

38377

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

EMPRENYELİ AĞAÇ MALZEMENİN KAPALI MADEN OCAKLARINDA

VE DENİZ İÇİNDE KULLANIMI VE DAYANMA SÜRESİ

Orman End.Yük.Müh.Alaeddin BOBAT

38377

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

" Doktor "

Ünvanı Verilmesi için Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 10.11.1994

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 13.03.1995

Tezin Danışmanı : Prof.Dr.Harzemşah HAFIZOĞLU

Jüri Üyesi : Prof.Dr.Yener GÖKER

Jüri Üyesi : Prof.Dr.Nurgün ERDİN

Enstitü Müdürü : Prof.Dr.Temel SAVAŞKAN

Kasım 1994

TRABZON

## ÖNSÖZ

Koruyucu kimyasal maddelerle emprenyeli ağaç malzemenin kapalı maden ocaklarında ve denizde kullanımını ve emprenyeli malzemenin bu yerlerdeki dayanma süresini araştıran bu çalışmanın madenlerle ilgili uygulaması Kozlu ve Asma Kömür işletmelerinde ve denizlerle ilgili uygulaması İzmit/Derince limanı, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü müdürlüğü, Trabzon limanında; laboratuvar kısmı ise KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünün Fiziksel ve Mekanik Test Laboratuvarı ile ODTÜ DBE biyoloji laboratuvarı ve KTÜ Orman Fak. Entomoloji laboratuvarında yapılmıştır.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, ormancılardan madencilere, denizcilerden işçilere, akademisyenlerden teknisyenlere kadar pek çok kişinin emeği geçmiştir. Buradan hepsine teşekkür ederim.

Ayrıca, çalışmanın yönlendirilmesinde yakın ilgi ve desteklerini gördüğüm tez yöneticim Prof.Dr.Harzemşah HAFIZOĞLU'na ve Prof.Dr.Yener GÖKER'e teşekkürü zevkli bir borç bilirim.

Trabzon, Kasım-1994

Alaeddin BOBAT

## İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	X
ŞEKİL LİSTESİ .....	XII
TABLO LİSTESİ .....	XIV
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ .....	7
2.1. Ağaç Malzemenin Madenlerde ve Denizde Kullanımı .....	7
2.1.1. Madencilik Faaliyetlerinde Kullanılan Ağaç Malzeme .....	7
2.1.1.1. Kullanım Yerleri .....	8
2.1.1.2. Maden Direği Üretim ve Tüketimine İlişkin İstatistik Bilgiler ve Geleceğe Yönelik Tahminler .....	11
2.1.2. Denizde Kullanılan Ağaç Malzeme .....	17
2.2. Ağaç Malzemenin Biyolojik Bozunması .....	18
2.2.1. Kapalı Maden Ocaklarındaki Ağaç Malzemenin Biyolojik Bozunmasına Neden Olan Mantarlar .....	18
2.2.2. Deniz İçindeki Ağaç Malzemenin Biyolojik Bozunmasına Neden Olan Hayvansal Zararlılar .....	23

2.3. Mantarların Ağaç Malzeme Özellikleri Üzerinde Oluşturduğu Değişmeler .....	26
2.4.1. Anatomik Yapıdaki Değişmeler .....	26
2.4.2. Kimyasal Bileşimdeki Değişmeler .....	27
2.4.3. Fiziksel Özelliklerdeki Değişmeler ...	29
2.4.4. Mekanik Özelliklerdeki Değişmeler ....	29
2.4.5. Görünüş Özelliklerindeki Değişmeler ..	38
2.4. Denizel Odun-Delici Hayvanların Ağaç Malzemede Oluşturduğu Değişmeler .....	38
2.5. Ağaç Malzemenin Mantarlara ve Denizel Zararlılara Karşı Korunması .....	39
2.5.1. Mantarlara Karşı Koruma .....	39
2.5.2. Denizel Zararlılara Karşı Koruma ....	43
2.5.3. Ağaç Malzemenin Direnç Özellikleri Üzerine Emprenye Yöntem ve Koruyucu Maddelerin Etkisi.....	45
2.6. Odun Koruyucu Maddelerin Mantar Engelleyici Etkisine İlişkin Test Yöntemleri .....	50
2.6.1. Açık Alan Denemeleri .....	51
2.6.2. Hizmet Denemeleri .....	53
2.6.3. Laboratuvarda Yapılan Kısa Süreli Testler .....	54
2.6.3.1. Kısa Mikolojik Testler ....	54
2.6.3.2. Örnek Direncindeki Azalmaya Dayanan Testler .....	56
2.7. Denizel Odun Zararlılarına Karşı Uygulanan Test Yöntemleri .....	58



3. MATERYAL ve YÖNTEM .....	59
3.1. Araştırma Materyallerinin ve Deneme Alanlarının Seçimi .....	59
3.1.1. Kapalı Maden Ocaklarındaki Denemeler için .....	59
3.1.2. Deniz içindeki Denemeler için .....	61
3.2. Örneklerin Elde edilmesi .....	62
3.2.1. Maden Ocaklarındaki Denemeler için Ağaç Kamaların Hazırlanması ve Kodlanması ...	62
3.2.2. Denizdeki Denemeler için Odun Bloklarının Hazırlanması ve Kodlanması .....	64
3.3. Emprenye işlemi .....	65
3.4. Örneklerin Deneme Alanına Yerleştirilmesi .....	67
3.4.1. Ağaç Kama Örneklerinin Kapalı Maden Ocağına Yerleştirilmesi .....	67
3.4.2. Odun Bloklarının Denize Bırakılması .....	68
3.5. Ağaç Kamaların Standart Testler için Gerekli Boyutlara Getirilmesi .....	68
3.6. Yapılan Araştırmalar .....	69
3.6.1. Ağaç Kamalar Üzerinde Mikroskopik ve Makroskopik Gözlemler ile Çürüklük Mantarlarının Tanısı .....	69
3.6.2. Deniz içindeki Odun Blokları Üzerinde Makroskopik Gözlemler ve Odun-Delici Hayvanların Tanısı .....	70
3.6.3. Ağaç Kamaların Ortalama Yıllık Halka Genişliği ve Yaz Odunu Katılım Oranı ...	70

3.6.4. Ağaç Kamalarda Direnç Özelliklerinin Belirlenmesi .....	71
3.6.4.1. Dinamik Eğilme(Şok) Direnci ...	71
3.6.4.2. Statik Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastiklik Modülü ....	72
3.6.5. Özgül Ağırlık .....	75
3.6.6. Direnç ve Özgül Ağırlık Kayıpları .....	76
4. DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ .....	78
4.1. Standart Testlerden Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi .....	78
4.2. Denize Bırakılan Odun Bloklarında Tahribat Derecesinin Değerlendirilmesi .....	79
5. BULGULAR .....	80
5.1. Örneklerin Aldıkları Net Emprenye Maddesi Miktarları .....	80
5.1.1. Ağaç Kama Örneklerinin Aldıkları Net Kuru Tuz Miktarları .....	80
5.1.2. Odun Bloklarının Aldıkları Net Emprenye Maddesi Miktarları .....	80
5.2. Örnekler Üzerindeki Gözlemler ve Tahribata Neden Olan Zararlılar .....	81
5.2.1. Ağaç Kama Örneklerinin Mikroskopik ve Makroskopik İncelenmesi .....	81
5.2.1.1. Mikroskopik Gözlemler .....	81
5.2.2.2. Makroskopik Gözlemler .....	82

5.2.2. Denizdeki Odun Bloklarının Çıplak Gözle İncelenmesi .....	86
5.2.3. Ağaç Kama Örneklerini Tahribeden Mantarlar .....	88
5.2.4. Odun Bloklarını Tahribeden Denizel Hayvanlar .....	89
5.3. Ağaç Kama Örneklerinin Yıllık Halka Genişliği ve Yaz Odunu Katılım Oranı .....	90
5.4. Ağaç Kama Örneklerinin Direnç ve Özgöl Ağırlık Değerleri İle Bu Değerlerde Görülen Kayıplar ..	92
5.4.1. Dinamik Eğilme Direnci .....	92
5.4.2. Statik Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastiklik Modülü .....	95
5.4.3. Özgöl Ağırlık .....	104
5.4.4. Direnç Kayıpları .....	112
5.4.5. Özgöl Ağırlık Kayıpları .....	115
5.4.6. Mantar Tahribatından Sonraki Özgöl Ağırlık Kaybı İle Direnç Değerleri Arasındaki İlişki .....	118
6. TARTIşMA .....	126
6.1. Emprenyeli ve Emprenyesiz Ağaç Malzemenin Kapalı Maden Ocaklarında Kullanımı .....	126
6.2. Emprenyeli ve Emprenyesiz Ağaç Malzemenin Deniz İçinde Kullanımı .....	137
7. SONUÇ ve ÖNERİLER .....	140
7.1. Emprenyeli Ağaç Malzemenin Kapalı Madenlerde Kullanımı Bakımından .....	140
7.2. Emprenyeli Ağaç Malzemenin Deniz İçinde Kullanımı Bakımından .....	144
8. KAYNAKLAR .....	147
9. ÖZGEÇMİş .....	166

## ÖZET

Gerek kapalı maden ocaklarında gerekse deniz içinde doğal durumda kullanılan ağaç malzeme biyolojik zararlılarca oldukça kısa sürede tahrip edilmektedir. Bu tahribatın derecesi biyolojik zararlıların türü ve yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir.

Bu çalışmanın amacı, emprenyeli ağaç malzemenin kapalı maden ocaklarında ve deniz içinde kullanım olanaklarını ve dayanma sürelerini araştırmaktır.

Bu amaçla, kapalı maden ocağındaki denemeler için üç ağaç türü (Sarıçam, Uludağ Göknarı ve Doğu Kayını) ile CCB içerikli iki emprenye maddesi (Tanalith-CBC ve Wolmanit-CB); deniz içindeki denemeler için ise yukarıda sayılan üç ağaç türü yanında Sapsız Meşe odunu ve CCB-tuzları ile kreozot araştırma materyalleri olarak seçilmiştir. Madenlerdeki denemelerde 5x15x155 cm boyutlarında üçer kama çifti, denizdeki denemelerde 5x15x30 cm boyutlarında bloklar kullanılmıştır. Ağaç kama örnekleri ve odun blokları CCB tuzları ile dolu hücre yöntemine göre, ayrıca odun bloklarının bir kısmı kreozotla boş hücre yöntemine göre emprenye edilmiştir. Kama örnekleri, Kozlu Taşkömürü işletmelerinin -52 m derinliğinde seçilen bir galerisine 13 ay süreyle bırakılmıştır. Ayrıca Sarıçam maden direklerinden 20 kama çifti hazırlanarak Asma Kömür işletmelerinin -50 m derinliğindeki bir nefesliğine 2.5 ay süreyle bırakılmıştır. Odun Blokları, deneme bölgesi olarak seçilen İzmit/Derince limanı, ODTÜ DBE mendireği ve Trabzon limanına 14 ay süreyle bırakılmıştır. Deneme süreleri sonunda, kamalar standart test örnekleri boyutlarında kesilmiş ve örneklerin dinamik ve statik eğilme direnç değerlerindeki kayıplar ile elastiklik modülü ve özgül ağırlık kayıpları sağlam örneklerin yüzdesi olarak hesaplanmıştır. Denize bırakılan emprenyeli ve emprenyesiz odun bloklarındaki tahribat ise gözlemlere dayanarak değerlendirilmiştir.

Maden ocaklarındaki emprenyesiz kontrol örneklerinin dinamik ve statik eğilme direnci kayıpları tüm türlerde % 70 ile % 88, eğilmeye elastiklik modülü kayıpları % 50-56 arasında değişmiş; özgül ağırlık kayıpları ise % 9 ile % 11 arasında kalmıştır. Emprenyeli örneklerin direnç değerlerindeki kayıplar % 3 ile % 6 arasında değişirken özgül ağırlık kayıpları tüm emprenyeli türlerde % 1'in altında kalmıştır. Kontrol örneklerinin makroskopik ve mikroskopik incelenmesi ile, Çam türünü *Coniophora puteana*'nın, Göknar türünü *Paxillus panuoides*'in ve Kayın türünü ise *Stereum hirsutum*'un tahrip ettiği saptanmıştır.

Sarıçam maden direklerinden hazırlanan kamaların 2.5 ay süreyle bir nefeslikte bekletilmesi sonucu, kama örneklerinin dinamik eğilme direnci ortalama % 46.19, statik eğilme direnci ortalama % 28.21, elastiklik modülü ortalama % 19.54 azalırken, özgül ağırlık kaybı ise ortalama olarak % 4.33 bulunmuştur. Tüm Sarıçam kamaların esmer çürüklük mantarlarınınca tahrip edildiği saptanmış ve bazı kamalarda esmer çürüklük mantarı *Poria vaporaria* teşhis edilmiştir.

Denizde sürdürülen denemeler sonucunda, Marmaradaki örneklerin tahrip edilmediği, Akdeniz ve Karadenizdeki Meşe odunu dışındaki kontrol örneklerinin denizel-odun zararlılarınınca tamamen tahrip olduğu, Meşe kontrol örneklerinin ise diğerlerine göre daha dayanıklı olduğu saptanmıştır. Akdeniz ve Karadenizdeki CCB ile emprenyeli Sarıçam ve Meşe odunlarında bir-iki yumuşakça görülmüş, en iyi sonucu ise kreozotlu örnekler vermiştir.

Akdenizdeki kontrol örneklerinde denizel-odun hayvanları *Lyrodus pedicellatus*, *Teredo utriculus* ile *Bankia carinata* belirlenmiş; Karadenizdeki kontrol örneklerinde ise yalnızca *Teredo navalis*'e rastlanmıştır.

Anahtar Sözcükler : Sarıçam, Uludağ Göknarı, Doğu Kayını, Sapsız Meşe, CCB Tuzları, Kreozot, Biyolojik Bozunma, Standart Testler, Çürüklük Mantarları, Denizel Zararlılar.

USE AND SERVICE LIFE OF PRESERVATIVE-TREATED WOOD MATERIAL  
IN UNDERGROUND COAL MINES AND IN SEA WATER

SUMMARY

The greatest disadvantage of wood material is that it has not adequate natural durability against biological organisms. Therefore, wood material used in underground and marine conditions is decayed in considerable short periods.

The objectives of this study are to investigate the use of preservative-treated wood material in underground coal mines and in sea water, and to find out its service period.

For the trials in underground coal mines, wedge pairs in the dimension of 5x15x155 prepared from scots pine, bornmüller's fir and oriental beech were treated with Tanalith-CBC and Wolmanit-CB as the full cell method. Treated and control wedge samples were placed in a coal pit at a deep of -52 m of Kozlu Coal Enterprises. In addition, twenty wedge pairs from scots pine pitprops were prepared for short experiment and installed in an another coal pit. Along 13 and 2.5 months, wedge samples were macroscopically observed.

At the end of experimental periods, the samples taken out from coal pit were cut at standart test dimensions for physical and mechanical tests. Loss in impact bending, static bending, modulus of elasticity and specific gravity were calculated as a percentage of the values for control samples.

Decreases in impact bending strength of all control wedge samples after 13 months were ranged from 70 % to 88 %, in static bending strength from 71 % to 73 %, in modulus of elasticity from 50 % to 56 %, and in specific gravity from 9 % to 11 % . The strength losses of treated

samples were found between 3 and 6 %, and losses in specific gravity were lower than 1 % . A brown-rot fungus, *Coniophora puteana*, was identified on the pine samples, *Paxillus panuoides* on the fir samples, and a white-rot fungus, *Stereum hirsutum*, on the beech samples.

At the end of 2.5 months, average impact bending strength of untreated pine samples decreased 46.19 % , average static bending strength 28.21 % and average modulus of elasticity 19.54 % . Loss in specific gravity was found % 4.33 in all pine wedges. Brown decay was observed on all the scots pine wedges.

For the trials in sea water, sapwood blocks of 5x15x30 cm in size from scots pine, bornmüller's fir, oriental beech and sessile oak were used. The test blocks were treated with CCB-salts by full cell process and coal tar creosote by empty cell process. Marmara Sea, Black Sea and Mediterranean Sea were chosen for the exposure sites.

At the end of test period of 14 months, treated test blocks were still sound, while all the control blocks except for oak samples completely destroyed by wood borers. The wood borers were not seen in both control and treated blocks in the Marmara Sea because of excessive pollution of exposure site (Izmit/Derince harbour).

In the Mediterranean Sea, *Lyrodus pedicellatus*, *Teredo utriculus* and *Bankia carinata* were identified in the control blocks, but in Black Sea only *Teredo navalis*.

**Key Words :** Scots pine, bornmüller's fir, oriental beech, sessile oak, CCB salts, creosote, wood decay, marine wood boring animals, deterioration, standart tests.

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa No

Şekil 1. Yuvarlak Direk-Kama-Takoz ilişkisi.....	9
Şekil 2. Geleneksel ve Temel Tahkimat Sistemleri.....	10
Şekil 3. Domuzdamları.....	11
Şekil 4. Maden Ocağında Seçilen Deneme Alanı.....	60
Şekil 5. Denizizi Denemeler için Seçilen Bölgeler.....	61
Şekil 6. Deneme örneklerinin Kama Boyutuna Getirilmesi..	62
Şekil 7. Sarıçam Direklerin Kama Boyutuna Getirilmesi...	64
Şekil 8. Deneme örneklerinin Emprenye Uygulama Grafiği..	66
Şekil 9. Örneklerin Deneme Alanındaki Konumu.....	67
Şekil 10. Odun Bloklarının Ağaç Türü ve Emprenye Maddesine Göre Dizilişi.....	68
Şekil 11. Ağaç Kamaların Küçük Deneme Örnekleri Durumuna Getirilmesi.....	69
Şekil 12. Emprenyeli Küçük örneklerdeki Görünüm.....	84
Şekil 13. Emprenyesiz Küçük örneklerdeki Görünüm.....	85
Şekil 14. Doğal Sarıçam Kamaların 2.5 Aylık Deneme Süresi Sonundaki Durumları.....	86
Şekil 15. Akdeniz ve Karadenizdeki Emprenyeli ve Emprenyesiz Odun Blokları.....	87
Şekil 16. Denizel Odun-Delici Yumuşakça.....	89
Şekil 17. Sağlam ve 2.5 Ay Bekletilmiş Örneklerde Kırılma Biçimleri.....	102
Şekil 18. 13 Ay Bekletilmiş Emprenyeli ve Emprenyesiz Örneklerde Kırılma Biçimleri.....	103
Şekil 19. Emprenyesiz ve Emprenyeli Kama örneklerinin Dinamik Eğilme Direnci Kayıpları.....	113
Şekil 20. Emprenyesiz ve Emprenyeli Kama örneklerinin Statik Eğilme Direnci Kayıpları.....	113



Şekil 21.	Emprenyesiz ve Emprenyeli Kama Örneklerinin Elastiklik Modülü Kayıpları.....	114
Şekil 22.	Doğal Sariçam Kama Örneklerinin Dinamik ve Statik Eğilme Direnci ile Elastiklik Modülü Kayıpları.....	114
Şekil 23.	Emprenyesiz ve Emprenyeli Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kayıpları.....	117
Şekil 24.	Nefeslikte Denenen Doğal Sariçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kaybının Grafiği...	118
Şekil 25.	Emprenyesiz Çam Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Dinamik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki İlişki....	119
Şekil 26.	Emprenyesiz Çam Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Statik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki İlişki....	119
Şekil 27.	Emprenyesiz Çam Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki İlişki.....	120
Şekil 28.	Emprenyesiz Göknar Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Dinamik Eğilme Değerleri Direnci Arasındaki İlişki....	120
Şekil 29.	Emprenyesiz Göknar Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Statik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki İlişki....	121
Şekil 30.	Emprenyesiz Göknar Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki İlişki.....	121
Şekil 31.	Emprenyesiz Kayın Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Dinamik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki İlişki....	122
Şekil 32.	Emprenyesiz Kayın Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Statik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki İlişki....	122
Şekil 33.	Emprenyesiz Kayın Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki İlişki.....	123
Şekil 34.	Doğal Sariçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Dinamik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki İlişki....	123
Şekil 35.	Doğal Sariçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Statik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki İlişki....	124
Şekil 36.	Doğal Sariçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki İlişki.....	124

## TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. TTK'nın 1981-1993 Yılları Arasındaki Taşkömürü Üretimi ve Ağaç Maden Direği Tüketimi.....	13
Tablo 2. OGM Tarafından 1981-1992 Yılları Arasında Üretilen ve TTK - TKİ ile Özel Maden İşletmelerine Verilen Ağaç Maden Direği Miktarları.....	13
Tablo 3. OGM Tarafından Üretilen Ağaç Maden Direklerin Ağaç Cinsine Göre Dağılımı.....	14
Tablo 4. Zonguldak Kömür Havzasında Tüketilen Ağaç Maden Direklerinin Çap ve Boy Dağılım Miktarları.....	15
Tablo 5. Petrol Fiyatlarına Bağlı Olarak Gelecek 20 Yıl için A.B.D.'nin Yeraltı Kömür Ocaklarında Kullanılacak Ağaç Maden Direği Tahmini Miktarları...	16
Tablo 6. 1995-2009 Yılları Arasında OGM'nin Ağaç Maden Direği Tahmini Üretim Miktarları.....	17
Tablo 7. Deniz içindeki Ağaç Malzemeyi Tahribeden Hayvansal Zararlılar.....	23
Tablo 8. Esmer ve Beyaz Çürüklüğün İlk Aşamalarında Sağlam Örneklerin Yüzdesi Olarak İğne Yapraklı ve Yapraklı Ağaç Odunlarındaki Tahmini Direnç Kayıpları..	36
Tablo 9. Denemede Kullanılan CCB Tuzlarının Analiz Sonuçları.....	60
Tablo 10. Ağaç Türü ve Emprenye Maddesine Göre Kamaların Kodlanması.....	63
Tablo 11. Deneme Alanında Bekletilmiş ve Bekletilmemiş Kama Örneklerinin Kod Çözümü.....	63
Tablo 12. Odun Bloklarının Deneme Bölgesi, Ağaç Türü ve Emprenye Maddesine Göre Üçlü Kod Sistemiyle Kodlanması.....	65
Tablo 13. Örneklerin Aldıkları Net Kuru Tuz Miktarları..	80
Tablo 14. Deniz içindeki Odun Bloklarının $kg/m^3$ Cinsinden Emprenye Maddesi Tutunma Miktarları.....	81

Tablo 15. Ağaç Türlerinin Ortalama Yıllık Halka Genişlikleri ve Yaz Odunu Katılım Oranları....	90
Tablo 16. Doğal Sarıçam Direklerin Çapları, Yıllık Halka Genişlikleri ve Yaz Odunu Katılım Oranları....	91
Tablo 17. Sarıçamam Kontrol örneklerinin Dinamik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	92
Tablo 18. Gök nar Kontrol örneklerinin Dinamik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	92
Tablo 19. Çam ve Gök nar Kontrol örneklerinin Dinamik Eğilme Direnci Ortalamaları ve Standart Ayrılışları.....	93
Tablo 20. Kayın Kontrol örneklerinin Dinamik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	93
Tablo 21. Kayın Kontrol örneklerinin Ortalama Dinamik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları.....	93
Tablo 22. Sarıçam Kontrol örneklerinin Dinamik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	94
Tablo 23. Sarıçam Kontrol örneklerinin Dinamik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları.....	94
Tablo 24. Sarıçam Kontrol örneklerinin Statik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	95
Tablo 25. Sarıçam Kontrol örneklerinin Statik Eğilme Direnci Ortalamaları ve Standart Ayrılışları..	95
Tablo 26. Gök nar Kontrol örneklerinin Statik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	95
Tablo 27. Gök nar Kontrol örneklerinin Statik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları.....	96
Tablo 28. Kayın Kontrol örneklerinin Statik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	96

Tablo 29. Kayın Kontrol Örneklerinin Statik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları.....	96
Tablo 30. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Statik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	97
Tablo 31. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Statik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları.....	97
Tablo 32. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	98
Tablo 33. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları.....	98
Tablo 34. Göknar Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	98
Tablo 35. Göknar Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları.....	99
Tablo 36. Kayın Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	99
Tablo 37. Kayın Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları.....	100
Tablo 38. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	100
Tablo 39. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları.....	100
Tablo 40. 13 Ay Bekletilmiş Kama Örneklerinin Ortalama Direnç Değerleri ve Standart Ayrılışları.....	101
Tablo 41. 2.5. Ay Bekletilmiş Sarıçam Kama Örneklerinin Ortalama Direnç Değerleri ve Standart Ayrılışları.....	102

Tablo 42.	Sarıçam Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	104
Tablo 43.	Sarıçam Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışı.....	104
Tablo 44.	Gök nar Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	105
Tablo 45.	Gök nar Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Ortalamaları ve Standart Ayrılışları.....	105
Tablo 46.	Kayın Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	106
Tablo 47.	Kayın Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışı.....	106
Tablo 48.	Sarıçam Kama Örneklerinin Emrenyeli Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	106
Tablo 49.	Sarıçam Kama Örneklerinin Emrenyeli Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları.....	107
Tablo 50.	Gök nar Kama Örneklerinin Emrenyeli Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	107
Tablo 51.	Gök nar Kama Örneklerinin Emrenyeli Özgül Ağırlık Ortalamaları, Standart Ayrılışları ve Homojenlikleri.....	107
Tablo 52.	Kayın Kama Örneklerinin Emrenyeli Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	108
Tablo 53.	Kayın Kama Örneklerinin Emrenyeli Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları.....	108
Tablo 54.	Sarıçam Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışı.....	109

Tablo 55.	Deneme Alanında 13 Ay Bekletilmiş Sarıçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	109
Tablo 56.	Deneme Alanında 13 Ay Bekletilmiş Sarıçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları...	109
Tablo 57.	Deneme Alanında 13 Ay Bekletilmiş Gökmar Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	110
Tablo 58.	Deneme Alanında 13 Ay Bekletilmiş Gökmar Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları...	110
Tablo 59.	Deneme Alanında 13 Ay Bekletilmiş Kayın Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu.....	110
Tablo 60.	Deneme Alanında 13 Ay Bekletilmiş Kayın Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları...	111
Tablo 61.	Deneme Alanında 2.5 Ay Bekletilmiş Sarıçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları...	111
Tablo 62.	Emprenyesiz Kama Örneklerinin Direnç Kayıpları.....	112
Tablo 63.	Emprenyeli Kama Örneklerinin Direnç Kayıpları.....	112
Tablo 64.	Doğal Sarıçam Kama Örneklerinin Direnç Kayıpları.....	115
Tablo 65.	Emprenyesiz Kama Örneklerinin Ortalama Özgül Ağırlık Kayıpları.....	116
Tablo 66.	Emprenyeli Kama Örneklerinin Ortalama Özgül Ağırlık Kayıpları.....	116
Tablo 67.	Nefeslikte Bekletilen Doğal Sarıçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kaybı.....	117
Tablo 68.	Emprenyeli Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kayıpları ile Mantar Tahribatından Sonraki Direnç Özellikleri Arasındaki İlişkiler.....	125



## 1. GİRİŞ

Madencilik sektöründe ve özellikle kapalı maden işletmeciliğinde en önemli sorunlardan biri tahkimattır. En yoğun tahkimat sorunu taşkömürü üretim çalışmalarında görülmekte ve bu çalışmalarda genellikle ağaç tahkimat sistemleri uygulanmaktadır. Sistem ve kullanılan malzeme ne olursa olsun yeraltı maden kömürü üretiminde gözönüne alınması gereken en önemli konular "güvenlik ve ekonomiklik" tir. Yeryüzünden ve deniz seviyesinden yüzlerce metre aşağılara inilerek ve çeşitli derinliklerde kilometrelerce ilerleyerek yapılan üretim sırasında en önemli uğraş galeri sürmek, tavan ve yanlardan gelen arazi basıncını kontrol altına almaktır. Bu nedenle, kullanılan malzeme ve sistemler son derece önem taşımaktadır.

Maden kömürü üretim teknolojisinde modern ve gelişmiş çelik tahkimat sistemleri bulunmasına karşın, bu sistemlerin uygulanabilirliği kömür ocağının verimine, damarların eğim ve kalınlığına, jeolojik yapıya ve ekonomikliğe göre değerlendirilmektedir. Yurdumuzun en önemli taşkömürü üretim havzası olan Zonguldak'taki bazı işletmelerde de hidrolik direk, çelik bağ ve hava yastıkları gibi modern tahkimat sistemleri kullanılmakta , fakat havzanın jeolojik yapı ve özelliği yeni sistemlerin her ocakta kullanılmasına izin vermemektedir. Zonguldak Taşkömürü Havzasında yer alan kömür damarlarının eğimleri, sık sık değişen yönleri ve kalınlıkları, yer katmanlarının yapıları birçok maden kömürü havzasından farklıdır. Kömür damarları ince, kısa, arızalı ve kırık, ayrıca eğimleri de fazla olduğundan, ağaç malzeme temel tahkimat malzemesi olma özelliğini korumaktadır.

Ağaç malzemenin çelik ve beton malzemeye göre hafif olması, hafifliğine karşın uygun özgül ağırlığı nedeniyle bu kullanım yerinde istenen yeterli mekanik özellikleri içermesi, kolay işlenmesi ve genel olarak ucuz olması gibi nitelikleri, yurdumuzun başta taşkömürü olmak üzere linyit kömürü ve diğer madenlerin üretiminde de kullanılmasını bir bakıma zorunlu kılmaktadır.

Ülkemizin 1992 yılı toplam maden direği tüketimi yaklaşık 350.000-400.000 m<sup>3</sup>'ü bulmaktadır. Türkiye Taşkömürü Kurumu(TTK) Genel Müdürlüğü tarafından her yıl planlanan ortalama 3.5 milyon ton satılabilir taşkömürü üretimini karşılamak üzere her yıl ortalama 200 - 220 bin metreküp maden direği tüketilmektedir. Başka bir deyişle, TTK Türkiye'de tüketilen tüm maden direğinin yarısından fazlasını tek başına kullanmaktadır. Bu tüketim, 1974 yılından beri yurtiçi kaynaklardan sağlanmaktadır. Doğal olarak, bu kadar yüksek bir tüketim TTK üzerinde ağır bir ekonomik girdi ve maliyet artışı, ulusal servet olan ormanlar üzerinde ise aşırı bir üretim zorlaması ve baskı yaratmaktadır. Bir doğal kaynak(taşkömürü) üretilirken diğer doğal kaynak olan ormanların tüketilmesi ülke ekonomisi açısından da bir çelişkiye neden olmaktadır. Ayrıca, Devlet Orman İşletmelerinin maden direği niteliğindeki ağaçları temin etmesi her geçen yıl güçleşmekte; bu güçlük 1993 yılı için yurdun her tarafına yayılmış bulunan 116 Orman İşletmesince aşırı zorlamayla ve çoğu kez niteliksiz biçimde karşılanmaktadır. Maden direklerinin yurdun her tarafından Zonguldak havzasındaki depolara ortalama taşıma uzaklığı 500-600 km.'yi bulmaktadır. Bu nedenle de, havzaya maden direği nakletme maliyeti çoğunlukla satın alma bedelinden % 30-40 daha fazla tutmaktadır. Tüm bu giderler, ister istemez üretilen kömür fiyatına yansımakta ve zaten yeterli verimlilikte çalışamayan kömür işletmelerini zor durumda bırakmaktadır.



Diğer yandan, ağaç malzeme deniz içinde de hem yapı malzemesi olarak hem de değişik amaçlarla doğal durumda kullanılmaktadır. Deniziçi kullanım miktarları bilinmemekle birlikte, gerek Avrupa ve Amerika'da gerekse ülkemizde deniziçi gereksinimleri karşılamak üzere her yıl tüketilen ağaç malzemelerin parasal tutarları milyarları bulmaktadır.

Gerek taşkömürü üretim maliyetleri üzerinde aşırı maden direği tüketiminden kaynaklanan ekonomik baskıyı gerekse ormanlar üzerinde özelde maden direği genelde ise yapacak odun üretiminden kaynaklanan baskıyı azaltmak ancak modern tahkimat sistemlerinin kullanılması ya da kullanılan ağaç malzemenin veriminin ve dayanma süresinin uzatılması ile mümkündür. Bu durum, ağaç malzemenin denizde daha uzun süre kullanılması açısından yalnızca dayanma süresini arttırmak ile sağlanabilir.

Modern teknolojinin getirdiği olanaklardan yararlanma elbette en mantıklı ve uygun çözümdür. Almanya ve İngiltere gibi endüstrileşme sürecini tamamlamış ülkelerde ağaç tahkimat sistemleri hemen hemen hiç kullanılmamakta ve gerek üretim gerekse verimlilik konusunda çok iyi sonuçlar alınmaktadır. Fakat, yıllarca çok az yatırımın yapıldığı Zonguldak kömür ocaklarında yüklü yatırımları gerektiren modern teknolojinin uygulamaya sokulması düşük bir olasılık olarak görünmektedir. Gerçi, bu yolda pek çok olumlu adım atılmış ve Kozlu Kömür Ocakları gibi üretimin fazla olduğu bir işletmede özellikle çıkarılan kömürün taşınması ve can güvenliği konusunda gerekli yatırımlar yapılmıştır. Ancak, böyle modern bir işletmede bile ağaç maden direkleri ya da genel tanımıyla ağaç malzeme çok miktarda tüketilmektedir. Bu da, mekanizasyonun ağaç malzeme tüketiminde yeterli düzeyde bir azalma sağlamadığını göstermektedir.

Ağaç malzeme yeraltı maden ocaklarında ve deniz içinde biyolojik tahribat yönünden yerüstündekinden çok daha ağır koşullar altında bulunmaktadır. Biyolojik zararlılardan özellikle odun-tahripçisi mantarlar yeraltı koşullarında kullanılan ağaç malzemeyi ortam sıcaklığı ve bağıl nemine

bağlı olarak, denizel-odun delici hayvanlar da deniz içinde kullanılan ağaç malzemeyi populasyon yoğunluğu ve zararlı türlere bağlı olarak kısa sürede tahrip etmektedirler. Öyle ki, mantarların ağaç malzemenin mekanik özelliklerinde neden olduğu azalma, denizel zararlıların da ağaç malzemenin içinde oluşturduğu tahribat dışarıdan farkedilmemekte, ağaç tahkimat sistemlerinde ve deniziçi yapılarda bu nedenle beklenmedik göçmeler meydana gelebilmektedir.

Ağaç malzemeyi gerek yerüstü ve yeraltı koşullarında gerekse deniziçi koşullarda korumanın ve böylelikle dayanma süresini uzatmanın en etkin yolu, onun uygun yöntem ve kimyasal maddeler ile emprenye edilmesidir. Emprenye işlemi ile yerüstü koşullarında kullanılan ağaç malzemenin dayanım süresinin ne kadar artacağı konusunda gerek laboratuvar gerekse açık hava koşullarında pek çok çalışma yapılmış ve halen yapılmaktadır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ışığında, kazanda basınç yöntemleriyle suda çözünen tuzlarla emprenye edilen ağaç malzemenin dayanma süresi doğal olarak kullanılana göre en az 5-10 kat artmaktadır[1,2].

Yeraltı ve deniziçi koşullarda kullanılan ağaç malzemenin emprenye edilmesi ile dayanım ömrünün ne kadar artacağı konusunda uygulamalı çalışma fazla değildir. Ülkemizde yalnızca 1953 yılında Toker[3] tarafından bir Okaliptüs türü (E.Rostrata)'nın maden direği olarak kullanma olanakları ve Pınar[4] tarafından ise bakır naftenat işlemli odun panellerinin deniz içindeki hayvansal organizmalara karşı etkinliği araştırılmıştır.

Tarafımdan yapılan bu çalışmada yeraltı maden ocaklarında, özellikle de kömür üretim faaliyetlerinde ve deniz içinde yapı malzemesi olarak doğal durumda kullanılan ağaç malzemenin , emprenye edilmesi ile dayanma süresinin ne kadar artacağı; doğal halde kullanılan ağaç malzemenin ise ne kadar süre dayanabileceği araştırılmıştır. Ayrıca, maden ocakları ve deniz içinde ağaç malzemeyi tahribeden biyolojik zararlılar saptanmaya çalışılmıştır.

Kapalı maden ocaklarında kullanılacak emprenyeli ağaç malzemenin dayanma süresi, malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler incelenerek, deniz içinde kullanılacak emprenyeli ağaç malzemenin dayanma süresi ise çıplak gözle yapılan değerlendirmelerle saptanmıştır. Bu amaçla, kapalı maden ocaklarındaki araştırmalar için Sarıçam, Uludağ Göknarı ve Doğu Kayını odunlarından kama boyutunda hazırlanan örnek çiftleri kullanılmış ve her örnek çiftinden biri doğal olarak bırakılmış, diğeri ise Tanalith-CBC ve Wolmanit-CB ile dolu hücre yöntemine göre emprenye edilerek kullanılmışlardır. Ayrıca doğal Sarıçam direklerden kama boyutunda 20 çift örnek hazırlanarak yarısı deneme alanına bırakılmış, diğeri yarısı ise kontrol örneği olarak ayrılmıştır. Gerek deneme alanına bırakılmayan kontrol örnekleri gerekse deneme alanında 13 ve 2.5 ay bekletilen kama örnekleri üzerinde özgül ağırlık, dinamik eğilme direnci, statik eğilme direnci ve eğilmede elastiklik modülü testleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular hem kontrol hem de deneme alanına bırakılan örneklerde istatistiksel olarak irdelenmiş ve ortalama değerlerden gidilerek özgül ağırlık kaybı, dinamik ve statik eğilme direnci kaybı ile eğilmede elastiklik modülü kaybı bulunmuştur. Bulunan kayıplardan hem emprenyesiz ve emprenyeli kama örneklerinin hem de doğal halde kullanılan Sarıçam kamalarının dayanma süreleri saptanarak bir sonuca varılmaya çalışılmıştır.

Emprenyeli ağaç malzemenin deniz içinde kullanımı ile ilgili olarak, yine Sarıçam, Göknar ve Kayın odunu ile sert odunlu cinslerden Sapsız Meşe diri odun blokları kullanılmış ve bu odun blokları CCB tuzları ile dolu hücre, kreozot ile boş hücre yöntemine göre emprenye edilmişlerdir. Emprenyesiz ve emprenyeli örnekler Marmara, Akdeniz ve Karadenizde deneme bölgesi olarak seçilen yerlerin deniz suyuna 14 ay süreyle bırakılarak, periyodik gözlemler yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, herhangi bir ağaç türünün teknolojik özelliklerini araştırmak değildir. Yalnızca, ağaç malzemenin yeraltı koşullarındaki dayanma süresini, kama örneklerinin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim yardımıyla, deniziçi koşullardaki dayanım süresini ise gözlemlere dayanarak saptamaktır.

"Odun Koruma" ya da "Ağaç Malzeme Koruması" bir yandan ormancılık ve orman ürünleri, diğer yandan " Malzeme Koruma" bilgileri içinde gelişen disiplinlerarası bir bilimdir. Bu bilim dalı, son zamanlarda orman ürünlerinin en önemlisi olan odunun gerek yetiştirme ve üretim sırasında gerekse kullanım alanlarında diğer malzemelere göre üstün özelliklerini yitirmemesini, daha uzun süre dayanmasını amaçlayan çalışmalara ağırlık vermektedir.

Bu çalışmada da konu hem orman ürünü olan ağaç malzemeyi ve onun korunmasını hem de ağaç malzemenin madencilikte ve deniz içinde verimli olarak değerlendirilmesini kapsamaktadır. Bu nedenlerle, çalışmanın literatür özeti geniş tutulmuş, bütünlüğün sağlanması için de daha çok madencilikte ağaç malzeme kullanımına değinilmiş ve bazı karşılaştırmalar yapılmıştır. Ayrıca yeraltı maden ocağı ve deniziçi koşullarda ağaç malzemenin biyolojik bozunması ve odun-tahripçisi organizmalar ile bunlara karşı alınması gereken olası önlemler literatür özeti içinde irdelenmiştir. Dayanım süresini belirlemede kullanılan arazi ve laboratuvar yöntemlerine değinilmiş, böylece bu çalışmanın diğer uygulamalı yöntemlerle karşılaştırma olanağı yaratılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1. Ağaç Malzemenin Madenlerde ve Denizde Kullanımı

#### 2.1.1 Madencilik Faaliyetlerinde Kullanılan Ağaç Malzeme

Ağaç malzeme, madencilik faaliyetlerinin ilk günlerinden günümüze, maden arama aşamasından üretim ve nakliyeye kadar hemen her aşamada kullanılmaktadır. Bu kullanım özellikle yeraltı madenlerinde (kapalı maden işletmeleri) tavanın desteklenmesi amacıyla büyük miktarlara ulaşmakta, yerüstü madenlerinde (açık işletmeler) ise tavanın desteklenmesi gibi bir sorun bulunmadığından kullanım çok daha düşük düzeylerde kalmaktadır. Ağaç malzemenin en eski çağlardan günümüze kadar madencilikte kullanımı bazı nedenlere dayanmaktadır. Taşıyıcı bir eleman olarak ağaç malzemenin diğer malzemeler (çelik, beton, betonarme v.b.)'e göre üstün ve sakıncalı özellikleri olarak nitelenen bu nedenler, teknik ve ekonomik açıdan şöyle sıralanmaktadır [5-7]:

#### Üstün Özellikleri

- Hafif olması nedeniyle ocak içinde taşıma ve tahkimat yapımında kolaylık sağlar,
- Biçimlendirme ve boyutlandırması kolaydır,
- Hafifliğine karşın mekanik özellikleri yüksektir.
- Lifli yapısı nedeniyle kırılmadan önce tehlikeyi haber verme özelliğine sahiptir. Bu, tahkimatin değiştirilmesi ya da desteklenmesi için zaman kazandırır,

#### Sakıncalı Özellikleri

- Mekanik özellikleri anatomik ve morfolojik yapısına bağlıdır,
- Rutubete karşı duyarlıdır. LDN'na kadar rutubet artışı ile mekanik özellikleri düşer,
- Malzemenin mekanik özelliklerinin insan eliyle değiştirilmesi sınırlıdır,
- Kolay tutuşur. Yanma sonucu zehirli gaz ve buharlar çıkarır,

- Kullanılmış malzemenin sağlam kısımları diğer tahkimat elemanları(kama, fırça, takoz v.b.) olarak değerlendirilebilir,
- Kolayca sökülüp takılır ve istenildiğinde tekrar kullanılabilir,
- Nispeten ucuz ve kolay temin edilir.
- Mekanik özellikleri lif doğrultusuna bağlı olarak değişir,
- Aynı dirence karşılık çeliğe göre enine kesit kalınlığı daha fazladır. Bu da, galeri ve ayaklardaki hava akımına karşı bir "pürüzlülük" ve "engelleme"ye neden olarak enerji kaybına yolaçar.

Ağaç malzemenin en önemli üstün özelliklerinin başında hiç kuşkusuz yenilenebilir bir kaynak olması diğer malzemelere göre daha ekonomik olması ve kolay işlenmesi gelmektedir. Çelik ve diğer tahkimat elemanlarına göre daha hafif olup bunun yanında tahkimat için yeterli mekanik direnç özellikleri içermesi de ağaç malzemenin madencilik faaliyetlerinde kullanımını desteklemektedir.

#### 2.1.1.1. Kullanım Yerleri

Ağaç malzeme kazma-kürek sapından sıkıştırma ve dolgu işlerine, yerüstü tesisleri(barınak, büro v.b) yapımından temel tahkimat işlerine, yeraltı mola yerlerinden demiryolu traverslerine kadar neredeyse madencilik faaliyetlerinin tüm aşamalarında madenciliğin ana malzemelerinden biri olarak kullanılmaktadır. Sayılan yerlerde değişik amaç ve boyutlarda kullanılmış olsa da, ağaç malzeme madencilik işlerinde kullanıldığı için "maden direği" olarak adlandırılmaktadır.

TS 540 sayılı standartda maden direği "maden ocaklarında doğrudan doğruya ya da işlenerek kullanılacak olan, özellikleri bu standardda verilen, doğal olarak yuvarlak ve belirli boyutlarda ağaç kısmı " tanımı ile tanımlanmaktadır[8]. Bu tanıma göre, işlenmiş olarak kullanılan ve madencilik teriminde yuvarlak direğin işlenmesi ile elde edilen çatal direk, boyunduruk, domuzdamı, kama, lata, takoz, fırça, sarma, travers v.b. gibi adlarla nitelendirilen ağaç malzemeler de maden direği olarak kabul edilmektedir.

