *Forest Products and Wood Science*. Third edition, Iowa State University Press / Ames ISBN: 0-8138-2256-4.
- Hazenburg, G., Yang, H.C.** (1991) Sapwood/heartwood width relationships with tree age in balsam fir. *IAWA Bull.* 12 (1):95-99.
- Hedley, M.E.** (1984) Inadequacies in preservative retention and formulation as contributory causes of premature failure of CCA-treated vineyard posts. IRG/WP/3280. Stockholm, Sweden: *International Research Group*.
- Hedley, M., Anderson, J., Foster, J., Patterson, B.** (1995) Effect of treatment process on performance of copper-chrome-arsenate. 2. Field stake tests. Document IRG No:95-40046, 6 pp. 26th Annual Meeting, Helsingor, Denmark.
- Hedley, M.E., Drysdale, J.A.** (1985) Decay of preservative treated softwood posts used in horticulture in New Zealand. I. A national survey to assess incidence and severity of decay. *Material und Organismen*, 20, 35-51.
- Hegarty, B.M., Curran, P.M.T.** (1986) Biodeterioration and microdistribution of copper-chrome arsenic (CCA) in wood submerged in Irish coastal waters. *Institute of Wood Science*. 10(76): 245-253.
- Helsing, G.G.** (1979) Controlling wood deterioration in waterfront structures. *Sea Technology*, June 1979:20-21.
- Henningson, B.** (1985). The preservative treated utility pole in service – research and experiences in Sweden. Research notes No. 150 (*Proc. 3rd Annual meeting of Canadian Wood Preservers Association*, 1982).
- Henningson, B., Carlsson, B.** (1984) Leaching of arsenic, copper and chrome from preservative-treated timber in playground equipment. *IRG 15th Annual Meeting*, 1984.
- Henningson, B., Norman, E.** (1980) A marine borer test with water-borne preservatives. *International Research Group wood Preservation*, Doc.452.

- Hillis, W.E.** (1968) Chemical aspects of heartwood formation. *Wood Science Technology* 2 (4):241-259.
- Hillis, W.E.** (1972) Formation and properties of some wood extractives, *Phytochemistry*, 11:1207-1218.
- Hillis, W.E.** (1987) *Heartwood and Tree Exudates*. New York: Springer-Verlag, 272 pp., ISBN: 0387175938.
- Ibrahim, J.V.** (1981) Season of settlement of a number of shipworms (*Mollusca* : Bivalvia) in six Australian harbours. *Australian Journal Marine Fresh w. Res.* 32, pp. 591-604.
- Irvine, J., Eaton, R.A., Jones, E.B.G.** (1972) The effect of water of different composition on the leaching of a water-borne preservative from timber placed in cooling towers and in the sea. *Material und Organismen.* 7: 45-71.
- Jin, L., Archer, K., Preston, A.F.** (1992) Depletion and biodeterioration studies with developmental wood preservative formulations. In: *Proceedings, American Wood Preservers' Association*; 108-125.
- Johnson, B.R.** (1977) Performance of single-and dual-treated panels in a semi-tropical harbour. *Proceedings Aerican Wood Preservers' Association* 73: 174-177.
- Johnson, B.R., Gutzmer, D.I.** (1990) Comparison of preservative treatments in marine exposure of small panels. Forest Products Laboratory, Research Note FPL-RN-0258, 28 p.
- Johnson, B.R., Lebow, S.T.** (1996) Relative tolerance of CCA by larvae and adults of the common shipworm, *Bankia gouldi*. *Material-und-Organismen.* 30:1, 73-78, 1996.
- Kaldas, M., Cooper, P.A.** (1996) Effect of wood moisture content on rate of fixation and leachability of CCA-treated red pine. *Forest Products Journal.* 46(10): 67-71.
- Kamdem, D.P., Chow, P.** (1999) The effect of pressure on retention and bending properties of copper naphthenate and CCA type C treated hardwoods. *Wood and Fiber Science*, 31:2, 128-135.
- Kamdem, D.P., Hart, J.H., Behr, E.** (1998) Field performance of CCA type C non-pressure-treated northern white cedar (*Thuja occidentalis* L.) sapwood. *Forest Products Journal*, 48: (2) 49-51.