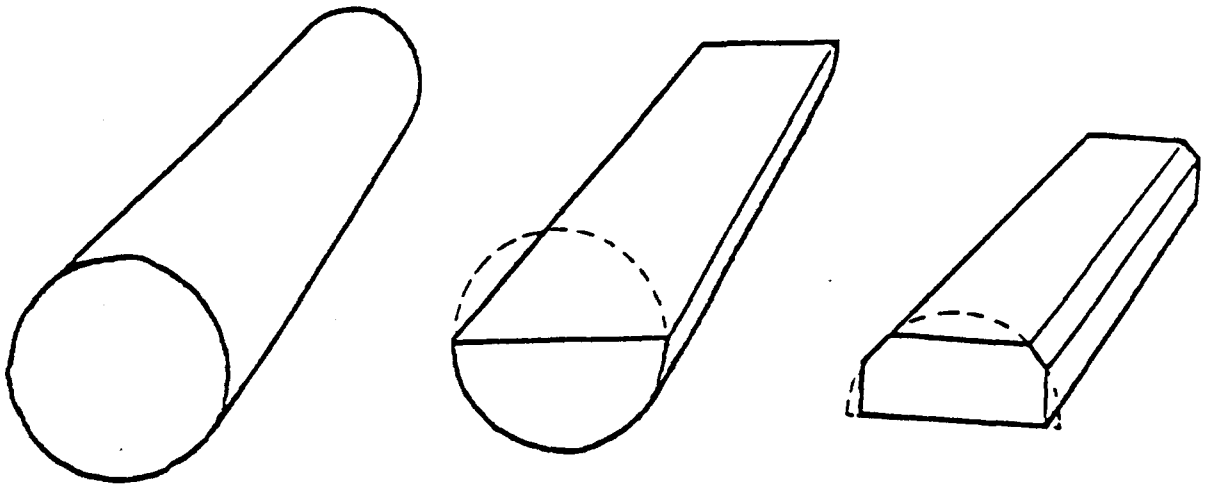


Bu standarda göre maden direkleri, görünüş özelliklerine göre iki sınıfa(1. ve 2. sınıf); ağaç cinslerine göre yumuşak (iğne yapraklı) ve sert(yapraklı) odunlu türler olmak üzere iki gruba ; boy olarak 1.50 m'den 6.00 m'ye 0.5 m ara ile 10 seriye; çap olarak 8 cm'den 20 cm'ye birer cm ara ile 13 seriye ayrılmaktadır.

Ağaç malzeme madencilik faaliyetlerinde ve özellikle de yeraltı madenciliğinde en fazla tahkimat malzemesi olarak kullanılmaktadır. Tahkimat, madencilik faaliyetleri sonucu açılan boşluğu işin gerektirdiği sürece tutmak için alınan önlemler bütünüdür. Bu amaçla kullanılan ağaç, demir, beton gibi malzemelere de genel olarak tahkimat elemanları adı verilmektedir[9].

Ağaç malzeme tahkimat sistemlerinde büyük ölçüde yuvarlak direk, yarılmış direk(boyunduruk, kama), fırça ya da takoz olarak kuyu inmelerde, ana ve yan galerilerde, bacalarda kullanılmaktadır. Domuzdamları ise çoğunlukla kömürün asıl çıkarıldığı yer olan damarlarda tavanın göçmesini önlemek için kullanılmaktadır.

İnce çaplı(8-12 cm çapında) direkler uzunluğuna ikiye ayrılarak kamalar, kamalardan yan kapaklar alınarak takozlar elde edilmektedir(Şekil 1).

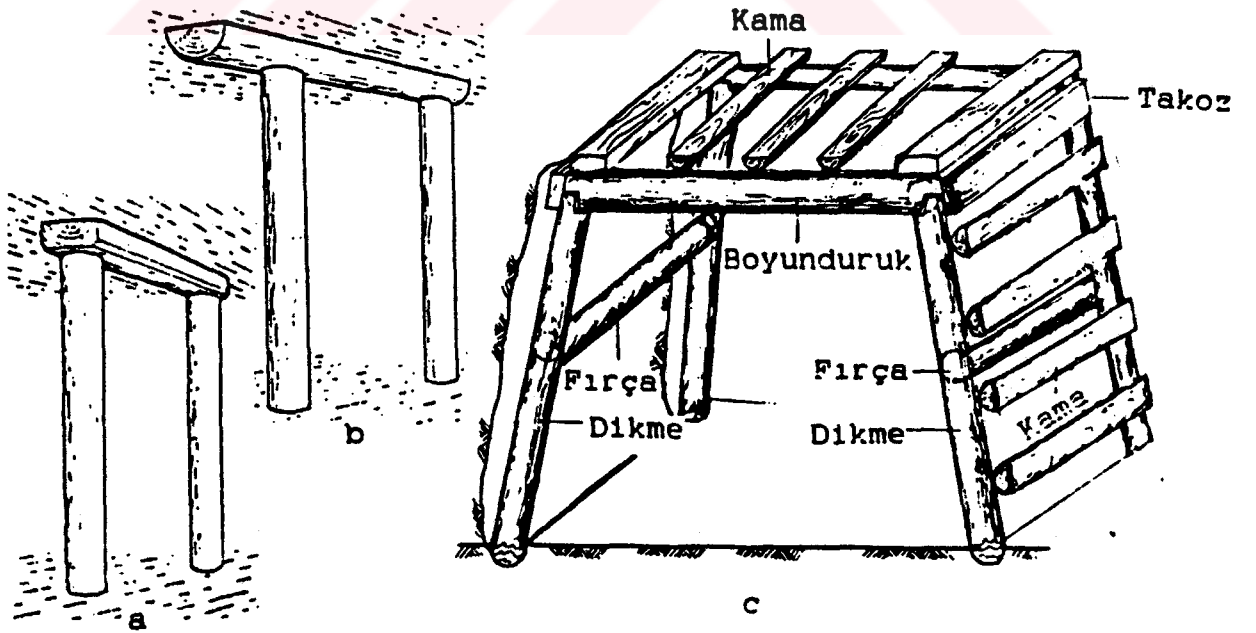


Şekil 1 : Yuvarlak Direk - Kama - Takoz ilişkisi

Bu işlenmiş malzemeler kalınlıklarına göre boyunduruk olarak da kullanılabilir[10]. Ayrıca yine ince çap grubundaki direkler kısaltılarak fırça , yine aynı gruptaki direkler uzunluğuna ikiye, üçe ya da dörde bölünerek kama elde edilmektedir.

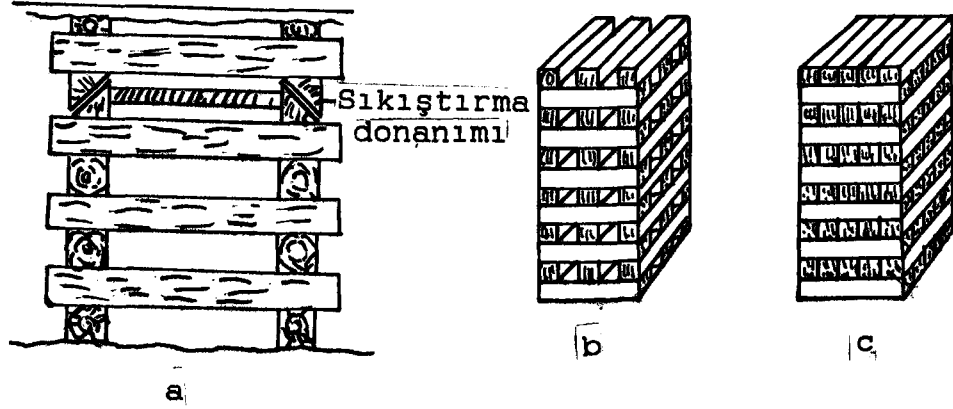
Yuvarlak direk ve yarılmış direk ile geleneksel bir tahkimat(Şekil 2a, 2b), ayrıca yine yuvarlak direk ve onun işlenmesi ile elde edilen kama ve takozların bileşiminden de temel bir tahkimat sistemi oluşturulabilmektedir(Şekil 2c).

Maden ocaklarında özellikle kömürün çıkarıldığı ayaklarda tahkimat elemanı olarak domuzdamı kullanılmaktadır. Domuzdamı, ayaklardaki boşluğu stabilize etmek için kullanılan 120x20x20 ya da 80x20x20 cm boyutunda sert ağaçlardan, özellikle meşe ya da kayın gibi sert ağaçlardan yapılan bloklardır(Şekil 3). Domuzdamlarının değişik biçimleri bulunmakta ve biçimine göre ortalama 200 ile 300 ton arasında yük taşıyabilmektedirler[11-13]. Kömür çıkarma işlemi bitince ayak göçertilerek kullanılan domuzdamının çoğu göçük altında bırakılmaktadır.



Şekil 2 : Geleneksel ve Temel Tahkimat Sistemleri





Şekil 3: Domuzdamları a) %40'ı dolu b) %60'ı dolu c) Tam dolu

#### 2.1.1.2. Maden Direği Üretim ve Tüketimine İlişkin İstatistik Bilgiler ve Geleceğe Yönelik Tahminler

2. Dünya Savaşını izleyen yıllarda ağaç malzemenin madencilikte tahkimat elemanı olarak kullanımı ve önemi giderek azalmış ve yerini çelik tahkimat ile hidrolik direklere bırakmıştır. 1940'lı yıllarda kullanılmaya başlanan bu yeni tahkimat elemanları, ağaç malzemeye göre pahalı olmalarına karşın yüksek verimlilik elde edildiği için ekonomik sınırlar içerisinde üretim yapılmıştır. Örneğin İngiltere'de, kömür üretiminin % 90'ı bu tip malzeme kullanılarak yapılmaktadır[10].

Kullanımı azalmasına karşın, sahip olduğu üstün özellikler nedeniyle ağaç malzeme halen madencilikte demir ve patlayıcı maddeler gibi temel ve vazgeçilmez malzemeler arasında yerini korumaktadır. Özellikle eğimi 35°'den büyük olan damarlarda, ağaç tahkimat uygulanabilecek tek tahkimat sistemi olmaktadır[6].

Kömür ocaklarının uzun ömürlü olması, arazi basınçlarının şiddetli bulunması, iş güvenliğinin ve verimliliğin sağlanması gereği ileri teknolojinin uygulanması nedenleriyle ağaç malzemenin madencilikte kullanımı günümüzde ikinci planda kalmaktadır. Bu durum

özellikle ileri teknolojinin uygulandığı Almanya ve İngiltere kömür madenciliğinde sözkonusudur ve bu ülkelerde birim ton satılabilir kömür başına ağaç malzeme tüketimi 5-10 dm<sup>3</sup>'lerde seyretmektedir[10,14]. 1919 yılında Amerika'da madencilik çalışmalarında kullanılan ağaç malzeme miktarı 8.400.000 m<sup>3</sup>'dür. Aynı yıl tüm sektörlerde tüketilen toplam ağaç malzeme miktarı ise 217 milyon m<sup>3</sup>'ü bulmuştur. 1919 yılında madencilik faaliyetleri amacıyla kullanılan ağaç malzemenin tüm kullanımdaki payının % 4 olduğu[15] ve 1980 yılında Amerika kömür madenciliğinde satılabilir birim ton kömür başına ağaç malzeme tüketiminin 10-20 dm<sup>3</sup> arasında kaldığı bildirilmektedir[16]. Ülkemizin kömür havzası olan Zonguldak'da ise birim ton satılabilir kömür başına ağaç malzeme tüketimi 50 ile 65 dm<sup>3</sup> arasında gerçekleşmekte ve bu tüketim miktarı, gelişmiş ülkelerdeki tüketimin çok üzerinde bulunmaktadır[17]. Ekonomik bakımdan ideal olan birim ton kömür başına düşen tahkimat malzemesi kullanımını en aza indirmektir.

Yılda ortalama 3.5 milyon ton satılabilir taşkömürü üretimi için Zonguldak kömür havzasında ortalama 200.000-220.000 m<sup>3</sup> ağaç maden direği kullanılmaktadır(Tablo 1)[17,18]. Bu kullanım miktarı ile Türkiye Taşkömürü Kurumu(TTK) Orman Genel Müdürlüğü(OGM) tarafından üretilen maden direklerinin önemli bir kısmını tüketmektedir(Tablo 2)[19].

Bu verilerle ülkemizde madencilik amaçlarıyla kullanılan ağaç malzeme miktarının tüm üretimdeki payı yaklaşık % 11 olmaktadır. Yerüstü maden işletmeciliğinde çatı tahkimatı olmadığı için daha az maden direği tüketilmektedir. Özel sektörce işletilen madenlerde ise daha çok beton ve diğer tahkimat biçimleri uygulanmaktadır.

Ülkemizde tek maden direği üreticisi durumundaki OGM tarafından üretilip madenlerde tüketilen ağaç malzemenin büyük kısmını iğne yapraklı ağaç türleri oluşturmaktadır. TTK Kömür ocaklarında yuvarlak direk, kama, fırça, lata, takoz olarak yalnızca İYA türleri kullanılmaktadır.

Yapraklı ağaç türlerinden özellikle Meşe ve Kayın ise domuzdamı ve travers olarak tüketilmektedir.

Tablo 1. TTK'nın 1981-1993 Yılları Arasındaki Taşkömürü Üretimi ve Ağaç Maden Direği Tüketimi

Yıllar	Satılabilir Taşkömürü Üretimi (ton)	Maden Direği Tüketimi (m <sup>3</sup> )	Birim Ton Başına Maden Direği Tüketimi (dm <sup>3</sup> )
1981	3 970139	238 070	58
1982	4 008392	235 073	57
1983	3 539091	197 705	65
1984	3 631736	231 195	62
1985	3 605416	246 202	64
1986	3 526288	229 243	63
1987	3 460889	218 911	61
1988	3 255645	220 180	66
1989 <sup>1</sup>	3 038448	200 835	64
1990 <sup>1</sup>	2 745291	189 736	67
1991 <sup>1</sup>	2 761707	177 617	64
1992	2 830488	160 544	57
1993 <sup>2</sup>	2 790650	162 485	58
1994 <sup>2</sup>	3 250000	182 000	56

<sup>1</sup>1990 Aralık ve 1991 Ocak aylarında birer aylık grev nedeniyle meydana gelen azalma.

<sup>2</sup>1994 yılı öngörülen programa göre tahmini üretim ve tüketim miktarları.

Tablo 2. OGM Tarafından 1981-1992 Yılları Arasında Üretilen ve TTK-TKi ile Özel Maden İşletmelerine Verilen Ağaç Maden Direği Miktarları (1000 m<sup>3</sup>)

Yıllar	OGM'nin Toplam Üretimi	TTK'ya Verilen	TKi'ye Verilen	Özel Madenlere Verilen
1981	774.330	303.121	-	70.0
1982	568.644	203.014	-	73.0
1983	494.976	210.252	-	75.0
1984	498.960	221.152	55.0	101.0
1985	530.134	224.386	54.0	97.0
1986	608.169	216.100	52.0	101.0
1987	566.514	216.600	53.0	98.0
1988	528.864	163.700	41.0	112.0
1989	517.792	209.300	37.0	69.0
1990	512.547	127.600	43.0	45.0
1991	464.790	167.000	27.0	92.0
1992	452.558	132.000	19.0	42.0
1993	395.767	159.100	24.3	40.9

Madenlerde kullanılan ağaç cinslerinin miktarlarıyla ilgili sağlıklı istatistiksel bilgi bulunmamaktadır. OGM maden direği olarak üretilen ağaç cinslerinin istatistiğini 1985 yılında düzenlemeğe başlamıştır. Bu yıldan önceki veriler sağlıklı değildir. Ülkemizde maden direği olarak üretilen ağaçların cinslerine göre üretim miktarları Tablo 3'de verilmektedir[19].

Tablo 3. OGM Tarafından Üretilen Ağaç Maden Direklerinin Ağaç Cinsine Göre Dağılımı(1000 m<sup>3</sup>)

Ağaç Cinsi	Yıllar								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
I.Y.A.	Sedir	10.40	6.5	9.7	9.0	9.0	6.5	4.6	4.0
	Ardıç	0.60	0.7	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1
	Kızılçam	176.8	205.4	217.8	215.4	155.4	183.6	167.7	161.0
	Karaçam-								
	Sarıçam	274.8	209.3	255.5	259.3	243.1	236.8	208.9	215.4
	Ladin	2.1	2.7	8.1	9.1	0.8	3.5	3.3	3.4
	Gök nar	1.1	11.1	11.7	12.3	-	-	0.041	0.4
Diğer İYA	-	-	-	.011	.007	.029	-	-	
Toplam		465.8	435.7	503.0	505.3	408.6	430.7	384.6	384.3
Y.A.	Meşe	15.5	20.0	19.4	20.0	19.2	19.8	16.8	14.9
	Kayın	45.9	46.9	54.3	47.0	41.5	38.5	42.2	41.4
	Kavak	1.2	0.2	0.9	1.9	2.6	0.3	-	-
	Gürgen	0.2	0.2	0.6	0.5	0.5	0.6	0.3	0.3
	Kızılağaç	-	0.3	0.6	0.5	0.3	0.4	0.1	-
	Diğer Y.A	2.4	6.7	5.2	4.8	15.3	9.6	7.8	8.4
Toplam		65.2	74.3	81.0	74.7	79.4	69.2	67.2	65.0

Tablo 3'e göre, maden direği olarak çoğunlukla üretilen ağaç cinsi iğne yapraklılarda çam(Kızılçam, Sarıçam ve Karaçam), göknar ve ladin ; yapraklı ağaçlarda ise kayın ve meşedir. Zonguldak Kömür Havzasında çam türlerinden özellikle Kızılçam, Sarıçam ve Karaçam maden direği olarak kullanılmaktadır. 1993 yılında, OGM tarafından TTK Genel Müdürlüğüne ayrılan maden direklerinin 174300 m<sup>3</sup>'ü çam, 10700 m<sup>3</sup>'ü kayın ve 8000 m<sup>3</sup>'ü meşe olarak düzenlenmiştir[20].

Kömür havzasında, her çap ve boy grubunda ağaç maden direği tüketilmektedir. Fakat bu tüketimin oransal dağılımları oldukça farklılık göstermektedir. Kullanılan ağaç direklerin % 10'unu ince çap grubu(8-12 cm), % 70'ini orta çap grubu(13-17 cm) ve %20'sini kalın çap grubu(18-20 cm) oluşturmaktadır. Boy grubunda ise, çoğunlukla 2.5, 3.0, 4.0, 5.0 ve 6.0 m kademeleri tüketilmektedir(Tablo 4)[21].

Tablo 4. Zonguldak Kömür Havzasında Tüketilen Ağaç Maden Direklerinin Çap ve Boy Dağılım Miktarları

Boy Grubu (m)	Çap Grubu				%
	İnce (m <sup>3</sup> )	Orta (m <sup>3</sup> )	Kalın (m <sup>3</sup> )	Toplam (m <sup>3</sup> )	
1.00	-	25	40	65	-
1.50	1	320	500	821	0.4
2.00	609	5549	1517	7675	3.5
2.50	1893	15131	4547	21571	10.0
3.00	8428	62164	21891	92483	42.0
3.50	731	2744	718	4193	2.0
4.00	5855	42101	9385	5734	26.0
4.50	256	1116	266	1638	1.0
5.00	2428	14190	3868	20486	9.2
5.50	90	290	53	433	0.2
6.00	1639	10890	1595	14124	6.0
Toplam	21930	154520	44380	220830	100.0
%	10	70	20	100	

Domuzdamının yıllık maden direği tüketimindeki payı yaklaşık 15000 m<sup>3</sup>'ü, fırçanın 4000-5000 m<sup>3</sup>'ü, kamanın ise 50.000-60.000 m<sup>3</sup>'ü bulmaktadır[22].

A.B.D.'nin kapalı ve açık kömür ocaklarında kullanılan ağaç malzeme miktarları ile ilgili bir çalışmada[16], 1979 yılında toplam tüketim, kapalı kömür ocakları için 968568 m<sup>3</sup>, açık kömür ocakları için yaklaşık 537700 m<sup>3</sup> bulunmuştur. Bu tüketim miktarlarıyla, 1979 yılında madencilikte değerlendirilen ağaç malzemenin tüm tüketimdeki payı % 1 olarak hesaplanmıştır. Kullanılan odun cinsi, bölgeden

bölgeye farklılık göstermektedir. Örneğin doğu bölgesinde yapraklı ağaç odunu iğne yapraklı ağaç odunundan yaklaşık 40 kat daha fazla tüketilmektedir. Çünkü, bu bölgede yapraklı ağaç bol, nispeten ucuz ve dayanıklıdır. İğne yapraklı ağaç ormanlarının egemen olduğu batı bölgesinde ise, iğne yapraklı ağaç odunu yapraklı ağaç odunundan 2.5 kat daha fazla tüketilmektedir. A.B.D.'nin doğu bölgesinde kullanılan yuvarlak direklerin % 98'i akasya, ceviz, meşe ve karaağaç gibi yapraklı ağaç cinslerinden oluşmaktadır. Orta bölgede kullanılan yuvarlak direklerin % 83'ü yapraklı ağaç odunlarından ve özellikle meşeden, batı bölgesinde ise iğne yapraklı ağaç odunlarından özellikle çam ve ladinden elde edilmektedir.

Gelecek 20 yıl içinde, petrol fiyatlarının düşük-orta ve yüksek düzeyde olmasına göre A.B.D.'nin yeraltı kömür ocaklarında kullanılacak ağaç malzeme miktarlarına ilişkin tahminler, ağaç malzeme tüketiminin kömür üretiminin artmasına koşut olarak yükseleceğini göstermektedir (Tablo 5) [23].

Tablo 5. Petrol Fiyatlarına Bağlı Olarak Gelecek 20 Yıl İçin A.B.D.'nin Yeraltı Kömür Ocaklarında Kullanılacak Ağaç Maden Direği Tahmini Miktarları

Yıllar	Petrol Fiyatları		
	Düşük	Orta	Yüksek
	Ağaç Malz. Kullanımı (1000 m <sup>3</sup> )	Ağaç Malz. Kullanımı (1000 m <sup>3</sup> )	Ağaç Malz. Kullanımı (1000 m <sup>3</sup> )
1990	1990.30	1760.69	1884.51
1995	2374.17	2392.64	2363.47
2000	2546.66	2591.98	2570.46
2005	2606.69	2681.58	2676.96
2010	2815.87	2977.16	3022.03

Türkiye'nin gelecek 20 yıl (1995-2009) içindeki ağaç maden direği üretimine ilişkin tahminlerine bakıldığında (Tablo 6), üretimin yine OGM tarafından yapılacağı ve üretim miktarının yavaş bir hızla artacağı görülmektedir [24,25].



Tablo 6. 1995-2009 Yılları Arasında OGM'nin Ağaç Maden Direği Tahmini Üretim Miktarları(1000 m<sup>3</sup>)

Yıllar	1995	1999	2000	2004	2005	2009
Üretim	588	651	657	680	686	709

Tüm bu tahminler ışığında, gelecek yirmi yıl içinde de kömür üretiminin diğer enerji kaynaklarındaki üretim-fiyat dengesindeki değişmelere göre artış eğilimi göstereceği ve buna koşut olarak madenlerde kullanılan ağaç malzeme miktarının teknolojik gelişmelere karşın artacağı tahmin edilebilir.

#### 2.1.2. Denizde Kullanılan Ağaç Malzeme

Ağaç malzeme deniz suyu içerisinde köprü, iskele, mendirek, liman tesisleri ve dalgakıran gibi büyük çaplı yapılarda, gemi ya da kayık tekneleri gibi daha küçük ölçekli yapılarda yapı malzemesi olarak ilkçağlardan bugüne kadar kullanılmaktadır. Özellikle diğer yapı malzemelerine göre ucuz ve yenilenebilir bir kaynak olması, ağaç malzemenin denizde çeşitli amaçlar için kullanımını teşvik etmiştir.

Tatlı su içinde kullanılan ağaç malzemenin çeşitli yöntemlerle zararlılara karşı korunması olanaklı iken, deniz suyu içerisinde tam bir koruma sağlanamamaktadır[26]. Bu durum, özellikle tropik ve ılıman sularda geçerlidir. Ayrıca, ağaç malzemenin kullanıldığı denizel çevrede bulunan zararlı tür ve yoğunluğu da tahribat miktarında büyük rol oynamaktadır.

Ağaç malzemenin denizel çevrede kullanım miktarına ilişkin istatistiksel bilgi bulunmamaktadır. Ancak, deniz içerisinde bulunan hayvansal ve bitkisel zararlıların tahribatı nedeniyle milyarlarca liralık kaybın sözkonusu olduğu söylenebilir[27].

## 2.2. Ağaç Malzemenin Biyolojik Bozunması

Lignoselülozik malzemelerin biyolojik yoldan bozunmasına genel olarak "çürüme" denilmektedir. TS 343[28] sayılı standarda göre çürük, "mantar etkisiyle dayanımını kaybetmiş ahşap kısmıdır(Kayın odununda siyah ya da beyaz renkteki bu çürüklüğe ardak da denir).

Gerek yeraltı koşullarında gerekse deniz suyu içinde kullanılan ağaç malzeme genellikle iki tip biyolojik zarara uğramaktadır. Bunlardan çürüklük mantarları çoğunlukla yeraltı koşullarında, hayvansal zararlılar ise daha çok deniz içi koşullarda önem kazanmaktadır. Buna karşın, yeraltı koşullarında hayvansal odun zararlıları ve özellikle termitler, denizel çevrede ise yumuşak çürüklük mantarları ve bakteriler de tahribata katılmaktadır.

### 2.2.1. Kapalı Maden Ocaklarındaki Ağaç Malzemenin Biyolojik Bozunmasına Neden Olan Mantarlar

Mantarlar, dış görünüş olarak dallanabilen ipliksi bir yapıya sahip, hücreleri genelde bitki hücresi yapısında olmakla birlikte klorofil içermeyen, spor oluşturabilen, eşeyli ve eşeysiz olarak üreyebilen, hücrelerinde gerçek bir çekirdek bulunan, hücre zarının yapısında kitin ve selüloz içeren organizmalardır[29]. En basit tanımıyla mantarlar kökü, gövdesi ve yaprakları olmayan çok sade yapıdaki klorofilsiz bitkilerdir[30]. Klorofilsiz olduklarından, klorofilli bitkiler gibi "özümleme" yapamayan mantarlar, besin maddelerini hazır olarak canlı ya da ölü diğer organik maddelerden sağlamaktadırlar. Bu organik maddelerin enzimler aracılığı ile bozundurulması sonucu çürüklükler, renk değişimleri ve diğer bozunmalar ortaya çıkmaktadır.

Mantar sınıfları içinde en önemli odun-tahripçisi sınıf Basidiomycet'lerdir . Bu sınıfta yeralan mantarlar, çeşitli yerlerde değişik amaçlar için kullanılan ağaç



malzemeyi teknik ve ekonomik olarak tahrip etmektedirler. Kapalı maden ocaklarında kullanılan ağaç malzemeye de en çok bu sınıf mantar türlerince zarar verilmektedir. Yeraltı ortamı mantar gelişimi ve tahribatı için gerekli olan bağıl hava nemi, sıcaklık, oksijen bakımından yeterli koşulları içermektedir. Yalnızca mantarların üreme organlarını geliştirmek için gerekli olan ışık yeterince bulunmamaktadır. Bu koşullarda bulunan ağaç malzeme üzerinde gerçek odun-tahripçisi mantarlar kısa sürede gelişmektedir. Bu türlerin teknik ve ekonomik zararları yanında, yeraltında yaşamsal önem taşıyan ağaç tahkimatları da çürütmeleri, ani çökme ve kırılmalara neden olabilmekte ve yeraltında çalışan insanların can güvenliklerini tehlikeye sokabilmektedir.

Genel olarak odun-tahripçisi mantarlar tarafından oluşturulan üç tip(esmer, beyaz ve yumuşak) çürüklüğün hepsi maden ocaklarında kullanılan ağaç malzeme de görülmektedir. Ancak bunlardan özellikle esmer ve beyaz çürüklük ile bu çürüklüklere neden olan odun-tahripçisi mantarlar en sık görülenlerdir[31].

Çeşitli ülkelerdeki maden ocaklarında yapılan araştırmalar bu gibi yerlerde görülen odun-tahripçisi mantar türlerinin az-çok değişiklik göstermesine karşın, genelde aynı cinslerden oluştuğunu ortaya koymaktadır. Önemsiz farklılıklar, kullanılan ağaç türlerinden, ülkelerin yöresel mantar türlerinden, maden ocağı koşullarından ve maden ocağı çeşitlerinden(Kömür, altın, gümüş madeni gibi) kaynaklanabilmektedir.

ABD madenlerinde görülen mantarlar üzerine 1957 yılında yapılan bir derlemede[32], *Armillaria mellea*(Vahl ex Fr.)Karst., *Polyporus(Coriolus) versicolor*(L. ex Fr.)Quél., *P.hirsitus*(Wulf.ex Fr.)Quél., *Fomes pinicola*(Swartz ex Fr.)Karst., *F.rosea*(Alb. et Schw. ex Fr.)Karst., *Fomes annosus*(Fr.)Bref., *Ganoderma applanatum*(Pers.ex Wallr.)Pat., *Lenzites* sp., *Hydnum erinaceus*(Bull.ex Fr)Pers., *Pleurotus ulmarius*(Bull. ex Fr.)Kumm., *Pycnoporellus alboluteus*(Ell. et Ev.)

Kotl.et Pouz. ve *Serpula*(*Merulius*) *lacrimans* (Wulf. ex Fr.) S.F.Gray en yaygın türler olarak belirtilmiştir. 1965 yılında Duncan ve Lombard tarafından yapılan bir çalışmada[33], *Polyporus*(*Coriolus*) *versicolor*, *Fomes pini* (Thore ex Fr.)A.Ames ve *Serpula lacrimans*'ın maden ocaklarındaki önemine değinilmiştir. Pensilvanya kömür ocaklarında yapılan bir araştırmada ise[34], yapraklı ağaç odunları üzerinde *Coriolus versicolor*, *Stereum complicatum*(Fr.)Fr., *S.gausapatum*(Fr.)Fr. ve *Coniophora puteana*(Schum.ex Fr.)Karst.'ya benzeyen türler tanımlanmış ; iğne yapraklı odunların en önemli çürütücüsü olarak ise *Irpex lacteus*(Fr. ex Fr.)Fr. belirlenmiştir. 1983 yılında ABD'nin belli başlı 6 madencilik eyaletinde, toplam 18 kömür ocağında yapılan çalışmalarda[35] 177 Basidiomycet izole edilmiş ve bunların 158'i tanımlanabilmiştir. Bu izolelerden 83'ünü oluşturan *C.puteana* hem yapraklı hem de iğne yapraklı odunlar üzerinde görülmüştür. Diğer esmer çürüklük mantarları ya iğne yapraklı ya da yapraklı ağaç türü odunlarından izole edilmişlerdir. Beyaz çürüklük mantarları için de aynı şey sözkonusu olmuştur. 18 kömür ocağındaki çürümüş ağaç malzemeler üzerinde yapılan izolelerde 28 farklı tür belirlenmiştir. Bu türlerin çoğu normalde bozunmuş odunlarda bulunmayan çürüklük mantarlarıdır. Beyaz çürüklük mantarları tür olarak daha fazla izole edilmesine karşın izole sıklığı bakımından esmer çürüklük mantarları daha ağır basmaktadır.

Kanada madenlerinde yapılan araştırmalarda, sıcaklığı 20-21°C arası olan derinliklerde *Serpula lacrimans* ve bir altın madenindeki Ladin malzemedeki beyaz çürüklüğe neden olan *Melanotus hartii* Ammirati bulunmuştur[36,37].

Cornwall(İngiltere)'daki terk edilmiş bir maden ocağında *C.puteana*, *Lentinus lepideus* Fr., *Sistotrema brinkmannii* (Bres.)J.Erikss., *Poria placenta*(Fr.)Cke., *P.xantha*(Fr.)Cke., *Hyphoderma praetermissium*(Karst.)J.Erikss. et Strid. ve *Serpula lacrimans* iğne yapraklı odunlar üzerinde

tanımlanmıştır[38]. Cartwright ve Findlay[39], İngiltere madenlerinde kullanılan iğne yapraklı ağaç türleri üzerinde en yaygın türler olarak *C.puteana*, *Lentinus lepideus*, *Paxillus panuoides* Fr., *Fomes annosus* ve *Poria vaillantii* (DC.ex Fr.)Parm.'nin; yapraklı türler üzerinde ise *A.mellea* ile *Coriolus versicolor*'un bulunduğunu belirtmişlerdir.

Macaristan'da, *Stereum hirsutum*, *Leptoporus fodinarum* (Velen.)Pilát, *Flaviporus brownii*(Humb. ex Steud.)Donk, *Rigidoporus vitreus*(Pers.ex Fr.)Donk, *Lenzites betulina*(L.ex Fr.)Fr. ve *Coriolus versicolor* madenlerden toplanan en yaygın mantarlar arasında yer almıştır[40].

Polonya'nın kömür havzalarında *C.puteana*, *Poria vaillantii*, *Lentinus lepideus*, *Trametes*(*Antrodia*) *serialis* (Fr.)Donk, *Polystitus abietinus*(Dicks. ex Fr.)Donk ve *Paxillus panuoides*'in yaygın olduğu bildirilmiş[41] ve son zamanlarda az tanınan bir mantar türü, *Physisporinus undatus*(Pers., Fr.)Pil., tanımlanmıştır[42].

Rusya'da, ormanda yaygın olarak bulunan mantar türlerinin madenlerde de bulunduğu belirlenmiş ve *Serpula lacrimans*, *S.minor*(Falck.)Bond, *Poria vaillantii*, *Coriolellus vaporarius*(Fr.)Dom., *Coriolus versicolor* ve *Paxillus panuoides* sıkça izole edilmiştir. Ayrıca ev mantarları *C.puteana*, *Phlebia gigantea*, *Fibroporia destructor*(Fr.)Parm., *Gloeophyllum saepiarium*(Fr.)Karst. yaygın olarak bulunmuştur. Kola Yarımadası madenlerindeki Çam malzemelerde 28 Basidiomycet saptanmış ve bunlardan *Stereum sanguinolentum*(Alb et Schw. ex Fr.)Fr., *C.puteana* ve *Phlebia gigantea* birden fazla izole edilmiştir[43,44]. Avustralya'daki kömür ocaklarında *C.puteana*, *Fistulina hepatica*(Schæf.)Fr., *Merulius pinastri* (Fr.)Ginns et Weresub, *Polyporus balsameus*(Pk.)Murr., *Polyporus dryadeus*(Pers. ex Fr.)Murr., *P.zonalis*(*Rigidoporus lineatus*(Pers.)Ryv.) ve *Poria placenta*(*monticola*) odun tahripçisi mantarlar olarak saptanmış[45]; bir çinko madeninde ise *C.puteana*, *Polyporus zonalis*, *Trametes serialis* Fr., *Poria xantha* ve *Merulius pinastri* izole edilmiştir[46].

Güney Afrika'daki madenlerde, özellikle Ökalyptus ve Akasya direkleri üzerinde *Merulius* sp. ve *Polyporus rugulosus* bulunmuştur. Altın madenlerinde ayrıca bazı Avrupa kökenli mantarlara da rastlanılmıştır. Bunlardan en yaygın bulunanlar *Poria vaporaria*, *C. puteana*, *Paxillus panuoides* ve *Polystictus versicolor* (Linn.) Fr. olmuştur. Bunların yanında yaygın plantasyon mantarları *Lenzites reparda*, *Stereum hirsutum* (Willd. ex Fr.) S.F. Gray, *Polyporus gilvus* Schwein, *P. fruticum*, *Polystictus occidentalis* (Klotz.) Fr. ve *P. versicolor*'un varlığı bazı madenlerde saptanmıştır. Madenlerde ender olarak bulunan türler *Ganoderma applanatum*, *G. lucidum* (Leys. ex Fr.) Karst., *Trametes albotexta* ve *Stereum spadecium* (Gausapatum) Fr. olarak belirlenmiştir [47]. Sonradan yapılan bir araştırmada, *Hydnum henningsii*'nin de yaygın olduğu belirtilmiştir [48].

Yurdumuzda, maden ocaklarında görülen odun-tahripçisi Basidiomycet'ler üzerine kapsamlı bir çalışmaya henüz rastlanmamaktadır. Ancak bazı gözlemler sonucu, birkaç türün önemine değinilmiştir. 1939 yılında maden direkleri üzerine yapılan bir çalışmada [49], *C. puteana*, *Paxillus acherintus* (panuoides), *Polyporus vaporarius*, *Lenzites* sp. ve *Lentinus squamosus* Schaef.'un madenlerde kullanılan ağaç malzeme de zararlı olabileceği belirtilmiştir. 1953 yılında ökalyptüs (*Eucalyptus rostrata*)'ün maden direği olarak kullanma olanaklarını araştıran bir çalışmada, test örnekleri üzerinde *Coniophora* sp., *Lentinus* ve *Polyporus* türleri teşhis edilmiştir [3]. 1965 yılında Selik [50] tarafından yapılan gözlemlerde ise, *Poria vaillantii*, *Stereum hirsutum* ve Ascomycet sınıfından *Hypoxylon coccineum* (Pers. ex Fr.) Kickx. 'un varlığına dikkat çekilmiştir.

Tüm bu araştırmaların sonucunda tanısı yapılan mantarların gerçek odun-tahripçisi ya da gerçek çürükçül mantarlar olduğu görülmektedir. Bu zararlı türlerin hemen hemen hepsi ise Basidiomycet sınıfında yer almaktadır.

### 2.2.2. Deniz içindeki Ağaç Malzemenin Biyolojik Bozunmasına Neden Olan Hayvansal Zararlılar

Deniz suyu içerisine bırakılmış malzeme yüzeyine tutunan ve bu yüzeyler üzerinde gelişen bitkisel ve hayvansal organizmalar genel olarak "Fouling Organizma" adı ile adlandırılmaktadır. Fouling organizmalar, bakteriler ve denizel mantarlar gibi ağaç malzemeyi yüzeysel olarak aşındıran-yumuşatan canlılar dışında, deniz suyu içerisinde bulunan ağaç malzemedeki boring(biyolojik delme) olayı meydana gelmekte[4] ve bu olay deniz içinde çeşitli amaçlarla kullanılan ağaç malzemenin hizmet süresini oldukça kısaltmaktadır.

Biyolojik delme olayını Bivalvia Mollusca'nın Teredinidae ve Pholadidae familyası ile Crustacea(Kabuklular) sınıfının Isopoda ve Amphipoda takımından bazı cinsler yapmaktadır(Tablo 7)[51].

Tablo 7. Deniz içindeki Ağaç Malzemeyi Tahribeden Hayvansal Zararlılar(Denizel Odun-Delici Hayvanlar)

Molluscs(Yumuşakçalar)	Crustaceans(Kabuklular)
(a) Teredinidler(shipworms) Bactronophorus Bankia Dicyathifer Lyrodus Nausitora Neoteredo Nototeredo Psiloteredo Teredo Teredora Teredothyra Sphathoteredo Uperotus	(a) Isopodlar (1) Limnoriidae Limnoria Paralimnoria Phycolimnoria (11) Sphaeromatidae Cyomodoce Exosphaeroma Sphaeroma (b) Amphipodlar (1) Cheluridae Chelura
(b) Pholadlar Lignopholas Martesia Xylophaga	

Teredinidler(shipworms), deniz ekosisteminde ağaç malzemenin tahribine neden olan en önemli gruptur ve ağaç malzeme denizde kullanılmaya başladığından bu yana zararlı olmaktadır.

Teredinidler ya ovipar(yumurtlayan) ya larvipar(larva bırakan) ya da her iki biçimde üreme yeteneğine sahip olan türlerden oluşmaktadır[52]. Çoğunlukla larva aşamasında malzeme üzerine yerleşmekte ve odun içine girmektedirler. Başkalaşım(metamorfoz) yolu ile ağaç malzeme içerisinde genç ergine dönüşmekte ve açtıkları kalker tüneller(galeriler)le ağaç malzemeyi delik-deşik etmektedirler. Giriş delikleri 1-2 mm olduğundan, tahribat çıplak gözle pek farkedilememekte ve ağaç malzeme dışarıdan sağlam görünmektedir[53].

Yumuşak bir vücuda sahip olan erginleri solucana benzemekte ve başları sert bir çift kabuk(valva) ile çevrilmiş bulunmaktadır. Bu çift parçalı kabuğun hareketi ve bu kabukların üzerinde çizgi biçiminde yeralan çıkıntıların yardımıyla odun kazınmaktadır[54]. Kazınan odun parçacıkları simbioz bakteriler aracılığıyla sindirilmekte ve bir kısmı besin maddesi olarak kullanılmaktadır[55].

Hayvanın arka kısmında, su girişi ile solunum ve mikroorganizmalarla beslenmeyi sağlayan iç sifon; atık maddeler ile kullanılmış ürünlerin dışarı atılmasını sağlayan dış sifon yer almaktadır[56]. Bu iki sifonun hemen bitişiğinde ise, bir tehlike anında giriş deliklerini kapamayı ve sifonlar etrafında su akımı yaratmayı sağlayan bir çift palet bulunmaktadır. Hayvanın yumuşak vücutu, sifon ve paletlerin biçimi, tür teşhisinde büyük rol oynamaktadır.

Teredinidler 1-3 yıl canlı kalmakta ve yaşamlarını odun içinde geçirmektedirler. Bir yıl içinde ortalama olarak 25 - 30 cm boya , uygun koşullarda ise 1-2 m'ye ulaşabilmektedirler. Belirli bir bölgede herhangi bir odun-delici hayvanın bulunması deniz suyu sıcaklığı, tuzluluk, kirlenme ve uygun konukçu materyalin bulunması ile büyük ölçüde sınırlanmaktadır. Ayrıca, su derinliği, oksijen içeriği,



bulanıklık ve asılı organik madde miktarı da bu zararlıların yayılışını etkilemektedir[57]. Deniz suyunun yağ ve gres atıkları ile kirlenmesi teredinidlerin yaşamını tehlikeye sokmaktadır. Genel olarak, bir bölgenin farklı kısımlarında bile zararlıların yayılması ve tahribatı farklı olmaktadır.

Pholadlar dünya denizlerinde sınırlı bir dağılıma sahiptirler ve odunu yalnızca sığınak olarak kullanırlar. Pholadların *Martesia* ve *Lignopholas* cinsleri tuzlu ya da az tuzlu sular ile ılıman ve tropik bölge sularında görünmektedir[58].

Odun-delici Crustaceanlar ağaç malzemenin yalnızca yüzeye yakın kısımlarında galeriler açmaktadırlar. Hayvanlar galeri içinde ve dışında yaşayabilmektedir. *Limnoria* türleri odun yüzeyinde galeri açmakta ve solunumlarını bu yolla güvenceye almaktadırlar. Cheluridler yoğunluğu düşük odunlara zarar vermekte ve Limnoriidlerden daha geniş galeriler açmaktadırlar. Chelura, *Limnoria*'nın dışkılarıyla beslenmekte ve *Limnoria*'nın açtığı galerileri genişleterek kullanmaktadır. Limnoriidae türleri soğuk, ılıman ve yarı tropik bölge denizlerinde zararlı olmaktadır[59].

Ülkemizi çevreleyen sularda, değişik odun-delici hayvanlara rastlanabilmektedir. Bu hayvanlardan *Teredo navalis* ilk kez Marmaranın dip sularında Demir[60] tarafından belirlenmiştir. Berkel[61] İstanbul ve civarı sularda inşaat malzemesi olarak kullanılan çeşitli ağaç malzemelerin bu zararlı tarafından kısa sürede tahribine değinmiştir. Sekendiz[62], Doğu Karadeniz bölgesinde *Teredo navalis* zararını incelemiş ve bu türün Türkiye sularındaki varlığına dikkat çekmiştir. Pınar[4] ise, Amasra, Beykoz, Akbaş(Çanakkale), İzmir ve Mersin limanlarında saç ve odun levhalar kullanarak bir dizi deneme yapmış ve Teredinid grubundan *Nototeredo norvegica*'yı yoğun olarak, Isopoda takımından *Limnoria tripunctata* ve Amphipoda takımından *Chelura terebans*'ı az sayıda saptamıştır.



### 2.3. Mantarların Ağaç Malzeme Özellikleri Üzerinde Oluşturduğu Değişmeler

Mantar tahribatı sonucu, tahribatın derecesine göre ağaç malzemenin anatomik özelliklerinden kimyasal özelliklerine fiziksel ve mekanik özelliklerinden görünüş özelliklerine kadar tüm doğal yapısı az-çok değişime uğramaktadır. Bu değişim mantar türüne, çürüklük tipine, ağaç türü ve yapısına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Genel olarak, odun-tahripçisi mantarlar tarafından ağaç malzemenin bozundurulması sonucu oluşan değişmeler birbirine bağlı bulunmaktadır. Örneğin, ağaç malzemenin bozundurulması ile anatomik ve kimyasal yapı, ağırlık ve direnç özellikleri, ağaç malzemenin rengi ve kokusu değişime uğratılmaktadır. Makroskopik olarak rengi değişen malzemenin diğer özelliklerinin de değişmiş olacağı sonucu çıkarılmaktadır.

#### 2.3.1. Anatomik Yapıdaki Değişmeler

Mantar tahribatı ile ağaç malzemenin anatomik yapısı da değişime uğratılmaktadır. Özellikle anatomik yapıdaki değişim çürüklüğün ilk aşamalarında mikroskopik olarak pek belirgin olmamakta, % 5-10'luk ağırlık kayıplarında ise bu değişim mikroskopik olarak da kendini göstermektedir[63]. Anatomik yapıdaki değişimler çürüklük tipine bağlı olarak odunun hücre çeperi bileşenleri olan selüloz, hemiselülozlar ve ligninin değişik oranlarda tahribinden kaynaklanmaktadır.

Esmer çürüklük mantarları lümene bitişik S3 tabakasına zarar vermeden sekonder çeperin S2 tabakasını yoğun olarak bozundurmaktadır[64,65]. S3 tabakası çürümenin ileri aşamalarına kadar nispeten sağlam kalmakta, S1 ve bitişik orta lamel, S2 tabakası şiddetli tahrip edildikten sonra bozundurulmaktadır[66]. Geçirimli elektron mikroskop (TEM) çalışmaları, ışık mikroskobu ile elde edilen bu bulguları

doğrulamaktadır[67]. Esmer çürüklüğün ileri aşamalarında hücre çeperindeki değişimler incelmeden daha çok çökme olarak tanımlanmakta ve odun küp biçiminde parçalanmaktadır[68].

Beyaz çürüklük tipinde, mantar hüfleri hücre lümeni içinde gelişmekte ve S3 tabakasından orta lamele doğru ilerleyerek sekonder çeper tabakasını bozundurmaktadır [69,70]. Hüfler çoğunlukla jelatinimsi bir kılıf(sheath) ile örtülü bulunmaktadır. Bu koruyucu kılıf hüflerden biraz öteye uzanabilmekte ve hücre çeperini ilk olarak bozundurmaktadır[71,72].Beyaz çürüklük daha çok yapraklı ağaç odunlarında görünmektedir[73].

Mikromorfolojik çalışmalar simultane çürüklük mantarlarının sekonder çeperin S3 tabakasından orta lamele doğru ilerleyen bir incelemeye neden olduklarını göstermektedir [74,75].

Yumuşak çürüklükte ise diğerlerinden farklı olarak sekonder çeperin yalnızca S2 tabakası bozundurulmaktadır[76].

### 2.3.2. Kimyasal Bileşimdeki Değişmeler

Esmer çürüklük tipinde odun polisakkaritleri olan selüloz ve hemiselülozlar salgılanan enzimlerle ağır bir biçimde bozundurulmakta, lignin ise az da olsa tahrip edilerek değişime uğratılmaktadır[77,78]. Ana çatısı bozulmayan lignin kalıntı olarak bırakılmakta ve odunun rengi esmer kahverengine dönüşmektedir. Esmer çürüklükte yoğun depolimerizasyon sonucu odunun polisakkaritleri bozundurulduğu için, ağaç malzemenin direnci de hızlı ve şiddetli olarak düşmektedir. Polisakkarit kaybı öncelikle S2 tabakasında görülmekte ve S1 ile S3 tabakalarına doğru ilerlemektedir. Esmer çürüklüğe uğramış odunun suda ve özellikle %1'lik NaOH'deki çözünürlüğü sağlam odununkinden önemli derecede fazla olmaktadır[79]. Ayrıca, esmer

çürüklük nedeniyle odun polisakkaritlerinin ortalama polimerizasyon derecesi 1800-1200'den kademeli olarak 200-250'e %35 ağırlık kaybı ile düşmektedir[80]. Bu tip çürüklük çoğunlukla iğne yapraklı ağaç odunlarında görünmektedir.

Beyaz çürüklükde, önce lignin yoğun olarak bozundurulmakta daha sonra selüloz ve hemiselüloz tahrip edilmektedir[81-83]. Bu çürüklük tipinde, ağaç malzeme önce gri sonra beyazımsı bir renk almaktadır[84]. Bazı beyaz çürüklük mantarları lignin, selüloz ve hemiselülozları birlikte bozundururken, bazıları tercihen önce lignin ve hemiselülozları, daha sonra da selülozu bozundurmaktadırlar [85]. Lignin ve selülozun birlikte bozundurulması sonucu oluşan çürüklüğe "simultane çürüklük" denilmektedir. Bu durumda ağaç konstrüksiyon ya da tahkimatlar kısa sürede çökme ve kırılma ile karşı karşıya kalmaktadırlar[86].

Seçici olarak lignini metabolize eden mantarlar (white-pocket rot fungi) genellikle kısmi tahribata neden olmaktadır. Son zamanlarda otuza yakın mantarın böyle seçici bir lignin bozundurmasına neden oldukları saptanmıştır[87,88]. Bu tip mantarların mikrobiyolojik odun hamuru eldesi ve ağartma, orman ve tarım atıklarının hayvan yemine dönüştürülmesi ve etanol üretiminde kullanılması yönünde çalışmalar yürütülmektedir[89,90].

Yumuşak çürüklük ilk kez 1950 yılında Findlay ve Savory tarafından su soğutma kulelerinde ortaya çıkarılmıştır[91]. Bu çürüklüğe daha çok Fungi Imperfecti ve Ascomycet grubu mantarlar neden olmaktadır. Bu tip çürüklükde odunun polisakkaritleri bozundurulmakta ve lignin çok az tahrip edilmektedir. Yumuşak çürüklüğe uğramış odunun yüzeyi alt taraftaki sağlam odundan kesin bir sınır ile ayrılmakta ve bu çürüklük tipi genellikle yapraklı ağaç odunlarında görünmektedir[92].

### 2.3.3. Fiziksel Özelliklerdeki Değişmeler

Çürümüş ağaç malzemenin tüm fiziksel özellikleri az-çok değişime uğramaktadır. Mantar saldırısı sonucu mantar miselleri hücreden hücreye geçerken hücre çeperlerini deldiği ve geçit açıklıklarını genişlettiğinden, çürümüş ağaç malzeme sağlam olandan daha geçirgen olmakta ve absorpsiyon kapasitesi yükselmektedir. Ayrıca, öz ışınlarından oluşan hücreler de tahrip edilmekte ve böylece odun içinde sıvıların radyal akışı hızlanmaktadır[93].

Ağaç malzemenin higroskopik özellikleri de değişime uğramaktadır. En azından, ileri çürüklük aşamalarında bu durum sözkonusu olmakta ve çürümüş odunun denge rutubeti sağlam odununkinden % 1-2 derece daha az ve ender olarak daha yüksek olabilmektedir. Fakat bu durumun pratik bir önemi bulunmamaktadır[94].

Çürüklüğün ileri aşamalarında, ağaç malzemenin boyutsal stabilitesi özellikle esmer çürüklük tipinde az da olsa etkilenmektedir. Beyaz çürüklükte ise bu durum fazla gözlenmemektedir[93].

Çürüme ile ağaç malzemenin hücre yapısı bileşenleri mantarlarca kullanıldığı için bir ağırlık kaybı oluşmaktadır. Ağırlık kaybı çürümenin ilk aşamalarında fazla belirginlik göstermemekte, fakat ileri aşamalarda büyük oranlara ulaşmaktadır[95-97].

Çürümüş ağaç malzemenin çivi tutma yeteneği de çürümenin derecesine bağlı olarak düşmektedir.

### 2.3.4. Mekanik Özelliklerdeki Değişmeler

Ağaç malzemenin mantar tahribatı sonucu mekanik özelliklerindeki azalma üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların odak noktasını ise, malzemenin ağırlık kaybına karşılık gelen direnç azalması oluşturmuştur. Ağırlık kaybı ile direnç azalması arasındaki ilişki

çoğunlukla belirli mantarların küçük boyuttaki ağaç malzemeye aşılması ve belirli bir süre sonunda malzemenin test edilmesi esasına bağlı kalınarak ortaya konmuştur. Ancak ağaç türü, mantar tipi ve bu mantarın belirli sıcaklık ve bağıl nemde besin ortamına aşılmasını bekleme zamanı (inkübasyon periyodu), elde edilen sonuçların farklılığına neden olmaktadır. Ağaç malzemenin direnç özelliklerinde ağırlık kaybına oranla aşırı bir düşme olduğu uzun zamandır bilinmekte ve özellikle dinamik eğilme ya da şok direnci genel olarak çürümenin başlangıç aşamalarına en duyarlı direnç özelliği olarak kabul edilmektedir.

Bu konuda ilk çalışmalar Cartwright ve arkadaşları[98] tarafından ele alınmış ve Sitka Ladini bir esmer çürüklük mantarı olan *Trametes serialis* ile aşılmasını malzemenin elastiklik modülü ile kırılma modülü (modulus of rupture)'nde oluşan azalma incelenmiştir. 7 günlük inkübasyon sonucu bu değerlerde sırasıyla % 21 ve % 22, 49 günlük inkübasyon sonucu ise % 67 ve % 64 düşme saptanmıştır. Ağırlık kaybı ise yalnızca 18 günlük inkübasyondan sonra belirgin duruma gelmiştir.

Aynı yöndeki çalışmalar Liese ve Stamer[99] tarafından yapılmış ve çok az bir ağırlık kaybının büyük bir direnç kaybına neden olduğu ve çeşitli mantarların aynı ağırlık kaybında farklı direnç azalmalarına yol açtıkları saptanmıştır.

Cartwright ve arkadaşları[100] Dişbudak odununun *Polyporus hispidus* mantarı ile 8 haftalık inkübasyona bırakılması sonucu % 3.6 ağırlık kaybına karşılık elastiklik modülünde yaklaşık % 11 azalma oluştuğunu bulmuşlardır.

Scheffer[94] bir beyaz çürüklük mantarının etkisiyle %2 ağırlık kaybına uğrayan yapraklı ağaç odununda, maksimum yüklemdeki işin (şok direncinin) % 35, % 5 ağırlık kaybında yaklaşık % 50 ve % 10 ağırlık kaybında neredeyse % 60 düştüğünü bulmuştur. Scheffer çürümenin derecesini açıklamak için kontrol değerlerinin bir yüzdesi olarak ağırlık

kaybından daha çok özgül ağırlık kaybı terimini kullanmış ve özgül ağırlık yüzdesi ile ilgili olarak diğer özelliklerde daha düşük kayıplar belirlemiştir. % 2 özgül ağırlık kaybında elastiklik modülünün % 4, % 5 özgül ağırlık kaybında % 10 ve % 10 özgül ağırlık kaybında % 14; basınç direncinin % 6 özgül ağırlık kaybında % 14, % 10 özgül ağırlık kaybında % 20; sertliğin ise % 6 özgül ağırlık kaybında % 18, % 10 ağırlık kaybında % 25 azaldığını saptamıştır.

Scheffer ve arkadaşları[101] bir esmer ve bir beyaz çürüklük mantarı ile Ladin ve Douglas Göknarı odununun tahrip edilmesi sonucu, elastiklik modülü ve eğilme direnci azalmasının çok az bir ağırlık kaybında yüksek değerlere ulaştığını; esmer çürüklük mantarının özellikle dinamik eğilme direncini beyaz çürüklük mantarından daha fazla düşürdüğünü ortaya koymuşlardır.

Trendelenburg[102], 8.5x8.5x120mm boyutlu odun çubukları malt-agar besin ortamına aşıl原因 C.cerebella mantarının etkisine bırakmış ve 30 gün sonunda örneklerin tam kuru ağırlıkta dinamik eğilme(şok) dirençlerini ölçmüştür. Sonuçta, % 10 ağırlık kaybına karşılık dinamik eğilme direncinde % 70 - 80'lik bir azalma saptamıştır. Deneme sırasında, sağlam ve çürümüş örneklerin kırılma sesi ve biçimi de farklılık göstermiştir. Bu denemeden elde edilen sonuçta Ladin, Göknar ve Kayın örneklerde % 5 - 10 ağırlık kaybında dinamik eğilme direnci % 60 - 80'lik bir azalma göstermiştir. Ayrıca *Poria vaporaria* % 4.18'lik bir ağırlık kaybında % 80'lik, *C.cerebella* ise % 6.77'lik bir ağırlık kaybında % 84'lük bir dinamik eğilme direnci azalmasına neden olmuştur.

Pechman ve Schaile[103], Trendelenburg'un yöntemini kullanarak *Poria vaporaria*, *C.cerebella* ve *Merulius lacrymans* mantarlarının % 5 ağırlık kaybına karşılık dinamik eğilme direncini % 60 azalttıklarını belirlemişlerdir. Richards[104] iğne yapraklı bir ağaç türünde hem esmer hem



de beyaz çürüklük mantarlarıyla yaptığı bir çalışmada, % 1 ağırlık kaybına kadar dinamik eğilme direncinde % 50'den daha fazla bir azalma saptamış ve iki çürüklük tipi nedeniyle malzemenin direnç özelliğinde meydana gelen azalmanın çok farklı olmadığını belirlemiştir.

Mulholland[105], Sitka Ladininin *Poria monticola* etkisine 14 gün bırakılması ile çok direncinin % 13, eğilme direncinin % 26 azaldığını, bu arada elastiklik modülünde bir sapma olmadığını belirlemiştir.

Kennedy[106] çoğunluğu tropical yapraklı ağaç türlerinden oluşan odunlarla yaptığı çalışmada, kullanılan esmer çürüklük mantarlarının % 2 ağırlık kaybında maksimum yüklemdeki işi (çok direncini) % 50'den fazla, % 5 ağırlık kaybında % 75 düşürdüğünü belirlemiştir. Beyaz çürüklük mantarları ise aynı özelliği % 2 ağırlık kaybında yaklaşık % 30 ve % 5 ağırlık kaybında % 40 düşürmüştür. Yine aynı odun ve mantar türleri kullanarak yaptığı çalışmada, esmer çürüklük mantarlarının kırılma modülü üzerine etkisini beyaz çürüklük mantarlarından daha yüksek bulmuştur.

Armstrong ve Savory[107] yumuşak çürüklük mantarı *Chaetomium globosum*, esmer çürüklük mantarı *C. puteana* ve beyaz çürüklük mantarı *Polystictus versicolor* ile Batı Kayını (*Fagus sylvatica*) odununu kullanarak yaptıkları denemelerde, malzemenin dinamik ve statik eğilme direnci kayıplarının çeşitli inkübasyon periyodlarında ağırlık kaybına oranla çok fazla olduğunu bulmuşlardır. Özellikle % 3-4'lük ağırlık kaybında ağaç malzemenin dinamik eğilme direnci yaklaşık % 50-60 düşmüş, statik eğilme direnci azalması ise % 30-40 arasında kalmıştır.

Liese ve Pechman[108], yumuşak çürüklük mantarlarının çok direnci ve elastiklik modülü üzerine etkilerini incelemişler ve huş odununu Trendelenburg'un boyutlarına göre keserek denemişlerdir. Test mantarları olarak *C.globosum* ve *Trichoderma viride* kullanılmıştır. Ağırlık kaybı *C.globosum* için % 3, *T.viride* için % 6.5 olurken,



şok direncinin sırasıyla % 69.5 ve % 42.8, elastiklik modülünün ise % 80.4 ve % 79.7 azaldığını saptamışlardır.

Benzer sonuçlar Liese ve Ammer[109] tarafından yapılan denemelerde bir kez daha alınmış, *C.globosum* ve *Paecilomyces* % 5 ağırlık kaybında ortalama % 50'lik bir direnç azalması, *T.viride* ise % 1'lik ağırlık kaybında % 40'lik bir şok direnci azalmasına neden olmuştur.

Kennedy ve Ifju[110], liflere paralel çekme direncinde hem esmer hem de beyaz çürüklük mantarlarının etkisi sonucu oluşan azalmayı yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunlarında çalışmışlar ve bir regresyon analizi ile liflere paralel çekme direnci üzerine esmer çürüklük etkisinin sert odunlarda yumuşak odunlardan daha büyük olduğunu göstermişlerdir.

Gillwald ve Michalak[111] bir yapraklı ağaç odununda, 2 esmer çürüklük mantarının tahribatı sonucu % 7-9 ağırlık kaybında, dinamik eğilme direncindeki kaybı % 43-45 arasında, statik eğilme direncindeki azalmayı % 2 ağırlık kaybında % 5, % 5 ağırlık kaybında % 16 ve % 8 ağırlık kaybında % 36 bulmuşlardır.

Henningson[112] esmer ve beyaz çürüklük mantarlarını kullanarak bir yapraklı ağaç odununun dinamik eğilme(şok) direncini ölçmüş ve % 5 ağırlık kaybında her iki çürüklük mantarının direnç üzerinde benzer etkilere sahip olduğunu, % 10 'dan fazla ağırlık kaybında esmer çürüklük mantarının beyaz çürüklük mantarından daha büyük direnç kaybına neden olduğunu belirlemiştir. Beyaz çürüklük mantarları % 1 ağırlık kaybında yaklaşık % 20, % 6 ağırlık kaybında % 50 ve % 9 ağırlık kaybında % 60 dinamik eğilme direnci kaybına neden olurken esmer çürüklük mantarları aynı ağırlık kayıplarında dinamik eğilme direncini sırasıyla % 6, % 50 ve % 70 düşürmüşlerdir.

Esmer çürüklük mantarı *Lenzites trabea* tarafından tahrip edilmiş *Pinus densiflora* odunu üzerinde çalışan Mizumoto[113], % 2 ağırlık kaybında eğilme direncinin % 5, %

5 ağırlık kaybında % 16 ve % 9 ağırlık kaybında % 36 ; basınç direncinin % 2 ağırlık kaybında % 10 ve % 5 ağırlık kaybında % 22 ve % 9 ağırlık kaybında % 42 ; liflere paralel makaslama direncinin % 1 ağırlık kaybında yaklaşık % 2, % 3 ağırlık kaybında % 5 ve % 7 ağırlık kaybında % 13 ; sertliğin ise % 4 ağırlık kaybında % 7, % 8 ağırlık kaybında % 21 azaldığını bulmuştur.

Schultze-Dewitz[114], 12x1x1 cm boyutundaki çeşitli çam örneklerini Basidiomycet sınıfından altı esmer çürüklük mantarının etkisine bırakmış; ağırlık kaybı ile şok direnci arasındaki korelasyonu çok sıkı, elastiklik modülü ile ağırlık kaybı arasındaki korelasyonu ise zayıf bulmuştur.

Brown[115], PCP ve TBTO ile emprenye edilmiş *Pinus ponderosa* odununun *Lenzites trabea* ile 10 günlük inkübasyonu sonucu liflere paralel çekme ve makaslama direncinin çok az kayba uğradığını emprenyesiz kontrol örneklerinde ise liflere paralel çekme direncinin yaklaşık % 75, makaslama direncinin ise yaklaşık % 60 azaldığını saptamıştır.

Kirk ve Schultze-Dewitz[116], odunu koruyucu maddelerin Ascomycet, Fungi Imperfecti ve Basidiomycet'lere karşı denenmesinde elastiklik modülü ve şok direncinin bir ölçüt olup olamayacağını araştırmışlardır. Bu amaçla 12x1x1 cm boyutlarında hazırladıkları kayın ve çam örneklerden onikişer çubuk alarak bunları Xylamon Nature, Hylotox IP, Donalith UA11, Donalith SF, PCP ve Na-PCP ile emprenye etmişlerdir. Emprenyeli ve kontrol kayın örneklerini yumuşak çürüklük mantarlarından *C.globosum*, *Paecilomyces* ve *Ceratocystis*; çam örneklerini Basidiomycet sınıfından *C.cerebella*, *Poria vaporaria* ve *Lentinus lepideus* ile inkübasyona bırakmışlardır. Testler TGL 14 140 nolu standarda göre tam kuru ağırlıkta yürütülmüş ve sonuçta, yumuşak çürüklük mantarlarının etkisiyle % 5'lik bir ağırlık kaybına karşılık şok direncinde % 42'lik bir azalma kaydedilirken, Basidiomycet'ler için % 58'lik bir direnç azalması sözkonusu

olmuştur. Elastiklik modülü ise sırasıyla % 18 ve % 47 azalmıştır. Bu sonuçlar, Schultze-Dewitz tarafından yapılan bir başka çalışma ile onaylanmıştır[117].

Glos[118], ladin yapı odununda böcek ve mantar etkisiyle oluşan direnç azalmalarını incelemiş ve her iki zararlının da eğilme ve elastiklik modülünü önemli derecede düşürdüğünü saptamıştır.

Toole[119], esmer çürüklük mantarlarının % 2'lik ağırlık kaybına karşılık liflere dik basınç direncindeki kaybının % 18'e ulaştığını ve çürüme ile orjinal ağırlıktaki çok küçük bir azalmanın odun direncinde önemli bir düşmeye neden olduğunu göstermiştir[120].

Bariska ve arkadaşları[121], çürüme sonucu burulma modülü ve mekanik sönüm(titreşim genliğinin zamanla azalması) değişimini kayın, ladin ve çam odunu örneklerinde çalışmışlar ve 200x10x6 mm'lik örnekleri beyaz çürüklük mantarlarından *Trametes versicolor* ve esmer çürüklük mantarlarından *C. puteana* ile *Poria monticola*'nın etkisine bırakmışlardır. Ladin ve çam örneklerde % 13'lük ağırlık kaybına karşılık burulma modülünde % 60'lık bir azalma, Kayın örneklerde ise, % 33'lük ağırlık kaybına karşılık % 40'lık bir azalma bulmuşlardır.

Wilcox[122] tarafından yapılan bir derlemede şok direnci, statik eğilme direnci, elastiklik modülü, liflere dik ve paralel basınç direnci ile liflere paralel çekme ve makaslama dirençleri ve sertliğin, düşük ağırlık kayıplarına karşılık yukarıdaki sırada azalacağı sonucuna varılmıştır. Ağırlık kaybı esas alınarak % 1'den % 10'a kadar olan ağırlık kayıplarında ağaç malzemenin direnç özelliklerindeki azalma bir tablo haline dönüştürülmüştür(Tablo 8).

Yukarıda değinilen tüm çalışmalar laboratuvarda standart test yöntemleriyle yapılmış ve sonuçlar seçilen bir mantar türünün belirli bir inkübasyon periyodunda oluşturduğu tahribata göre değerlendirilmiştir. Oysa hizmetteki ağaç malzeme çok daha farklı boyutta ve çeşitli

koşulların etkisinde kalmaktadır. Bu nedenle hizmetteki odunun kullanım yerinde ne kadarlık bir tahribata uğrayacağı ve bunun sonucunda direnç özelliklerinin ne kadarını kaybedeceğini ortaya koymak ancak uygulamalı denemeler ile gerçekleştirilebilir.

Tablo 8. Esmer ve Beyaz Çürüklüğün İlk Aşamalarında Sağlam Örneklerin Yüzdesi Olarak İğne Yapraklı ve Yapraklı Ağaç Odunlarındaki Tahmini Direnç Kayıpları

Çürüklük Tipi	Ağaç Türü	Ağırlık Kaybı(%)	Şok Direnci	Eğilme Direnci	Maksimum Yüke İs	Kırılma Modülü	Elastiklik Modülü	Liflere Dik Basınc	Liflere Paralel Basınc	Paralel Çekme	Paralel Makaslama	Sertlik
E S H	İ.Y.A.	1	20-38	-	-	-	-	-	-	-	2	-
		2	20-50	5	27	13-50	4-55	18-24	10	23-40	-	-
		4	25-55	-	-	-	-	25-35	-	-	6	7
		6	62-72	16	-	61	66	48	25	60	-	-
		8	78	-	-	-	-	48-60	-	50	15	21
10	85	36	-	70	-	66	45	-	20	-	-	
E R	Y.A.	1	6-27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	31-50	-	54	32	-	6-10	-	56	-	-
		4	60-70	-	69	49	-	-	-	-	-	-
		6	80	-	75	61	-	16-25	-	-	-	-
		8	9-89	13-34	-	-	-	19	-	62	-	-
10	70-92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B E Y	İ.Y.A.	1	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	10-20	-	4-36	-	-
		4	-	-	-	-	-	-	-	8-43	-	-
		6	75	-	-	-	-	32-61	-	10-49	-	-
		8	-	-	-	-	-	-	-	14-58	-	-
10	85	-	-	-	-	-	-	20-63	-	-		
A Z	Y.A.	1	21	-	-	-	-	4	-	-	-	-
		2	26	-	28-35	13-14	4	5	-	22-42	-	-
		4	44-70	-	38	20	-	-	-	17-44	-	-
		6	50-75	-	45-53	20-27	10	12-27	14	12-58	-	18
		8	-	-	-	-	-	-	-	14-49	-	-
10	60-85	-	58	24	14	35	20	20-50	-	25		

Yukarıda değinilen tüm çalışmalar laboratuvarında standart test yöntemleriyle yapılmış ve sonuçlar seçilen bir mantar türünün belirli bir inkübasyon periyodunda oluşturduğu tahribata göre değerlendirilmiştir. Oysa hizmetteki ağaç malzeme çok daha farklı boyutta ve çeşitli koşulların etkisinde kalmaktadır. Bu nedenle hizmetteki odunun kullanım yerinde ne kadarlık bir tahribata uğrayacağı ve bunun sonucunda direnç özelliklerinin ne kadarını kaybedeceğini ortaya koymak ancak uygulamalı denemeler ile gerçekleştirilebilir.

Bu düşünceden yola çıkılarak özellikle Güney Afrika altın madenlerinde kullanılan ağaç malzemeler üzerinde uygulamalı denemeler yapılmıştır.

Hall[123], 13 cm çapında, 90 cm uzunluğundaki Akasya ve Ökalyptüs direkleri çeşitli koruyucu maddelerle emprenye ederek 18 ay süreyle çürümenin hızlı olduğu bir maden ocağına bırakmış ve bu süre sonunda örneklerdeki direnç kayıplarını belirlemiştir. Bu denemede, bakır sülfat + sodyum dikromat, çinko sülfat + sodyum silikat ve borik asit + boraks karışımları kullanılmıştır. Deneme süresi sonunda hem emprenyeli hem de emprenyesiz örnekler üzerinde küf mantarları gözlenmiş ve emprenyesiz kontrol örnekleri üzerinde pek çok Basidiomycet mantarı görülmüştür. Basidiomycet'li örneklerde yapılan ölçümler sonucu, bu örneklerdeki direnç kaybının en fazla olduğu ve mantarların etkisiyle ağaç malzeme rutubetinin yükseldiği belirlenmiştir. Mantar tahribatına uğramamış emprenyeli örneklerde ise direnç kaybı kaydedilmemiş ve işlemsiz Ökalyptüs örneklerdeki eğilme direnci kaybı % 40, Akasya örneklerdeki kayıp % 27 olmuştur.

Hall[124], yine 90 cm uzunluk ve 13 cm çapa sahip direkleri, önce sterilize etmiş daha sonra yarısını test mantarları ile inkübasyona bırakmış ve diğer yarısını kontrol örneği olarak ayırmıştır. Odun-tahripçisi aşılansmış Ökalyptüs direklerde bir yıl sonra % 17'lik, Akasya direklerde ise % 8'lik bir direnç kaybı belirlemiştir.

Hall[125] tarafından yapılan bir başka araştırmada, sabit yük altındaki ağaç malzemenin basınç direncindeki azalmalar incelenmiş ve 4-4.5 ay 15-20 tonluk yük altında bırakılan 150x13 cm boyutlu Akasya ile 170x10 cm boyutlu Ökalyptüs odunlarının basınç direnci kaybı Akasya için ortalama % 10, Ökalyptüs için ortalama % 20 olmuş ve özellikle Basidiomycet mantarlarının etkisiyle oluşan direnç kaybı yüksek bulunmuştur.

Toker[3], Ökalyptüs(E.rostrata) ağacının maden direği olarak teknik özelliklerini incelemiş ve % 20-40 rutubette, öz odunu fazla Ökalyptüslerden hazırlanan maden direklerinin 18 ay maden ocağında bekletilmesi sonucu, bu direklerin 10 ile 18 ay çürümeden dayandığını belirlemiştir.

#### 2.3.5. Görünüş Özelliklerindeki Değişmeler

Çürümüş bir ağaç malzemedeki gözle görülen ilk değişim renk ve parlaklıkta olmaktadır. Çürümüş malzemenin yüzey parlaklığı gitmekte ve ağaç malzeme donuk-mat bir görünüm almaktadır. Ağaç malzemenin rengi de, esmer çürüklük tipinde esmer kahverenginin anormal sönük bir tonuna, beyaz çürüklük tipinin ileri aşamalarında ise ağarmış-gölgeli bir renge bürünmektedir. Ayrıca, mantar saldırısına uğramış ağaç malzeme benekli bir görünüm almaktadır[126].

Renk ve parlaklık dışında, ağaç malzeme mantar saldırısı nedeniyle yumuşatılmakta ve tırnak ya da çakı ucu ile yapılan kontrol sonucu bu durum kolayca anlaşılmaktadır.

#### 2.4. Denizel Odun-Delici Hayvanların Ağaç Malzemedeki Oluşturduğu Değişmeler

Teredinidler ağaç malzemeyi hem sığınak hem de besin maddesi olarak kullanmaktadırlar. Ağaç malzeme, bu hayvanların barsaklarında bulunan bakteriler aracılığıyla sindirilmekte ve özellikle selüloz besin maddesi olarak değerlendirilmektedir[127]. Bunun dışında, ağaç malzeme ilk önce liflere dik, daha sonra ise liflere paralel biçimde zararlı hayvanlar tarafından galeriler açılması nedeniyle tahrip edilmektedir. Böylece, denizde bulunan malzemenin denizel odun-deliciler tarafından tahribi sonucu, bir değişmeden daha çok yoketme sözkonusu olmaktadır. Bu durumda, ağaç malzemenin çürükçül mantarlardan farklı olarak denizel zararlılar tarafından tamamen tahribini gösterir.



## 2.5. Ağaç Malzemenin Mantarlara ve Denizel Zararlılara Karşı Korunması

### 2.5.1. Mantarlara Karşı Koruma

Madencilikte alışılmış biçimde doğal olarak kullanılan ağaç malzemenin en büyük sakıncası, bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı aşırı duyarlı ve doğal dayanıklılığının oldukça kısa olmasıdır. Özellikle odun-tahripçisi mantarların gelişme ve yayılmasına uygun rutubet ve sıcaklığa sahip ocaklarda korunmasız ağaç malzeme bir ya da iki yıl dayanabilmektedir. Beyaz meşe ve çam özodunu ise 3-4 yıl kadar sağlam kalabilmektedir[128]. Birkaç farklı kottan gelen rutubetli-kirli havanın bulunduğu nefesliklerde ise doğal malzeme 5-6 ay kullanılabilir. Madencilikte kullanılan ağaç malzemeyi mantar tahribatına karşı korumanın bir yolu, malzemeyi çok yaş ya da kuru tutmaktır. Çok yaş ya da % 20 rutubetin altındaki ağaç malzemeye bitkisel organizmalar zarar verememektedirler [129]. Ağaç malzemeyi maden ocağında çok yaş tutmak için sürekli ıslatmak, çok kuru tutmak için ise havalandırmayı mükemmel yapmak gerekmektedir. Her iki çare de, pratik ve ekonomik olarak uygulanması mümkün olmayan önlemlerdir. Bunların dışında, doğal dayanıklı türlerin maden ocaklarında kullanımı düşünülebilir. Fakat Kestane ya da Servi gibi doğal dayanıklı cinslerin her zaman ve yeterli miktarda temini sorun olmaktadır.

Yukarıdaki önlemler dışında, ağaç malzemeyi korumanın en etkili yolu emprenye işlemidir. Uygun yöntem ve koruyucu maddeler kullanılarak yapılan bir emprenye işlemi ile ağaç malzemenin dayanma süresi 12-15 yıla kadar çıkabilmektedir [130]. Emprenyesiz ağaç malzemenin yenilenmesi ile doğacak maliyet yanında, emprenye işleminin getireceği maliyet önemli olmamaktadır. Genel olarak emprenye giderleri ağaç malzemenin maliyetini % 20 oranında artırmaktadır[131]. Buna



karşın, dayanma süresinin birkaç kat artması ile ekonomik açıdan bu maliyet sıfırlanmaktadır[132]. Emprenye işleminde önemli olan ekonomik yönden en ucuz, kolay ve etkili yöntem ve koruyucu emprenye maddesi seçimini yapabilmektir.

Madenlerde kullanılacak bir koruyucu madde seçiminde gözönünde bulundurulması gereken belli-başlı etkenler şöyle sıralanabilir[128,129]:

- a) Bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı zehirli olmalıdır,
- b) İnsan sağlığını olumsuz etkilememelidir,
- c) Yangın riskini artırmamalı ve yandığında zehirli gazlar ve buharlar yaymamalıdır,
- d) Taşınması, hazırlanması ve nakliyesi kolay ve güvenli olmalıdır,
- e) Çelik tahkimata korozif etkide bulunmamalıdır,
- f) Islak ve kuru koşullarda kullanılabilirmeli ve yıkanmaya karşı dirençli olmalıdır,
- g) Ağaç malzemenin mekanik özelliklerini olumsuz etkilememelidir,
- h) Ekonomik olmalıdır.

Aranan bu özelliklerin hepsini karşılayan bir koruyucu bulmak gerçekten zordur ve bu nedenle emprenye maddelerinin madencilikte kullanımı sınırlı kalmaktadır.

Emprenye maddelerinin ilk sınıfını oluşturan katran yağları[133] ve özellikle en çok kullanım alanı bulan kreozot[134,135], zehirli kokusu, fenol içermesi nedeniyle kanserojen etkisi, deri hastalıklarına neden olması ve tutuştuğunda hızla yanıp zehirli gazlar oluşturması nedenleriyle madencilik faaliyetlerinde kullanılmamaktadır. Ancak, çürümenin çok şiddetli olduğu ve yangın riskinin bulunmadığı bazı yerlerde kreozot kullanılabilir.

Emprenye maddelerinin ikinci ve önemli bir sınıfını oluşturan organik solventler[136] ise, birçok amaç için uygun bulunmaktadır. PCP, bakır ve çinko naftenat, Cu-8-kinolinolat ve tributilkalayoksit(TBTO) gibi son yılların gözde koruyucularını içine alan bu sınıf emprenye maddeleri, yangın riskini artırmaları ve çok pahalı olmaları nedenleriyle madencilikte tercih edilmemektedir.

Koruyucu emprenye maddelerinin üçüncü sınıfını suda çözünen tuzlar oluşturmaktadır. Bu tuzlar ya tek tek ya da çoğunlukla karışım halinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Rutubeti LDN noktasına kadar olan ağaç malzemeye uygulanabilmeleri, kokusuz olmaları, yangın riskini artırmamaları, kuru tuz biçiminde kolay nakledilip su ile hazırlanabilmeleri, nispeten ekonomik olmaları[137] bu tip emprenye maddelerinin madencilikte tercih edilmesini sağlamaktadır. Fakat, kolay yıkanma ve çelik tahkimata korozif olma özellikleri suda çözünen tuzların özellikle tek başına kullanımını sınırlamaktadır. Çinko klorür, çinko sülfat, bakır sülfat, alkali florürler arsenik ve bor tuzları gibi çok iyi bilinen koruyucular bu nedenle tek başlarına istenmemektedirler. Bu sakıncalı özellikler, değişik kimyasal maddeler ilavesi ile giderilebilmektedir.

%2'lik Borik asit + Boraks karışımı ucuz ve etkili bir emprenye maddesidir. Ayrıca içerisinde Sodyum florür( $\text{NaF}$ ), Sodyum dikromat( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), Dinitrofenol( $\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2\text{OH}$ ) bulunan tuzlar da madencilik açısından uygun tuzlardır. %2'lik  $\text{NaF}$  ve  $\text{ZnCl}$  çözeltileri de iyi sonuç vermektedir[128].

Güney Afrika altın madenlerinde, altın ekstraksiyonunun bir yan ürünü olan çinko sülfat yaygın olarak kullanılmaktadır. Çinko sülfatın sakıncalı özellikleri nedeniyle sodyum silikoflorit katılmakta, ayrıca bakır sülfat + sodyum dikromat karışımı da tercih edilmektedir[48]. Toksik sınırları belirlemek amacıyla % 2 Bakır sülfat + %1.1 Sodyum dikromat, % 1 Bakır sülfat + % 0.55 Sodyum dikromat, % 5.4 Çinko sülfat + % 0.6 Sodyum florosilikat ve % 1.5 Borik asit + % 1.5 Boraks karışımlarının kullanıldığı bir denemede, 18 ay sonunda tüm direklerde küf mantarlarının geliştiği, en yoğun küflenmenin Çinko sülfat + Sodyum florosilikat ve Boraks işlemlili direklerde olduğu gözlenmiştir[111]. Direklere kireç püskürtmenin hiç bir yararı olmadığı da saptanmıştır[47]. Bakır/Krom/Bor karışımı ile Kromlu Çinko Klorit ise şiddetli termit saldırısına

karşı yetersiz kalmaları nedeniyle pek kullanılmamaktadır [138].

Suda çözünen tuz karışımlarından Bakır/Krom/Bor ya da Arsenik karışımları ile Flor/Krom/Arsenat/Fenol karışımları hemen hemen istenen tüm özellikleri karşılamaktadır. Fakat arsenik içeren formülasyonlar insan sağlığına zararlı olduğu için pek tercih edilmemekle beraber, İngiltere ve Almanya gibi gelişmiş ülkelerin madenlerinde, arsenik oranı çok düşük CCA tipi emprenye maddeleri ile bazı özel yanmayı geciktirici maddeler kullanılmaktadır[139]. Polivalan 1173 ve 1193 ; amonyum sülfat, borik asit, boratlar, florür ve florosilikatlar ile fosfatların karışımından oluşturulmuş bir koruyucu maddedir. İngiltere madenlerinde en çok kullanılan emprenye maddeleri 'Fyreprufe' ticari adlı kimyasaldır. Çift amaçlı olan bu emprenye maddesinin % 94'ü yanmayı geciktirici tuzlardan ve % 6'sı çürümeyi önleyici sodyum florit ile sodyum kromattan oluşmaktadır[10].

Kapalı maden ocaklarındaki mantar tahribatına karşı uygulanacak emprenye yöntemleri ise kullanım yerine göre az-çok değişim gösterebilmektedir.

Basit yöntemler, çoğunlukla 1-2 mm'lik yüzeysel korumanın yeterli olduğu koşullarda kullanılmaktadır[140]. Oysa, çürümenin şiddetli olduğu maden ocaklarında yüzeysel bir koruma yeterli olmamaktadır. Yine de, çürümenin şiddetli olmadığı bazı maden ocaklarında sıcak-soğuk açık tank yöntemi yeterli bir nüfuz derinliği ve koruma açısından pratik ve ekonomik olabilmektedir. Daha etkili bir koruma için basınçlı yöntemlerin uygulanması gerekmektedir. Kazanda basınç yöntemlerinden Dolu Hücre ve Boş Hücre yöntemleri bu amaç için en uygun yöntemler arasında yer almaktadır.

Almanya kömür madenlerinde, genellikle CCA ve CCB tuzlarının kullanıldığı ve bu tuzların kazanda basınç yöntemleriyle ağaç malzemeye emdirildiği bildirilmektedir [141].

### 2.5.2. Denizel Zararlılara Karşı Koruma

Deniz içerisinde doğal olarak kullanılacak ağaç malzemenin dayanıklı türlerden seçilmesi denizel odun-delici hayvanların tahribatına karşı az-çok etkili olabilmektedir. Özellikle eterik yağ ya da silis içeren ağaç türleri dayanım açısından diğerlerine göre daha fazla dayanmaktadırlar[26]. Yurdumuzda deniziçi yapı malzemesi olarak yaygın kullanılan çam, meşe, kestane ve servi ağaçları bu zararlılara karşı tamamen korunamamaktadır. Fakat, servi ve kestane odununun diğer türlere göre daha fazla dayandıkları belirtilmektedir. Ayrıca, Sarıçam ve Karaçam iskele direklerinin temiz sularda ortalama 5 yıl, zararlıların yoğun olduğu sularda 2-3 yıl, Haliçin kirli sularında ise 8-10 yıl dayandığı gözlenmiştir [61]. Sekendiz[62] tarafından Doğu Karadeniz sularında yapılan denemelerde, sarıçam, ladin, kızılmeşe, meşe, kayın ve kestane'den hazırlanan blokların *Teredo navalis*'e karşı dayanıklı olmadığı saptanmıştır.

Ağaç malzemenin beton, metal ve plastik maddelerle sarılması ya da demir, çinko, bakırdan yapılmış çivilerin malzemeye sık bir biçimde çakılması da koruma önlemi olarak etkili olabilmektedir[142].

Küçük balıkçı teknelerinin omurga kısımlarının zehirli boylarla boyanması ya da bu kısımların dayanıklı ağaç türlerinden hazırlanmış yalancı omurgalarla takviye edilmesi halen yurdumuzun özellikle Karadeniz bölgesinde uygulanan basit koruma yöntemleri arasında yer almaktadır[62].

Yukarıda sayılan basit ve pratik koruma önlemleri dışında, deniz içinde kullanılan ağaç malzemeyi uzun süreli ve güvenli korumanın en etkili yöntemleri, ağaç malzemeyi uygun kimyasallarla emprenye etmektir. Bu amaç için en çok kullanılan emprenye maddesi kreozot olmuştur.

Kreozotun ağaç malzemeye basit yöntemlerle uygulanması yeterli bir koruma sağlayamamakta, bu nedenle kazanda basınç yöntemleri kullanılmaktadır. Fakat, bazan kreozotla emprenye

edilmiş ağaç malzemedede bile tahribat görülebilmektedir. McQuire[143], kreozot işlemlili odunun olası başarısızlığını yetersiz tutunma miktarına, kreozotun değişken yapısına ve denizel çevrede bulunan odun-delici tür ve yoğunluğuna bağlamaktadır.

Avrupa'daki sularda önerilen kreozot tutunma miktarı yaklaşık  $320 \text{ kg/m}^3$ , BWPA'nın önerdiği tutunma miktarı ise ağaç türüne göre  $160-400 \text{ kg/m}^3$  arasında seyretmektedir[144]. Bu tutunma miktarlarındaki kreozot işlemlili sularda yeterli korumayı sağlamaktadır. Tropik sularda ise, daha fazla tutunma miktarı gerekmektedir. Amerika'da yapılan araştırmalar, düşük kreozot tutunma miktarının ( $128-256 \text{ kg/m}^3$ ) etkili olmadığını ve özellikle kömür katranı kreozotunun *Limnoria tripunctata*'ya karşı uzun zamanda başarılı olamadığını ortaya koymuştur[145]. Kömür katranı kreozot ile  $480 \text{ kg/m}^3$  tutunma miktarına sahip yumuşak odunlar kullanılarak yürütölen testlerde[146], 12 yıl sonra şiddetli *Limnoria* tahribatı görölmüştür.  $272-320 \text{ kg/m}^3$  kreozot tutunma miktarlarının ökaliptus ağacında en iyi sonuçlar verdiği, fakat  $270 \text{ kg/m}^3$ 'den daha az tutunma miktarına sahip yumuşak odunların *Limnoria* yokluğunda bile Avustralya sularında yeterli korumayı garantilemediği gözlenmiştir[147].

Deniz içinde kullanılan odunun zararlılara karşı korunmasında, kreozottan sonra en çok suda çözünen tuzlar kullanılmaktadır. Suda çözünen tuzlarla pek çok test yapılmış ve CCA(Bakır/Krom/Arsenik), ACA(Amonyaklı bakır arsenit), ZCA(Çinko/Krom/Arsenik) ve ZCCA(Çinko/Bakır/Krom/Arsenik) tuzları, tutunma miktarlarındaki artışa koşut olarak denizel odun zararlılarına karşı etkili sonuçlar vermiş, fakat genellikle bakır içeren tuzlardan daha iyi sonuç alınmıştır[148]. İsveç'de Sarıçamın bakır içeren 13 tuz formölasyonu ile emprenyesi sonucu yürütölen denemelerde, 6.5 yıl sonra Bakır/Krom, Bakır/Krom/Arsenik ve Bakır/Krom/Bor formölasyonları başarılı sonuç vermiştir[149]. 1969 yılından beri Amerika Orman Ürünleri Laboratuvarınca

yürütülen karşılaştırmalı denemelerin 1988 yılı sonuçlarına göre[150], CCA tipi koruyucular yüksek tutunma düzeylerinde (30-40 kg/m<sup>3</sup>) kreozottan daha iyi koruma sağlamıştır. Aynı sonuçlar, ACA işlemlili örneklerden de alınmış, fakat CCF (Kromlu bakır florat) hem aşınma hem de Limnoria'ya karşı CCA kadar iyi sonuç vermemiştir.

Yurdumuzda emprenyeli ağaç malzemenin denizel zararlılara karşı kullanım denemeleri Pınar[4] tarafından bakır naftenat ve küçük odun panelleri kullanılarak yapılmış, bakır naftenatın ağaç malzemeye basit vakum işlemi ile emdirilmesi sonucu, örneklerin sağlam kaldığı belirtilmiştir.

### 2.5.3. Ağaç Malzemenin Direnç Özellikleri Üzerine Emprenye Yöntem ve Koruyucu Maddelerin Etkisi

Ağaç malzemenin gerek emprenyeden önce uğradığı ön işlemler(buharlama ve delgi gibi) gerekse emprenye işleminde uygulanan basınç, sıcaklık ve bunların süreleri direnç özelliklerinde bir miktar düşmeye neden olmaktadır[151].