- Kartal, S.N.** (1998) *CCA ve CCB Emprenye Maddeleri ile Korunan Ağaç Malzemenin Dayanıklılık, Yıkama ve Direnç Özellikleri*. Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kennedy, M.J., Palmer, G.** (1994) Leaching of copper, chromium and arsenic from CCA-treated slash pine heartwood. IRG/WP/ 94-50020. In: *Proceedings, 25 th annual meeting*, Indonesia.
- Kim, J.J., Kim, G-H.** (1993) Leaching of CCA from treated wood under acidic conditions. *IRG 24 th Annual Meeting*, Orlando, USA.
- King, B., Mowe, G., Bruce, A., Smith, G.M.** (1983) Studies of nitrogen economy during microbial decomposition of wood in soil and the implications for wood preservation. In *Biodeterioration*, vol.5 (eds T.A. Oxley and S.Barry), pp. 44-53, Wiley.
- King, B., Smith, G.M., Baecker, A.A.W., Bruce, A.** (1981). Wood nitrogen control of toxicity of copper chrome arsenic preservatives. *Material und Organismen*. 16. 105-118.
- Koch, P.** (1972) *Utilization of the Southern Pines*. Vol. 1. USDA Forest Service Agriculture Handbook 420.
- Kollmann, F.F.P., Côte, W.A., Jr.** (1968) *Principles of Wood Science and Technology*. Vol.1, New York: Springer-Verlag, p.55.
- Kuhne, H.** (1971) The identification of wood-boring crustaceans. In: E.B.G. Jones and S.K. Eltringham (eds). *Proc. O.E.C.D. Workshop: Marine borers, fungi and fouling organisms of wood*: 65-68.
- Lahiry, A.K.** (1998) Non leachability of arsenic, copper and chromium from 15 years old CCA-C treated southern pine poles used in brackish water as jetty piles in Bangladesh. Doc. IRG-WP-No.98-50103, *29th Annual Meeting of the IRG*, Maastricht, Netherlands, 14-19 June, 1998.
- Lebow, S.** (1996) Leaching of wood preservative components and their mobility in the environment. Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin.
- Lee, A.W.C., Grafton, J.C., Tainter, F.H.** (1993) Effect of rapid redrying shortly after treatment on leachability of CCA-treated Southern pine. In: Winandy, J., Barnes, M., eds. Chromium-containing waterborne wood preservatives: Fixation and environmental issues. Madison, WI: *Forest Products Society*:52-55.
- Leightley, L.E.** (1987) Chemical analyses of IRG/COIPM international marine test samples. IRG/WP/4114. Stockholm, Sweden: *International Research Group*.

- Ling, W.C.** (1996) The durability of sarawak timbers in soil contact. *Proceedings of the TRTTC-STA Forest Products Seminar*, Kuching Hilton Hotel, 96-116.
- McNamara, W.S.** (1989) CCA fixation experiments - Part I. IRG/WP/3504. Stockholm, Sweden: *International Research Group*.
- McQuire, A.J.** (1971) Preservation of timber in the sea. In: E.B.G. Jones and S.K. Eltringham (eds), *Proc. O.E.C.D. Workshop: Marine borers, fungi and fouling organisms of wood*, ed. 339-346.
- Menzies, R.J.** (1951) *Limnoria* and the premature failure of creosoted marine structures in North America. U.S. Naval Civil Eng. Res. and Eval. Lab., Port Hueneme, California, pp. M1-7.
- Merev, N.** (2003) *Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı*. KTÜ Orman Fak. Genel Yayın No:210, Fakülte Yayın No:32, ISBN- 975-6983-30-2, Trabzon.
- Mollah, M.R., Burrow, R.P., Hayes, R.J.** (1997) Strength of grapevine trellis posts. *Australian and New Zealand Wine Industry Journal*. 12:4, 401-406.
- Moore, D.D.** (1961) Notes on the use of turpentine for marine piling in Eastern Australia. *Fifth conference of Harbour Engineers of the Australian Port Authorities Association*, Brisbane, pp. 1-7.
- Murphy, R.J., Dickinson, D.J.** (1990) The effect of acid rain on CCA treated timber. IRG/WP/3579. Stockholm, Sweden: *International Research Group*.
- Nelson, N.D., Heather, W.A.** (1972) Wood color, basic density and decay resistance in heartwood of fast-grown *Eucalyptus grandis* Hill. Ex Maiden. *Holzforschung*, 26 (2) : 54-60.
- Nicholson, J., Levi, M.P.** (1971) The fixation of CCA preservatives in spotted gum. Record Annual Convention British Wood Preservers' Association; 77-90.
- Nylinder-Norman, E., Henningson, B., Gunnarsson, L., Hellstrom, O.** (1974) Marine wood borer tests on the west coast of Sweden. *Svenska Traskyddsinstitutet*, Nr.111.
- Ofori, J.** (1985) The durability and preservation of West African timbers. In: *Preservation of Timber in the Tropics* (ed. W.P.K. Findlay), pp. 193-203, Martinus Nijhoff / Dr W. Junk, Dordrecht, Netherlands.