Ağaç türüne uygun buhar sıcaklığı seçilmedikçe ve işlem süresi yeterince kısa tutulmadıkça, ağaç malzemenin direncinde ciddi bir zayıflama görülmektedir. Ayrıca, yüksek basınç ve sıcak emprenye maddesi özellikle düşük yoğunluklu ağaç malzemenin hücrelerinde kollaps(hücre çökmesi)'a neden olabilmekte, bu da direnci düşürmektedir[151].

Genel olarak emprenye işlemleri önerilen sıcaklık ve koruyucu konsantrasyonu ile yürütüldüğünde, ağaç malzemenin direnci önemli derecede değişmemektedir. Ancak, yüksek konsantrasyonlu suda çözünen tuzlar ve özellikle yanmayı geciktirici maddeler higroskopik olduklarından, ağaç malzemenin denge rutubeti yükselmekte ve dolayısıyla direnç düşmektedir[152].

Koruyucu maddelerin odunun direnç özellikleri üzerine etkileriyle ilgili ilk yayınlar 19. yüzyılın sonlarına doğru yapılmıştır. Tetmajer[153], çinko klorür ve bakır vitriol



(göztaşı) ile emprenyeli çam, melez ve ladin odunlarının basınç ve eğilme dirençlerini araştırmış ve önemli bir değişme bulamamıştır. Hatt[154], katran yağı ve çinko klorür ile emprenye edilmiş odunların direncini; Luther[155] ve Wilson ve Bateman[156] çinko klorürün etkisini; Wilson[157], kreozotun etkisini incelemişlerdir.

Thunnel[158], Boliden K-33 ve katran yağı kullanarak kazanda basınç yöntemiyle çam odunlarını emprenye etmiş, 7 ay beklettikten sonra statik ve dinamik eğilme direnci ile basınç direncindeki değişimleri araştırmıştır. Boliden K-33 tuzunun odunun basınç direncini artırırken eğilme direncinde bir etkiye sahip olmadığını, fakat katran yağının bu dirençleri % 5 oranında artırdığını belirlemiştir.

Czeviedajev[159], çeşitli emprenye maddelerini kızgın durumda kullanarak huş odununu emprenye etmiş ve tuz preparatların basınç direncini etkilemediğini, fakat yağ preparatlarının basınç direncini ortalama % 6 azalttığını ve sonuçta bu değişmelerin istatistiksel anlamda önemli olmadığını saptamıştır.

Schultze ve Stamer[160], 122 odun koruyucunun çeşitli zamanlarda ağaç malzemenin basınç direnci üzerine etkilerini araştırmışlar ve yalnızca 18 preparatta elde edilen farklılığın % 20 sınır değerini aştığını bulmuşlardır.

Perkitny ve Chodzicki[161], sodyum florosilikat ve Flurasil maddelerinin çam odununun basınç ve eğilme direncini 3 ay ve 18 yıl bekletmeden sonra değiştirmedeğini saptamışlardır.

Stabnikov[162], antrasen ile emprenyeli çam, ladin, göknar, huş ve kavak odunlarının mekanik özelliklerini araştırmış, basınç direncinin % 6-40, eğilme direncinin % 10-22 arasında arttığını bulmuştur.

Kollman[163], maden ocaklarında suda çözünen tuzlarla emprenyeli olarak kullanılan çam ve ladin odununun eğilme, çekme ve şok direncinde az miktarda azalma, fakat basınç direncinde az miktarda artma olduğunu gözlemiştir.



Gillwald[164], çam ve kayın odununun basınç, eğilme ve çekme direncini UA tuzları ve taşkömürü katran yağı ile emprenyeden sonra araştırmış; katran yağının basınç direncini % 10, tuzların ise yalnızca önemsiz miktarda artırdığını; eğilme direncini katran yağlarının artırdığını, suda çözünen tuzların ise azalttığını belirlemiştir.

Burmester ve Becker[152] ladin, çam ve kayın odunlarını 10 çeşit tuz ve 3 çeşit katran yağı ile kazanda basınç yöntemi kullanarak emprenye etmişler ve liflere paralel ve dik basınç direnci değeri ile statik ve dinamik eğilme direnç değerlerindeki değişimleri araştırmışlardır. Sonuçta hiçbir değişme belirlememişler ya da kısmi bir artış kaydetmişler; statik ve dinamik eğilme direnç değerlerindeki değişimler ise istatistiksel önemde bir sonucu ortaya koymamıştır.

Hesp ve Watson[165], CCA tuzlarıyla emprenyeli çam odununun basınç ve eğilme direncinde hiçbir değişim saptamamışlardır.

Thompson[166], yapraklı iki odun türünden oluşan kontraplağın şok direncine dört krom preparatının etkisini incelemiş ve kısmen kanıtlanmış farklar belirlemiştir.

Vologdin[167], çam odunlarının basınç direnci üzerine sodyum pentaklorofenat, bakır sülfat, sodyum florür ve çinko klorürün etkisini araştırmış; basınç direncini sodyum pentaklorofenatın % 95, bakır sülfatın % 25, sodyum florürün % 3 artırdığını, çinko klorürün ise %9 azalttığını bulmuştur. Eğilme direnci ise sodyum pentaklorofenol etkisiyle artmıştır.

Schaltyko ve arkadaşları[168], arduvaz yağının çam ve Ladin odununun makaslama ve eğilme direncine hiçbir etkisi olmadığını saptamışlardır.

Pechman ve Aufsess[169] CCB(Bakır/Krom/Bor),CFA(Bikromat florit alkali arsenat), CF(asitli bikromat florit karışımı), CCA(Bakır/Krom/Arsenat) ve NaF(Sodyum florit) tuzlarının Çam,Ladin ve Kayın odunlarının şok direnci üzerine

etkilerini ilk kez örnek çiftleri kullanarak denemişlerdir. Emprenyeli ve kontrol örnekleri üzerinde yaptıkları araştırmada, koruyucu tuzların ağaç malzemenin rutubet derecesini yükselttiklerini ve rutubet miktarının artan tuz konsantrasyonlarıyla kontrol örneklerine göre % 2-3 daha fazla olduğunu gözlemişlerdir. Rutubet % 12'ye getirildikten sonra koruyucu tuzların ağaç malzemenin şok direncini az miktarda azalttığını, özellikle % 5 ve daha yüksek konsantrasyonlarda direnç azalmasının çoğu kez %10'a ulaştığını belirlemişlerdir.

Burmester[170], tuz ve yağ içeren koruyucu maddelerin basınç ve eğilme direncine uzun dönemli etkilerini incelemiş, emprenyeden sonra 3 ay bekletme ile 12 ay bekletme arasında direnci etkileyen farklar bulmuş ve en az etkilenmenin 52 hafta bekletme ile olduğunu belirlemiştir.

Chanmamedov[171], sodyum floritin Dişbudak odununun basınç direncini değiştirmedini saptamıştır.

Terentjev[172] ise krom/bakır tuzlarının Çam odununun eğilme direncini değiştirmedini göstermiştir.

Isaacs[173] kazanda basınç yönteminin odun çeşitlerinin eğilme direncini % 8-10 sınırında azalttığını kaydetmiştir.

Wazny[174], örnek çiftleri kullanarak basınç ve eğilme direnci değişimlerini incelemiş ve tuzların etkisiyle basınç direncinin % 4.6 - 9.6 arttığını, eğilme direncinin ise % 2.9 ile % 16 azaldığını saptamıştır.

Lutomski[175], 11 koruyucu maddeyi sıcak-soğuk açık tank yöntemi kullanarak Çam odununa emdirmiş ve eğilme direncinde önemli bir fark gözlememiştir. Yalnızca asit florit içeren Fluotox eğilme direncini düşürmüştür.

Bendtsen ve arkadaşları[176], Pinus palustris odununda kromlu bileşiklerin (CCA ve ACA) eğilmede elastiklik modülünü etkilemediklerini bulmuşlardır.

Odunun direnç özellikleri üzerine CCF preparatlarının etkisi ile ilgili çalışmalar Peek[177] tarafından yürütülmüş, Çam ve Ladin odununun basınç ve eğilme

dirençlerinde istatistiksel bir fark görülmemiştir.

Winandy ve arkadaşları[178], CCA tuzunun *Pinus palustris* ve *Pinus elliottii* odunlarının çok direncini % 20 ile % 36 arasında azalttığını saptamışlar; basınç ve eğilme direncindeki değişmeler ise çeşitlilik göstermiştir[179].

Dört Güney Afrika Ladin odununun basınç direnci değişmeleri CCA tuzlarının etkisiyle % 8'i aşmamıştır[180].

Wazny ve Krajewski[181], örnek çiftleri kullanarak *Pinus sylvestris* odununun basınç ve eğilme direnci üzerine Polonya'da üretilen 13 koruyucu maddenin(dokuzu suda çözünen tuz ve dördü katran yağı) etkilerini araştırmış ve karşılaştırma amacıyla NaOH ve % 10'luk sülfürik asit ile destile su kullanmıştır. Çam diri odununun direncini beş koruyucu tuz % 10-22 arasında, üç koruyucu katran yağı ise % 5-9 arasında azaltmıştır. Diğer koruyucu tuzlar direnci % 5-21 arasında artırmış, diğer katran yağları ise değiştirmemiştir. Öz odunun basınç direnci beş koruyucu tuzun etkisiyle % 12-20 azalmış, üç koruyucu tuz ve üç katran yağı ile % 8-10 arasında artış göstermiş, bir koruyucu tuz ve bir katran yağı ise direnci değiştirmemiştir. Destile suyun absorpsiyonu ile basınç direnci olumsuz etkilenmiş ve diri odunda ortalama % 6, öz odunda ortalama % 8 basınç direnci düşmesi kaydedilmiştir. % 10 NaOH ve % 10'luk sülfürik asit ile emprenye edilmiş diri odun kuvvetli bir direnç azalması göstermiş(sırasıyla % 35 ve % 39) ve öz odunda bu azalma yalnızca % 10-15 arasında kalmıştır.

Yukarıda sözü edilen araştırmaların hedefi, odunun direnç özellikleri üzerine çeşitli koruyucu maddelerin ve yöntemlerin etkilerini belirlemektir. Uygulanan yöntemlerin çeşitliliği, kullanılan ağaç türlerinin farklılığı, farklı örnek büyüklükleri ve elde edilen bulguların istatistiksel olarak değişik değerlendirilmeleri sonucunda kazanılan bilgiler ancak sınırlı ölçüde karşılaştırılabilen ve gerçekleri güvenli olarak yansıtılmaları tartışma konusu olabilmektedir.

Genel olarak, % 4 ve daha derişik(% 4'den daha yüksek konsantrasyonlarda) sulu çözeltilerin ağaç malzemenin direnç özelliklerini düşürücü etkide bulunduğu ve bu etkinin büyük olasılıkla suyun ekstraktif özelliğinden kaynaklandığı söylenebilir. Bazı suda çözünen tuzların ve katran yağlarının etkisiyle direnç özelliklerinin iyileşmesi ise, büyük olasılıkla odun hücre çeperleri yapısının kristalleşmesi ya da çeperlerin yağ ile dolması sonucudur. Bu saptama özellikle basınç direnci ile ilgilidir[181]. Ağaç malzemenin statik ve dinamik eğilme dirençleri ise çoğunlukla azalma göstermektedir ve özellikle suda çözünen tuzların artan konsantrasyonu ile bu azalma daha fazla olmaktadır.

Ağaç malzeme direnci üzerine odun-koruyucu maddelerin etkisini pratik olarak değerlendirmede ölçüt olarak % 20'lik bir sınır değerin alınması önerilmektedir[160,182]. Yapılan araştırmalar sonucunda, odun-koruyucu maddelerin çok azının ağaç malzemenin direnç değerlerini % 20'den daha fazla değıştirdiği saptanabilmiştir.

#### 2.6. Odun Koruyucu Maddelerin Mantar Engelleyici Etkisine İlişkin Test Yöntemleri

Mantarların etkisiyle ağaç malzemenin anatomik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değışmeler gözönüne alınarak emprenye maddesi ve ağaç türünün mantarlara karşı dayanma süresini ya da etkinliğini belirlemeye ilişkin pek çok yöntem geliştirilmiştir. Fakat bu yöntemler içerisinde ağırlık ve direnç kaybı ile gözleme dayalı olanlar sağlıklı sonuç alınması yönünden en çok kullanılanlar olmuştur.

Gerek ağaç türlerinin gerekse koruyucu emprenye maddelerinin odun-tahripçisi mantarlara karşı etkinliğini belirlemede başlıca 3 test yöntemi uygulanmaktadır. Bunlar;

- a) Açık Alan Denemeleri
- b) Hizmet Denemeleri (Service Tests)
- c) Laboratuvar Testleri'dir.

#### 2.6.1. Açık Alan Denemeleri

Açık alanlarda yapılan ve en güvenilir sonuçlar veren deneme ve test yöntemleridir. Bu amaçla çeşitli ağaç türleri değişik emprenye maddeleri ile çeşitli konsantrasyonlarda emprenye edilerek numaralandırılmakta ve açık alanlarda doğal koşulların etkisine bırakılmaktadır. Bu yöntemde, ağaç malzemenin toprak-hava zonunda herhangi bir tahribat olup olmadığı gözlemlere, test standartlarına, kırılma durumlarına ve dirençlerine göre saptanmaktadır[183]. Kontrol işlemlerinde çürüklük derecesi gözleme dayalı puanlama esasına dayanılarak yapılmaktadır. Açık alan denemeleri ortak araştırmalar biçiminde dünyanın birçok ülkesinde yürütülmektedir. Amerika Birleşik Devletlerinde 1938 yılından beri Orman Ürünleri Laboratuvarı ve işbirlikçi kuruluşlar tarafından Mississippi, Louisiana, Florida ve Panama'da, çoğunlukla 2x4x18 inç boyutlarında hazırlanan ağaç kazıklar çeşitli konsantrasyonlardaki değişik emprenye maddeleri ile emprenye edilerek hem çürümeğe hem de termitlere karşı denenmektedir. Bu açık alan denemelerinin 1991 yılı sonuçlarına göre[184], doğal güney çamı diri odunundan hazırlanan kazıkların ortalama dayanım süresi test bölgesine göre 1-5 yıl arasında olmuştur. Emprenyeli kazıklar ise kullanılan koruyucu maddeye ve bu koruyucunun tutunma miktarına göre 15-20 yıl dayanmışlardır. Araştırma konumuzu oluşturan CCB tuzları ile işlemlenmiş kazıklar ise 23 yıllık bir denemeden sonra yüksek retensiyon miktarlarında iyi sonuçlar vermiştir.

Uygulanan açık alan denemelerinin bir kısmı standartlara göre yapılmaktadır[185-189].

Polonya'da üretilen koruyucu maddelerin 17 yıl süren açık alan denemesinde 2x2x30 cm'lik *Pinus sylvestris* çubukları yaklaşık % 12 rutubette test edilmişlerdir. Derecelendirme Wazny'nin görsel-elle kontrol[190] ve statik eğilme direnci ölçmelerine göre yapılmış ve açık alandan uzaklaştırılan çubuklar % 12 rutubete getirilerek eğilme dirençleri test edilmiştir. Görsel-elle kontrol ölçütünde 25 ya da daha düşük puan alan örnekler sınır değer olarak kabul edilirken, eğilme direnci ölçütünde direncin % 25 ya da daha az düşmesi sınır değer olarak kabul edilmiştir. Dayanma süresi, örneklerin tahribat derecesi olarak kabul edilen sınır değerinin aşılmamış olduğu zaman periyodudur. Elde edilen bulgulardan, toprak temaslı açık alan denemelerinin 10 yıllık diliminde, odun koruyucu tuzların yeterli korumayı sağlamadığı, katran yağlarının ve özellikle kreozotun ise yüksek tutunma miktarlarında işlevini yerine getirdiği sonucuna varılmıştır.

Yurdumuzda açık alan denemeleri i.Ü.Orman Fakültesi tarafından 1966 yılında başlatılmış[191] ve 8-15 cm çapında 2 m boyunda meşe, kayın, kestane, karaçam ve sarıçam örnekleri besi suyunu çıkarma, sıcak-soğuk açık tank ve batırma yöntemleri kullanılarak bakır sülfat, sodyum florür, kreozot, Tanalith-U(CCA), Hickson's CBC ve Wolmanith- CB ile emprenye edilmişlerdir. Deneme süresi sonunda doğal Meşenin dayanma süresi 14-15 yıl, Kayının 2.6 yıl, Karaçamın 8 yıl, Sarıçamın ise 9 yıl olarak saptanmıştır. Kreozotla emprenyeli örneklerde 18 yıl sonunda çürüme genellikle görülmemiştir. Tuzlardan Hickson's CBC ve Wolmanith-CB özellikle iğne yapraklı ağaç örneklerinde iyi bir koruma sağlarken, Meşe ve Kayında aynı korumayı sağlayamamıştır. Hickson's CBC'nin sıcak ve soğuk açık tank yöntemi kullanılarak emprenye edilen Meşe çit direklerinin 16 adedi, Kayın direklerinin 14 adedi sıfır puanla deneme dışı kalmışlardır. Wolmanith-CB ile emprenye edilen Meşe direkleri tamamen çürümüş, Kayın direklerden dokuzu çürüme sonucu



deneme dışı bırakılmıştır. Deneme süresi sonunda Tanalith U iyi sonuç vermemiş, meşede 7, karaçamda 1 ve sarıçamda 7 adet çit direği sıfır puanla deneme dışı kalmışlardır. Sonuç olarak, çitlerin yapımında doğal dayanaklı türlerin kullanılması durumunda, emprenye işlemine gerek olmadığı, kreozotun hem iğne yapraklı hem de yapraklı çit direklerinde iyi bir koruma sağladığı ve tuzların ise yıllar ilerledikçe özellikle yapraklı ağaç çit direklerinde çeşitli derecelerde çürümeler görüldüğü kaydedilmiştir[192].

Taşkın ve Erten[193], Ankara ve Bolu'daki deneme alanlarında kreozot ve Tanalith U ile emprenyeli meşe, kayın, çam ve göknar tel direk ve çit kazıklarını dikerek bir araştırma yapmışlardır. 16 yıl süren deneme sonunda, doğal(emprenyesiz) örnekler kısa sürede çürümüş ve anılan türler Ankara'da Bolu'ya göre daha uzun süre dayanmışlardır. Tanalith U ve Bethell yöntemi ile emprenye edilen örneklerden en iyi dayanımı Sarıçam göstermiş, kreozot ve Rüping yöntemi ile emprenye edilen örnekler ise Tanalith U ile emprenye edilenlere göre daha uzun süre dayanmışlardır.

#### 2.6.2. Hizmet Denemeleri(Service Tests)

Bu denemeler , bir odun-koruyucu madde ticari olarak üretildiğinde yürütülen ve koruyucunun kabul edilebilir niteliklere sahip olup olmadığını test etmek için gerekli olan denemelerdir. Özellikle demiryolu traversleri, telefon-telgraf ve elektrik direkleri, maden direkleri gibi ağaç malzemeler kullanım yerlerinde, hizmet süresine göre değerlendirilmekte ve koruyucunun hizmetteki ağaç malzemenin dayanma süresini ne kadar uzattığı tutulan kayıtlardan saptanmaya çalışılmaktadır[194].



### 2.6.3. Laboratuvarda Yapılan Kısa Süreli Testler

Odun koruyucu maddelerin mantarlara karşı etkinliğini ya da bu koruyucuların mantar gelişimini durdurucu sınırını belirlemek için dünyanın pek çok ülkesinde standartlaşmış laboratuvar testleri az-çok farklılıklarla uygulanmaktadır. Bu testlerin ortak noktası, belirli bir mantarın saf kültürüne karşı odun koruyucu maddenin gösterdiği etkinlik ve bu etkinliğin gözlem ve ağırlık kaybı esasına dayanmasıdır. Bunun dışında, bazı yöntemlerde, yalnızca besin ortamı ve mantar kültürü kullanılarak çabuk ve güvenilir sonuç alınabilmektedir.

Bu konuda geçmişte kullanılan ve hala zaman zaman başvurulan yöntemlerden biri Agar testidir. Bu yöntem daha çok Amerika ve İngiltere'de uygulanmaktadır. Test 3-4 hafta sürmekte ve sonuçta, mantarların ölmediği fakat bir gelişme de göstermediği "önleyici" emprenye maddesi konsantrasyonu ile mantarları "tamamen öldüren" konsantrasyon, emprenye maddesi ağırlığının malt-agar ağırlığına oranlanmasıyla bulunmaktadır. Testin yalnızca malt-agar besin ortamı ile yürütülmesi ve odun örneğinin kullanılmaması en büyük sakınca olarak görülmektedir[195].

#### 2.6.3.1. Kısa Mikolojik Testler

1930 yılındaki Uluslararası Berlin Konferansı'ndan sonra Avrupa, Amerika ve Asya ülkelerinde yaygın olarak kullanılan testleri kapsamaktadır. Bu testler, mantar kültürü besin ortamının malt-agar, toprak ya da vermiculite olmasına göre adlandırılmaktadır. Agar/Blok testi Batı Alman Standardı DIN 52 176[196], İngiliz Standardı BS 838[197], Doğu Alman Standardı TGL 14 140[198], Fransız Standardı NF X 41502[199], Çek Standardı CSN 490604[200], Polonya Standardı PN 76/C 04903[201], Sovyet Standardı GOST 24008-80[202],

Hint Standardı IS 4873[203], Avrupa Standardı EN 113[204], Japon Standardı JIS A 9302[205] ve Türk Standardı TS 5563[206] nolu standartlarda yer almaktadır. Toprak/Blok testi ise Amerikan ASTM D 1413[207] ya da AWPFA M-10[208], İskandinav Ülkeleri Standardı NWPC 1.4.1.1/70[209], Sovyet Standardı GOST 16712[210] sayılı standartlara girmiştir. Vermiculite - blok yöntemi ise henüz standardlaşmamış, fakat zaman zaman kullanılan bir yöntemdir.

Bu testlerde çoğunlukla Sarıçam diri odunundan hazırlanan  $5 \times 2.5 \times 1.5 \text{ cm}^3$  boyutunda (5 cm'lik kenar liflere paralel olmak üzere) örnekler kullanılmaktadır. Bazı standartlarda örnek boyutu farklı olabilmektedir. Örnekler test edilecek çeşitli konsantrasyonlardaki emprenye maddesi ile işleme sokulmakta ve ayrıca kontrol örnekleri emprenyesiz olarak bırakılmaktadır. Emprenye maddesi tutunma miktarı, örneklerin ilk ve son ağırlık farklarından yararlanılarak konsantrasyona göre hesaplanmaktadır. Örnekler 2-3 hafta süre ile havalandırılmakta ve Kolle kültür şişesindeki malt-agar besin ortamına aşılana standart test mantarlarının etkisine bırakılmaktadır. Bu testlerde, çeşitli odun-tahripçisi mantar türlerinin saf kültürleri test mantarları olarak kullanılmaktadır. Çoğunlukla 4 aylık deneme süresi sonunda, emprenyeli ve emprenyesiz(kontrol) örnekler şişelerden çıkarılmakta, üzerleri mantar misellerinden temizlenerek tırnak ya da çakı ucu ile çürüklük kontrolü yapılmaktadır. Ayrıca, örneklerdeki ağırlık kaybı da hesaplanmaktadır. Kontrol sonucu elde edilen tahribat derecesi ile ağırlık kaybı sonucu elde edilen tahribat derecesine göre koruyucu maddenin "Koruma Sınır Değeri" belirlenmektedir[211].

Toprak/blok testinde, malt-agar yerine mantar kültürü besin ortamı olarak % 20-40 organik madde içeren ve pH'sı 5-6 olan steril bahçe toprağı kullanılmaktadır. Kullanılacak test mantarının Basidiomycet ya da Yumuşak Çürüklük Mantarı olmasına göre toprağın su tutma kapasitesi sırasıyla % 50 ve

% 80 olarak önerilmektedir[212]. Diğer işlemler agar/blok yöntemiyle aynı biçimde yürütülmektedir.

Vermiculite yönteminde de aynı süreç söz konusu olmaktadır. Temel farklılık, kültür kaplarının tipi, mantar kültürü besin ortamının bileşim ve miktarı ile test örneklerinin boyutunda göze çarpmaktadır. Vermiculite, yalıtım amacıyla kullanılan bir mika malzemedir ve ilk kez 1960'lı yıllarda odun çürüklük testlerinde bir substrat olarak kullanılmıştır[213-215]. Bu yöntem, oldukça hızlı ve homojen mantar tahribatı istendiğinde önerilmektedir.

#### 2.6.3.2. Örnek Direncindeki Azalmaya Dayanan Testler

Bu yöntem daha çok Trendelenburg[102]'un denemelerine dayanmaktadır. Ağırlık kaybı esasına dayanan testler emprenye maddesinin zararlılara karşı zehirliliğini belirlemede ölçüt olacak hedef için yeterli ve bilimsel bir yoldur, fakat yeterli derecede duyarlı sonuç vermemektedir. Bu düşünceden hareketle Trendelenburg[102], 8.5x8.5x120 mm buyutlu odun çubuklarını malt-agar besin ortamına aşıl原因an C.cerebella mantarının etkisine bırakmış ve 30 gün sonunda örneklerin tam kuru ağırlıkta dinamik eğilme dirençlerini ölçmüştür. Sonuçta, % 10'luk ağırlık kaybına karşılık dinamik eğilme direncinde % 70-80'lik bir azalma saptamıştır.

Trendelenburg'un dinamik eğilme direncindeki azalmaya dayanan denemeleri henüz standardlaşmamış olmasına karşın, emprenye maddelerinin odun-tahripçisi mantarlara karşı etkinliklerini belirlemede yeni ufuklar açmış ve benzer denemeler diğer direnç özelliklerindeki değişimleri belirlemek için de kullanılmıştır. Üstelik bu yöntemle deneme süresi çok daha kısaltılmıştır.

Zycha[216], aynı yönde bir çalışma yaparak mantar türleri ve koruyucu maddelerin etkinliğini belirlemede ağırlık kaybı yanında direnç kayıplarının da bir ölçüt olarak alınması gerektiğini bildirmiştir.

Hartley[217] 1958 yılında, odun çürüklüğünü değerlendirmede yıkıcı olmayan(nondestructive) ve yıkıcı (destructive) testleri inceleyerek, o zamana kadar yapılan çalışmaların sonuçlarından ağırlık kaybının odun çürüklüğünü ya da emprenye maddesinin etkinliğini belirlemede yeterli olduğunu, fakat özellikle dinamik eğilme ile statik eğilme direncinin çürüklüğün ilk aşamalarını test etmede oldukça duyarlı yöntemler olduğunu belirtmiştir.

Pechman ve Schaile[103], %4'lük bir ağırlık kaybının dirençte ancak % 40'lık bir değişime neden olduğunu belirlemişlerdir.

Kirk ve Schultze-Dewitz[116], sınır değerın yumuşak çürüklük mantarları için % 5, Basidiomycet'ler için % 2 ağırlık kaybına karşılık geldiğini ortaya koymuşlardır.

Tang[218] yaptığı bir incelemede, mantar tahribatı sonucu ağaç malzemenin şok ve statik eğilme direnci, elastiklik modülü, liflere dik ve paralel basınç direnci ile liflere paralel çekme ve makaslama dirençlerinin düşük ağırlık kayıplarında yukarıdaki sırayı izleyerek fazla miktarda azalacağını dile getirmiş; bu yöntemin çürüklük derecesini belirlemede etkili olacağını vurgulamıştır.

Bu değerlendirmelere göre, yumuşak çürüklük için % 25'lik, Basidiomycet'ler için ise % 40'lık direnç azalmasının sınır değeri olarak alınması uygun düşmektedir. Bu direnç azalmalarına ise % 2'lik bir ağırlık kaybı karşılık gelmektedir. Daha yüksek ağırlık kayıpları emprenye maddelerinin gerçek etkisini belirlemede geçerli olmamakta ve şiddetli mantar tahribatını göstermektedir. Elastiklik modülü şok direnci kadar uygun bir sonuç vermemektedir. Genelde, mantar tahribatı sınırlı bir inkübasyon zamanında ne kadar etkinse, ağırlık kaybı ile odun türleri arasındaki korelasyon o kadar yükselmektedir.

## 2.7. Denizel-Odun Zararlılarına Karşı Uygulanan Test Yöntemleri

Bu gibi testler çoğunlukla deniz içinde yürütülmekte, ender olarak ise laboratuvar koşullarında yapılmaktadır.

Laboratuvar testlerinde, çeşitli konsantrasyonlardaki kimyasal maddeler ile emprenye edilmiş odun örnekleri özel kaplar içinde denizel zararlılar ile birarada bulundurulmakta ve duyarlı sonuçlar alınmaktadır. Bu sonuçlar sonradan deniziçi denemelerden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılabilmektedir[26].

Deniz içinde yapılacak testlerde ise, önce gerekli plan ve programlar hazırlanmakta, denizel zararlıların yoğun ve tahribatın şiddetli olduğu test bölgeleri belirlenmektedir. Bu testlerde standart bir yöntem bulunmadığından, belirli ölçülerde hazırlanan odun blokları çeşitli koruyucu kimyasal maddelerle emprenye edilmekte ve her bir tür için emprenyesiz kontrol örnekleri hazırlanmaktadır. Odun blokları daha sonra merdiven biçiminde iplere dizilmekte ve belirlenen deneme bölgesindeki deniz suyuna bırakılmaktadır. Test süresi sonunda, emprenyeli örnekler ile kontrol örnekleri karşılaştırılarak, denizel hayvanların bir yıl ya da daha uzun dönemdeki zararları çıplak gözle değerlendirilmektedir[27].

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Araştırma Materyallerinin ve Deneme Alanlarının Seçimi

##### 3.1.1. Kapalı Maden Ocaklarındaki Denemeler için

Maden ocaklarında en çok çam türleri kullanıldığı ve gerek tüketim miktarı gerekse orman alanı olarak çamdan sonra göknar türleri geldiği için, bu çalışmada iğne yapraklı ağaç türlerinden Sarıçam(*Pinus silvestris* L.) ve Uludağ Göknarı(*Abies bornmülleri*ana Mattf.) deneme ağacı olarak seçilmiştir. Deneme ağacı olarak yapraklı türlerden ise yine madencilikte özellikle domuzdamı tahkimatlar ve travers için kullanılan Doğu Kayını(*Fagus orientalis* Lipsky) tercih edilmiştir. Denemelerde kullanılacak ağaçlar Zonguldak kömür havzasına ve ORÜS/Karacasu işletmesinin emprenye tesislerine yakınlığı nedeniyle Bolu Orman işletmesine bağlı Sarımustan Orman işletme Şefliğinin Sarımustan serisi 43 nolu bölmesinden çıkarılmıştır. 37-40 cm çapları arasında seçilen her bir türden üçer adet (toplam 9) ağacın 2 - 3.60 m yükseklikleri arasından birer adet kütük çıkarılmıştır.

Ek olarak, TTK Asma işletmesinin direk deposundan 3.5 m boy ve 17-20 cm çapları arasında 10 adet Sarıçam maden direği seçilerek her birinden 155 cm'lik iki, toplam 20 kütük elde edilmiştir.

Denemelerde emprenye maddesi olarak ülkemizde gerek telefon-elektrik direği gerekse diğer ağaç malzemenin emprenye işleminde geniş ölçüde kullanılan ve Türkiye'nin dünya ölçeğinde Bor üretimi bakımından lider olması nedeniyle Bakır/Krom/Bor tuzları seçilmiştir. CCB tuzlarından iki



farklı firmanın ürünleri tercih edilmiş ve bunların Karabük Demir Çelik işletmelerinde yaptırılan analizleri sonucunda değişen oranlarda Bakır/Krom/Bor bileşikleri içerdikleri saptanmıştır (Tablo 9) [219,220].

Tablo 9. Denemede Kullanılan CCB Tuzlarının Analiz Sonuçları

İçerdikleri Bileşikler	Tanalith-CBC %	Wolmanit-CB %
Sodyum dikromat	29.10	-
Potasyum dikromat	-	33.97
Bakır sülfat	36.47	34.11
Borik asit	32.69	31.34

Tablo 9'dan da görüldüğü gibi, Tanalith-CBC potasyum dikromat, Wolmanit-CB ise sodyum dikromat içermemektedirler.

Emprenyeli örneklerin uzun süreli testlerinde deneme alanı olarak, TTK Kozlu işletmesine bağlı İhsaniye Ocağının -52 m derinliğindeki bir galerisinde, sıcaklık ve bağıl nemin mantar gelişmesine uygun, sızıntı suyun bulunmadığı, rutubetli-sıcak havanın geri dönüş yolu üzerinde bulunan ve mantar tahribatının yüksek olduğu bir bölge seçilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Maden Ocağında Seçilen Deneme Alanı



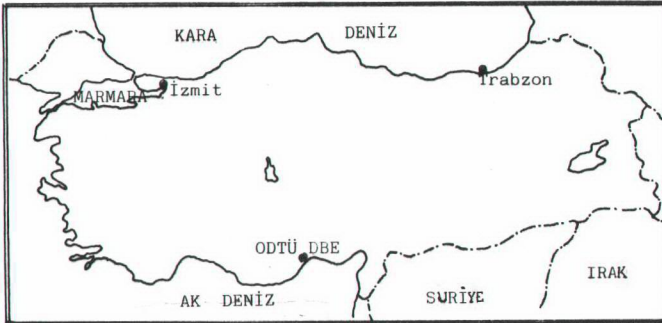
Kısa süre bekletilecek doğal Sarıçam kama örneklerinin deneme alanı olarak ise, TTK Asma İşletmesinin - 50 m derinliğinde bulunan ve -170, - 100, - 50 m kotlarından gelen kirli havanın dönüş yolu üzerindeki bir nefeslik(daha derin kotlardaki kirli havanın bulunduğu yer-kavşak) seçilmiştir.

### 3.1.2. Deniz içindeki Denemeler için

Deniz içindeki denemeler için ağaç malzeme olarak, ağaç kamalar için kesilen İYA türlerinden Sarıçam ve Uludağ Göknarı; YA türlerinden Doğu Kayını ve ayrıca Sapsız Meşe (*Quercus petraea*) diri odunları; emprenye maddeleri olarak Tanalith-CBC, Wolmanit- CB ve maden kömürü katranı kreozotu kullanılmıştır.

Deneme Bölgesi olarak, Marmara'da İzmit/Derince limanı, Akdeniz'de ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü mendireği ve Karadeniz'de Trabzon limanı seçilmiştir(Şekil 5).

Deneme bölgeleri ülkemizi çevreleyen üç denizi temsil etmesi, denemelerin kontrol altında tutulması ve ulaşımın kolay olması ölçütleri gözönünde bulundurularak seçilmiştir.

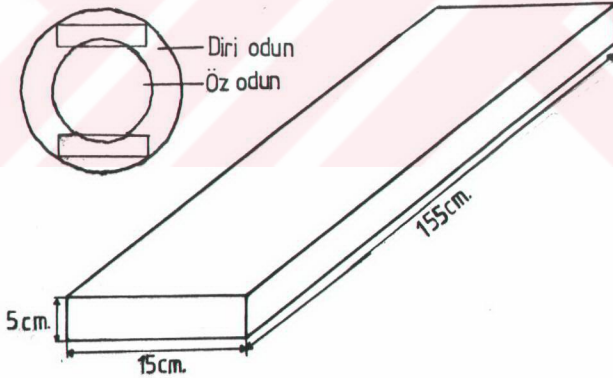


Şekil 5. Deniziçi Denemeler için Seçilen Bölgeler

### 3.2. Örneklerin Elde Edilmesi

#### 3.2.1. Maden Ocaklarındaki Denemeler İçin Ağaç Kamaların Hazırlanması ve Kodlanması

160 cm uzunluğunda kesilen ağaç kütüklerin uç kısımlarından, 3.5 m boydaki direklerin ise ortasından 5 cm kalınlığında birer disk alınmış ve bu diskler yıllık halka genişliği ile yaz odunu katılım oranı araştırması için kullanılmıştır. Emprenyeli denemeler için, 155 cm uzunluğundaki kütükler önce ortadan ikiye, elde edilen yarım kütük ise 4/5 oranında diri ve 1/5 oranında öz odun içerecek biçimde 5 cm kalınlık, 15 cm genişlikte kesilmiş ve böylece 5x15x155 cm boyutlarında madencilikte kullanılan kamalara dönüştürülmüştür (Şekil 6). Böylece her bir kütükten birer kama çifti oluşturulmuştur.

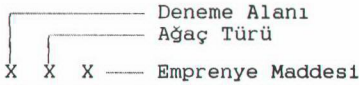


Şekil 6. Deneme örneklerinin Kama Boyutuna Getirilmesi

Örnek kama çiftleri daha sonra havadar ve gölgelik bir yerde kurumaya bırakılmış ve rutubetleri lif doygunluk noktasının altına gelinceye kadar kurutulmuştur. Her örnek çiftinden biri ağaç türü ve emprenye maddesine göre üçlü kod sistemine göre aşağıdaki şekilde kodlanmıştır (Tablo 10).

Tablo 10. Ağaç Türü ve Emprenye Maddesine Göre Kamaların Kodlanması

Deneme Alanı	Kod No	Ağaç Türü	Kod No	Emprenye Maddesi	Kod No
İhsaniye	1	Sarıçam	1	-	0
		Göknar	2	Tanalith-CBC	1
		Kayın	3	Wolmanith-CB	2



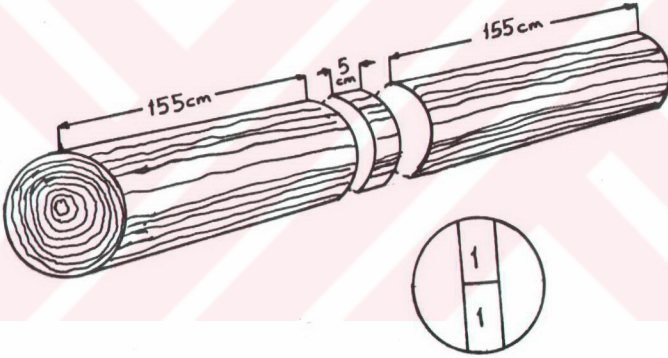
Bu kod sistemine göre 110(bir-bir-sıfır) kodu denemenin İhsaniye ocağında, Sarıçamın doğal(emprenyesiz) haliyle, 112(bir-bir-iki) kodu denemenin aynı ocakta, Sarıçamın Wolmanit ile emprenyeli olarak yapıldığını göstermektedir. Her bir deneme çiftinden birer tanesi ise, hiçbir emprenye işlemi yapılmadan, kontrol örneği olarak ayrılmıştır. Ayrılan kontrol kama örnekleri, doğal durumda(emprenyesiz) bırakıldığından ilk iki koddan sonra 0 kodu ile ve deneme alanına bırakılan eşinin emprenyeli olup olmadığına göre bölü işareti(/)'nden sonra 0, 1 ve 2 kodları ile kodlanmıştır (Tablo 11).

Tablo 11. Deneme Alanında Bekletilmiş ve Bekletilmemiş Kama Örneklerin Kod çözümü

Kod No	Ağaç Türü	Emprenye işlemi	Emprenyesiz Kontrol Eşinin Kodu
110	Sarıçam	-	110/0
111		Tanalith ile Emprenyeli	110/1
112		Wolmanit ile Emprenyeli	110/2
120	Uludağ Göknarı	-	120/0
121		Tanalith ile Emprenyeli	120/1
122		Wolmanit ile Emprenyeli	120/2
130	Doğu Kayını	-	130/0
131		Tanalith ile Emprenyeli	130/1
132		Wolmanit ile Emprenyeli	130/2

Buna göre, 110/0 kodu, Sarıçam kontrol kama örneğini ve deneme alanındaki eşinin emprenyesiz(doğal) olarak 110 kodu ile konduğunu; 120/2 kodu Gökmar kontrol kama örneğini ve eşinin deneme alanına Wolmanit ile işlemlili olarak 122 kodu ile konduğunu; 130/1 kodu ise, Kayın kontrol kama örneğini ve eşinin deneme alanına Tanalith-CBC ile işlemlili olarak 131 kodu ile konduğunu göstermektedir.

Kısa süreli denemeler için, 17-20 cm çapındaki Sarıçam direklerden hazırlanan 155 cm'lik kütükler ise 5 cm kalınlık, 155 cm uzunluk ve 7-8 cm genişlikte aşağıdaki şekilde biçilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Sarıçam Direklerin Kama Boyutuna Getirilmesi

### 3.2.2. Denizdeki Denemeler İçin Odun Bloklarının Hazırlanması ve Kodlanması

Dört ağaç türü diri odunundan 50 x 150 x 300 mm boyutlarında toplam 48 blok hazırlanmış, bu bloklar LDN rutubet derecesi altına kadar açık havada kurutulmuş ve her örnek uç kenarlarından 2 cm çapında delinmiştir. Odun bloklarının her biri deneme bölgesi, ağaç türü ve emprenye maddesine göre üçlü kod sistemiyle kodlanmıştır(Tablo 12).

Tablo 12. Odun Bloklarının Deneme Bölgesi, Ağaç Türü ve Emprenye Maddesine Göre Üçlü Kod Sistemiyle Kodlanması

Bölgeler	Kod No.	Ağaç Türü	Kod No.	Emprenye Maddesi	Kod No.
Marmara	1	Çam	1	Kontrol (Doğal)	0
Akdeniz	2	Gökmar	2	Tanalith-CBC	1
Karadeniz	3	Kayın	3	Krezot	2
		Meşe	4	Wolmanit-CB	3

X X X — Deneme Bölgesi  
X X X — Ağaç Türü  
X X X — Emprenye Maddesi

Bu üçlü kod sistemine göre, örneğin 110 kodu denemenin Marmarada Sarıçam kontrol örneğiyle, 243 kodu denemenin Akdenizde Meşenin Wolmanit emprenyesi ile yapıldığını göstermektedir.

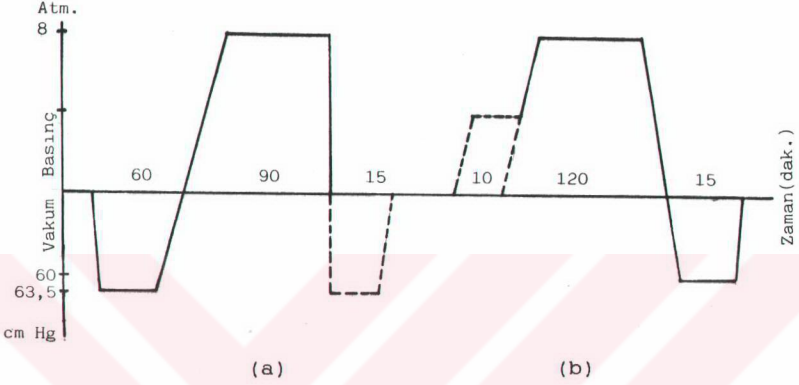
### 3.3. Emprenye işlemi

Emprenye işlemi, ORÜS Kurumunun Bolu/Karacasu işletmesine ait emprenye tesislerinde yapılmıştır. Rutubet dereceleri elektrikli bir rutubet ölçerle saptanan hem ağaç kama örnekleri hem de odun blokları emprenye işleminden önce tartılmış ve kazana doldurulmuştur. Suda çözünen tuzlarla emprenye edilecek tüm örnekler normal dolu hücre yöntemine göre emprenye edilmişlerdir. Emprenye işleminde 63.5 cm/Hg sütununa eşdeğer bir vakum bir saat süreyle uygulanmış, vakum kaldırılarak kazana % 4'lük emprenye çözeltisi verilmiş ve 8 atmosferlik yüksek basınç 90 dakika süreyle devam ettirilmiştir. Yüksek basınç kaldırılarak 63.5 cm/Hg sütununa eşdeğer son bir vakum 15 dakika süreyle uygulanarak işlem bitirilmiştir (Şekil 8a).

Ayrıca, denizdeki denemeler için her bir ağaç türünden hazırlanan odun blokları TCDD Derince tesislerinde krezotla boş hücre yöntemine göre emprenye edilmişlerdir. Çam ve Meşe test blokları için normal Rüping yöntemi (Şekil 8b), Gökmar



ve Kayın için ise çift Rüpıng yöntemi uygulanmıştır.



Şekil 8. Deneme örneklerinin Emprenye Uygulama Grafiği  
a) Dolu Hücre Yöntemi b) Boş Hücre Yöntemi

Normal boş hücre yöntemine göre emprenye edilecek odun blokları kazan içine doldurulmuş ve 4 atmosferlik bir ön basınç uygulanmıştır. Bu hava basıncı 10 dakika devam ettirilmiş ve bu sırada 110°C'daki kreozot kazana gönderilmiştir. Kreozot basıncı 8 atmosfere çıkarılmış, bu basınç 120 dakika devam ettirilmiştir. Basınç periyodundan sonra kreozot dışarı alınmış ve 60 cm Hg sütununa eşdeğer vakum uygulanmıştır. Bu vakum 15 dakika devam ettirilip emprenye işlemine son verilmiştir. Çift rüpıng yönteminde ise, aynı işlem bir kez daha tekrarlanmıştır.

Emprenye işlemi sonunda örnekler tartılmış ve Net Emprenye Maddesi Miktarları (NEMM)  $\text{kg/m}^3$  cinsinden kreozot için aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{NEMM} = \frac{\text{İlk Tartı} - \text{Son Tartı}}{\text{Örnek Hacmi}}$$

Suda çözünen tuzlarla emprenyede net kuru tuz miktarını bulmak için yukarıdaki formül çözelti konsantrasyonuna göre düzeltilmiştir. Elde edilen veriler tablo biçiminde bulgular kısmında verilmiştir.

Emprenye edilen örnekler daha sonra bir ay süreyle emprenye maddesinin daha iyi fikse olabilmesi için kurumaya bırakılmıştır. Emprenye edilmeyen kontrol ağaç kama örnekleri fiziksel ve mekanik test laboratuvarına nakledilmişler ve orada standartlarda belirtilen küçük, kusursuz örnek boyutlarına getirilerek klimatize edilmişlerdir.

#### 3.4. Örneklerin Deneme Alanına Yerleştirilmesi

##### 3.4.1. Ağaç Kama Örneklerinin Kapalı Maden Ocağına Yerleştirilmesi

Her örnek çiftinden emprenyeli olanları ve kontrol amacıyla birer emprenyesiz örnek, deneme alanı olarak seçilen galerinin bir bölgesinde demir bağlar arasına dizilmiştir(Şekil 9). Ek olarak Sarıçam direklerden hazırlanan yirmi kama çiftinden yirmisi doğal halde yine demir bağlar arasına yerleştirilmiştir.



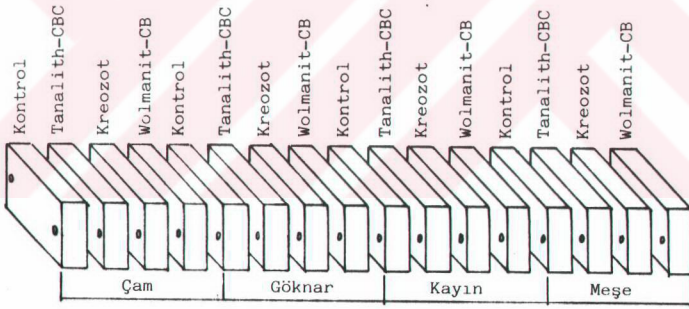
Şekil 9. Örneklerin Deneme Alanındaki Konumu



Yerleştirilen kamaların arkası ani basınçlardan kaçınmak için taş ve ağaç malzeme parçalarıyla doldurulmuştur. Ayrıca deneme alanının güvenliği açısından örneklerin yerleştirildiği çelik bağlar işaretlenmiştir. Deneme süresi 13 ay olarak planlanmıştır.

### 3.4.2. Odun Bloklarının Denize Bırakılması

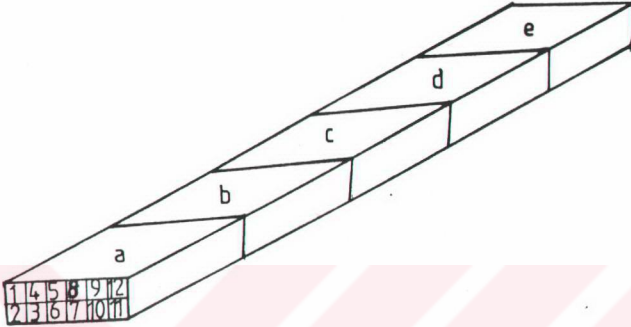
Emprenyeli ve emprenyesiz odun blokları iki naylon ip arasına 10 cm aralıklarla merdiven basamağı biçiminde dizilmiş ve alt kısımlarına ağırlık bağlanarak deneme bölgelerindeki deniz suyuna bırakılmışlardır. Her deneme bölgesine 12 emprenyeli ve 4 kontrol örneği olmak üzere 16 odun bloğu yerleştirilmiştir(Şekil10).



Şekil 10. Odun Bloklarının Ağaç Türü ve Emprenye Maddesine Göre Dizilişi

### 3.5. Ağaç Kamaların Standart Testler İçin Gerekli Boyutlara Getirilmesi

Gerek sağlam gerekse deneme alanında bekletilen ağaç kama örnekleri aşağıdaki plana göre mekanik testler için 20x20x300 mm boyutlarına getirilmişlerdir(Şekil 11).



Şekil 11. Ağaç Kamaların Küçük Deneme Örnekleri Durumuna Getirilmesi

155 cm uzunluğundaki kamalar önce a, b, c, d, e harfleri ile işaretlenerek 30 cm'lik beş parçaya ayrılmış ve otuzar santimlik her parça 20x20x300 mm boyutlu örneklere dönüştürülerek her örneğe bir sayı verilmiştir. Tek sayılarla işaretli parçalar dinamik eğilme direnci denemelerinde, çift sayılı parçalar ise eğilme direnci ve eğilmeye elastiklik modülü denemelerinde kullanılmak üzere ayrılmıştır. Çubuklar, % 65 bağıl nem ve  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta hava kurusu rutubete gelinceye kadar kurutulmuş ve denemeler hava kurusu rutubet miktarında gerçekleştirilmiştir.

### 3.6. Yapılan Araştırmalar

#### 3.6.1. Ağaç Kamalar Üzerinde Mikroskopik ve Makroskopik Gözlemler ile Çürüklük Mantarlarının Tanısı

Deneme süresince gerek kama örnekler üzerinde çıplak gözle görülen değişimler gerekse ortam sıcaklık ve bağıl neminde belirlenen değişimler hazırlanan tablolara

kaydedilmiştir. Gerek ağaç kamalar üzerindeki mantar miselleri ve meydana gelen renk değişiminden gerekse deneme süresi sonunda tahrip olmuş kama kesitlerinin hem binoküler hem de ışık mikroskobu altında incelenmesinden kamaları tahrip eden mantarlar tanımlanmıştır. Ayrıca, deneme alanında bulunan mantarlardan örnekler alınarak zararlı olabilecek türler karşılaştırılmıştır. Emprenyesiz Kayın örneğinden alınan kesitler picro anilin ile boyanmış ve hüflerin aldığı renkten de mantar teşhisi yoluna gidilmiştir. Zararlı mantarların tanınmasında Nobles[221]'in tanı anahtarından büyük ölçüde yararlanılmıştır. Ayrıca, deneme alanında bulunan mantar örnekleri Rea[222]'nin mantar el kitabı ve König[223]'in bitkisel ve hayvansal zararlılar kitabı ile Selik[50]'in Odun Patolojisi kitabından ve mantarlarla ilgili diğer yayınlardan yararlanılarak teşhis edilmeye çalışılmıştır.

### **3.6.2. Deniz İçindeki Odun Blokları Üzerinde Makroskopik Gözlemler ve Odun-Delici Hayvanların Tanısı**

Deneme bölgelerindeki deniz suyuna bırakılan odun blokları 2 ayda bir kontrol edilmiştir. Kontrol işlemi, test örneklerinin denizden çıkarılması, üzerlerinde tutunan bitkisel organizmaların temizlenmesi ve giriş deliklerinin saptanması biçiminde yapılmıştır. Bu arada, deniz suyu sıcaklıkları da kaydedilmiştir.

Test örneklerini tahrip eden denizel hayvan zararlıları Turner[224,225]'un teşhis anahtarına göre saptanmıştır.

### **3.6.3. Ağaç Kamaların Ortalama Yıllık Halka Genişliği ve Yaz Odunu Katılım Oranı**

Her bir kütükten alınan beşer cm'lik disklerin özden geçen 3 cm genişlik ve 5 cm kalınlıkta kesilen parçaları yaş duruma( $r > LDN$ ) gelinceye kadar saf su içerisinde

birakılmış ve her olasılığa karşı mantarlaşmayı önlemek için suya bir-iki damla fenol damlatılmıştır. Yaş durumdaki her parçada yıllık halka genişliği ölçme mikroskopu ile özden çevreye aynı yıllık halkanın her iki yönünde ölçmeler yapılmıştır. Her yıllık halkada, yıllık halka genişliği ve yaz odunu genişlikleri mm olarak  $\pm$  % 5 duyarlıkta ölçülmüştür. Yıllık halka ve yaz odunu genişliklerinin aynı yıllık halkalardaki ortalaması alınarak yıllık halka, yaz odunu genişliği ve yaz odunu katılım oranı hesaplanmıştır.

#### 3.6.4. Ağaç Kamalarda Direnç Özelliklerinin Belirlenmesi

20x20x300 mm boyutlarına getirilen küçük ve kusursuz örnekler üzerinde dinamik eğilme direnci, statik eğilme direnci ve eğilmeye elastiklik modülü testleri yapılmıştır.

Emprenyeli örneklerin direnç denemelerinde 23'er adet, Sarıçam direklerden hazırlanan örneklerin dinamik eğilme direnç denemelerinde 213, statik eğilme direnci ve eğilmeye elastiklik modülü denemelerinde ise 192 örnek kullanılmıştır.

##### 3.6.4.1. Dinamik Eğilme(Şok) Direnci

Dinamik eğilme direnci denemeleri TS 2477[226] sayılı standarda uygun olarak 20x20x300 mm boyutlarında hazırlanan örnekler üzerinde yürütülmüştür. Klimatize edilen ve hava kuru su durumuna getirilen örneklerin deneme öncesinde orta kısımlarının genişlik ve kalınlıkları mm olarak  $\pm$  % 1 duyarlıkta ölçülmüştür. Örnekler 15 kgm'lik enerjiye sahip pandüllü çekiş aletine dayanak açıklığı 240 mm olacak şekilde yerleştirilmiş ve çekiş örneklerin yıllık halkalarına teğet yönde etki ettirilmiştir[227].

Her bir örnekte kırılmadan sonra elde edilen iş miktarı 1 kpm duyarlıkta belirlenmiş ve sonuç kp m/cm<sup>2</sup> cinsinden aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\sigma_d = \frac{A}{F} = \frac{A}{b \times h}$$

Bu eşitlikte;

- $\sigma_d$  = Dinamik eğilme direnci (kpm/cm<sup>2</sup>)  
A = Dinamik iş miktarı (kgm)  
F = Kesit alanı (cm)  
b = Örnek genişliği (cm)  
h = Örnek kalınlığı (cm)

Denemelerden sonra kırılan örneklerin kırılma noktalarına yakın ve uç kısımlarından 20x20x30 mm boyutlarında kesitler alınmış ve her bir örneğin rutubet miktarı hesaplanmıştır. Rutubeti % 12'den farklı örneklerin dinamik eğilme direnci değerleri % 12 rutubetteki değerlere aşağıdaki eşitlikten yararlanarak çevrilmiştir.

$$\sigma_d(12) = \sigma_d(r) [1 + 0.025(r - 12)]$$

Bu eşitlikte;

- $\sigma_d(12)$  = %12 rutubetteki dinamik eğilme direnci (kpm/cm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_d(r)$  = % r rutubetteki dinamik eğilme direnci (kpm/cm<sup>2</sup>)  
r = Dene anındaki örnek rutubeti (%)

#### 3.6.4.2. Statik Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastiklik Modülü

Eğilme direnci denemeleri TS 2474[228] sayılı standarda uygun olarak universal test aygıtında yapılmıştır.

20x20x300 mm boyutlarında hazırlanan deneme örnekleri klimatize edilerek hava kurusu duruma getirilmiş ve deney öncesi bu örneklerin orta kısımlarından genişlik ve



kalınlıkları  $\pm$  % 1 mm duyarlıktaki bir mikrometre ile ölçülerek belirlenmiştir. Deneme aygıtının dayanak açıklığı 240 mm olarak ayarlanmış ve yük örneklerin tam ortasından yıllık halkalara teğet yönde uygulanmıştır.

Yük hızı örnekler yüklenmeye başladıktan 1.5-2 dakika sonra kırılacak şekilde ayarlanmıştır. Kırılma anındaki maksimum yük 1 kp duyarlıkta ölçülmüş ve eğilme direnci;

$$\sigma_e = \frac{3PxL}{2xbxh^2} \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.}$$

Eşitlikte;

$\sigma_e$  = Eğilme direnci (kp/cm<sup>2</sup>)

P = Kırılma anındaki maksimum yük (kp)

L = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (cm)

b = Örnek genişliği (cm)

h = Örnek kalınlığı (cm) olarak alınmıştır.

Denemelerden sonra her bir örneğin rutubet miktarı, kırılma noktasına yakın ve uç kısımlardan alınan 20x20x30 mm boyutlarındaki örneklerden belirlenmiştir. Rutubeti % 12'den farklı örneklerin eğilme direnci aşağıdaki eşitliğe göre % 12 rutubetteki eğilme direnci değerlerine çevrilmiştir.

$$\sigma_{e(12)} = \sigma_{e(r)} [1 + 0.04(r - 12)]$$

Burada;

$\sigma_{e(12)}$  = % 12 rutubetteki eğilme direnci (kp/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_{e(r)}$  = % r rutubetteki eğilme direnci (kp/cm<sup>2</sup>)

r = Deney anındaki örnek rutubeti (%)

Eğilme direnci deneyleri yapılırken elastiklik modülü de belirlenmiş ve denemeler TS 2478[229] sayılı standarda göre yürütülmüştür.

Eğilmede elastiklik modülü kontrol örnekleri ve denene alanında bekletilmiş emprenyeli örnekler için her 20 kp kuvvete karşılık gelen eğilme miktarı, denenmiş doğal örnekler için ise her 5 kp kuvvete karşılık gelen eğilme miktarı makina üzerine yerleştirilmiş bir komparatör yardımıyla mm olarak  $\pm$  % 1 duyarlılıkta ölçülmüştür. Ölçülen kuvvet ve eğilim miktarlarından eğilme grafiği çizilmiş ve oluşan eğrinin elastiklik bölgesindeki değerlerden yararlanarak elastiklik modülü aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$E = \frac{P \times Ls^3}{4 \times f \times b \times a^3}$$

Bu eşitlikte;

- E = Elastiklik modülü (kp/cm<sup>2</sup>)
- P = Elastik bölgedeki kuvvet (kp)
- Ls= Dayanak noktaları arasındaki açıklık (cm)
- b = Örnek genişliği (cm)
- h = Örnek kalınlığı (cm)
- f = Eğilme miktarı (cm)

Hava kuru rutubetten farklı rutubetteki örneklerin elastiklik modülü, % 12 rutubetteki elastiklik modülü değerlerine aşağıdaki formüle göre çevrilmiştir.

$$E_{12} = E_r / [1 - 0.02(r - 12)]$$

Bu eşitlikte;

- E<sub>12</sub> = % 12 rutubetteki elastiklik modülü(kp/cm<sup>2</sup>)
- E<sub>r</sub> = % r rutubetteki elastiklik modülü (kp/cm<sup>2</sup>)
- r = Deney anındaki örnek rutubeti (%)



### 3.6.5. Özgül Ağırlık

Özgül ağırlık belirlemeleri TS 2472[230] sayılı standarda uygun olarak yürütülmüştür. Gerek statik eğilme gerekse dinamik eğilme direnci denemelerinde kullanılan hava kuruşu durumdaki örneklerin kırılmadan sonra uç ve kırılma noktasına yakın kısımlardan 20x20x30 mm boyutlarında 3 ya da 4 örnek alınmıştır. Bu örneklerin enine kesit genişlik ve kalınlıkları ile uzunlukları hassas bir mikrometre ile  $\pm \% 1$  duyarlılıkta ölçülmüş ve rutubetli ağırlıkları gram olarak  $\pm \% 0.1$  duyarlılıkta belirlenmiştir. Örnekler daha sonra  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki bir kurutma fırınında tam kuru ağırlığa kadar kurutulup ağırlıkları belirlenmiştir. Her bir örneğin özgül ağırlığı  $\text{g/cm}^3$  cinsinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\delta_r = \frac{M_r}{V_r} = \frac{M_r}{a_r \times b_r \times h_r}$$

Bu eşitlikte;

- $\delta_r$  = % r rutubetteki özgül ağırlık ( $\text{g/cm}^3$ )
- $M_r$  = % r rutubetteki örnek ağırlığı (g)
- $V_r$  = % r rutubetteki örnek hacmi ( $\text{cm}^3$ )
- $a_r, b_r, h_r$  = % r rutubetteki örnek boyutları (cm)

Rutubet miktarları, örneklerin rutubetli ağırlıklarından tam kuru ağırlıklarının çıkarılarak sonucun tam kuru ağırlığa oranlanmasıyla bulunmuştur.

Örneklerin rutubet miktarlarının genellikle % 11 ile % 14 arasında kaldığı belirlenerek rutubeti % 12'den farklı olan örneklerin % 12 rutubetteki özgül ağırlıkları aşağıdaki eşitliğe göre çevrilmiştir:

$$\delta_{12} = \delta r [1 - ((1 - 0.856r)(r - 12)/100)]$$

Burada;

$$\delta_{12} = \% 12 \text{ rutubetteki özgül ağırlık (g/cm}^3\text{)}$$

$$\delta r = \% r \text{ rutubetteki özgül ağırlık (g/cm}^3\text{)}$$

r = Deney anındaki örnek rutubetidir.

### 3.6.6. Direnç ve Özgül Ağırlık Kayıpları

Direnç kayıpları, kontrol örneklerinin ortalama direncinden deneme alanına bırakılmış örneklerin ortalama direncinin çıkarılması ile elde edilmiştir. Kayıp yüzdeleri ise hesaplanan direnç kayıplarının kontrol örneklerinin ortalama direncine bölünüp yüz ile çarpılması sonucu bulunmuştur.

Özgül ağırlık kayıpları da, yine aynı yöntemle ortalamadan gidilerek hesaplanmıştır. Fakat, bu hesaplamada emprenyeli kontrol örneği kullanılmadığı için, her bir özgül ağırlık örneğine düşen emprenye maddesi miktarı teorik olarak bulunup kontrol özgül ağırlığına eklenmiş ve böylece emprenyeli özgül ağırlıklar ( $\delta_e$ );

$$\delta_e = [M_r + (V_r \times \text{NEMM})]/V_r$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Bu eşitlikte;

$$\delta_e = \text{Emprenyeli özgül ağırlık (g/cm}^3\text{)}$$

$$M_r = \text{Örnek ağırlığı (g)}$$

$$V_r = \text{Örnek hacmi (cm}^3\text{)}$$

$$\text{NEMM} = \text{Net Emprenye ya da Kuru Tuz Miktarı (g/cm}^3\text{)}$$

Emprenyeli örneklerin özgül ağırlık kayıpları ise aşağıdaki eşitliğe göre yüzde olarak hesaplanmıştır;

$$\% \text{ ÖAK} = \frac{\delta_e - \delta_d}{\delta_k} \times 100$$

Bu eşitlikte;

ÖAK = özgül ağırlık kaybı(%)

$\delta_e$  = Emprenyeli özgül ağırlık( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$\delta_d$  = Denenmiş örneğin özgül ağırlığı( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$\delta_k$  = Kontrol örneğinin özgül ağırlığı( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

#### 4. DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

##### 4.1. Standart Testlerden Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Gerek kontrol örneklerinin gerekse denenmiş örneklerin fiziksel ve mekanik testlerinden elde edilen veriler bilgisayara yüklenmiş, matematik-istatistik değerlendirme sonucu elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Belirlenen her bir özelliğe ilişkin değerlerin aritmetik ortalaması ve standart ayrılışları bulunmuş ve bulunan ortalama değerler tablolar şeklinde verilmiştir.

Kontrol ve deneme alanında bekletilmiş örneklerin özgül ağırlıkları ve direnç değerleri arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olup olmadığı çoğul varyans analizi ile araştırılmış ve önemli fark bulunanlara Duncan testi uygulanarak homojenlik grupları belirlenmiştir. Belirlenen özellikler arasında önemli fark bulunmayan örneklerin yalnızca çoğul varyans analizi tablosu ve bulunan ortalama değerler ile bu değerlerin standart ayrılışları; önemli fark bulunanların ise çoğul varyans analizi tablosu, ortalama değerler ve standart ayrılışlar ile birlikte homojenlik dağılımı da tablolar şeklinde verilmiştir. İki özellik arasındaki ilişkinin belirlenmesinde regresyon analizi uygulanmış ve serbest değişkenlerin bağlı değişkenler üzerindeki ilişki düzeyi saptanmıştır. Serbest değişken olarak yalnızca özgül ağırlık kaybı alındığından, doğrusal basit regresyon modeli uygulanmıştır. Özgül ağırlık ve direnç özellikleri arasındaki ilişki zayıf bulunduğu bu ilişkinin grafiği çizilmemiş, yalnızca belirleme katsayıları tablo halinde verilmiştir.

Uygulanan regresyon analizi sonucundan, sabit terim (a), serbest değişken katsayısı (b), belirleme ya da bağlılık katsayısı ( $r^2$ ), regresyon denklemi katsayılarının standart hataları ( $S_a$ ) ve ( $S_b$ ) ile F oranı ( $F_{Or}$ ), yanılma olasılığı ( $\alpha$ ) ve regresyon denkleminin standart hatası ( $S_{yx}$ ) bulunmuştur. Katsayılar yardımıyla regresyon denklemi (Y) oluşturulmuş ve katsayıların standart hataları ile diğer bulgular, özellikler arasındaki ilişki kuvvetli bulunduğunda grafiklerle beraber aşığıdaki biçimde verilmiştir:

$$Y = a + b \times X$$

$(S_a) \quad (S_b)$

$r^2$

$F_{Or} \quad \alpha$

$S_{yx}$

İstatistiksel değerlendirmede Kasa[231]'nin istatistik notlarından, Kalıpsız[232]'in kitabından ve Batu[233]'nün varyans analizi ile ilgili makalesinden yararlanılmıştır.

#### 4.2. Denize Bırakılan Odun Bloklarındaki Tahribat Derecesinin Değerlendirilmesi

14 ay süreli denemeler sonunda odun blokları denizden çıkarılmış, gerek emprenyeli gerekse emprenyesiz örnekler parçalara ayrılarak denizel hayvan zararlılarının tahribat derecesi belirlenmiştir. Ayrıca, odun bloklarını tahribeden organizmalar tam bedende çıkarılmaya çalışılmıştır. Odun bloklarından çıkarılan organizmalar % 4'lük formaldehit ve 2 gram boraks karışımından oluşturulan sıvı dolu kaba alınmışlardır.

## 5. BULGULAR

### 5.1. Örneklerin Aldıkları Empenye Maddesi Miktarları

#### 5.1.1. Ağaç Kama Örneklerinin Aldıkları Net Kuru Tuz Miktarları

Sarıçam, Gök nar ve Kayın kama örneklerin empenye maddesi tutunma miktarına ilişkin bulgular Tablo 13'de verilmiştir.

Bu tabloya göre, en fazla empenye maddesini Kayın örnekler almış, bunu Sarıçam ve Gök nar örnekler izlemiştir. Sarıçam ve Kayın kama örnekler tamamen, Gök nar kama örnekler ise orta derecede empenye edilmişlerdir. Empenye işlemi sırasında her üç ağaç türü için aynı basınç ve işlem süresi uygulanmıştır.

Tablo 13.Kama Örneklerinin Aldıkları Net Kuru Tuz Miktarları

Ağaç Türü	Tanalith-CBC(kg/m <sup>3</sup> )	Wolmanith-CB(kg/m <sup>3</sup> )
Çam	8.705	8.096
Gök nar	5.538	5.283
Kayın	8.903	9.251

#### 5.1.2. Odun Bloklarının Aldıkları Net Empenye Maddesi Miktarları

Sarıçam, Gök nar, Kayın ve Meşe odun bloklarının empenye maddesi tutunma miktarları ağaç türü, empenye maddesi ve empenye yöntemine göre değişiklik göstermiştir (Tablo 14).



Tablo 14. Deniz içindeki Odun Bloklarının Kg/m<sup>3</sup> Cinsinden Emprenye Maddesi Tutunma Miktarları

Örnek Kodu	Tutunma Miktarı	Örnek Kodu	Tutunma Miktarı	Örnek Kodu	Tutunma Miktarı
111	12.23	211	13.24	311	11.53
112	248.00	212	236.88	312	342.22
113	20.35	213	19.89	313	19.52
121	11.71	221	13.12	321	12.60
122	137.77	222	210.66	322	153.33
123	20.08	223	19.57	323	20.08
131	22.70	231	21.15	331	21.65
132	168.88	232	173.33	332	168.44
133	20.26	233	14.56	333	19.20
141	3.57	241	3.55	341	3.18
142	63.55	242	66.22	342	60.44
143	1.77	243	1.67	343	2.79

## 5.2. Örnekler Üzerindeki Gözlemler ve Tahribata Neden Olan Zararlılar

### 5.2.1. Ağaç Kama Örneklerin Mikroskopik ve Makroskopik İncelenmesi

#### 5.2.1.1. Mikroskopik Gözlemler

Deneme alanından çıkarılan emprenyesiz örneklerin özgül ağırlık için 20x20x30 mm boyutlarında hazırlanmış olanlarından enine, teğet ve radyal kesitler alınarak yapılan mikroskopik inceleme sonucu, özellikle özışını paranzim hücrelerinde pek çok hüf görülmüş ve hüflerin genel olarak iplik biçiminde olduğu, Sarıçam ve Gökmar örneklerinde görülen bu ipliksi yapıdaki hüflerin Kayında görüldenden daha kalın olduğu saptanmıştır.

Hüflerin çoğunlukla lif yönünde ilerlediği ve özellikle Sarıçam örneklerde özışını(enine) traheitlerine kadar uzandığı; Gökmar ve Kayın örneklerde de hüflerin hem lif

yönünde hem de liflere dik yönde ilerlediği ve bu sırada hücre çeperlerinin birçok noktadan delinerek parçalandığı görülmüştür.

Sarıçam kesitlerde, hüflerin geçitleri pek kullanmadığı ve yaz odununda da tahribat yaptıkları belirlenmiştir. Özışını paranzim hücrelerinde görülen hüflerin kristale benzeyen bir yapı gösterdiği, hücrelerin tahribat sonucu çukurlu bir görünüm aldığı ve Sarıçam örneklerde reçine kanallarının geçtiği özışınlarının da tahrip olduğu saptanmıştır.

Emprenyesiz Sarıçam kama örneğinden alınan kesitlerde, hüfler bazı karakteristik özellikler göstermiştir. Hüfler birleşim yerlerinde mengene biçiminde birbirlerine bağlanmış ve birden fazla kola ayrılmıştır.

Emprenyesiz Gökmar kama örneğinden alınan kesitlerde, hüfler bazan bir hücre içinde yığılma göstermiş ve ince ıplıkçıklar oluşturarak birkaç yönde ilerlemiştir.

Emprenyesiz Kayın kama örneğinden alınan kesitlerde ise, özellikle özışını paranzim hücrelerinde yoğun hüf görülmüş ve bazan hüflerin ağ biçiminde yığılma oluşturdukları göze çarpmıştır. Hüflerin Sarıçam kesitlerde görülenden çok daha ince olduğu saptanmıştır. Hüfler mantar türünü karakterize eden bir özellik göstermemiştir. Bunun üzerine kesitler picro anilin ile boyanmış ve hüflerin yoğun olarak bulunduğu yerler açık sarımsı beyaz bir renk almıştır.

2.5 ay nefeslikte bekletilen Sarıçam kamaların kesitleri ise, uzun süre bekletilenlere göre fazla çürümemiş olduğundan anatomik olarak pek belirgin özellikler göstermemiştir.

#### 5.2.1.2. Makroskopik Gözlemler

Sıcaklık ve bağıl nemi 10 günde bir ölçülen -52 m derinlikteki deneme alanının neredeyse tüm yıl boyunca 21-23 °C sıcaklıkları arasında kaldığı, bağıl nemin ise yaz aylarında biraz daha artmasına karşın, % 80-90 arasında

değiştirdiği saptanmıştır. Fakat, grizu faciası nedeniyle başlayan yangını söndürmek amacıyla Kozlu Kömür Üretim Bölgesindeki ocakların havalandırma sisteminin devre dışı bırakılması sonucu bağıl hava neminde düşüş, sıcaklıkta ise artış kaydedilmiş ve bağıl nem % 60 - 65'e düşmüş, sıcaklık ise 28-30°C'ye kadar yükselmiştir.

Kısa süreli denemeler için -50 m derinlikte seçilen nefeslikte de sıcaklık ve bağıl nem ölçmeleri yapılmıştır. Bu ölçmelere göre, nefeslikteki sıcaklık 23-25 °C, bağıl nem ise % 90-95 arasında değişmiştir.

Deneme alanındaki emprenyeli ve emprenyesiz örnekler üzerinde 13 ay boyunca yapılan makroskopik gözlemler sonucu, örnekler üzerine önce küf mantarlarının geldiği; ilk 3 ayda özellikle emprenyesiz örnekler üzerinde küf ve kömür tozundan oluşan renk değişikliğinin belirgin olduğu gözlenmiştir. İlk 3 aydan sonra emprenyesiz örnekler üzerine odun-tahripçisi mantarların yerleştiği; bu öncü mantar türleri ve küf mantarları nedeniyle ağaç malzemenin yeşilimsi sarı, kömür tozu nedeniyle de kara bir renk aldığı saptanmıştır. Ayrıca, örnekler üzerinde hem yetersiz ışık hem de ortam bağıl neminin düşmesi, sıcaklığın artması nedeniyle mantar üreme organı oluşmamıştır. Makroskopik gözlemler sonucu deneme alanında *Coniophora*, *Poria*, *Stereum*, *Lentinus* ve *Paxillus* türlerine rastlanmıştır.

Emprenyesiz Sarıçam kama örneğinin rengi sarımsı kahverengi ve kısmen de açık siyaha dönüşmüştür. Ayrıca açık kahverengi ile siyahımsı şeritler odun üzerinde lifler yönünde uzanmış ve renk bazı kısımlarda siyahımsı kahverengi bir tona bürünmüştür. Emprenyesiz Sarıçam örnek üzerinde mantar fazla çatlağa neden olmamış, fakat kama örneğinin arka kısmı ve özodun çevresinde ince iplik biçiminde miseller görülmüştür.

Emprenyesiz Göknar kama örneğindeki renk değişimi fazla yaygın olmamakla birlikte yer yer sarımsı kahverengi bir renk tonu göstermiştir. Özellikle mantar misellerinin yoğun

Şekil 12. Empenyeli Küçük Örneklerdeki Görünüm



tahribatı olmadığı görülmüştür(Şekil 12).  
değiştikliği dışında hiç bir renk değişimi ya da mantar  
ve iç kısımlarda empenye maddesinden kaynaklanan renk  
yüzeyinde yer alan küflenmenin yalnızca yüzey kısmında kaldığı  
boyutlarına dönüştürüldüğünde, empenyeli örneklerin  
örnekleri, fiziksel ve mekanik testler için küçük örnek  
fiziksel ve mekanik test laboratuvarına getirilen kama  
Deneme süresi sonunda deneme alanından alınarak  
aylarda kısım küt mantarlarının yerleştiği gözlemlenmiştir.

tozu nedeniyle oluşan bir kararın saptanması ve izleyen  
Empenyeli örnekler üzerinde, ilk 3 ay sadece kömür  
Örneklere hayvansal zararlıya rastlanmamıştır.  
yalnızca sıyah ipikisi külemeler görülmüştür.  
geçmiştir. Odun üzerinde misle pek rastlanmamış,  
kısımlar koyu kahverengi ya da sıyahimsi geçitler ile  
kahverengi bir renk almıştır. Renk değişmesinin olduğu  
Empenyeli Kaya kama örneğinde ise, odun sarımsı ağık  
nedenyle küçük parçalar görülmüştür.

yerlerde ise sıyahimsidir. Göknar kama örneğinde mantar  
değişen bir renk almıştır. Miseller mat sarı ve bazı  
bulunduğu yerlerde odun soluk sarıdan esmer sarıya kadar



Emprenyesiz örneklerde ise, mantar tahribatının iç kısımlara kadar ilerlediği; yüzeyde yerelen bozunmanın iç kısımlara da yayıldığı gözlenmiştir. Özellikle Sarıçam örneklerde *C. puteana* nedeniyle meydana gelen bozunma çiplak gözle hemen fark edilmektedir (Şekil 13). Göknar örneklerde, esmer güllük mantar *P. annosus* tarafından oluşturulan bozunma ağaç malzemenin iç kısımlarını da yer yer sarımsı esmer bir renk tonuna çevirmiştir (Şekil 13). Kayında ise renk değişikliği ağık kahverengi sarımsı olmuştur (Şekil 13).



Şekil 13. Emprenyesiz Küçük Örneklerdeki Görünüm

İki ayda bir yapılan kontrollerde , empenyesiz ve tuzlarla empenyeli odun bloklarının ilk 2 ay içerisinde bakteri ve diatomların salgıladığı sümüksü bir film tabakası ile kaplandığı, kreozotla empenye edilen odun bloklarının ise nispeten temiz kaldığı gözlemlenmiştir. Sonraki kontrollerde, özellikle İzmir/Derince limanındaki odun bloklarının fouling organizma ve yosun tutuşu görülmüştür.

#### İncelenmesi

#### 5.2.2. Denizdeki Odun Bloklarının Çıplak Gözle

#### Sonundaki Durumları

Şekil 14. Doğal Sarıçam Kamalarının 2.5 Aylık Deneme Süresi



Kısa süreli denemelerde, doğal Sarıçam kama örnekleri 2.5 ay süreyle nefeslikte bekletilmiş; yapılan gözlemler sonucunda ise, kama örneklerinde ilk 3 hafta sonunda renk değişimleri çıplak gözle fark edilir duruma gelmiş, izleyen haftalarda ise mantar gelişimi nedeniyle kama örneklerinin üzeri geyikli renklere bürünmüştür (Şekil 14).



Şekil 15. Akdeniz ve Karadenizdeki Emrenyesiz ve Emrenyeli Odun Blokları(Solda: Göknar, Sağda: Kayın blokları)



(Şekil 15).

Deneme süresi sonunda, odun bloklarının parçalanması ile yapılan tahribat derecesi belirlenmesinde, Akdeniz ve Karadenizdeki emrenyesiz Meşe örnekleri dışındaki tüm emrenyesiz örneklerin tamamen tahrip olduğu gözlemlenmiştir.

Haziran ayında Akdenizde, Temmuz ayında Karadenizde örneklerin üzerinde çok az fouling organizmaya rastlanmıştır. Akdeniz ve Karadenizdeki kreozotla emrenyeli örneklerin üzerinde çok az fouling organizmaya rastlanmıştır. Haziran ayında Akdenizde, Temmuz ayında Karadenizde örneklerin üzerinde çok az fouling organizmaya rastlanmıştır. Marmarada İzmir/Derince İlimanına bırakılan test blokları üzerinde yapılan kontrollerde, yosun ve fouling organizma dışında hayvansal zararlara rastlanmamıştır.

Akdeniz ve Karadenizdeki odun bloklarının üzeri nispeten temiz kalmış, en temiz örnekler Akdenizde saptanmıştır. Akdeniz ve Karadenizdeki kreozotla emrenyeli örneklerin üzerinde çok az fouling organizmaya rastlanmıştır. Haziran ayında Akdenizde, Temmuz ayında Karadenizde yapılan kontrollerde, emrenyesiz örnekler odun-deliçli hayvanların girmeye başladığı gözlemlenmiş; bu arada deniz suyu sıcaklığının 24°C'ın üzerinde olduğu kaydedilmiştir.

Akdeniz ve Karadenizdeki empenyeli örneğin gök azında tahrifat saptanmıştır. Akdenizde Tanalith ile empenye edilmiş gam ve meşe blokarda birer adet; Karadenizde Tanalith ile empenyeli Sarıgam ve Wolmanit ile empenyeli meşe blokarda ikişer adet zararlıya rastlanmıştır. Ancak, rastlanan bu yumuşakgaların odun blokalarının yüzey kısmında bulundukları ve erginleşmeden etkinliklerini yitirdikleri gözlenmiştir.

Marmarada Derince İlimnina batakılan odun blokalarında, deneme süresi sonunda hiçbir odun-delici hayvana rastlanmamıştır.

### 5.2.3. Ağaç Kama Örneğin Tahrifeden Mantarlar

Çürümüş örneğin gerek makroskopik gerekse mikroskopik incelenmesinden ve deneme alanında görülen mantarlardan, empenyeli Sarıgam kama örneğin bir esmer çürükük mantarı olan *Coniophora puteana*'nın, öknat kama örneğin yine bir esmer çürükük mantarı olan *Paxillus panuoides*'in, aynı kama örneğin ise beyaz çürükük etmeni *Stecium hirsutum*'un tahrif ettiği saptanmıştır.

2.5 ay bekletme sonunda doğal Sarıgam kama örneğin ise çesitli esmer çürükük mantarları tahrif etmiş ve yalnızca birkaç örnekte *Poria vaporaria*'nın miselileri belirgin biçimde görülmüştür. Ayrıca, laboratuvara getirilip üzerleri temizlenen doğal Sarıgam kama örneğin içinde mavli renklenme saptanmıştır.

Aslında tanısı yapılan çürükük mantarları dışındaki odun-tahrifçilerin de empenyeli kama örneklere zarar vermiş olmaları mümkün görünmektedir. Fakat deneme süresince geniş ölçüde değışen tüm mantar popülasyonunun teşhis edilmesi olanak değildir.

#### 5.2.4. Deniz İğnedeği Oduun Bloklarını Tahribeden Denizel Hayvanlar

14 ay deniz suyuna maruz bırakılan odun bloklarının parçalanması sonucu çikarılan hayvansal zararlılar serileşmelerini sağlamak için formaldehit içinde bekletilmiş ve daha sonra stereo mikroskop altında palet, sifon ve başlı gereyleyen kabukları incelenerek tanıları yapılmıştır. Akdenizdeki empenyesiz örneklerin çoğunluğu *Lyrodus pedicellatus* ve *Teredo utriculus* tarafından tahrip edildiği, tahribata az da olsa *Bankia carinata*'nın da katıldığı saptanmıştır. Karadenizdeki empenyesiz örneklerde ise yalnızca *Teredo navalis* türü tanımlanmıştır (Şekil 16).



Şekil 16. Denizel Oduun-Değici Yumuşakça (a) *Lyrodus pedicellatus* (b) Palet ve Sifon

Emprenyesiz odun bloklarını tahribeden ergin durumdaki hayvanların boyları 15-30 cm arasında bulunmuştur. Bunun yanında ergin olmayan küçük yumuşakçalar da sıkça görülmüştür.

Tüm emprenyesiz ve emprenyeli örneklerde Teredinidler dışındaki türlere rastlanmamıştır.

### 5.3. Ağaç Kama Örneklerinin Yıllık Halka Genişliği ve Yaz Odunu Katılım Oranı

Her üç ağaç türünden ve ek olarak doğal Sarıçam direklerden alınan disklerde yapılan araştırmalar sonucu ortaya çıkan bulgular Tablo 15 ve 16'da verilmiştir.

Tablo 15. Ağaç Türlerinin Ortalama Yıllık Halka Genişlikleri ve Yaz Odunu Katılım Oranları

Deneme Ağacı Kodu	1.3 m.deki Çap(cm)	Yıllık Halka Genişliği(mm)	Yaz Odunu Miktarı (%)
110/0	39	1.19	27.58
110/1	40	1.10	26.71
110/2	42	1.06	29.43
120/0	36	1.27	25.32
120/1	39	1.19	25.87
120/2	37	1.25	25.09
130/0	38	1.06	23.14
130/1	37	0.91	21.85
130/2	40	0.97	21.92

Sarıçam ve Gökmar örneklerde genellikle 0.5 - 1 mm. yıllık halka genişliğinde yaz odunu katılım oranı en fazla olmakta; Kayın örneklerde ise, yaz odunu katılım oranı



yaklaşık 0.5-1.75 mm yıllık halka genişlikleri arasında en düşük, 0.25-0.50 mm yıllık halka genişlikleri arasında giderek azalmakta, 1.75-3.75 mm yıllık halka genişlikleri arasında ise artış göstermektedir. Elde edilen direnç değerleri yıllık halka genişliği ve yaz odunu katılım oranına bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak yaz odunu katılım oranı arttıkça özgül ağırlık yükselmekte ve dolayısıyla ağacın hem dayanıklılığı hem de direnç özellikleri artmaktadır.

Tablo 16. Doğal Sarıçam Direklerin Çapları, Yıllık Halka Genişlikleri ve Yaz Odunu Katılım Oranları

Direk No.	Orta Çap (cm)	Yıllık Halka Genişliği (mm)	Yaz Odunu Katılım Oranı (%)
1	18	2.198	23.92
2	17	1.158	26.08
3	18	1.054	27.11
4	19	0.998	29.7
5	20	1.013	28.98
6	18	1.045	27.05
7	17	0.971	30.28
8	17	1.626	25.52
9	18	1.743	24.33
10	17	1.167	26.47

Tüm örneklerin yıllık halka genişliği ortalaması 1.297 mm, yaz odunu katılım oranı ortalaması ise % 26.94 olarak hesaplanmıştır.

#### 5.4. Ağaç Kama rneklerinin Direnç ve zgl Ağırlık Değerleri ile Bu Değerlerde Görülen Kayıplar

Her bir örnek çiftinin kontrol ve deneme alanında bekllettikten sonraki özgül ağırlık ve direnç değerleri arasında bir farklılık olup olmadığını ve farklılık varsa, bu farklılığın hangi grupları kapsadığını bulmak için öncelikle her bir direnç ve özgül ağırlık değerleri çoğul varyans analizi sonucu değerlendirilmiş; gerektiğinde Duncan testi uygulanmıştır.

##### 5.4.1. Dinamik Eğilme Direnci

Kontrol kama örneklerinin dinamik eğilme direnç değerleri arasında yapılan varyans analizi sonucunda, Sarıçam ve Göknar kontrol örneklerindeki yanılma olasılığı  $\alpha$ , % 5'den büyük bulunmuş ve  $\alpha > 0.05$  olduğu için örneklerin direnç özellikleri arasında önemli bir fark olmadığı saptanmıştır (Tablo 17,18). Sarıçam ve Göknar kontrol kama örneklerinin dinamik eğilme direnci ortalamaları ve standart ayrılışları Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 17. Sarıçam Kontrol rneklerinin Dinamik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki oğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Foranı	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	0.0085938	2	0.0042969	0.616	0.5433
Hata	0.4605217	66	0.0069776		
Genel	0.4691155	68			

Tablo 18. Göknar Kontrol rneklerinin Dinamik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki oğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Foranı	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	0.0015208	2	0.00076040	0.136	0.8727
Hata	0.3677883	66	0.0055725		
Genel	0.3693091	68			



Kayın kontrol örneklerinin dinamik eğilme direnci değerleri arasında uygulanan çoğul varyans analizi sonucunda, yanılma olasılığı  $\alpha > 0.05$  bulunduğu için Kayın kontrol örneklerinin dinamik eğilme direnç değerleri arasında önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (Tablo 20) ve Duncan testine gerek duyulmadan ortalama dinamik eğilme direnci değerleri tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 19. Çam ve Göknar Kontrol Örneklerinin Dinamik Eğilme Direnci Ortalamaları ve Standart Ayrılışları

Ağaç Türü	Örnek Kodu	$\bar{X}$	$\pm$	S
Sarıçam	110/1	0.4519565	$\pm$	0.0717
	110/0	0.4520870	$\pm$	0.0833
	110/2	0.4756957	$\pm$	0.0939
Göknar	120/0	0.4084783	$\pm$	0.0806
	120/2	0.4183043	$\pm$	0.0732
	120/1	0.4185652	$\pm$	0.0697

Tablo 20. Kayın Kontrol Örneklerinin Dinamik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F <sub>oranı</sub>	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	0.2696065	2	0.1348032	2.796	0.0683
Hata	3.1819098	66	0.0482108		
Genel	3.4515163	68			

Tablo 21. Kayın Kontrol Örneklerinin Ortalama Dinamik Eğilme Direnç Değerleri ve Standart Ayrılışları

	Örnek Kodu		
	130/0	130/1	130/2
$\bar{X} \pm S$	0.945173 $\pm$ 0.275	0.794695 $\pm$ 0.146	0.894434 $\pm$ 0.217

Ek olarak, doğal Sarıçam direklerden hazırlanan kontrol kama örneklerinin dinamik eğilme direnç değerleri arasında yapılan çoğul varyans analizi sonucunda, yanılma olasılığı  $\alpha$  0.001'den küçük çıkmış (Tablo 22); böylece örnekler arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bunun üzerine Duncan testi uygulanarak homojenlik grupları saptanmıştır (Tablo 23).