- Ostmeyer, J.G., Elder, T.J., Winandy, J.E.** (1989) Spectroscopic analysis of Southern pine treated with chromated copper arsenate. II. Diffuse reflectance fourier transform infrared spectroscopy (DRIFT). *Journal of Wood Chemistry and technology*. 9(1): 105-122.
- Örs, Y.** (1979) *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi Ders Notları*. KTÜ, Orman Fak., Trabzon.
- Panshin, A.J., de Zeeuw, C.** (1980) *Textbook of Wood Technology*. Mc Graw-Hill, Inc. Fourth Edition, ISBN: 0-07-04844-4, New York.
- Pendleton, D.E., O'Neill, T.B.** (1986) 1985 inspection of experimental marine piling at Pearl Harbour, Hawaii. U.S. Naval Civil Eng. Lab., Port Hueneme, California, Technical Note N-1757, pp. 1-20.
- Petty, J.A., Preston, R.D.** (1968) Electron probe micro-analysis of metals in cell walls of conifer wood treated with preservatives. *Holzsforschung*. 22(6):174-177.
- Pınar, E.** (1997) *Türkiye Limanlarında Fouling ve Boring Organizmalar, Antifouling – Antiboring Boyaların Bu organizmalar Üzerine Etkinliği*. DKK Hidrografi yayınları, DH-1049/DEBSS, İkinci Baskı, Çubuklu-İstanbul.
- Pizzi, A.** (1983a) A new approach to the formulation and application of CCA preservatives. *Wood Science and Technology* 17:303-319.
- Pizzi, A.** (1983b) Practical consequences of the clarification of the chemical mechanism of CCA fixation to wood. IRG/WP/3220. In: *Proceedings, 16th annual meeting*, Australia. Stockholm, Sweden: *International Research Group*.
- Pizzi, A., Baecker, A.** (1996) A new boron fixation mechanism for environment friendly wood preservatives. *Holzsforschung*, 50(6): 507-510.
- Prael, A., Cragg, S.M., Eaton, R.A.** (2000) Preliminary field and laboratory findings regarding the efficacy of a novel anti-marine wood borer agent. *IRG 31th Annual Meeting*, Kona Surf, USA.
- Purslow, D.F.** (1976) Results of field tests on the natural durability of timber (1932-1975). Princes risborough Laboratory, Building Research Establishment, cp6/76.
- Purushotham, A., Rao, K.S.** (1971) The first progress report of the committee for the protection of timber against marine organisms attack in the Indian coastal waters for the period-1953-70. *J.Timber Dev. Assoc. (India)*, 17, (3):1-74; 17(4): 75-139.

- Rao, B.S.** (1976) Variation in resistance to decay of *Aesculus hippocastanum* L. against *Polyporus versicolor*. *J. Indian Acad. Wood Sci.*, 7 (1):10-13.
- Ray, D.L.** (1959) Nutritional physiology of *Limnoria*. In: Marine Boring and Fouling Organisms (Ed.) D.L. Ray, Seattle, Univ, Washington Press, pp. 46-60.
- Rayner, A.D.M., Boddy, L.** (1988) *Fungal Decomposition of Wood Its Biology and Ecology*. John Wiley & Sons. ISBN: 0-471-10310-1, Chichester.
- Resch, H., Parker, R.** (1982) Strength and stiffness of preservative-treated marine piles. *Wood and Fiber Science*. 14:4, 310-319.
- Richardson, B.A.** (1993) *Wood Preservation*. E & FN Spon, second edition, ISBN: 0-419-17490-7, London.
- Rotramel, G.** (1975) Filter-feeding by the marine boring isopod, *Sphaeroma quoyanum* H. Milne Edwards, 1840 (Isopoda, sphaeromatidae). *Crustaceana* 28, pp. 7-10.
- Ruddick, J.N.R.** (1981) Water-borne preservative marine trials in Western Canada. *International Research Group on Wood Preservation*, Doc.470.
- Ruddick, J.N.R.** (1993) The roles of standard setting organizations and regulatory agencies in wood preservation. In: Winandy, J.; Barnes, M., ed. Chromium-containing water-borne wood preservatives: Fixation and environmental issues. Madison, WI: *Forest Products Society*:26-31.
- Rudman, P.** (1966) Heartwood formation in trees. *Nature* 210 (5036):608-610.
- Ryan, K.G., Plackett, D.V.** (1987) The interaction of polyflavanoid tannins with CCA in *Pinus radiata*. IRG/WP/3422. In: *Proceedings, 18 th annual meeting*, Canada. Stockholm, Sweden: *International Research Group*.
- Santhakumaran, L.N., Jain, J.C.** (1981) Observations on the destruction of fishing craft in India by marine wood-borers with special reference to the west coast. *IRG/WP Doc.472*.
- Scheffer, T.C., Cowling, E.B.** (1966) Natural resistance of wood to microbial deterioration. *Annual Reviews Phytopathology*, 4:147-170.
- Sekendiz, O.A.** (1981) Doğu Karadeniz Bölümü'nün önemli teknik hayvansal zararlıları üzerine araştırmalar. *KTÜ Orman Fak. Yayınları*, No: 127, OF. Yayın No:12, Trabzon.
- Selik, M.** (1988) *Odun Patolojisi*. İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 3511/377, Taş Matbaası, İstanbul.