Tablo 22. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Dinamik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Foranı	Yanılma Olasılığı
Gr.Arası	0.2268232	9	0.0252026	12.259	0.0000
Hata	0.4173400	203	0.0020559		
Genel	0.6441632	212			

Tablo 23. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Dinamik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek No.	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
1	0.3815714 $\pm$ 0.0386	X
9	0.3855000 $\pm$ 0.0265	XX
8	0.4279500 $\pm$ 0.0481	XXX
2	0.4293182 $\pm$ 0.0538	XXX
10	0.4423000 $\pm$ 0.0473	XXX
3	0.4517727 $\pm$ 0.0432	XX
6	0.4525217 $\pm$ 0.0507	XX
5	0.4650000 $\pm$ 0.0460	XX
4	0.4686500 $\pm$ 0.0225	XX
7	0.4868182 $\pm$ 0.0606	X

#### 5.4.2. Statik Eğilme Direnci ve Eğilmeye Elastiklik Modülü

Statik eğilme direnci bakımından da kontrol örnekleri arasında çoğul varyans analizi yapılmış ve Sarıçam kontrol örneklerinin statik eğilme direnci ortalamaları homojenlik göstermiş (Tablo 24,25), Göknaar ve Kayın kontrol örnekleri ise heterojen gruplar oluşturmuştur(Tablo 26, 27 ve 28, 29).

Göknaar kontrol örneklerinin homojenlik dağılımı tablosuna göre, 120/0 kodlu örnek ile 120/1 kodlu örnekler aynı grupta, 120/2 kodlu örnek ise ayrı grupta yer almaktadır.

Tablo 24. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Statik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Foranı	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	10744.899	2	5372.4493	1.072	0.3483
Hata	330862.09	66	5013.0619		
Genel	341606.989	68			

Tablo 25. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Statik Eğilme Direnci Ortalamaları ve Standart Ayrılışları

Örnek Kodu	$\bar{X}$	$\pm$	S
110/0	782.2713	$\pm$	67.225
110/1	786.2608	$\pm$	67.231
110/2	810.4782	$\pm$	77.459

Tablo 26. Göknaar Kontrol Örneklerinin Statik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Foranı	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	21739.159	2	10869.580	3.282	0.0438
Hata	218595.391	66	3312.0514		
Genel	240334.550	68			

Tablo 27. Göknaar Kontrol Örneklerinin Statik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek Kodu	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
120/2	721.30435 $\pm$ 52.578	X
120/0	755.43478 $\pm$ 67.245	X
120/1	761.69565 $\pm$ 51.475	X

Tablo 28. Kayın Kontrol Örneklerinin Statik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F <sub>oranı</sub>	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	161675.86	2	80837.928	17.377	0.0000
Hata	307038.700	66	4652.1014		
Genel	468714.556	68			

Tablo 29. Kayın Kontrol Örneklerinin Statik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek Kodu	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
130/1	1018.8696 $\pm$ 64.118	X
130/2	1077.2609 $\pm$ 52.019	X
130/0	1137.4348 $\pm$ 84.490	X

Tablo 28'e göre yanılma olasılığı  $\alpha < 0.001$  bulunmuş ve böylece statik eğilme direnci bakımından her 3 Kayın kontrol örneğinin arasında önemli bir farklılık olduğu saptanmıştır. Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu bulmak için Duncan testi uygulanmış ve sonuç Tablo 29'da gösterilmiştir. Tablo 29'a göre, Kayın kontrol örneklerinin statik eğilme direnci ortalamaları istatistiksel anlamda birbirinden çok farklı bulunmaktadır.



Ek olarak, Sariçam direklerden hazırlanan kontrol örneklerinin statik eğilme direnç değerleri arasında yapılan çoğul varyans analizi sonucunda da,  $\alpha < 0.001$  bulunmuş ve statik eğilme direnç değerlerinin heterojen olduğu ortaya konmuştur (Tablo 30). Değerler arasındaki homojenlik dağılımını bulmak için Duncan testi uygulanmış ve 1-5, 1-7 ile 7-9 nolu örneklerin istatistiksel anlamda farklı grupta yer aldığı saptanmıştır (Tablo 31).

Tablo 30. Sariçam Kontrol Örneklerinin Statik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Foranı	Yanılma Olasılığı
Gr.Arası	372438.00	9	41382.000	4.730	0.0000
Hata	1592408.9	182	8749.4993		
Genel	1964846.9	191			

Tablo 31. Sariçam Kontrol Örneklerinin Statik Eğilme Direnç Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek No.	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
1	709.05000 $\pm$ 70.596	X
9	715.42105 $\pm$ 74.493	XX
8	769.00000 $\pm$ 101.772	XXX
10	788.47368 $\pm$ 120.334	XXX
2	788.65000 $\pm$ 55.529	XXX
3	789.00000 $\pm$ 111.87	XXX
6	794.94737 $\pm$ 96.646	XXX
4	822.21053 $\pm$ 118.752	XXX
5	836.94737 $\pm$ 87.281	XX
7	849.94737 $\pm$ 75.824	X

Kontrol örneklerinin elastiklik modülü değerleri arasında da çoğul varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar önceki direnç değerlerinden biraz daha farklı bulunmuştur. Örneğin, statik ve dinamik direnç değerleri arasında önemli bir fark bulunmayan Sarıçam ve Gökнар kontrol örneklerinin elastiklik modülü değerleri arasında farklılık saptanmıştır (Tablo 32, 33 ve 34, 35).

Tablo 32. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F <sub>oranı</sub>	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	71877201	2	35938600	12.965	0.0000
Hata	1.8296x10 <sup>8</sup>	66	2772075.8		
Genel	2.5483x10 <sup>8</sup>	68			

Tablo 33. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışı

Örnek Kodu	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
110/0	119776.61 ± 1744.73	X
110/1	120162.48 ± 1738.29	X
110/2	122108.70 ± 1500.17	X

Tablo 34. Gökнар Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F <sub>oranı</sub>	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	2,8778x10 <sup>8</sup>	2	1.4389*10 <sup>8</sup>	3.049	0.0542
Hata	3,1151x10 <sup>9</sup>	66	47198980		
Genel	3,4029x10 <sup>9</sup>	68			



Tablo 35. Gökmar Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek Kodu	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
120/2	105573.26 $\pm$ 1167.1	X
120/0	109767.43 $\pm$ 1155.7	X
120/1	110031.48 $\pm$ 2012.61	X

Tablo 33'e göre, 110/0 ve 110/1 kodlu örnekler aynı homojenlik grubunda, 110/2 nolu örnek ise farklı homojenlik grubunda yer almaktadır.

Tablo 35'e göre ise, Gökmar kontrol örneklerinden 120/0 ve 120/1 kodlu kamalar elastiklik modülü bakımından birbiriyle aynı grupta, 120/2 kodlu kama ise diğerlerinden farklı grupta yer almaktadır.

Kayın kontrol örneklerinin elastiklik modülü değerleri arasında uygulanan varyans analizi sonucunda, diğer direnç özelliklerinde olduğu gibi, önemli farklılık bulunmuştur (Tablo 36). Örnek grupları arasındaki homojenlik dağılımını belirlemek için Duncan testi uygulanmış ve Tablo 37'de görülen dağılım ortaya çıkmıştır. Bu tabloya göre elastiklik modülü ortalamaları bakımından 130/2 ve 130/0 kodlu kama örnekleri aynı homojenlikte, 130/1 kodlu kama örneği ise farklı homojenlikte bulunmaktadır.

Tablo 36. Kayın Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F <sub>oranı</sub>	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	4.0643x10 <sup>8</sup>	2	2.0321x10 <sup>8</sup>	7,917	0.0008
Hata	1.6940x10 <sup>9</sup>	66	25667362		
Genel	2.1005x10 <sup>9</sup>	68			

Tablo 37. Kayın Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek Kodu	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
130/1	118872.00 $\pm$ 7868.22	X
130/2	123906.13 $\pm$ 3248.82	X
130/0	124127.52 $\pm$ 2130.34	X

Direklerden hazırlanan Sarıçam kontrol örneklerinin elastiklik modülü değerleri arasında da istatistiksel anlamda önemli farklılıklar saptanmış ve homojenlik grupları Duncan testi ile belirlenmiştir (Tablo 38 ve 39).

Tablo 38. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Foranı	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	$1.1763 \times 10^{10}$	9	$1.3070 \times 10^9$	5.677	0.0000
Hata	$4.1901 \times 10^{10}$	182	$2.3023 \times 10^8$		
Genel	$5.3664 \times 10^{10}$	191			

Tablo 39. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek No.	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
1	101663.50 $\pm$ 9317.38	X
9	103130.26 $\pm$ 12308.2	XX
8	112068.37 $\pm$ 18363	XXX
10	114169.84 $\pm$ 17565	XXX
2	114568.20 $\pm$ 11293.5	XXX
3	115422.37 $\pm$ 20225.8	XXX
6	117445.95 $\pm$ 14297	XXX
4	124146.42 $\pm$ 19149.9	XX
5	126516.68 $\pm$ 12802.5	X
7	849.94737 $\pm$ 12658.7	X

Tablo 39'a göre 1-4, 1-5, 1-7, 4-9 ve 7-9 nolu örneklerin elatıklık modülü değerleri arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır.

Deneme alanında gerek 13 ay gerekse ek bir çalışma ile 2.5 ay bekletilmiş kama örneklerinin dinamik eğilme , statik eğilme direnç değerleri ve elastiklik modülleri arasında yapılan çoğul varyans analizleri sonucunda, istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmuş ve bu farklılıkların genellikle bekletilmiş emprenyesiz örnekler ile emprenyeli örnekler ve doğal Sarıçam kama örnekleri arasında olduğu saptanmıştır. Bu özelliklere ilişkin ortalamalar ve standart ayrılışlar topluca Tablo 40 ve 41'de verilmiştir.

Tablo 40. 13 Ay Bekletilmiş Kama Örneklerinin Ortalama Direnç Değerleri ve Standart Ayrılışları

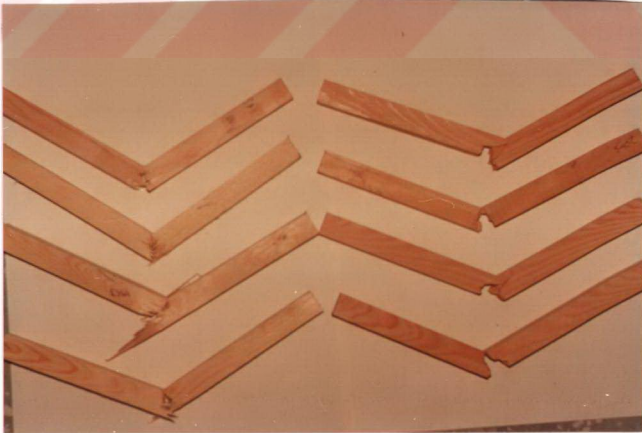
Örnek Kodu	Dinamik Eğilme		Statik Eğilme		Elastiklik Modülü	
	$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\pm S$
110	0.06291	$\pm 0.0834$	222.782	$\pm 76.52$	59041.22	$\pm 10295.2$
111	0.43130	$\pm 0.0717$	761.869	$\pm 66.79$	117382.0	$\pm 2285.73$
112	0.45378	$\pm 0.0893$	763.261	$\pm 76.94$	116558.1	$\pm 2686.53$
120	0.06465	$\pm 0.0253$	209.695	$\pm 50.83$	54066.26	$\pm 7804.9$
121	0.40222	$\pm 0.0681$	738.304	$\pm 49.35$	107377.0	$\pm 1988.23$
122	0.39843	$\pm 0.0689$	689.261	$\pm 51.92$	102254.7	$\pm 1147.2$
130	0.11156	$\pm 0.0763$	308.087	$\pm 69.32$	55482.43	$\pm 11195.3$
131	0.75386	$\pm 0.142$	972.087	$\pm 60.46$	114830.1	$\pm 7180.22$
132	0.84726	$\pm 0.207$	1018.65	$\pm 50.05$	120046.4	$\pm 3478.8$

Tüm bu direnç değerleri yanında, deneme alanında 13 ay bekletilmiş emprenyeli ve emprenyesiz örnekler ile 2.5 ay bekletilmiş ve kontrol örneklerinin kırılma biçimleri çok farklı olmuştur(Şekil 17 ve 18).Emprenyeli ve sağlam örnekler lifli ve kıymıklı kırılırken, deneme alanında gerek 13 gerekse 2.5 ay bekletilen örnekler kıymıksız kırılmıştır.

Ayrıca, 2.5 ay deneme alanında bekletilen örneklerde kırılma, biçim yönünden daha çok kopma ya da ayrılmaya benzemiştir.

Tablo 41. 2.5 Ay Bekletilmiş Sarıçam Kama Örneklerinin Ortalama Direnç Değerleri ve Standart Ayrılışları

Örnek No.	Dinamik		Eğilme		Statik		Eğilme		Elastiklik Modülü	
	$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\pm S$
1	0.18080	$\pm 0.0298$	461.11	$\pm 92.97$	77919.90	$\pm 11605.6$				
2	0.23513	$\pm 0.0496$	578.20	$\pm 73.52$	94733.30	$\pm 13881.9$				
3	0.26163	$\pm 0.0559$	589.05	$\pm 116.2$	96746.80	$\pm 17364.5$				
4	0.24805	$\pm 0.0371$	597.73	$\pm 143.4$	92338.50	$\pm 26630.7$				
5	0.25928	$\pm 0.0579$	626.78	$\pm 87.63$	102793.0	$\pm 11550.5$				
6	0.24482	$\pm 0.0653$	581.63	$\pm 70.41$	95476.40	$\pm 10763.5$				
7	0.27777	$\pm 0.0636$	640.26	$\pm 69.31$	104561.0	$\pm 11594.8$				
8	0.22355	$\pm 0.0383$	548.89	$\pm 97.05$	91783.90	$\pm 15826.4$				
9	0.20836	$\pm 0.0347$	507.63	$\pm 98.03$	82703.92	$\pm 13044.9$				
10	0.02187	$\pm 0.0529$	516.10	$\pm 170.5$	87789.50	$\pm 21536.4$				



Şekil 17. Sağlam ve 2.5 Ay Bekletilmiş örneklerde Kırılma Biçimleri





Şekil 18. 13 Ay Bekletilmiş Emprenyeli ve Emprenyesiz Örneklerde Kırılma Biçimleri

### 5.4.3. Özgül Ağırlık

Kontrol örneklerinin özgül ağırlıkları arasında yapılan varyans analizi sonucunda, Sarıçam kontrol kama örneklerinin özgül ağırlıkları arasında yanılma olasılığı  $\alpha = 0.0127$  bulunmuştur(Tablo 42).

Sarıçam kontrol örneklerinin özgül ağırlıkları arasındaki varyans analizi sonucu yanılma olasılığı  $\alpha < 0.05$  çıktığından örnekler arasında özgül ağırlık bakımından önemli bir fark olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun üzerine bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu saptamak için Duncan testi uygulanmış ve homojenlik dağılımı ile bulunan ortalama değerler ve bunların standart ayrılışları tablo 43 'de verilmiştir. Bu tabloya göre 110/0 ve 110/1 kodlu Çam kama örnekleri aynı grupta, 110/2 nolu kama örneği ise ayrı grupta yer almıştır.

Tablo 42.Sarıçam Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F oranı	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	0.0065261	2	0.0032631	4.514	0.0127
Hata	0.0975860	135	0.00072286		
Genel	0.1041121	137			

Tablo 43.Sarıçam Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışı

Örnek Kodu	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
110/0	0.5008478 $\pm$ 0.0248	X
110/1	0.5045652 $\pm$ 0.0244	X
110/2	0.5169348 $\pm$ 0.0309	X



Göknar kontrol kama örneklerinin özgül ağırlıkları arasında yapılan varyans analizi sonucunda yanılma olasılığı  $\alpha = 0.8052$  bulunmuş ve  $\alpha > 0.05$  olduğundan Göknar kama örneklerinin özgül ağırlıkları arasında önemli bir farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır (Tablo 44). Göknar kontrol kama örneklerinin özgül ağırlık ortalamalarına bakıldığında da aralarında önemli bir fark olmadığı görülmektedir (Tablo 45).

Tablo 44. Göknar Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F <sub>oranı</sub>	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	0.00042626	2	0.00021313	0.217	0.8052
Hata	0.1326123	135	0.00098231		
Genel	0.1330386	137			

Tablo 45. Göknar Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Ortalamaları ve Standart Ayrılışları

Ağaç Türü	Örnek Kodu	$\bar{X}$	$\pm$	S
Göknar	120/0	0.470609	$\pm$	0.0286
	120/1	0.474913	$\pm$	0.0339
	120/2	0.471143	$\pm$	0.0317

Kayın kontrol kama örneklerinin özgül ağırlıkları arasındaki varyans analizinden,  $\alpha = 0.000$  bulunmuş ve  $\alpha < 0.01$  olduğundan örnek grupları arasında önemli bir fark olduğu istatistiksel anlamda ortaya konulmuştur (Tablo 46).

Bu farkların gruplar arası dağılımını bulmak için Duncan testi uygulanmış ve sonuç Tablo 47'de gösterilmiştir.

Emprenyeli kama örneklerinin hesaplanan özgül ağırlıkları arasında da bir fark olup olmadığını anlamak amacıyla varyans analizi yapılmıştır.

Tablo 46. Kayın Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F <sub>oranı</sub>	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	0.1108323	2	0.0554161	108.64	0.0000
Hata	0.0688621	135	0.00051009		
Genel	0.1796944	137			

Tablo 47. Kayın Kontrol Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek Kodu	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
130/1	0.6487391 $\pm$ 0.0192	X
130/2	0.6717174 $\pm$ 0.0200	X
130/0	0.7169565 $\pm$ 0.0275	X

Çam örneklerin emprenyeli özgül ağırlıkları arasında yapılan varyans analizi sonucunda yanılma olasılığı  $\alpha$ , % 5'den daha küçük bulunmuştur (Tablo 48).  $\alpha < 0.05$  olduğundan, örneklerin emprenyeli özgül ağırlıkları arasında önemli bir fark olduğu anlaşılmıştır. Bunun üzerine Duncan testi uygulanarak homojenlik dağılımı belirlenmiştir (Tablo 49).

Tablo 48. Sarıçam Kama Örneklerinin Emprenyeli Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F <sub>oranı</sub>	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	0.0045501	1	0.0045501	5.868	0.0174
Hata	0.0697829	90	0.00077536		
Genel	0.0743330	91			

Tablo 49. Sarıçam Kama Örneklerinin Emprenyeli Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek Kodu	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
111	0.5109783 $\pm$ 0.0244	X
112	0.5250435 $\pm$ 0.0309	X

Göknar kama örneklerin hesaplanan emprenyeli özgül ağırlıkları arasındaki varyans analizi sonucu yanılma olasılığı  $\alpha$  % 5'den büyük çıkmış (Tablo 50) ve emprenyeli özgül ağırlıklar arasında önemli bir fark olmadığı saptanmıştır (Tablo 51).

Kayın kama örneklerin hesaplanan emprenyeli özgül ağırlıkları arasında yapılan varyans analizi sonucunda,  $\alpha = 0.0000$  olmuş ve böylece emprenyeli özgül ağırlıklar arasında önemli bir fark olduğu saptanmıştır (Tablo 52). Bu farkların dağılımını bulmak için Duncan testi uygulanarak sonuç Tablo 53 'de verilmiştir.

Tablo 50. Göknar Kama Örneklerinin Emprenyeli Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Foranı	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	0.00012914	1	0.00012914	0.122	0.7314
Hata	0.0952874	90	0.0010587		
Genel	0.0954166	91			

Tablo 51. Göknar Kama Örneklerinin Emprenyeli Özgül Ağırlık Ortalamaları, Standart Ayrılışları ve Homojenlikleri

Örnek Kodu	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
121	0.4779783 $\pm$ 0.0312	X
122	0.4803478 $\pm$ 0.0338	X

Tablo 52. Kayın Kama Örneklerinin Emprenyeli Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Foranı	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	0.0098926	1	0.0098926	24.256	0.0000
Hata	0.0367060	90	0.0004078		
Genel	0.0465986	91			

Tablo 53. Kayın Kama Örneklerinin Emprenyeli Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek Kodu	$\bar{X}$	$\pm$	S	Homojenlik Grupları
131	0.6601957	$\pm$	0.0204	X
132	0.6809348	$\pm$	0.0199	X

Ek çalışma ile, Sarıçam kontrol direklerinin özgül ağırlık değerleri arasında çoğul varyans analizi uygulanmış ve yanılma olasılığı binde birden küçük çıkmıştır. Böylece on adet direğin özgül ağırlık değerleri arasında önemli bir farklılığın olduğu saptanmıştır. Bu farklılığın homojenlik dağılımını bulmak için yapılan Duncan testi sonucunda farklılık grupları belirlenmiştir (Tablo 54).

Deneme alanında 13 ay bekletildikten sonra alınan kama örneklerin (bekletilmiş örneklerin) özgül ağırlıkları arasında da çoğul varyans analizi uygulanmıştır. Deneme alanında bekletilen Çam kama örneklerinin özgül ağırlıkları arasındaki varyans analizi sonucu, her üç kama örneğinin de istatistiksel anlamda farklılık gösterdiği saptanmıştır (Tablo 55).

Bu farklılığın gruplar arası dağılımını bulmak için uygulanan Duncan testi sonucunda, her üç Çam kama örneğinin de farklı grup oluşturduğu belirlenmiştir (Tablo 56).

Deneme alanında 13 ay bekletilen Göknar kama örneklerin deneme sonrası özgül ağırlıkları arasındaki varyans analizi sonucu, örnekler arasında önemli farklılık bulunmuş (Tablo 57) ve Duncan testi ile bu farklılıkların 120 kodlu, yani emprenyesiz Göknar kama örneğinde olduğu saptanmıştır (Tablo 58).

Tablo 54. Sarıçam Kontrol Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek No.	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
1	0.4401951 ± 0.0335	X
9	0.4452927 ± 0.0322	XX
8	0.4820769 ± 0.0561	XXX
2	0.4859286 ± 0.0468	XX
10	0.4910000 ± 0.0541	XX
3	0.4986585 ± 0.0569	XX
6	0.5015000 ± 0.0461	XX
5	0.5204500 ± 0.0428	XX
4	0.5218974 ± 0.0544	XX
7	0.5343902 ± 0.0500	X

Tablo 55. Deneme Alanında 13 Ay Bekletilmiş Sarıçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Foranı	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	0.18224491	2	0.0911246	129.37	0.0000
Hata	0.0950833	135	0.00070432		
Genel	0.2773324	137			

Tablo 56. Deneme Alanında 13 Ay Bekletilmiş Sarıçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek Kodu	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
110	0.4380652 ± 0.0238	X
111	0.5075000 ± 0.0243	X
112	0.5210217 ± 0.0309	X

Tablo 57. Deneme Alanında 13 Ay Bekletilmiş Gökmar Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F <sub>oranı</sub>	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	0.0818935	2	0.0409467	43.560	0.0000
Hata	0.1269001	135	0.00094000		
Genel	0.2087936	137			

Tablo 58. Deneme Alanında 13 Ay Bekletilmiş Gökmar Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek Kodu	$\bar{X}$	$\pm S$	Homojenlik Grupları
120	0.4242174	$\pm 0.0269$	X
122	0.4747609	$\pm 0.0337$	X
121	0.4769565	$\pm 0.0308$	X

Deneme alanında bekletilmiş Kayın kama örneklerinin özgül ağırlıkları arasındaki çoğul varyans analizi sonucu, kontrol Kayın örneklerindeki gibi önemli fark görülmüş (Tablo 59) ve bu farklılığın tüm bekletilmiş Kayın kama örneklerinde olduğu saptanmıştır (Tablo 60).

Tablo 59. Deneme Alanında 13 Ay Bekletilmiş Kayın Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Çoğul Varyans Analizi Tablosu

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F <sub>oranı</sub>	Yanılma Olasılığı
Gr. Arası	0.0275326	2	0.00137663	29.429	0.0000
Hata	0.0631500	135	0.00046778		
Genel	0.0906826	137			



Tablo 60. Deneme Alanında 13 Ay Bekletilmiş Kayın Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek Kodu	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
130	0.6415217 $\pm$ 0.0245	X
131	0.6558261 $\pm$ 0.0200	X
132	0.6759565 $\pm$ 0.0200	X

Nefeslikte 2.5 ay bekletilen Sarıçam kama örneklerinin bekleme süresi sonundaki özgül ağırlık değerleri arasında da önemli farklılık bulunmuştur. Bu farklılığın gruplar arası dağılımını belirlemek için Duncan testi uygulanmış ve sonuç Tablo 61'de verilmiştir.

Tablo 61. Deneme Alanında 2.5 Ay Bekletilmiş Sarıçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Arasındaki Homojenlik Dağılımı ve Standart Ayrılışları

Örnek No.	$\bar{X} \pm S$	Homojenlik Grupları
1	0.4160000 $\pm$ 0.0321	X
9	0.4254878 $\pm$ 0.0328	XX
8	0.4602821 $\pm$ 0.0538	XXX
10	0.4657692 $\pm$ 0.0578	XXX
2	0.4661905 $\pm$ 0.0476	XXX
6	0.4795952 $\pm$ 0.0469	XXX
3	0.4801220 $\pm$ 0.0591	XXX
5	0.4999500 $\pm$ 0.0448	XX
4	0.4999744 $\pm$ 0.0566	X
7	0.5145610 $\pm$ 0.0511	X

#### 5.4.4. Direnç Kayıpları

Dinamik eğilme direnci kaybı, statik eğilme direnci kaybı ve eğilmeye elastiklik modülü kaybı da emprenyesiz kontrol örnekleri arasında fazla değişim göstermemiş ve kayıplar hemen hemen aynı homojenlikte bulunmuştur (Tablo 62).

Emprenyeli kama örneklerinin direnç kayıp yüzdeleri ağaç türü ve emprenye maddesine göre az-çok farklılık göstermesine karşın % 2 ile % 6 arasında kalmıştır (Tablo 63).

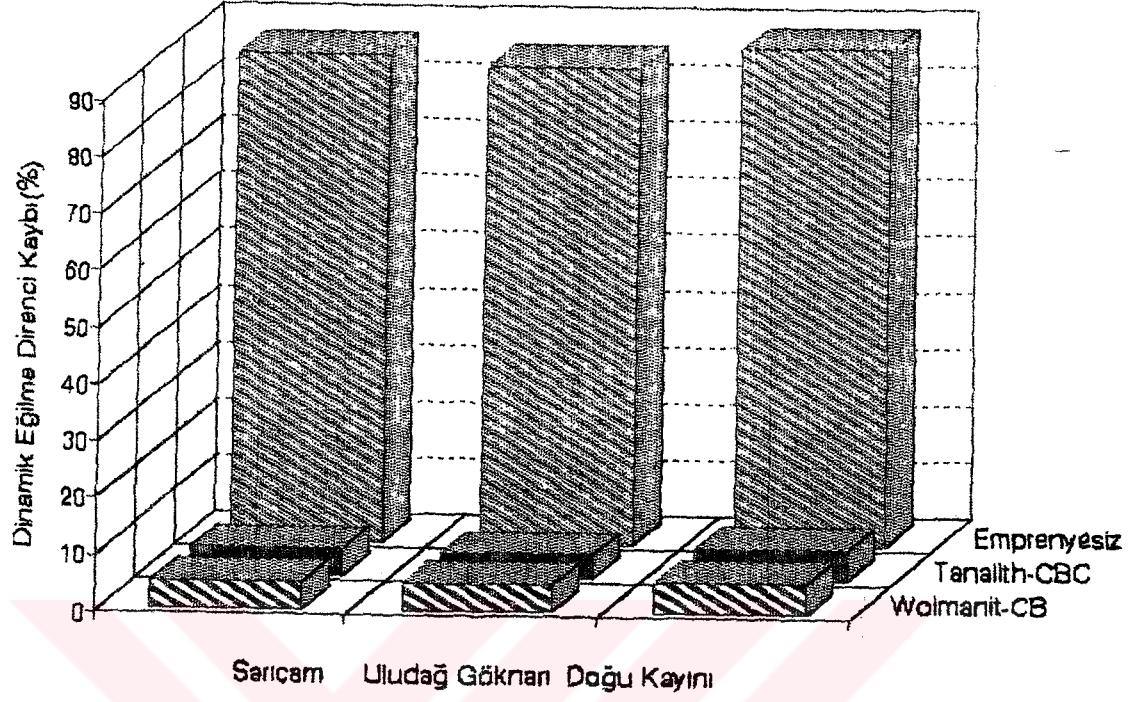
Tablo 62. Emprenyesiz Kama Örneklerinin Direnç Kayıpları

Örnek Kodu	Direnç Kayıpları (%)		
	Dinamik Eğilme Direnci Kaybı	Statik Eğilme Direnci Kaybı	Elastiklik Modülü Kaybı
110	86.21	71.34	50.66
120	84.19	72.15	50.77
130	87.82	72.84	55.31

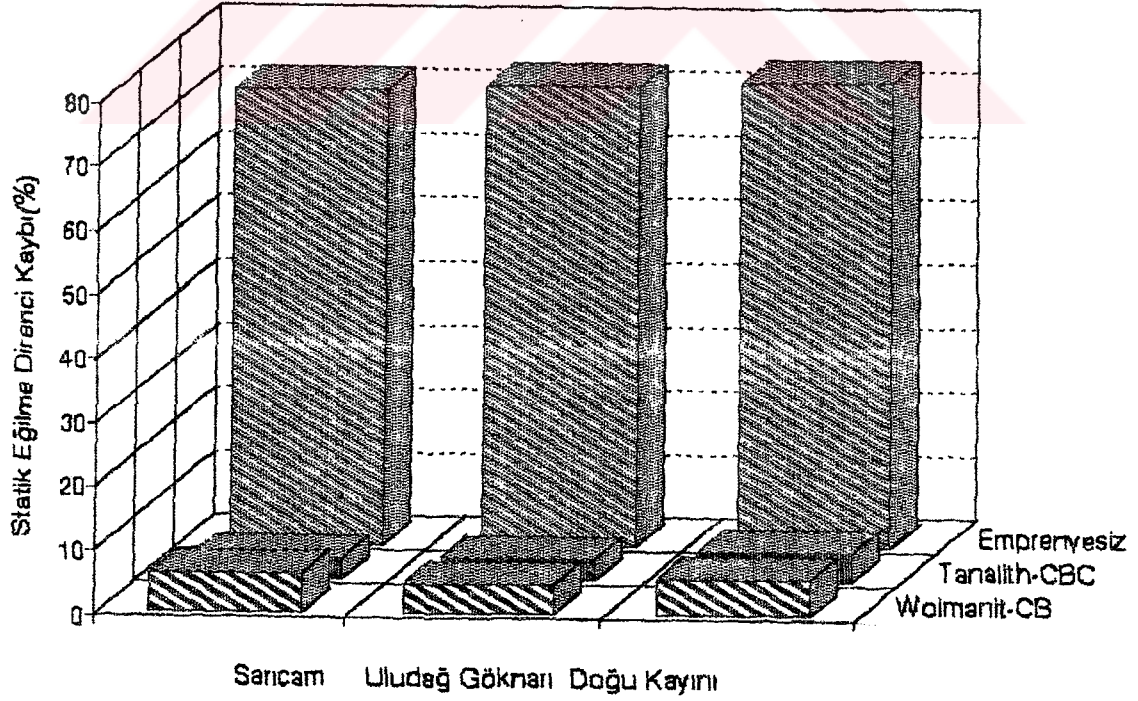
Tablo 63. Emprenyeli Kama Örneklerinin Direnç Kayıpları

Örnek Kodu	Dinamik Eğilme D. Kaybı (%)	Statik Eğilme D. Kaybı (%)	Elastiklik Modülü Kaybı (%)
111	4.60	3.03	2.31
112	4.58	5.83	4.54
121	3.94	3.06	2.41
122	4.71	4.45	3.14
131	5.19	4.58	3.51
132	5.35	5.42	3.12

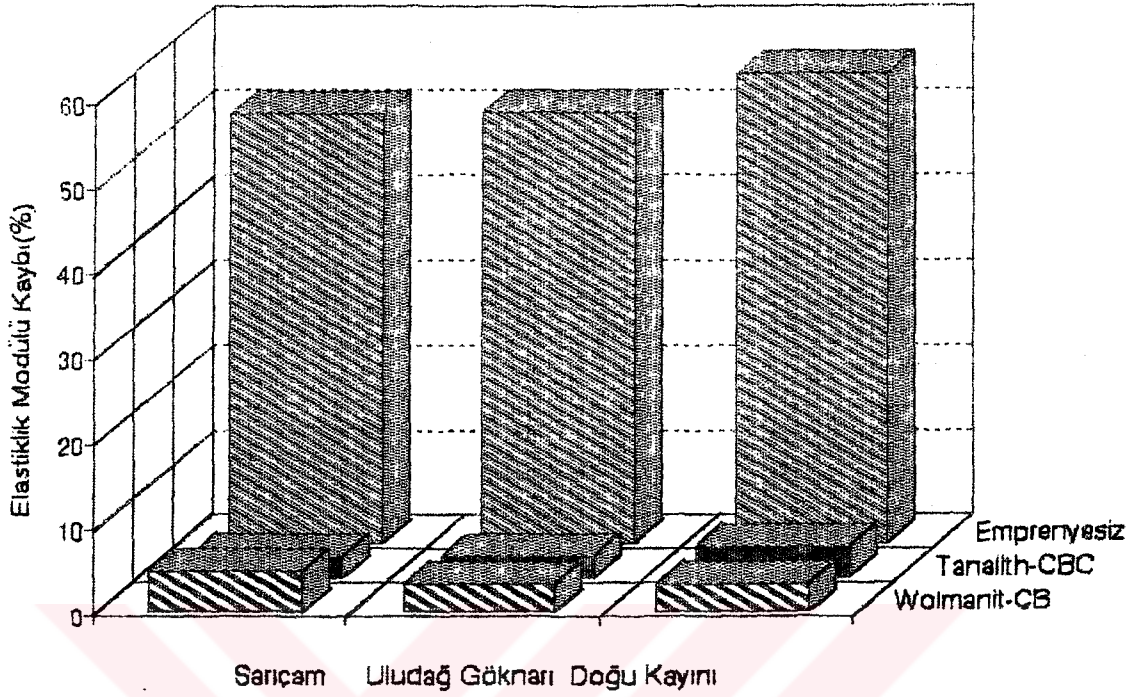
Emprenyesiz ve emprenyeli örnekler ile doğal Sarıçam örneklerinin direnç özelliklerindeki kayıplar ile elastiklik modülündeki kayıplar üç boyutlu bar biçiminde de verilmiştir (Şekil 19-22).



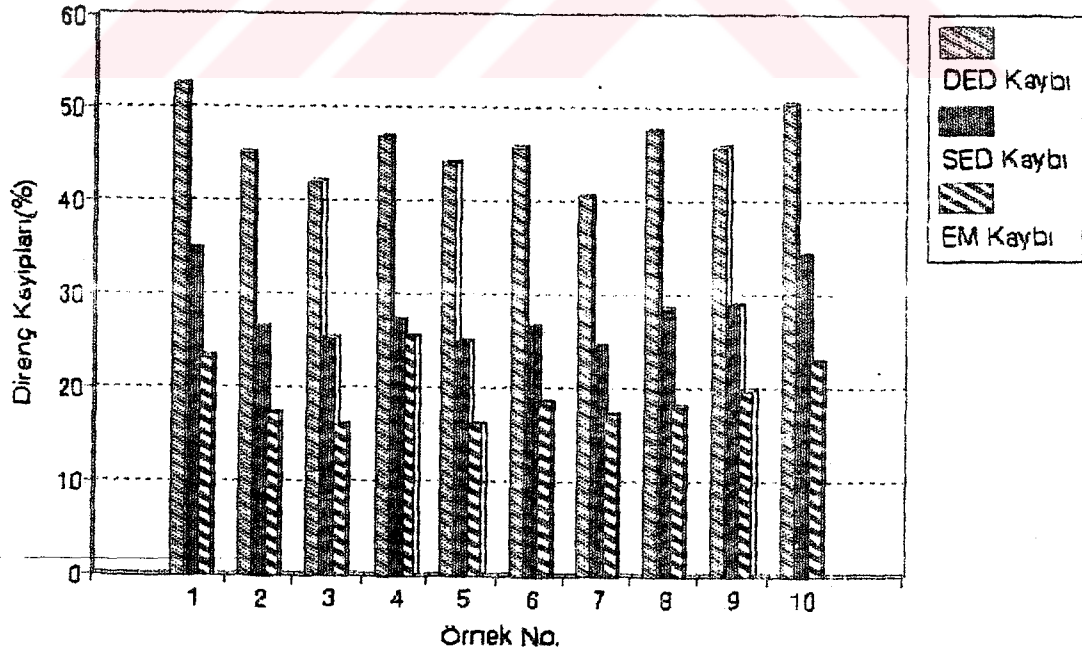
Şekil 19. Emprenyesiz ve Emprenyeli Kama örneklerinin Dinamik Eğilme Direnci Kayıpları



Şekil 20. Emprenyesiz ve Emprenyeli Kama örneklerinin Statik Eğilme Direnci Kayıpları



Şekil 21. Emprenyeesiz ve Emprenyeli Kama Örneklerinin Elastiklik Modülü Kayıpları



Şekil 22. Doğal Sarıçam Kama Örneklerinin Dinamik ve Statik Eğilme Direnci ile Elastiklik Modülü Kayıpları



Deneme alanında 2.5 ay bekletilen Sarıçam kamalarının direnç kayıpları birbirine yakın seyretmiştir (Tablo 64).

Tablo 64. Doğal Sarıçam Kama Örneklerinin Direnç Kayıpları

Örnek No.	Dinamik Eğilme D. Kaybı (%)	Statik Eğilme D. Kaybı (%)	Elastiklik Modülü Kaybı (%)
1	52.61	34.96	23.35
2	45.23	26.68	17.31
3	42.08	25.34	16.18
4	47.07	27.30	25.62
5	44.24	25.11	16.21
6	45.89	26.83	18.71
7	40.75	24.67	17.35
8	47.76	28.62	18.09
9	45.95	29.04	19.81
10	50.55	34.54	23.10

2.5 aylık deneme süresi sonunda, doğal Sarıçam kama örneklerinin ortalama dinamik eğilme direnci % 46.19, statik eğilme direnci % 28.21 ve eğilmeye elastiklik modülü % 19.54 azalmıştır.

Özgül ağırlık kaybı ve buna bağlı olarak mekanik direnç azalmaları en fazla Kayın örneklerde bulunmuştur. Bunu sırasıyla Çam ve Göknaar örnekler izlemiştir.

#### 5.4.5. Özgül Ağırlık Kayıpları

Emprenyesiz tüm ağaç türlerinin özgül ağırlık kayıpları arasında da varyans analizi uygulanmış ve kayıp yüzdesi bakımından ağaç türleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Burada bulunan yanılma olasılığı  $\alpha$ , % 5 'den daha büyük çıkmış ve sonuçta ağırlık kaybı yönünden emprenyesiz kama örnekleri homojen dağılım göstermiştir. Emprenyesiz kama örneklerinin özgül ağırlık kayıplarına

bakıldığında, aralarında önemli bir fark bulunmadığı hemen anlaşılmaktadır(Tablo 65).

Emprenyeli kama örneklerinin özgül ağırlık kayıpları arasında yapılan varyans analizi sonucunda da, kayıp yüzdesi bakımından önemli bir fark görülmemiş ve kayıplar % 1'in altında kalmıştır(Tablo 66).

Emprenyesiz ve emprenyeli kama örneklerinin özgül ağırlık kayıpları görsel olarak üç boyutlu bar biçiminde Şekil 23'de verilmiştir.

Tablo 65. Emprenyesiz Kama Örneklerin Ortalama Özgül Ağırlık Kayıpları

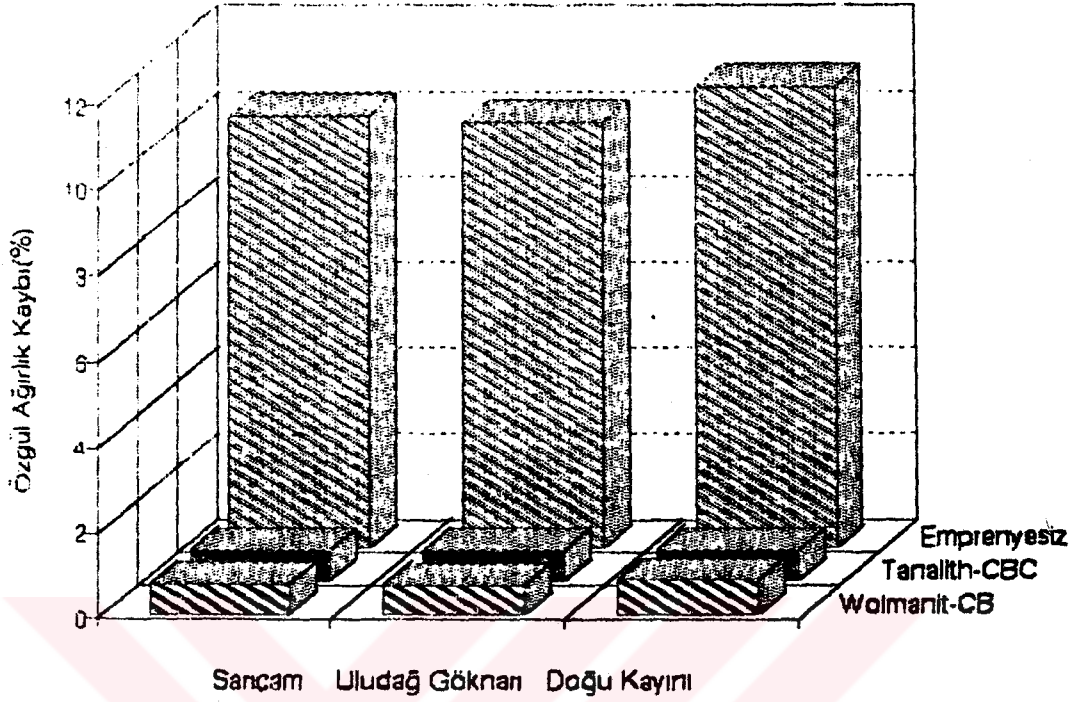
Ağaç Türü	Kodu	Özgül Ağırlık Kaybı (%)
Sarıçam	110	10.09
Göknar	120	9.94
Kayın	130	10.78

Tablo 66. Emprenyeli Kama Örneklerin Ortalama Özgül Ağırlık Kayıpları

Örnek Kodu	Özgül Ağırlık Kaybı (%)
111	0.69
112	0.71
121	0.72
122	0.68
131	0.72
132	0.79

Doğal Sarıçam direklerden hazırlanan kama örneklerinin özgül ağırlık kaybı da % 3.7 ile % 5.5 arasında değişmiştir (Tablo 67).



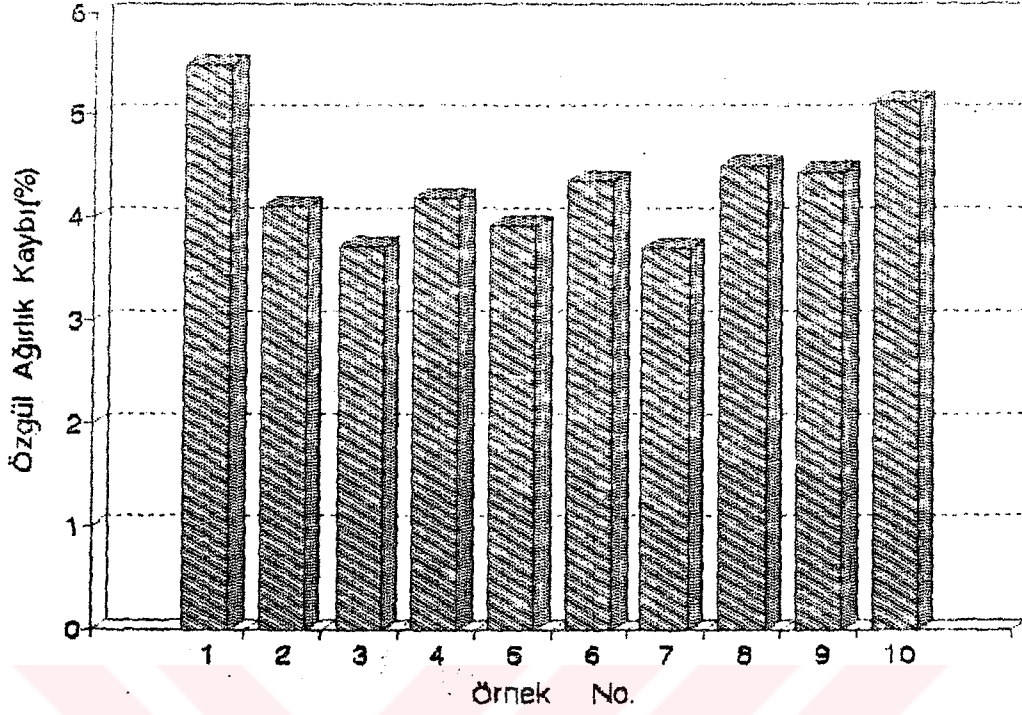


Şekil 23. Emprenyesiz ve Emprenyeli Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kayıpları

Tablo 67. Nefeslikte Denenen Doğal Sarıçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kaybı

	Örnek No.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Özgül Ağ. Kaybı (%)	5.49	4.11	3.72	4.19	3.93	4.36	3.70	4.51	4.45	5.13

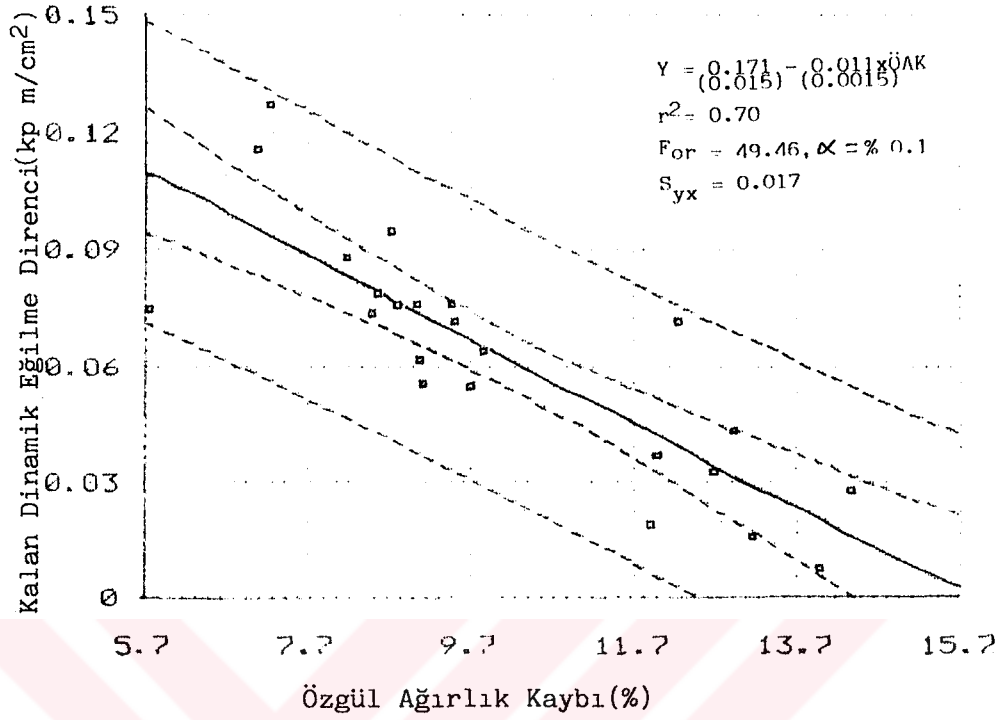
Özgül ağırlık kaybı en fazla 1 ve 10 numaralı Sarıçam kama örneklerinde olmuştur. En yüksek özgül ağırlık kaybı % 5.49 ile 1 nolu örnekte oluşmuş, bunu % 5.13'lük bir kayıpla 10 nolu örnek izlemiştir. En düşük özgül ağırlık kaybı ise 7 nolu örnekte görülmüş, bunu % 3.72'lik bir kayıpla 3 nolu örnek izlemiştir. Aslında, diğer kama örneklerinin özgül ağırlık kayıpları da az-çok birbirlerine yakın çıkmıştır(Şekil 24).



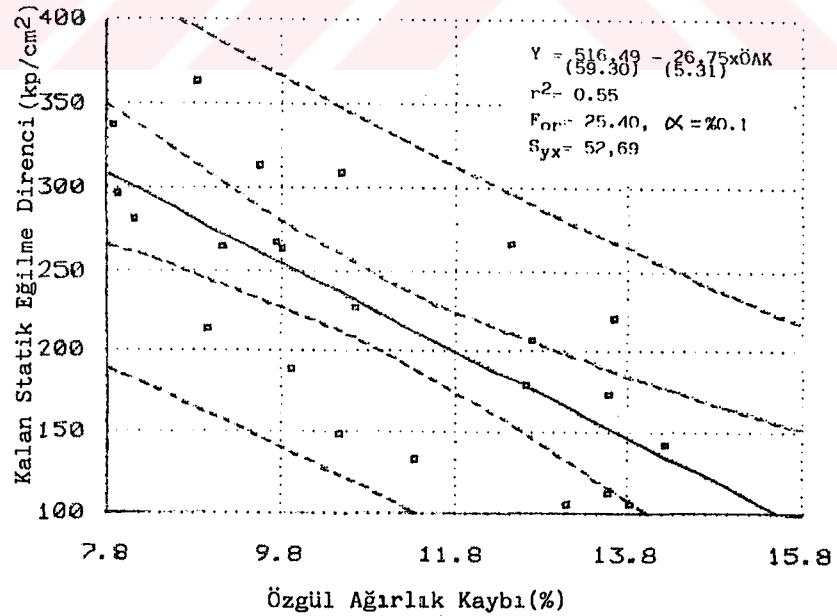
Şekil 24. Nefeslikte Denenen Doğal Sarıçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kaybının Grafiği

#### 5.4.6. Mantar Tahribatından Sonra Özgül Ağırlık Kaybı ile Direnç Değerleri Arasındaki İlişkiler

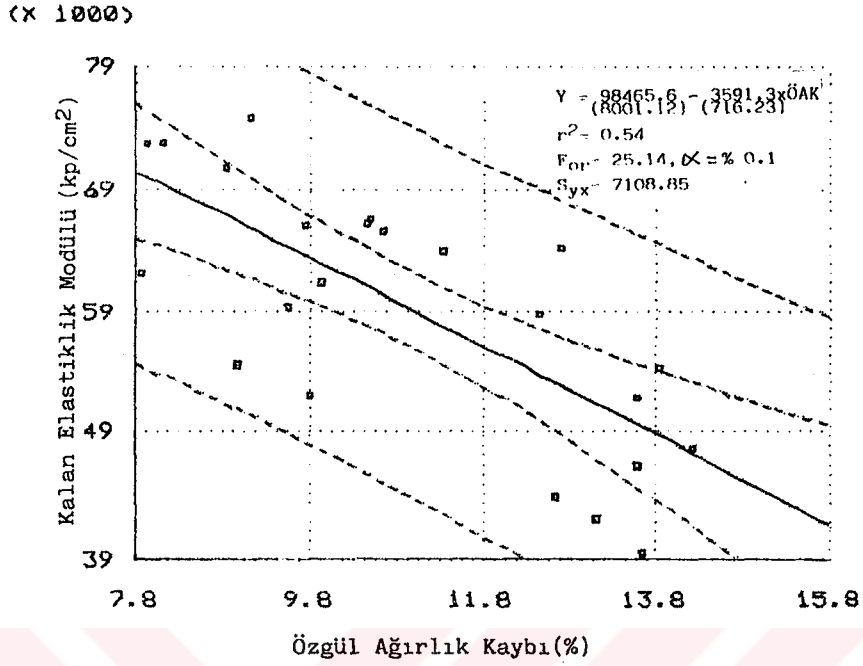
Özgül ağırlık kaybı ile dinamik ve statik eğilme direnç özellikleri arasındaki ilişki emprenyesiz deneme örneklerinde ve doğal Sarıçam örneklerde çok sıkı; özgül ağırlık kaybı ile elastiklik modülü arasındaki ilişki ise daha az sıkı olarak bulunmuştur (Şekil 25-36). Özgül ağırlık kaybı ile geriye kalan direnç değerleri arasındaki regresyon analizi sonucu, emprenyeli örneklerde belirleme katsayısı ( $r^2$ ) çok düşük çıkmıştır. Yanılma olasılığı  $\alpha$ , % 5'den daha yüksek olmuş ve böylece emprenyeli örneklerdeki direnç azalmasının yalnızca çok düşük düzeyde özgül ağırlık kaybına bağlı olduğunu göstermiştir. Emprenyeli örneklerdeki özgül ağırlık kaybı ile kalan direnç değerleri arasındaki regresyon analizi sonucu elde edilen belirleme katsayıları tablo halinde verilmiştir (Tablo 68).



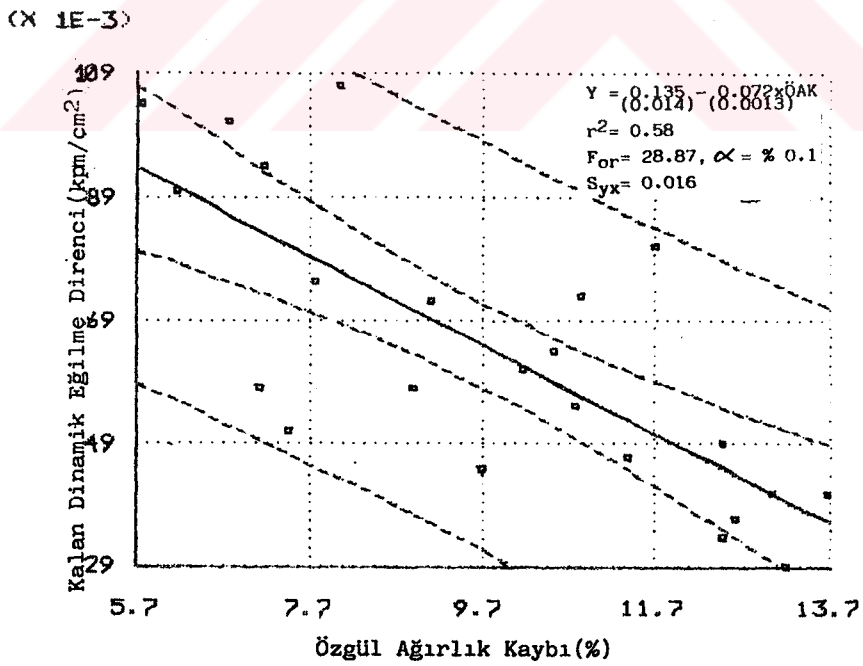
Şekil 25. Emprenyesiz Çam Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Dinamik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki İlişki



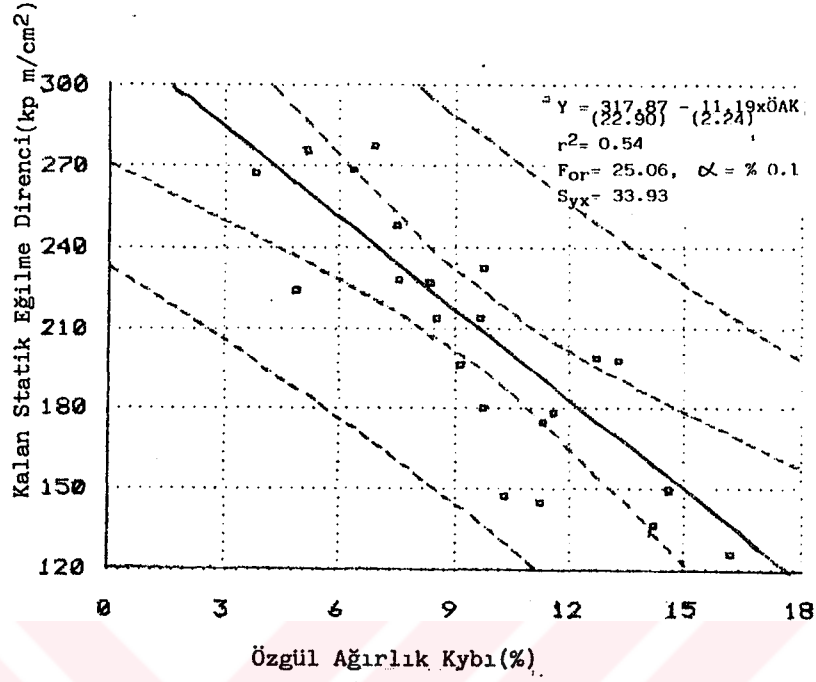
Şekil 26. Emprenyesiz Çam Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Statik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki İlişki



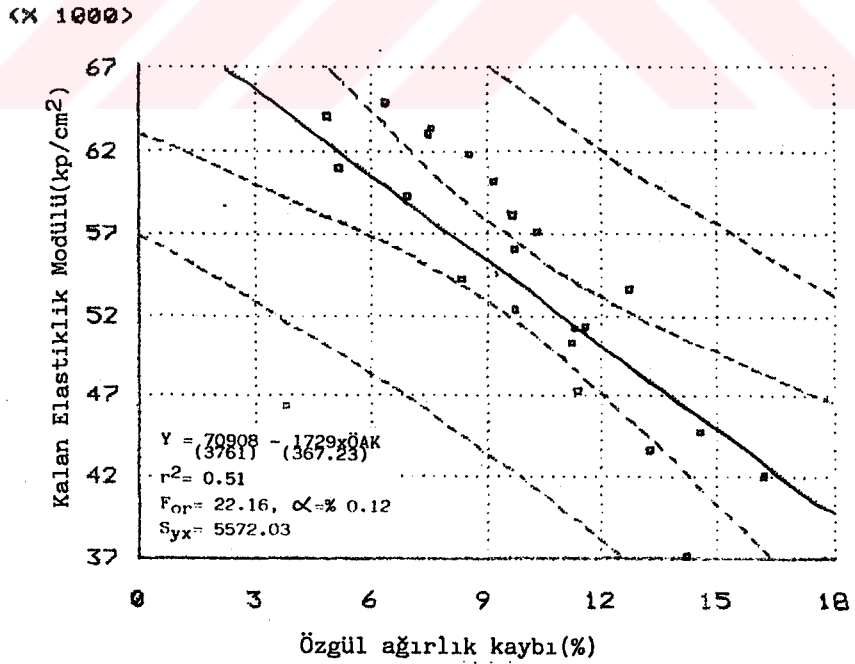
Şekil 27. Emprenyesiz Çam Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki İlişki



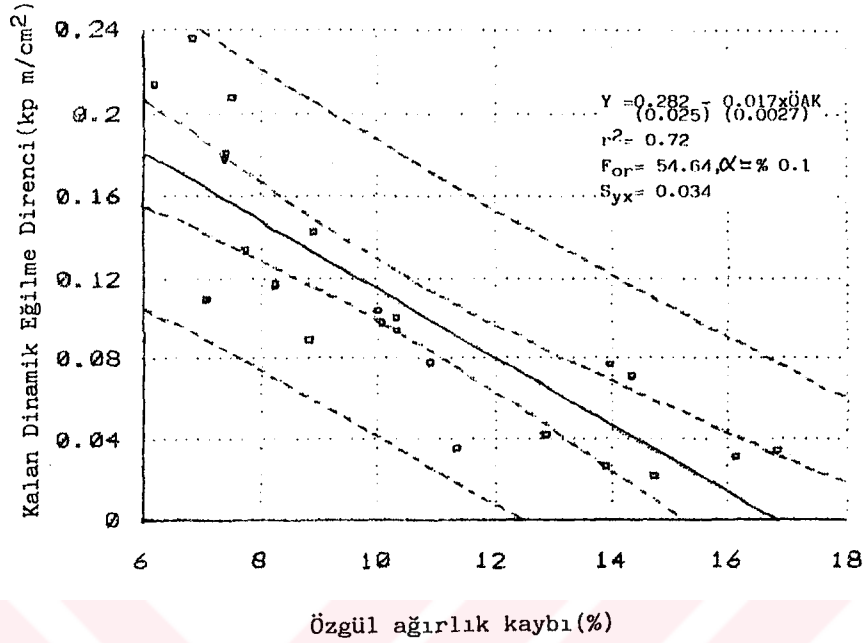
Şekil 28. Emprenyesiz Göknar Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Dinamik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki İlişki



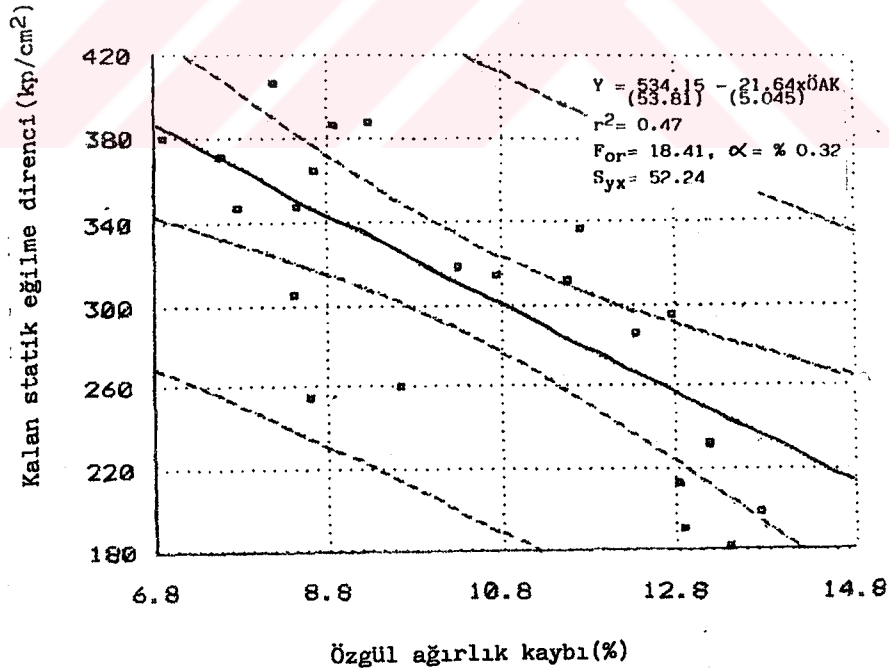
Şekil 29. Emprenyesiz Göknar Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Statik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki ilişki



Şekil 30. Emprenyesiz Göknar Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki ilişki

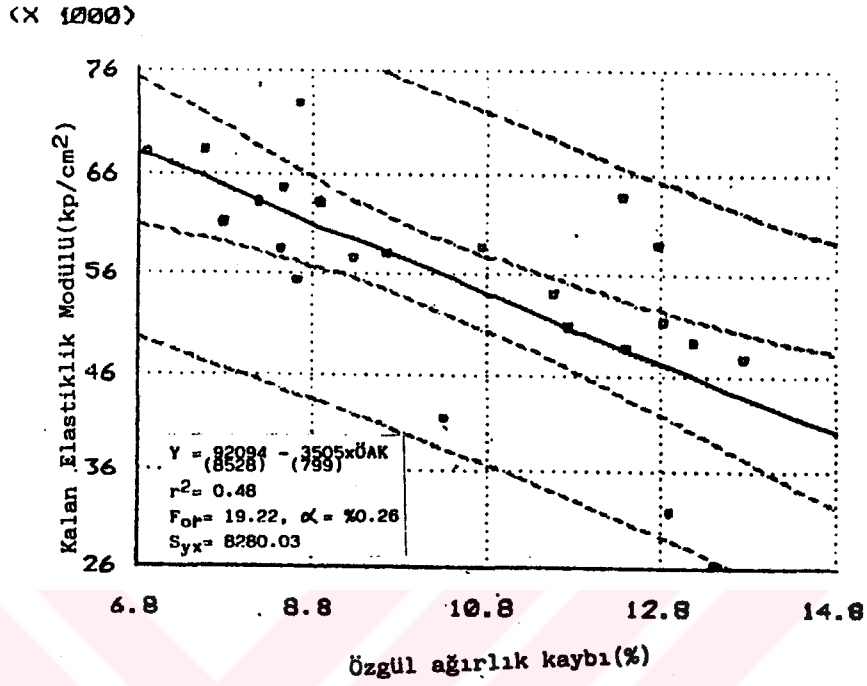


Şekil 31. Emprenyesiz Kayın Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Dinamik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki ilişki

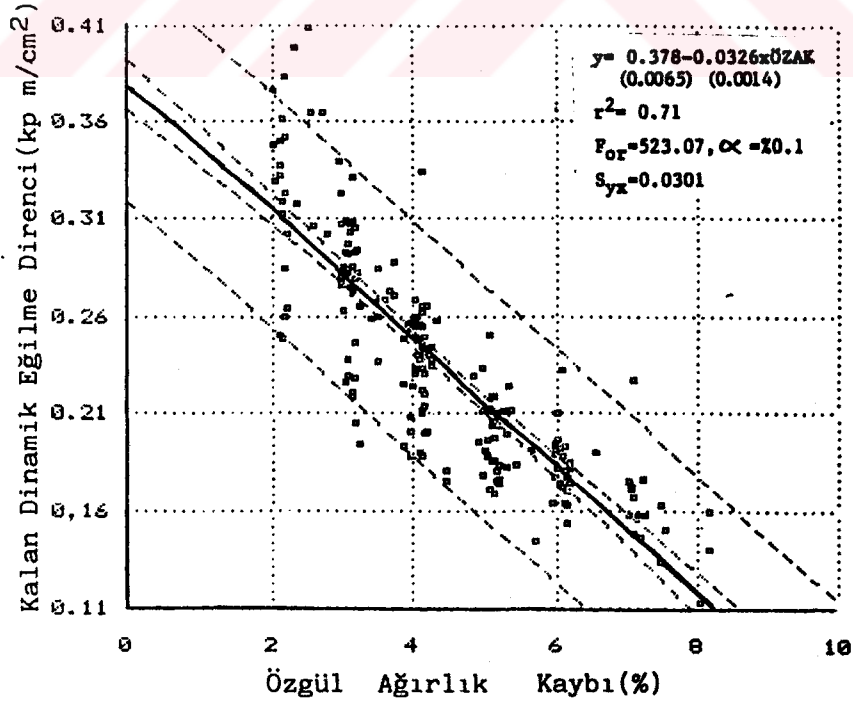


Şekil 32. Emprenyesiz Kayın Kama örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Statik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki ilişki

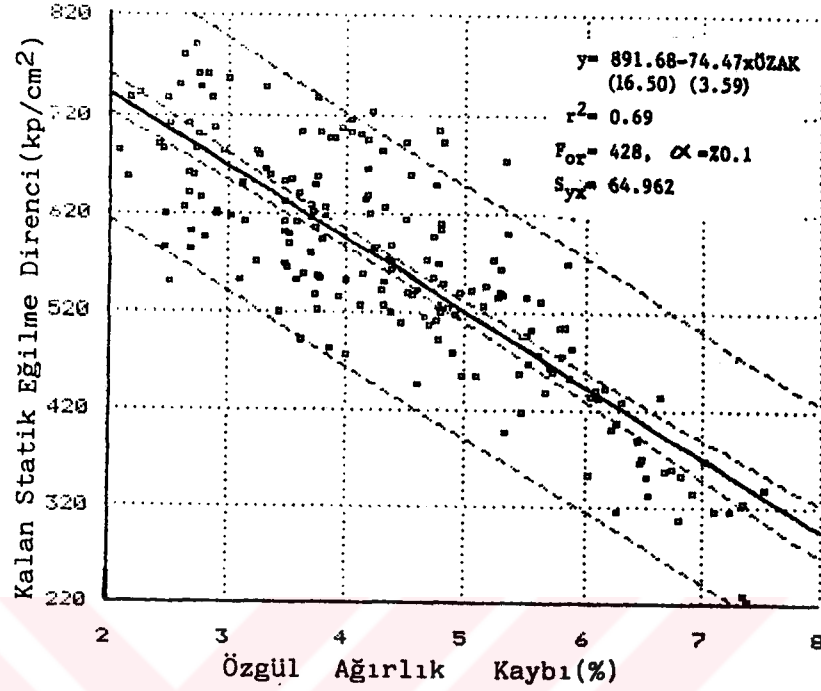




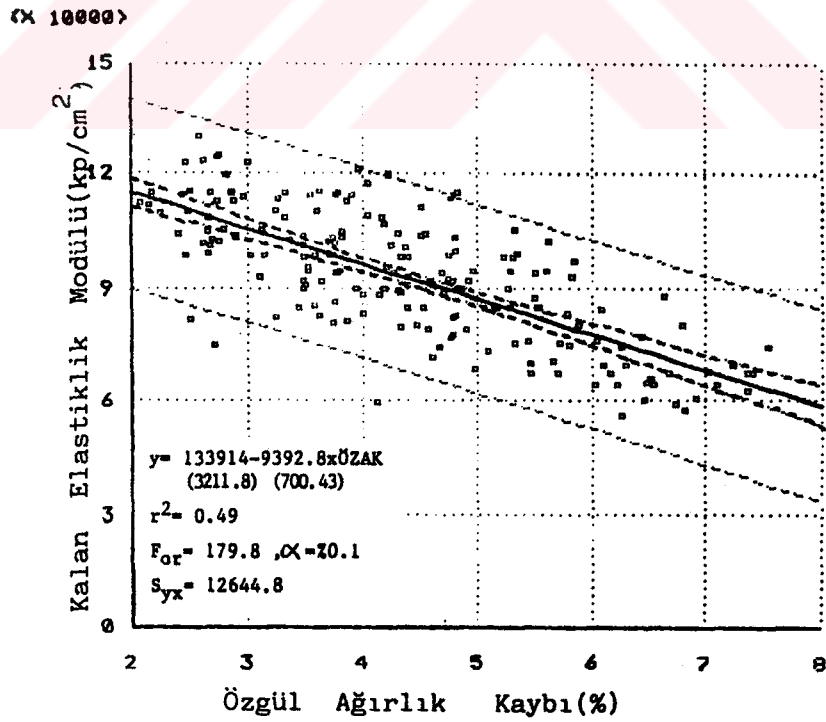
Şekil 33. Emprenyesiz Kayın Kama Örneğinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki İlişki



Şekil 34. Doğal Sarıçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Dinamik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki İlişki



Şekil 35. Doğal Sarıçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Statik Eğilme Direnci Değerleri Arasındaki İlişki



Şekil 36. Doğal Sarıçam Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kaybı ile Mantar Tahribatından Sonraki Elastiklik Modülü Değerleri Arasındaki İlişki

Tablo 68. Emprenyeli Kama Örneklerinin Özgül Ağırlık Kayıpları ile Mantar Tahribatından Sonraki Direnç Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Örnek Kodu	111	112	121	122	131	132
İlişki	Belirleme Katsayıları ( $r^2$ )					
$\sigma_{kd}/\text{ÖAK}$	0.003	0.047	0.005	0.011	0.098	0.01
$\sigma_{ke}/\text{ÖAK}$	0.009	0.06	0.003	0.001	0.033	0.25
$E_k/\text{ÖAK}$	0.162	0.33	0.099	0.001	0.058	0.024

ÖAK = Özgül Ağırlık Kaybı  $\sigma_{kd}$  = Kalan Dinamik Eğilme Direnci  
 $\sigma_{ke}$  = Kalan Statik Eğilme Direnci  $E_k$  = Kalan Elastiklik Modülü

## 6. TARTIŞMA

### 6.1. Emprenyeli ve Emprenyesiz Ağaç Malzemenin Kapalı Maden Ocaklarında Kullanımı

Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) 'nun birim ton satılabilir taşkömürü başına maden direği tüketimine bakıldığında (Tablo 1), kullanılan ağaç malzeme miktarının 1982 yılına kadar 57-58 dm<sup>3</sup> olduğu, 1982 yılından sonra ise azalan kömür üretimine karşılık kullanılan ağaç malzeme miktarının arttığı görülmektedir. Bu veriler, verimli kömür damarlarının giderek azaldığı, buna karşılık kömür çıkarma işleminin giderek zorlaştığı sonucunu ortaya koymaktadır. Bunların yanında ağaç malzeme tüketiminin artması, bu yenilenebilir kaynağın oldukça savurgan biçimde kullanıldığını göstermektedir. Bu savurganlığın başında ağaç malzemenin gereksiz yerlerde alışılmış ve doğal olarak kullanımı gelmektedir. Ayrıca, hizmet süresini tamamlamış ağaç malzemelerin, çalışanlarca evlerde yakacak odun olarak kullanımı da tüketim miktarının artmasına neden olmaktadır.

Kapalı kömür ocaklarında, iğne yapraklı ağaçlardan özellikle çam türleri temel tahkimat elemanı olarak, yapraklı ağaçlardan kayın ve meşe türleri ise domuzdamı ve travers olarak doğal durumda tüketilmektedir. OGM'nin ürettiği maden direklerinin ağaç cinsine göre dağılımı da (Tablo 3), bunu doğrulamasına karşılık diğer ağaç cinslerinden de maden direği üretildiği görülmektedir. Bu durum, OGM'nin maden direği niteliğindeki ağaçları üretmede zorlandığını, kalan açığı kapatmak için ise diğer ağaç cinslerinden maden direği üretimine gidildiğini ortaya koymaktadır. Zonguldak kömür ocaklarında çoğunlukla orta çap grubu (13-17 cm) ile 4.0, 5.5 ve 6.0 m boylardaki direkler

kullanılmaktadır (Tablo 4). OGM ile TTK arasında her yıl yenilenen maden direği sözleşmesinde, TS 540[8] sayılı standarda uygun ve en çok gereksinme duyulan çap ve boydaki direkler yer almasına karşın, uygulamada sözleşme hükümlerine genellikle uyulmamaktadır. Sözleşmenin taraflarından OGM, ince çaplı direkleri tahsis etmekte, bu da TTK'nın zararına olmaktadır.

Zonguldak havzasındaki kapalı kömür ocaklarında kullanılan ağaç malzeme herhangi bir gerekçeye dayanılmadan emprenyesiz olarak kullanılmaktadır. Oysa, ağaç malzemenin oldukça az tüketildiği gelişmiş ülkelerin kömür ocaklarında bile ağaç malzeme emprenye edilerek kullanılmaktadır. Ağaç malzemenin dayanma süresi emprenye işlemi ile ortam koşullarına bağlı olarak en azından 3-4 kat artacaktır ve bulduğumuz sonuçlar da bunun böyle olacağını göstermektedir.

Ağır koşullar (yüksek rutubet ve sıcaklık) altında kullanılacak ağaç malzemenin suda çözünen tuzlarla emprenyesinde, net kuru tuz miktarının  $8-10 \text{ kg/m}^3$  arasında olması önerilmektedir [212]. Emprenye maddesi retensiyon miktarı bakımından elde edilen sonuçlar Göknaar kama örneklerinin yeterince çözelti absorbe etmediğini göstermektedir. Göknaar türleri, kenarlı geçitlerdeki aspirasyon olayının sıkça oluşması nedeniyle emprenyesi zor türler arasında yer almaktadır. Kolay emprenye edilen türlerden Sarıçam ve Kayın ise yeterli ( $8 - 10 \text{ kg/m}^3$ ) çözelti alarak istenilen net kuru tuz miktarını sağlamışlardır.

Maden ocaklarında mantarların gelişmesi ve zararlı olması için gerekli olan koşullar gün ışığı dışında yıl boyunca uygun bulunmaktadır. Deneme süresince yapılan sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri de bunu doğrulamaktadır. Bu nedenle ağaç malzemenin tahribatı galerilerde ve özellikle nefesliklerde son derece şiddetli ve hızlı olmaktadır. Yeterli gün ışığı olmaması ise, yalnızca mantarların üreme organı geliştirmesini engellemekte ve buna karşın oluşturulan organlar anormal görünüşte ve belirsiz olmaktadır. Deneme

örnekleri üzerinde de mantar üreme organı oluşmamıştır. Doğal olarak, bu durum mantar teşhisini güçleştirmiştir.

Yeraltı kömür ocaklarında her türden mantara rastlamak mümkündür. Özellikle gerçek odun-tahripçisi mantarlardan Basidiomycetler ve bunların öncü türleri olan *C. puteana* ve *Poria* türleri maden ocağındaki ortam koşullarına iyi uyum sağlamakta ve tolerans sınırları çok yüksek olduğu için tahribatları da o derece yüksek olmaktadır. Bu sınıfta yeralan mantarlar, kapalı maden ocaklarında tahkimat elemanı olarak kullanılan ağaç malzemeleri kısa sürede teknik ve ekonomik olarak tahrip etmektedirler. Tahribatın ilk aşamalarında tahribat dereceleri çıplak gözle pek farkedilmeyen esmer çürütücüler, tahkimat sistemlerinin aniden çökmesine ya da kırılmasına yolaçabilmektedirler. İlk yerleştirilmesinden sonra, galerilerdeki kama elemanların öncelikle ilk 3 ayında, nefesliklerdeki ağaç malzemenin ise ilk 3 haftadan sonra fiziksel olarak renkleri değişmekte, kömür tozu ve küf mantarlarının etkisiyle bu renk değişikliği genellikle yeşilimsi-kara ve çeşitli renk tonlarında bir görüntü vermektedir. Doğal olarak ağaç kamalara ilk önce küf mantarları gelmektedir. Bu bulgular Güney Afrika altın madenlerinde yapılan araştırmalar ile uyum göstermektedir. Küf mantarlarının ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine önemli bir etkisi bulunmamakta, ancak bazı küf mantarları insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Örneğin Güney Afrika altın madenlerinde belirlenen bir küf mantarı *Sporotrichum beurmannii* insanlar arasında *Sporotrichosis* hastalığına neden olduğu bildirilmektedir[48]. Küf mantarlarını gerçek odun tahripçilerinin öncü türleri izlemekte ve daha sonra düzensiz değişen mantar türleri zararlarını başlatmaktadır. Böylece, kama malzemeler kısa sürede kullanım dışı kalmaktadır. Özellikle Avrupa'daki rutubetli bina ve madenlerde önemli bir odun-çürütücüsü olan *C. puteana*[234], ABD ve Rusya'daki madenlerde de yaygın olarak bulunmaktadır.



Ülkemizin rutubetli bölge ve yapılarında da bu esmer çürütücünün yaygın olduğu kesindir, fakat bu konuda yeterli bir araştırma yapılmadığı için varlığı henüz duyulmamıştır. Deneme alanında 13 ay bekletilen doğal kama örneklerinin gerek mikroskopik gerekse makroskopik incelenmesinden emprenyesiz Sarıçam kama örneğini *C. puteana*'nın tahrip etmiş olduğu saptanmıştır. Bu tanı tüm Avrupa, Amerika ve Asya kömür ocaklarında tanısı yapılan mantar türleri ve de Pınar[49], Toker[3]'in tanıları ile uyusmaktadır. Emprenyesiz Göknar kama örneğinde ise özellikle rutubetli ortamlardaki ağaç malzemede önemli zararlara neden olan *Paxillus panuoides* saptanmıştır. Bu tanı, literatürde geçen ve özellikle Avrupa maden ocaklarında sıkça rastlanan mantar türleri ile, ayrıca Pınar[49]'ın değindiği türlerle uyum göstermektedir. Deneme alanına 13 ay bırakılan emprenyesiz Kayın kama örneğinde beyaz çürüklük mantarlarından *Stereum hirsutum* saptanmıştır. Bu tanı da, literatürde belirtilen ve yurdumuz ormanlarında daha çok kesilmiş yapraklı ağaç türlerine zarar veren mantarlarla uyum içindedir. Ayrıca, Selik[50]'in maden ocaklarında gözlediği türler arasında da *Stereum hirsutum* bulunmaktadır.

Nefeslikte 2.5 ay bekletilen doğal Sarıçam kama örneklerinin esmer çürüklük mantarlarınca tahrip edildiği saptanmış ve bazı örneklerde oluşan çatlaklarda *Poria vaporaria*'nın misellerine rastlanmıştır. Bu tanı, literatürde adı geçen çoğu mantar türü ile aynı bulunmuştur.

*C. puteana* ve *P. vaporaria* dışında, yeraltı maden ocaklarında zararlı olan mantar türlerinin çoğu, aslında ormanda, tomruk depolarında ya da plantasyon alanlarında görülmekte ve buradan alınıp maden ocaklarında kullanılan ağaç malzeme üzerinde uygun koşulları bulur bulmaz faaliyete geçmektedirler. 2.5 ay bekletmeden sonra bazı kama örneklerinde mavi renklenmeye rastlanması bunu kanıtlamaktadır. Önceden infekte olmamış ağaç malzemeler ise, maden ocaklarındaki ağaç malzemeye önceden yerleşip

zarar veren odun tahripçisi türlerce çürütülmektedirler. Deneme sırasında da kama örnekleri aynı duruma maruz kalmıştır. Fakat üreme organları gelişmediği için, kama örnekleri tahrip eden tüm türlerin tanısı yapılamamıştır. Yeraltı koşullarında mantar tahribatı dışında, zararlı böcek tahribatı da sözkonusu olmaktadır. Özellikle Afrika madenlerinde termit saldırısı büyük zararlara yolaçmaktadır. Deneme alanında ne termitlere ne de başka bir hayvansal zararlıya rastlanmıştır. Fakat, başka ocaklarda ya da daha derinlerde böcek zararına rastlama olasılığı da yüksektir.

Deneme süresi sonunda, emprenyeli örnekler üzerinde az miktarda küf gözlenmiştir. Bu durum, CCB tuzlarının küf mantarlarına karşı da etkili olabileceğini göstermektedir.

Yıllık halkalar, deneme için kullanılan üç ağaç türünde de genel olarak dar çıkmıştır. Oysa Batı Karadeniz Sarıçamının ortalama yıllık halka genişliğinin 2.07 mm[235], Uludağ Göknaının ortalama 2.7 mm[236], Doğu Kayınının ise ortalama 1.58 mm[237] olduğu bildirilmektedir. Genel olarak iğne yapraklı ağaç türlerinde yıllık halka genişliği azaldıkça, yapraklı ağaç türlerinde ise arttıkça yaz odunu katılım oranı artmaktadır. Bu genelleme her üç deneme örneği için de geçerli olmuştur. Yaz odunu katılım oranının yükselmesi ile örneklerin özgül ağırlık değerleri artmış, özgül ağırlığın artması ile de direnç değerleri yüksek olmuştur. Bu bulgular, belirli yıllık halka genişliği ve yaz odunu katılım oranına sahip ağaç türlerinin direnç değerlerini karşılaştırmak ve bu özellikler ile çürüme arasında bağlantı kurmak açısından önem taşımaktadır. Kontrol ve bekletilmiş örneklerin özgül ağırlık ve direnç özelliklerinin her bir örnek kama çiftinde ayrı ayrı ele alınarak yapılan çoğul varyans analizi sonucunda, direnç değerleri özellikle uzun süreli çalışma için kullanılan Çam, Gökna ve Kayın kontrol örneklerinde homojen, bekletilmiş örneklerde ise heterojen çıkmıştır. Bu durum, seçilen deneme örneklerinin genelde aynı özelliklere sahip olduğunu ve

Örneklemenin iyi yapıldığını; deneme alanına doğal olarak bırakılan kama örneklerinin ise özgül ağırlık ve direnç özelliklerinde bir hayli değişme olduğunu göstermektedir. Bulunan özgül ağırlık ve direnç kayıpları da bunu doğrulamaktadır. Uzun süreli denemelerde doğal olarak kullanılan tüm örneklerde mantar tahribatı sonucu özgül ağırlıklar % 9 ile % 11 arasında azalmış, bu azalma ise direnç özelliklerinden dinamik eğilme direncini Sarıçam kama örneğinde % 86.21, Gökvarda % 84.19, Kayında ise % 87.82; statik eğilme direncini sırasıyla % 71.34, % 72.15, % 72.84; elastiklik modülünü ise sırasıyla % 50.66, % 50.77 ve %55.31 düşürmüştür. Kısa süreli denemeler için TTK Asma işletmesi direk deposundan alınan örneklerin, hem özgül ağırlık hem de direnç değerleri birbirinden istatistiksel anlamda oldukça farklı bulunmuştur. Böylece, olabildiğince fazla deneme örneği ile çalışılarak istatistiksel denge sağlanmıştır. Doğal Sarıçam kama örneklerinin nefeslikte 2.5 ay bekletilmesi ile özgül ağırlığı genel olarak % 4.33 azalırken, dinamik eğilme direnci kaybı % 46.19, statik eğilme direnci kaybı % 28.21 ve eğilmede elastiklik modülü kaybı % 19.54 olmuştur. Bulunan bu bulgular literatürle oldukça uyumlu çıkmıştır. Aslında, ağaç malzemedeki direnç azalmaları % 2 özgül ağırlık kaybından başlayarak hızla artmaktadır. Mantar tahribatı sonucu, özgül ağırlıkta görülen % 2-3'lük azalma özellikle dinamik eğilme direncini % 30-50 düşürmektedir[101-104,108,109,112,122]. Bu nedenle dinamik eğilme(şok) direnci mantar tahribatına en duyarlı direnç özelliği olarak kabul edilmektedir. Mantar tahribatına dinamik eğilme direncinden sonra duyarlı diğer direnç özelliği eğilme direnci olmakta bunu ise diğer direnç özellikleri izlemektedir. Bu çalışmada bulunan sonuçlar da aynı doğrultudadır ve herhangi bir ağaç türünün dayanma süresini belirlemede % 2 ağırlık kaybının sınır değer olarak alınması, bunun yanında malzemenin dinamik eğilme direncinin de belirlenmesi doğru olacaktır.

Emprenyesiz kama örneklerde bulunan özgül ağırlık kaybının hemen hemen aynı olması tahribatı yapan mantar türlerinden kaynaklanmıştır. Aslında Kayın ve Gökmar mantar tahribatına oldukça duyarlı ağaç cinsleridir. Fakat, bu iki ağaç kama örneğinde zararlı olan mantar türleri Sarıçam kama örneğinde belirlenen *C. puteana*'dan çok daha az tahrip edici türlerdendir. *C. Puteana*, emprenyesiz Sarıçam örneklerinin öz odununu da kısmen tahrip etmiştir. Diğer örneklerde zararlı olan türler ise genellikle diri odun kısmında tahribat yapmış fakat öz odun kısmına fazla zarar verememişlerdir. Bu gözlem Schultze-Dewitz[114]'in yaptığı gözlemlerle uyumludur. Bunun bir sonucu olarak emprenyesiz Sarıçam kama örneğinin ortalama özgül ağırlık kaybı yüksek çıkmıştır. Ayrıca, direnç testleri sırasında örnekler en fazla tahrip edilen yerden kırılmış, kırılan örneklerden 20x20x30 mm boyutunda kesilen özgül ağırlık örnekleri de genellikle fazla tahrip olmamış noktalardan alınmıştır. Bu da, gerçek özgül ağırlık kaybının tüm örneklerde kesin olarak bulunmasını zorlaştırmıştır.

Emprenyeli örneklerin özgül ağırlık kaybı da ağaç türüne göre az-çok farklılık göstermesine karşın % 0.68 ile % 0.80 arasında kalmıştır. Burada ilginç olan emprenyeli Gökmar kama örneğinde kaydedilen özgül ağırlık kaybıdır. Gökmar kama örneği diğer iki ağaç türüne göre daha az emprenye maddesi absorbe etmesine karşın, özgül ağırlık kaybı diğer emprenyeli türlerle aynı düzeyde kalmıştır.

Deneme alanında bekletilmiş doğal kama örneklerin elastiklik modülünü belirlemek özellikle çok zor olmuştur. Yükleme karşılık gelen eğilme miktarında, çürümeden kaynaklanan ani değişimler gözlenmiş ve bu durum verilerin sağlıklı olarak alınmasını zorlaştırmıştır. Aslında, çürümüş örneklerin direnç değerlerini bulmak için çok daha duyarlı deneme aygıtları gereklidir. Duyarlı aletlerle ölçülecek direnç değerleri daha farklı sonuçlar verebilecektir. Fakat, burada asıl gözetilen amaç, emprenyeli malzemenin direnç özelliklerindeki kaybı belirlemektir. Bu nedenle, çürümüş

malzemenin direnç değerleri yalnızca karşılaştırma yapmak için belirlenmiştir.

Çürümüş örneklerin direnç değerleri çok dağınık çıkmıştır. Bu da, emprenyesiz örneklerin homojen olarak aynı ölçüde tahrip edilmediğini göstermektedir. Tüm çürümüş kamalardan hazırlanan örnekler, hem ani bir çökme ile kıymıksız kırılmış hem de kırılırken ya hiç ses duyulmamış ya da duyulan ses çok cılız kalmıştır. Bu gözlem, Trendelenburg[102] ve literatürde değinilen araştırmacıların bulgularıyla uyum göstermektedir. Böylece emprenyesiz örneklerin çürümeden dolayı gevrek bir yapıya dönüştüğü söylenebilir.

Emprenyeli kama örneklerinin hem özgül ağırlık hem de direnç kayıpları az olmuş, özgül ağırlık kayıpları % 1'in altında kalırken direnç kayıpları % 3-6 arasında değişmiştir. Bu sonucun alınmasında, % 4 gibi yüksek konsantrasyonlu emprenye maddesi kullanımının büyük etkisi bulunmaktadır. Çünkü konsantrasyon azaldıkça odun-tahripçilerinin emprenye maddesine karşı duyarlılıkları da azalmaktadır. Schultze-Dewitz[114]'in bulguları da bu doğrultudadır.

Birçok standartta, emprenye maddesinin koruma sınır değeri olarak % 5 ağırlık kaybı kabul edilmektedir. Bu sınırlardaki koruyucu madde miktarı  $\text{kg/m}^3$  olarak belirlenmektedir. Direnç özelliklerindeki azalmaya dayanan testlerde, %2'lik ağırlık kaybı koruma sınır değeri olarak alınmakta ve bu kayba karşılık % 40 'lık direnç azalmasının sınır değer olarak alınması uygun düşmektedir.

Yapılan bu çalışmada, emprenyeli örnekler % 2'lik sınırın ve de % 40'lık direnç azalmasının çok altında kalmışlardır. Bu sonuçlar, Schultze-Dewitz[114], Kirk ve Schultze-Dewitz[116] ve Hall[123]'in sonuçlarıyla uyum göstermektedir. Emprenyeli kama örneklerden hazırlanan çubukların kıymıklı ve yüksek ses çıkararak kırılmaları da, bu örneklerin mantar tahribatından etkilenmediğini ve yıllarca dirençlerini koruyacaklarını göstermiştir.