- SFPA** (1997) *Marine Construction Manual*. Southern Forest Products Association, Kenner, LA., USA.
- Sheard, L.** (1991) A study of the rate of fixation of various chromium-containing preservatives. *IRG/WP/3653*. Stockholm, Sweden: *International Research Group*.
- Siemon, G.R.** (1981) Effect of CCA preservative treatment on bending strength of small clear specimens of high temperature dried and air dried caribbean pine. Technical paper Department of Forestry Queensland. No:27, 4pp.
- Sipe, A.R., Wilbur, A.E., Cart, S.C.** (2000) Bacterial symbiont transmission in the wood-boring shipworm *Bankia setacea* (Bivalvia: *Teredinidae*). *Applied-and-Environmental-Microbiology*. 2000, 66:4, 1685-1691.
- Smith, D.N.** (1959) *The Natural Durability of Timber*, For. Prod. Res. Record no 30, 2nd edn, HMSO, London.
- Southwell, C.R., Bultman, J.D.** (1971) Biological deterioration of woods in tropical environments. Part 3 –Chemical wood treatments for long-term marine borer protection. N.R.L. Report 7345 Washington, D.C.
- Şen, S.** (2001) *Bitki Fenollerinin Odun Koruyucu Etkinliklerinin Belirlenmesi*. Doktora Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 296 s.
- Tamblyn, N.** (1971) Marine borer tests of preservative-treated timbers in Papua New Guinea. *Forest Products Newsletter*, No. 386 Dec. 1971.
- Tamblyn, N., Rayner, S., Levy, C.** (1978) Field and marine tests in Papua New Guinea 1: Performance of creosote and copper-chrome-arsenic preservatives in pine and eucalypt timbers in tropical marine waters. *J. Inst. Wood Sci.* 8, pp. 53-58.
- Taylor, A.M., Gartner, B.L., Morrell, J.J.** (2002) Heartwood formation and natural durability—A review. *Wood and Fiber Science*, 34 (4), 2002, pp. 587-611.
- Terziev, N., Nilsson, T.** (1999) Effect of soluble nutrient in wood on its susceptibility to soft rot and bacterial attack in ground test. *Holzforschung*, 53:6, 575-579.
- TS EN 275** (2000) Ahşap Koruyucular – Deniz Oyucularına Karşı Koruyucu Etkisinin Tayini.

- TS 345** (1974) Ahşap Emprenye Maddeleri Etkilerinin Muayene Metodları.
- TS 2472** (1976) Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini.
- TS 2474** (1976) Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini.
- TS 4176** (1983) Odunun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Tayini için Homojen Meşcerelerden Numune Ağacı ve Laboratuvar Numunesi Alınması.
- TS 5986** (1988) Emprenye Maddelerinin Etkinliklerinin Arazi Deneyleri ile Tayini.
- Turner, R.D.** (1971a) Identification of marine wood-boring molluscs. *Proc. O.E.C.D. Workshop: Marine borers, fungi and fouling organisms of wood*, ed. Jones, E.B.G. and Eltringham, S.K., 17-64.
- Turner, R.D.** (1971b) Australian shipworms. Australian Natural History Sydney 17, pp. 139-145.
- Turner, R.D., Johnson, A.C.** (1971) Biology of Marine wood-boring molluscs. In: *Marine Borers, Fungi and Fouling Organisms of Wood* (Ed.) E.B.G. Jones & S.K. Eltringham. *Proc. OECD Workshop*, Paris, pp. 259-301.
- USDA –FS Forest Products Laboratory** (1999) Wood handbook-Wood as an engineering material. Tech. Rep. No. FPL GTR-113, USDA Forest Serv. Forest Products Laboratory, Madison WI. 466 pp.
- Wakeling, R.** (2000) Effect of Test Site, Preservative and Wood Species on Decay Type. *IRG/WP 00-30248. 31st Annual Meeting Kona*, Hawaii 14-19 May.
- Wakeling, R.** (2001) Effect of test site location on in-ground preservative performance after 6 years. *IRG/WP 01-20231. 32nd Annual Meeting Nara*, Japan May 20-25.
- Waterbury, J.B., Calloway, C.B., Turner, R.D.** (1983) A cellulolytic nitrogen-fixing bacterium cultured from the gland of deshayes in shipworms (*Bivalvia: Teredinidae*). *Science* 221, pp. 1401-1403.
- Wazny, J., Krajewski, KJ.** (1987) Effect of wood preservatives on the compressive and bending strength of Scots pine. *Holztechnologie*, 28:5, 239-243.
- Wazny, J., Kundzewicz, A.** (1988) Ten years of field trials in Poland with wood preservatives in contact with the ground. *Holztechnologie*, 29:5, 229-233.

- Webb, D.A.** (1975) Some environmental aspects of creosote. *Proceedings-American Wood Preservers Association*.71: 176-181.
- Westin, M., Rapp, A.O., Hadi, Y.S., Nilsson, T.** (2002) Field trials with mini-stakes. *IRG/WP 02-20244*, 33th Annual Meeting Cardiff, Wales, UK, 12-17 May.
- Wilson, A.** (1971) The effects of temperature, solution strength, and timber species on the rate of fixation of a copper-chrome –arsenate wood preservative. *Institute of wood science*. 5(6): 36-40.
- Winandy, J.E.** (1989) CCA preservative treatment and redrying effects on the bending properties of 2 by 4 Southern pine. *Forest Products Journal*. 39:9, 14-21.
- Wood, M.W., Kelso, W.C., Barnes, H.M., Parikh, S.** (1980) Effects of MSU process and high preservative retentions on Southern pine treated with CCA-type C. *In: Proceedings, American Wood Preservers' Association*; 76:22-37.
- Wright, J.A., Ladrach, W.E.** (1994) Ten-year field performance of CCA-treated pine, cypress and eucalypt poles and fence posts in Colombia. *Forest Products Journal*. 44:4, 69-71.
- Yaltırık, F., Efe, A.** (1994) *Dendroloji Ders Kitabı*, Gymnospermae-Angiospermae. İ.Ü. Yayın No:3836, Fak.Yayın No:431, ISBN 975-404-363-9, İstanbul.
- Yaltırık, F., Efe, A.** (2000) *Dendroloji Ders Kitabı*, Gymnospermae-Angiospermae. İ.Ü. Yayın No:4265, Fak.Yayın No:465, ISBN 975-404-594-1, İstanbul.
- Yamamoto, K.** (1982) Yearly and seasonal process of maturation of ray parenchyma cells in Pinus species. *Res. Bull. Coll. Exp. For. Hokkaido University*, 39:245-296.
- Yang, H.C., Hazenburger, G.** (1991) Relationship between tree age and sapwood/heartwood width in *populus tremuloides* Michx. *Wood and Fiber Science*. 23(2):247-252.
- Zabel, R.A., Morrel, J.J.** (1992) *Wood Microbiology, Decay and Its Prevention*. Academic Press, Inc., ISBN: 0-12-775210-2, San Diego, California.
- Zachary, A., Parrish, K.K., Bultman, J.D.** (1983) Possible role of marine bacteria in providing the creosote-resistance of *Limnoria tripunctata*. *Marine Biology*, 75, pp.1-8.

www.bruce.ruiz.net/PanamaHistory/teredo_navalis.htm

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin SİVRİKAYA 1967 yılında Trabzon ilinin Akçaabat ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Akçaabat'da tamamladı. 1988 yılında kazandığı KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 1992 yılında mezun oldu. 1993-97 yılları arasında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans çalışmasını gerçekleştirdi. 1997 yılında ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora programına başladı. 1998 yılında ZKÜ Bartın Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. International Reserch Group on Wood Preservation (IRG) üyesi olup, yabancı dili İngilizcedir.