Özgül ağırlık kaybı ile bekletilmiş örneklerin direnç değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonucunda, direnç kayıplarının özgül ağırlığa bağımlılığı emprenyeli örneklerde çok düşük, emprenyesiz örneklerde ise yüksek çıkmıştır. Bu bulgu, emprenyesiz örneklerle yapılan araştırma sonuçlarıyla büyük uyum göstermiştir. Ayrıca, deneme alanında 2.5 ay ve 13 ay bekletilen doğal kama örneklerinin özgül ağırlık kaybı ile dinamik ve statik eğilme direnç değerleri arasındaki ilişki oldukça sıkı, elastiklik modülü arasındaki ilişki ise gevşek bulunmuştur. Mantar tahribatı sonucu en çok etkilenen direnç özelliği dinamik eğilme direnci olmuştur. Bunu statik eğilme direnci izlemiştir. Elastiklik modülü de daha az olmak üzere statik eğilme direnci kadar mantar tahribatından etkilenmiştir.

Emprenyeli örneklerde özgül ağırlık kaybı gerçek değeri yansıtmadığı için özgül ağırlık kaybı ile belirlenen direnç özellikleri arasındaki regresyon çok düşük çıkmıştır. Emprenye işleminden sonra kama örneklerin kurutulması sırasında buharlaşma ile bir miktar çözeltili kaybı olmuş, fakat bu kayıp miktarı hesaba katılmadığından özgül ağırlık kaybı daha yüksek çıkmıştır. Direnç kayıpları ile özgül ağırlık kaybı arasındaki ilişki zayıf olduğuna göre, direnç kaybına başka etkenler neden olmuştur. Bu etkenler arasında emprenye maddesinin ve sabit yük altında kalmanın getirdiği birtakım kayıplar sayılabilir. Özellikle higroskopik tuzların ağaç malzemenin direnç özelliklerini konsantrasyona ve emprenye işleminden sonra bekletme süresine bağlı olarak düşürdükleri yapılan araştırmalardan anlaşılmaktadır [151, 152, 161, 163, 164, 167, 169, 170, 173-175, 178, 181]. Nitekim, deneme alanında bekletilmiş emprenyeli örneklerin klimatize işlemleri daha uzun sürmüş ve bu da tuzlarla emprenyeli ağaç malzemenin emprenyesiz olana göre daha higroskopik olduğunu göstermiştir. Doğal olarak, yüksek konsantrasyonlu tuz çözeltileriyle emprenye edilmiş malzemenin direnç özellikleri de bir miktar düşmüştür.



Örneğin en çok emprenye maddesi absorbe eden Kayın örneklerin belirlenen dinamik ve statik eğilme dirençleri % 4,5 ile % 5,35 arasında azalma göstermiştir. Biraz daha az emprenye maddesi absorpsiyonuna karşın Sarıçam örneklerin dinamik eğilme dirençleri de % 3 ile % 5.85 arasında azalmıştır. CCB tuzları ile emprenyeli Gökmar örneklerin direnç kayıpları ise % 3 ile % 4.70 arasında kalmıştır.

Her iki emprenye maddesinin ağaç malzemenin direnç özellikleri üzerine etkisi fazla farklı olmamış ve absorplanan çözelti miktarına göre direnç özellikleri her iki suda çözünen tuz ile önemli miktarda düşmemiştir.

Sabit yük altında kalan malzemenin direnç özelliklerinin de bir miktar düşeceği yapılan araştırmalarla kanıtlanmıştır[96]. Bu bağlamda, emprenyeli örneklerde kaydedilen direnç kayıpları önemli oranda emprenye maddesinden kısmen de yorulma olayından kaynaklanmıştır.

Ağaç malzemenin gerek dayanım süresini ya da performansını gerekse mantar tahribatı nedeniyle direnç özelliklerinde oluşan kayıpları kesin olarak belirlemek sorun yaratmaktadır. Şimdiye kadar bu konuda birçok yöntem uygulanmış fakat tam sağlıklı sonuç elde etmek mümkün olmamıştır. Her yöntemin bir ya da birkaç sakıncası bulunmaktadır. Açık alan denemelerinin çok uzun sürmesi, kısa mikolojik testlerde tek bir mantar kültürü kullanımı gibi sakıncalar, diğer yöntemlerin de birer sakıncası olarak göze çarpmaktadır. Özellikle emprenyeli ağaç malzemenin dayanım süresini belirlemede, inkübasyon periyoduna ve mantar kültürüne bağlı değişimler sorun yaratmaktadır. Direnç azalması esasına göre yürütülen testler de, deneme süresini oldukça kısaltmalarına karşın aynı sakıncaları içermektedir. Ayrıca bu testlerde, emprenye maddeleri çoğunlukla zayıf alkali ya da bazik reaksiyona sahip olduklarından, ağaç malzemenin direnç özelliklerini etkilemeleri söz konusu olmaktadır. Bunların yanında, emprenye maddesi tutunma miktarındaki düzensizlikler, farklı sorpsiyon davranışları

nedeniyle odun ve koruyucu madde sisteminin rutubet miktarındaki değişmeler, emprenye yönteminde uygulanan basınç miktar ve süreleri ile koruyucu maddelerin tipi ve sıcaklığı her zaman odunun direnç özelliklerini etkileyebilmektedir.

Tüm bu sakıncalardan, koruyucu emprenye maddelerinin ağaç malzemenin direnç özelliklerine etkilerini belirlemenin karmaşık bir sorun olduğu ve bu etkileri belirlemede yan faktörlerin giderilmesinin mümkün olmadığı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada örnek kama çifti kullanımı da hemen hemen aynı soru ve sorunları gündeme getirmektedir. Örnek kama çiftlerinden hazırlanan çubukların direnç kayıplarını kontrol ve bekletilmiş örneklerde karşılıklı olarak belirleme, emprenyesiz örneklerde iyi sonuç vermiş fakat, direnç kaybının çok düşük düzeyde kaldığı emprenyeli çubuklarda örnek çubuk çiftlerinin karşılaştırması sağlıklı sonuç vermemiştir. Direnç değerleri aynı örnek çiftlerinde karşılaştırmayı yapamayacak ölçüde değer sapmaları göstermiştir. Bu tür bir değerlendirmeden çok, ortalama değerlerden gidilerek kayıpları bulmak daha tutarlı sonuçlar vermiş ve ancak böyle bir değerlendirme sonucu örneklerin direnç değerlerinde az da olsa bir düşme saptanabilmiştir.

Araştırmada uygulanan yöntem açık alan denemesi kadar uzun, laboratuvar testleri kadar kısa sürmemiştir. Bu durum, en uygun deneme süresini yakalama açısından önemli görülmektedir. Emprenye maddesinin etkinliği açısından, örneklerin deneme alanında bekletme süresi daha uzun da planlanabilir. Ayrıca örnek sayısı artırılarak ve değişik ortama sahip galerilerde aynı yöntemin uygulanması daha ayrıntılı bilgi sağlama açısından önemli ve gereklidir.

Uygulanan yöntemde, doğal kama örnekleri tahrip eden organizmaların tümü belirlenememiş, ancak makroskopik ve mikroskopik özellikleri literatürle uyum gösteren türler tanımlanabilmiştir. Bu yönüyle bu yöntem kısmen açık alan

denemelerine benzemektedir. Ancak, burada öncelikli amaç mantar türünü teşhis etmek değil, yeraltı koşullarında bulunan emprenyeli ve emprenyesiz ağaç malzemenin dayanım sürelerini mekanik testler yardımıyla belirlemektir.

Bu yöntemin diğer sakıncalı tarafı, kamalardaki direnç kaybını belirlemek için küçük örnekler hazırlanması ve bunun da özenli bir çalışmayı gerektirmesidir. Fakat bu durum, değişik tahribat derecelerindeki direnç kaybını belirleme yönünden aynı zamanda önemli olmaktadır. Bunun dışında, büyük örneklerle çalışmanın özellikle farklı miktarda emprenye maddesi absorbe etme yönünden sakıncaları da bulunmaktadır. Çalışmada, bu durum gözönüne alınarak kama çiftlerinden sadece birer tanesi emprenye edilmiştir. Kontrol örneklerinin emprenyeli özgül ağırlıkları kuramsal olarak hesaplanmıştır. Bu da, emprenyeli örneklerdeki gerçek özgül ağırlık kaybını bulmada sorun yaratmasına karşın, ortalama kaybı hesaplamada yeterli olmuştur.

Tüm sakıncalarına karşın uygulanan yöntem ile hem emprenyeli hem de emprenyesiz ağaç malzemenin kapalı maden ocaklarında dayanma süresi hakkında oldukça net sonuçlar alınmıştır.

## 6.2. Emprenyeli ve Emprenyesiz Ağaç Malzemenin Deniz İçinde Kullanımı

Ağaç türlerinin emprenyesi bakımından sonuçlara bakıldığında, CCB tuzları ile emprenyede Sarıçam ve Gökmar türlerinin 12-20 kg/m<sup>3</sup>'lük, Kayının 14-23 kg/m<sup>3</sup>'lük, Meşenin ise 1.5-3.5 kg/m<sup>3</sup>'lük bir tutunma miktarı sağladığı görülmektedir. En az emprenye maddesi tutunması Meşe odununda görülmektedir. Diğer odun blokları da iyi bir korunma için gerekli emprenye maddesi miktarını absorplayamamıştır. Bu emprenye maddesi tutunma miktarları ile denize bırakılan odun blokları 14 ay sonunda birkaç istisna dışında yeterli dayanımı göstermişlerdir. Ancak,

birkaç yıl içinde CCB tuzları ile emprenyeli odunun denizel zararlılara karşı yeterli dayanımı göstereceği kuşkuludur. Nitekim, CCB tuzlarıyla emprenye edilmiş Sarıçam ve Meşe örneklerde bir-iki adet zararlıya rastlanması bu kuşkuları doğrular niteliktedir.

Odun bloklarının kreozotla Rüping yöntemine göre emprenye edilmesi sonucu, Meşe odunları dışında istenilen tutunma miktarlarına yaklaşılmıştır. Bu tutunma miktarlarının tropik denizlerde ve denizel zararlıların yoğun olarak bulunduğu bölgelerde yeterli olmayacağı gerçeği yapılan araştırmalardan bellidir[145-147].

Deneme bölgeleri bakımından olaya bakıldığında, Marmara denizi için seçilen İzmit/Derince limanının iyi bir deneme alanı olmadığı; fakat, en azından bu limanın ne kadar kirlenmiş olduğunu bir kez daha kanıtlama açısından iyi sonuçlar elde edildiği söylenebilir. Çünkü, odun-delici hayvanlar fabrika ve gemi atıklarıyla kirlenmiş sulardan kaçınmakta ve temiz suları tercih etmektedirler. Bu bulgu, İstanbul ve çevresi su inşaatlarında kullanılan ağaç malzeme Berkel[61] tarafından yapılan gözlemlerle uyum göstermektedir. Ayrıca, Karadenizde Trabzon limanına yerleştirilen odun bloklarının Akdenizdekilere göre daha fazla fouling organizma ve yosun tutması, özelde Trabzon limanının, genelde ise Karadenizin kirlilik açısından tehlike işaretleri verdiğini kanıtlamaktadır.

Test edilen kreozotlu örnekler tüm deneme bölgelerinde en iyi sonucu vermişlerdir. Bu bulgu, Avrupa ve Amerika'da yapılan denemelerden elde edilen sonuçlarla uyumludur. Bunun dışında, kreozotla emprenyeli örnekler üzerinde çok daha az yosun ve fouling organizma görülmüştür. Bu durum, kreozotun yalnız odun-delici hayvanlara karşı değil, aynı zamanda fouling organizmalara karşı da etkili olabileceğini göstermektedir. Ancak, CCB tuzlarıyla yüksek tutunma miktarının, en az kreozotlu malzeme kadar iyi performans sağladığı da belirtilmektedir[148,149].

Akdeniz ve Karadenizde bulunan odun-delici hayvanların 24°C'in üzerindeki deniz suyu sıcaklıklarında oduna girmeye başlamaları, Sekendiz[62]'in gözlemleriyle aynıdır. Buradan, denizel zararlıların Akdenizde Haziran-Temmuz, Karadenizde ise Temmuz-Eylül ayları arasında delme faaliyetlerine giriştikleri çıkarılabilir. Özellikle Karadenizde *Teredo navalis*'in zararlı olduğu dönem balıkçılarca çok iyi bilinmekte ve kayıklar bu aylarda kızağa çekilmektedir.

Akdenizdeki emprenyesiz örneklerde yoğun tahribat yapan *Teredo utriculus*, Pınar[4]'ün Akdenizde teşhis ettiği *Nototeredo norvegica* ile sinonimdir. Akdenizdeki kontrol örneklerinde tahribat yapan diğer türlerden *Lyrodon pedicellatus* ve *Bankia carinata* ilk kez bu çalışma ile tanımlanmıştır. Turner[224]'ün kataloğuna göre tanısı yapılan her iki tür Akdenizde yaygın olarak bulunmaktadır.

Karadenizdeki emprenyesiz örneklerde tahribat yapan *Teredo navalis*, ilk kez Demir[60] tarafından Marmara sularında saptanmıştır. Bulatov[238] ve Sekendiz[62]'e göre, Karadenizin kuzey-kuzeybatı ve Doğu Karadenizde yoğun olarak bulunan bu tür, korunmasız ağaç malzemeleri kısa sürede son derece şiddetli olarak tahrip edebilmektedir. Elde edilen sonuçlar, *Teredo navalis* ile ilgili bulguları doğrulamaktadır.

Akdeniz ve Karadenizdeki emprenyesiz örneklerde gözlenen şiddetli tahribat, bu sulardaki odun-delici hayvanların yoğun popülasyona sahip olduğunu göstermektedir. Akdenizde hem popülasyon yoğun hem de odun-delici hayvan türü Karadenizdekine göre daha zengindir.

Denizel odun-delici hayvanların aktivitelerini sınırlayan en önemli etkenlerden biri, belirli bölgede bulunan konukçu(ağaç malzeme) zenginliğidir[150]. Akdeniz için seçilen ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü mendireğinde ağaç malzemedan yapılmış herhangi bir konstrüksiyon ya da ağaç tekne v.b. bulunmadığı halde, *Teredinid*lerin bu kadar yoğun popülasyona sahip olması dikkat çekicidir. Bu durum, *Teredinid*lerin evrensel ölçekte dağılımını kanıtlamaktadır.

## 7. SONUÇ ve ÖNERİLER

### 7.1. Emprenyeli Ağaç Malzemenin Kapalı Madenlerde Kullanımı Bakımından

Yeraltında korunmasız olarak kullanılan ağaç malzeme, ağaç türü ve ortam koşulları ile tahribatın şiddetine bağlı olarak en fazla 1 - 1.5 yıl, özodun kısmı fazla ve doğal dayanıklı türler ise 3 - 4 yıl dayanabilmektedirler. Bu dayanma süresi, en ağır ortam koşullarının bulunduğu nefesliklerde 5 - 6 aya kadar düşmektedir. Ortalama 1.297 mm yıllık halka genişliğine ve ortalama % 26.94 yaz odunu katılım oranına sahip maden direklerinden hazırlanan doğal Sarıçam kama örneklerinin - 50 m derinlikteki bir nefeslikte 2.5 ay bekletilmesi ile direnç özelliklerinden dinamik eğilme direnci % 46.19, statik eğilme direnci % 28.21, elastiklik modülü ise yaklaşık % 19.54 azalma göstermiştir. Tüm bu direnç kayıpları, nefesliklerde kullanılan ağaç malzemenin en fazla 5 - 6 ay dayanabileceğini deneysel olarak da kanıtlamaktadır. Bu nedenlerle, genelde yeraltı maden ocaklarında ve özelde ise nefesliklerde ağaç malzeme tüketimi çok fazla olmaktadır. Ağaç malzemenin madencilikte kullanımını azaltmanın en kesin yolu, ağaç malzeme yerine çelik ve beton gibi malzemeler kullanmaktır. Fakat bu tip malzemelerin ağır ve hantal olması galeri içinde taşıma sorununu beraberinde getirmekte ve ağaç malzemeye göre daha pahalıya mal olmaktadır. Ağaç malzemenin madencilik açısından en büyük eksiği biyolojik zararlar nedeniyle kullanım ömrünün çok kısa olmasıdır. Doğal dayanıklı ağaç türlerinin kullanımı da bu türlerin yeterli miktar ve nitelikte sağlanamaması sorununu gündeme getirmektedir. Ağaç



malzemeyi korumak uğruna havalandırmanın çok mükemmel yapılarak ortam rutubetinin düşürülmesi ise ekonomik çalışma yönünden olanaksız görünmektedir. Ayrıca, havalandırmanın çok iyi yapıldığı ocaklarda bile rutubetli bir bölge mantar tahribatının başlaması ve yayılması için bir odak oluşturabilmektedir.

Yukarıda değinilen önlemler yeterince ekonomik ve uygulanması olanaksız görüldüğüne göre, ağaç malzeme tüketimini azaltmanın en iyi yolu onun dayanım süresini artırmaktır. Bunu sağlamak için ise uygun yöntem ve kimyasal maddeler ile ağaç malzemenin emprenye edilmesi gerekmektedir. Burada önemli olan ağaç malzemeyi en ekonomik ve yeterli korumayı sağlayacak biçimde emprenye etmektir.

Yapılan bu çalışmada, ağaç malzemeye yeterli miktarda emprenye çözeltilisi verebilmek için dolu hücre yöntemi kullanılmış, fakat Gök nar kama örneklerine istenilen miktarda çözeltili verilememiştir. Gök narın anatomik yapısından kaynaklanan bu durum, Sarıçam ve Kayın malzemede görülmemiş; Sarıçam ve Kayın kama örnekleri kullanılan her iki CCB tuzu ile yeterli nüfuz derinliğinde emprenye edilmişlerdir. Gök narın istenilen düzeyde emprenye edilmesi için, uygulanan vakum ve basınç periyotlarının artırılması yeterli olabilecektir. Yeterli emprenye maddesi almamasına karşın Gök nar kama örnekleri 13 ay boyunca mantar tahribatına karşı oldukça iyi dayanmıştır. Bu nedenle, % 4 konsantrasyondan daha düşük konsantrasyonda emprenye maddesi kullanımı yeterli korumayı sağlayabilecektir. Ancak bunun sınır değerini bulmak için daha ayrıntılı uygulamaya yönelik araştırmalar yapılmalıdır. CCB tuzları maden ocaklarında kullanılan ağaç malzemenin emprenyesinde , emprenye maddesinden istenen hemen hemen tüm özellikleri içermektedir. Yalnızca higroskopik yapısından kaynaklanan ve ağaç malzeme rutubetini biraz artıran bir sakıncası bulunmaktadır. Bu da, zaten yüksek bir rutubete sahip kapalı maden ocaklarında o kadar önem taşımamaktadır.

Ayrıca, CCB tuzlarının içeriğinde yer alan bor bileşikleri sular tarafından kolayca yıkanabilmektedir. Bu durum, kullanım yerinde dikkate alınmalıdır.

Maden ocaklarında kullanılan koruyucu maddelerde çoğunlukla yanmayı geciktiren kimyasal maddeler çok miktarda bulunmaktadır. Gerekirse, CCB tuzlarına da bu tür kimyasal maddeler katılabilir. Ayrıca CCB tuzları ağaç malzemenin direnç özelliklerini az da olsa düşürebilmektedir. Bunun da pratik anlamda bir önemi bulunmamaktadır.

Her iki CCB tuzu ile emprenyeli ağaç malzemeler deneme süresi sonunda yeterli korumayı sağlamışlardır. Direnç özelliklerindeki kayıplar ise mantar tahribatı nedeniyle olmamış, üstelik bu kayıplar % 2'lik sınırın çok altında kalmıştır. Bu bakımdan CCB tuzlarının kapalı maden ocaklarında rahatlıkla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yeraltında reçineli ağaç türlerinin kullanımı yangın tehlikesini artırması yönünden büyük sakıncalara sahiptir. Buna karşın, ülkemizin kömür ocaklarında reçineli türler büyük ölçüde kullanılmaktadır. Kozlu Kömür Ocaklarından birinde meydana gelen grizu faciası, reçineli ağaç malzeme kullanımının ne kadar tehlikeli olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle az reçine içeren iğne yapraklı türlerin ve bu türlerden ülkemizde çamdan sonra yüzölçümü bakımından ikinci durumda olan göknarın ya da yeterli mekanik özelliklere sahip yapraklı ağaç türlerinin kullanımı akla daha yakın gelmektedir.

Türkiye Taşkömürü Kurumuna bağlı işletmelerde yıllık ortalama 50 - 60.000 m<sup>3</sup> ağaç malzeme kama olarak kullanılmaktadır. Bu miktar ile ağaç kamalar genel maden direği tüketiminin yaklaşık % 25 - 30'unu kapsamaktadır. Ağaç fırça tüketimi yaklaşık 15.000, travers tüketimi ise yaklaşık 5.000 m<sup>3</sup> 'ü bulmaktadır. Bu malzemelerin kısa ömürlü galerilerde tahkimat elemanı olarak kullanımı sözkonusu olduğunda koruyucu bir işleme gerek

bulunmamaktadır. Fakat sözü edilen malzemelerin en az yarısı uzun ömürlü galerilerde tahkimat elemanı olarak kullanılmakta ve bunların da mutlaka emprenye edilmesi gerekmektedir. Buna göre her yıl yaklaşık 30.000 ile 35.000 m<sup>3</sup> ağaç malzemenin emprenyesi sözkonusudur. Bu malzemelerin emprenyesi başlangıçta belki maliyetleri artıracaktır. Fakat uzun dönemde 3-4 kat artan dayanım ömrüne bağlı olarak yenileme giderleri çok daha fazla azalacağından önemli bir tasarruf sağlanacaktır. Ayrıca emprenyeli ağaç malzemenin taşıyıcı olarak kullanıldığı yerlerde malzeme kesitleri % 16 oranında düşürülmektedir[239]. Maden ocaklarında da emprenyeli ağaç malzeme kullanıldığında bu durum gözönüne alınarak bir tasarruf sağlanacağı açıktır.

Kapalı maden ocaklarında yalnızca ağaç kamalar değil, diğer tahkimat elemanları da korunmasız ve geleneksel biçimde kullanılmaktadır. Kesit kalınlıkları ve boyutları kamalardan daha farklı olan bu elemanlar da biyolojik etkenlerin zararlarına maruz kalmaktadırlar. Bu elemanların bir kısmının emprenyesi de zorunlu olmaktadır. Böylece bu elemanların emprenye işlemi ile de dayanma süreleri artacak ve daha verimli kullanılacaktır.

Herşeyden önce, TTK'ya bağlı işletmelerin varlığını sürdürüp sürdürememe sorunlarına bağlı olarak birtakım atılımların yapılması gereklidir. Ağaç malzemenin en büyük tüketicisi durumunda olan TTK bünyesindeki işletmeler verimli duruma getirilmek istenirse, modernleştirme çalışmalarının yanında ağaç malzeme tüketiminin de azaltılması ve bu bağlamda malzemenin daha uzun süre faydalanması yoluna gidilmelidir. Ağaç malzemeyi yeraltında daha uzun süre kullanmanın tek yolu emprenye işlemidir. Daha uzun dönemli planlamalar arasına, maden direği olarak kullanılacak ağaç türlerinin plantasyonu mutlaka alınmalıdır. Özellikle hızlı büyüyen Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia*)'nın maden direği olarak kullanımı denenmeli ve uygun yerlerde gerek Yalancı Akasya gerekse başka hızlı büyüyen türlerin

plantasyonu çalışmalarına başlanmalıdır. Toker[3]'ün yaptığı çalışmadan, Ökalyptüsün de maden direği bakımından yeterli nitelikleri taşıdığı ortaya çıkmıştır. Üstelik Güney Afrika madenlerinde Ökalyptüs malzeme geniş ölçüde kullanılmaktadır. Hızlı büyüyen Ökalyptüs türlerinden yararlanma da alternatif olarak düşünölmelidir.

Maden direklerinin üretiminden tüketimine kadar aylar geçmekte ve bu arada direklerde infeksiyon başlamaktadır. Mavi renklenme özellikle direk depolarında sıkça rastlanılan infeksiyonlardan biridir ve uzun süreli depolamalarda bu renklenmeyi diğer gerçek çürükçöl mantarlarının neden olduğu bozunmalar izlemektedir. Herşeyden önce, etkili bir koruma üretimden tüketim aşamasına kadar koruyucu önlemler almakla mümkündür. Bu nedenle, üretimden tüketime kadar geçen zamanın kısaltılması, bu mümkün değilse, özellikle direklerin uygun alanlarda TS 1350 sayılı standart[240]'a göre istiflenerek depolanması büyük önem taşımaktadır.

Bugün için, yılda ortalama 50.000 m<sup>3</sup> telefon direği, 50.000 m<sup>3</sup> travers tüketimi bulunan PTT ve DDY gibi kuruluşların kendilerine ait emprenye tesisleri bulunmaktadır. Eğer tahkimat elemanı olarak kullanılan ağaç malzemenin emprenyesi yapılacaksa, TTK Genel Müdürlüğünün de kendi tesislerini kurması uzun dönemde fayda sağlayabilecektir.

## 7.2. Emprenyeli Ağaç Malzemenin Deniz İçinde Kullanımı Bakımından

Deniziçi yapı malzemesi olarak ya da herhangi bir amaçla deniz içinde kullanılacak olan doğal ağaç malzeme, denizel-odun zararlıları tarafından kısa sürede tahrip edilmektedir. Deniz zararlılarının tür, yoğunluk ve tahribat şiddetlerine göre ağaç malzemenin dayanma süresi değiştiği gibi, ağaç türü ve deniz suyunun özelliklerine göre de değişebilmektedir. Örneğin, temiz sularda ve zararlı

populasyonunun yoğun olduğu bölgelerde korunmasız iskele direkleri 1-3 yıl, zararlı populasyonunun az olduğu kirli sularda ise 8-10 yıl dayanabilmektedir[61].

Küçük boyutlardaki korunmasız ağaç malzemeler ise, çok daha kısa sürelerde kullanım dışı kalmaktadırlar.

Deniz içinde kullanılacak ağaç malzemenin denizel zararlılara karşı zehirli kimyasal maddelerle boyanması, malzemenin dış yüzeyinin dayanıklı başka malzemelerle kaplanması ya da çivi v.b. metallere çakılması, pratik açıdan belki olumlu sonuçlar verebilir. Fakat, deniz içinde uzun süre kalması istenilen ağaç malzemenin mutlaka basınçlı kazanlarda empenye maddeleri ile empenye edilmesi en iyi sonucu verecektir. Emprenye maddelerinden özellikle kreozot bu konuda güvenilirliği kanıtlanmış bir kimyasaldır. Nitekim, bu çalışma ile elde edilen sonuçlar, kreozotun Rüping yöntemiyle ağaç malzemeye emdirilmesinin yeterli bir koruma önlemi olabileceğini göstermiştir. Doğal dayanıklılık açısından en dayanıksız ağaç odunu bile, yeterli kreozot tutunma miktarları sağlandığında deniz içinde güvenle kullanılmaktadır. En uygun empenye maddesi tutunma miktarları tropik, yarı tropik ya da ılıman sulara göre değişmekle birlikte genel olarak 150 - 350 kg/m<sup>3</sup> arasında kabul edilebilir. Çok şiddetli tahribatın sözkonusu olduğu tropik bölge sularında ise daha yüksek kreozot tutunması gerekebilmektedir.

CCB tuzlarıyla empenye edilmiş ağaç malzeme de, deniz içinde doğal olarak kullanılan ağaç malzemeye göre çok iyi dayanım göstermektedir. Ancak, ağaç malzemenin bu gibi tuzlarla empenyesinde, absorplanan net kuru tuz miktarının mümkün olduğunca fazla olmasına dikkat edilmelidir. Özellikle zor empenye edilen ağaç türlerinde bu konuya eğilinmeli ve basınç periyotları uzun tutulmalıdır. Ayrıca, empenye maddesi tutunma miktarını arttıracak bazı ön işlemler(delgi gibi) gözönüne alınmalıdır.

Bu çalışmadan elde edilen bulgulara ve önceden yapılan araştırmalara göre, deniz içinde kullanılacak ağaç malzemenin öncelikle kreozotla emprenye edilmesi, suda çözünen tuzların kullanılması durumunda ise yüksek net kuru tuz miktarlarının (30-50 kg/m<sup>3</sup>) ağaç malzemeye emdirilmesi, yeterli ve güvenli bir koruma açısından zorunlu olmaktadır. Kreozotla yeterli derecede emprenye edilmiş ağaç malzeme deniz içinde en azından 15-20 yıl, CCB tuzlarıyla yeterli derecede emprenye edilmiş malzeme ise 10-15 yıl tahrip olmadan dayanabilecektir.

Ağaç malzemeyi emprenye etme olanağı yoksa, denizdeki kullanım için mutlaka doğal dayanıklı türler ve özellikle öz odun kısmı fazla olan ağaçlar tercih edilmelidir.

Tüm bunların dışında, açık alan denemelerinde olduğu gibi, çeşitli emprenye maddesi formülasyonlarının denizel odun zararlılarına karşı uzun süreli testleri ülkemizde de yapılmalı ve bu iş süregelen duruma getirilmelidir.



## KAYNAKLAR

1. Akyıldız, Z., Ahşabın Emprenye Edilmesi Suretiyle Yurt Ormancılığı ve Ekonomisine Katkılar, ORENKO-93 II.Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi, Ekim-1993, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 1-9.
2. Morrell, J.J. ve Giron, M.Y., Philippine Wood Pole Maintenance Manual : A Guide to the Specification, Inspection and Maintenance of Wood Poles, Oregon State Uni. Special Publ. No: 23, 1992.
3. Toker, R., Türkiye'de Ökalyptüs(E.rostrata)'ün Maden Direği Bakımından Teknik Özellikleri Hakkında Araştırmalar, OGM Yayınları, Yayın No:128, Seri No:11, Ankara,1953.
4. Pınar, E., Türkiye Limanlarında Fouling ve Boring Organizmalar, Antifouling-Antiboring Boyaların Bu Organizmalar Üzerine Etkinlikleri, DKK.Hidrografi Yayınları, İstanbul, 1979.
5. Ataman, T., Yeraltında Tahkimat Esasları, ODTÜ, Ankara, 1978.
6. Birön, C. ve Arıoğlu, E., Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı, Birsen Kitabevi, İstanbul, 1985.
7. Birön, C., Madenlerde Tahkimat İşleri, İTÜ. Matbaası, İTÜ. Mühendislik-Mimarlık Fak. Sayı:83, İstanbul, 1971.
8. TS 540, Maden Direği, TSE Yayınları, Ankara - Nisan 1974.
9. Birön,C. ve Arıoğlu,E., Design of Supports in Mines, John Wiley and Sons, New York, 1983.
10. Jones,C.R.L., Use of Timber in Mining, Technical Research and Development Assoc.(TRADA) Publ., London, 1974.
11. Barczak,T.M. ve Tasillo, C.L., Factors Effecting Strength and Stability of Wood Cribbing; Height, Configuration and Horizontal Displacement, US Depart. of Interior, Bureau of Mines, Report Invest. No:9168, 1988.
12. Barczak, T.M. ve Tasillo, C.L., Evaluation of Multi-timbered Wood Crib Supports, US Bureau of Mines, Report Invest. No: 9341, 1991.

13. Ediger, E., Madencilikte Meslek işleri, EKi-insangücü Eğitim Müdürlüğü, Yayın No:13, Zonguldak, 1980.
14. Lewis, S., The Utilization of Timber in the Modern British Coal Mining Industry, Timber Bull. for Europe, 51(1972) 31-51.
15. Bekişoğlu, K.A., Maden işletmeciliği, Cilt II., Etibank, 2. Baskı, 1956.
16. Stone, R.N., Risbrudt, C. ve Howard, J., Wood products use by coal mines, Forest Prod. J., 35(1985) 45-52.
17. Türkiye Taşkömürü Kurumu İstatistik Yıllıkları 1981-1992 TTK Yayınları, Yayın No:345, Zonguldak, 1993.
18. Türkiye Taşkömürü Kurumu Direk işleri Şube Müdürlüğü Özel İstatistik Yıllıkları (yayımlanmamış), 1981-1994.
19. OGM Pazarlama ve Satın Alma Dairesi Başkanlığı Yıllık Bilançoları (Yayımlanmamış), 1981-1994.
20. OGM ile TTK Genel Müdürlüğü Arasında imzalanan 1993 Yılı Maden Direği Tahsis Protokolü, Ankara, 1993.
21. Yıldırım, B., Yeraltı Maden Kömürü Üretiminde Tahkimatta Kullanılan Maden Direği Birim Fiyat Maliyetleri, Taşkömür Dergisi, 2, 7(1985) 46-51.
22. Yıldırım, B., TTK'nın Maden Direği Stok ve istif Sahalarının Genişletilmesine İlişkin Rapor, 6s., 1985
23. Bureau of Mines, United States of Interior, Wood Products Use In Coal Mining, April 1982.
24. DPT VI. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK Raporu, DPT Yayınları Yayın No: DPT:2201-ÖİK:350, Ankara, 1990.
25. TÜSİAD Orman Raporu, TÜSİAD Yayınları, Yayın No: T/91.6. 144., İstanbul, 1991.
26. Bozkurt, Y., Göker, Y. ve Erdin, N., Emprenye Tekniği, İ.Ü. Yayınları, Yayın No: 3779, OF. Yayın No: 425, İstanbul, 1993.
27. Hochman, H., Degradation and Protection of Wood from Marine Organisms, In: Wood Deterioration and Its Prevention by Peservative Treatments (Ed.: Nicholas, D.D.), Syracuse Uni. Press, 1973.
28. TS 343, Ahşap Koruma (Terimler ve Tanımlar), TSE Yayınları Ankara, 1977.

29. Yeğen, O., Fitopatoloji, Akdeniz Ün., Ziraat Fak. Yayın No:1, Antalya, 1987.
30. Anşın, R., Orman Fitopatolojisi, Kayı Yayıncılık, İstanbul, 1987.
31. Bobat, A., Kapalı Maden Ocaklarında Görülen Odun-Tahripçisi Basidiomycet'ler, ORENKO-93, II. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi, Ekim-1993, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 19-25.
32. Cowling, E.B., A Partial List of Fungi Associated With Decay of Wood Products in the United States, Plant Dis. Report, 41(1957) 894-896.
33. Duncan, C.G. ve Lombard, F.F., Fungi Associated With Principal Decays in Wood Products in the United States, USDA Forest Serv., Res. Paper, WO-4, 1965.
34. Maize, E.R., Scheffer, T.C. ve Greenwald, H.P., A Study of Timber Decay in the Crucible Mine of the Crucible Fuel Co., USDI Report Invest. No:3544, 1941.
35. Eslyn, W.E. ve Lombard, F.F., Decay in Mine Timbers Part II: Basidiomycetes Associated With Decay of Coal Mine Timbers, Forest Prod.J., 33, 7/8(1983) 19-23.
36. Fritz, C.N., Does Depth Influence Rate of Decay in Mine Timber? Canadian Mining J., 63(1942) 719-720.
37. Ammirati, J., Traquair, J., Martin, S., Gillon, W. ve Ginns, J., A New Melanotus from Gold-Mine Timbers in Ontario, Mycologia, 71(1979) 310-321.
38. Levy, J.F. ve Lloyd, F.J., A Study of the Fungi Present in Timbers in Tywarnhole Mine, J.Inst. Wood Sci., 6(1960) 14-25.
39. Cartwright, K.St.G. ve Findlay, W.P.K., Decay of Timber and Its Prevention, Her Majesty's Stationary Office, London, 1958.
40. Moesz, G., Mine and Cave Fungi in Hungary, Abs. in Rev. Mycol., 20(1941) 505-508.
41. Zyska, B., Stand und Aussichten des Holzschutzes in Polnischen Steinkohlenbergabbau, Mitt. Deuts.Ges. Holzforschung, 46(1959) 74-78.
42. Ritter, G., Der willige Steifporling ein Bergwerkspilz an nassem Grubenholz, Holztechnologie, 30,5(1990) 261-263.

43. Bondartceva, M.A. ve Seman, E.O., Decomposition of Materials by Fungi in Underground Mine Workings, Mycol. Fitopathol., 10(1976) 518-521.
44. Bondartceva, M.A., Davydkina, T.A. ve Seman, E.O., Fungi Macromycetes from Underground Mining Excavations on the Kola-Peninsula, Nov. Sist. Nizstikh. Akad. Novk. SSSR Bot. Ins. 15(1978) 83-84(FPL Translation).
45. Osborne, L.D. ve Thrower, L.B., Timber Replacement in Mines I. The Activity of Wood-Rotting Fungi, Holzforschung 20(1966) 160-164.
46. Webbs, S., The Resistance of Some Australian Timbers to Decay by Mine Fungi, Proc. of the Royal Soc. of Victoria, 58(1947) 3-24.
47. Brown, M., Mine Timber Preservation-Mine Fungi, South African J. of Sci., XXXIII(1937) 383-389.
48. James, A.L., Protective Treatment of Mine Timbers, Transactions of the Seventh Commonwealth Mining and Metallurgical Congress, 1961, Proceedings, 793-803.
49. Pınar, R., Devlet Orman İşletmesinde Maden Sütunu, OGM Yayınları, Yayın No:2, Ankara, 1939.
50. Selik, M., Odun Patolojisi, İ.Ü. Yayın No:3511, O.F. Yayın No:392, İstanbul, 1988.
51. Eaton, R.A., Preservation of Marine Timbers, In: Preservation of Timber in the Tropics (Ed.: Findlay, W.P.K), M. Nijhoff/ Dr. W. Junk Publ., 156-191, 1985.
52. Calloway, C.B. ve Turner, R.D., Brooding in the Teredinidae (Mollusca: Bivalvia), In: Marine Biodeterioration (Eds.: Thompson, M.F. ve Nagabushanam, R.), Oxford and IBH Publ., 215-226, Delhi-1988.
53. Richards, B.R., Marine Borers, Proc. AWPA, 79(1983) 191-194.
54. Clench, W.J. ve Turner, R.D., The Genus Bankia in the Western Atlantic, Johnsonia, 2, 19(1946) 1-28.
55. Turner, R.D., Phytoplankton, Dissolved Organic Material and Nitrogen in Teredinid Nutrition, Marine Science of the Arabian Sea, Proc. of Int. Conference, Enterprises, 1988, 585-606
56. Clapp, W.F. ve Kenk, R., Marine borers, an annotated bibliography, Office of Naval Res., 1963.

57. Menzies, R. ve Turner, R.D., The Distribution and Importance of Marine Wood Borers in the United States, In : ASTM Special Technical Publ., No:20, 3-21, 1957.
58. Turner, R.D. ve Johnson, A.C., Biology of Marine Wood-Boring Molluscs, In:Marine Borers, Fungi and Fouling Organisms of Wood(Eds.:Jones,E.B.K. ve Eltringham, S.K.), Proc. OECD Workshop, 1971, 259-301.
59. Kuhne, H.,The identification of wood boring crustaceans, In : Marine Borers, Fungi and Fouling Organisms of Wood (Eds.:Jones, E.B.K. ve Eltringham, S.K.), Proc. OECD Workshop, 1971, 65-68.
60. Demir, M., Boğaz ve Ada Sahillerinin Omurgasız Dip Hayvanları,İÜ. Fen Fak. Hidrobiyoloji Arş.Ens. Yayınları, Yayın No:3, 1954.
61. Berkel, A., İstanbul ve civarı su inşaatında ağaç malzemenin kullanımı hakkında incelemeler, İÜOF Dergisi, Seri:B, 1, 11(1961) 45-54.
62. Sekendiz, O.A., Doğu Karadeniz Bölümünün Önemli Teknik Hayvansal Zararlıları Üzerine Araştırmalar, KTÜ Orman Fak. Yayınları, No:127, OF. Yayın No:12,Trabzon-1981.
63. Wilcox, W.W., Changes in Wood Microstructure Through Progressive Stages of Decay, USDA Forest Serv. Res.Paper No:70, 1968.
64. Wilcox, W.W., Fundamental Characteristics of Wood Decay, Forest Prod.J., 7(1965) 255-259.
65. Jeffries, T.W., Physical, Chemical and Biochemical Considerations in the Biological Degradation of Wood, In: Wood and Cellulosics : Industrial Utilization, Biotechnology, Structure and Properties(eds.:Kennedy, J.F., Phillips, G.O. ve Williams, P.A), Ellis Harwood Ltd. Chapter 24, 213-230, 1987.
66. Highley, T.L., Murmanis, L. ve Palmer, J.G., Micromorphology of Degradation in Western Hemlock and Sweetgum by the Brown-Rot Fungus, *Poria placenta*, Holzforschung, 39(1985) 73-78.
67. Messner,K. ve Stachelberger,H., The Nature of Osmiophilic Particles and Their Distribution During Different Stages of Brown- and White-Rot Decay, IRG/WP Doc.No:1213, 1983.
68. Blanchette, R.A., Nilsson, T., Daniel, G. ve Abad, A., Biological Degradation of Wood, In: Archaeological Wood (Eds.:Rowell, R.M. ve Barbour, R.J.), American Chemical Co., 141-174, Washington, 1990.

69. Wilcox, W.W., Anatomical Changes in Wood Cell Walls Attached by Fungi and Bacteria, The Botanical Review, 36(1970) 1-28.
70. Ruel, K., Barnaud, F. ve Eriksson, K.E., Ultrastructural Aspects of Wood Degradation by *Sporotrichum pulverulentum*, Holzforschung, 38(1984) 61-68.
71. Highley, T.L., Murmanis, L.L. ve Palmer, J.G., Ultrastructural Aspects of Cellulose Decomposition by White-Rot Fungi, Holzforschung, 38(1984) 73-78.
72. Eriksson, K.E., Grunewald, A., Nilsson, T. ve Vallander, L., A Scanning Electron Microscopy Study of the Growth and Attack on Wood by Three White-Rot Fungi and Their Cellulase-Less Mutants, Holzforschung, 34(1980) 207-213.
73. Seifert, K., Zur Systematik der Holzfäulen ihre chemischen und physikalischen Kennzeichen, Holz Roh und Werks., 26(1968) 208-215.
74. Ruel, K., Barnoud, F. ve Eriksson, K.E., Micromorphological and Ultrastructural Aspects of Spruce Wood Degradation by Wild-Type *Sporotrichum pulverulentum* and Its Cellulose Less Mutant Cell 44, Holzforschung, 35(1981) 157-171.
75. Blanchette, R.A., Otjen, L., Effland, M.J. ve Eslyn, W.E. Changes in Structural and Chemical Components of Wood Delignified by Fungi, Wood Sci. and Technol., 19(1985) 35-46.
76. Liese, W., Über den Abbau verholzter Zellwände durch Moderfäulepilze, Holz Roh und Werks., 22(1964) 289-295.
77. Highley, T.L., Changes in Chemical Components of Hardwood and Softwood by Brown-rot Fungi, Material und Organismen, 22(1987) 39-45.
78. Illmann, B.L. ve Highley, T.L., Decomposition of Wood by Brown-rot Fungi, In: Biodeterioration Research 2-General Biodeterioration, Degradation, Mycotoxins, Biotoxins, and Wood Decay(Eds.: O'Rear, C.E. ve Llewellyn, G.C.), Plenum Press, 465-484, 1988.
79. Kirk, T.K., Ibach, R., Mozuch, M.D., Conner, A.H. ve Highley, T.L., Characteristics of Cotton Cellulose Depolymerized by a Brown Rot-Fungus by Acid or by Chemical Oxidants, Holzforschung, 45(1991) 239-244.



80. Fluornoy, D.S., Kirk, T.K. ve Highley, T.L., Wood Decay by Brown Rot Fungi: Changes in Pore Structure and Cell Wall Volume, Holzforschung, 45(1991) 383-388.
81. Wilcox, W.W., Degradation in Relation to Wood Structure, In: Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatment (Ed.: Darrel D. Nicholas), Syracuse Uni. Press, 107-148, 1973.
82. Highley, T.L., Biochemical Aspects of White-Rot and Brown Rot Decay, IRG/WP Doc.No:1319, 1987.
83. Kirk, T.K. ve Highley, T.L., Quantative Changes in Structural Components of Conifer Woods During Decay by White and Brown Rot Fungi, Phytopathol., 63(1973) 1338-1342.
84. Danninger, E., Messner, K. ve Röhr, M., Abbauschema der Brown und Weissfäulepilze auf Heimischen Hölzern (Buche, Fichte), Holzforschung und Holzverwertung, 32(1980) 126-130.
85. Liese, W., Ultrastructural Aspects of Woody Tissue Disintegration, Ann.Rev.Phytopathol., 8(1970) 231-257.
86. İlhan, R., Odun Patolojisi Ders Notları (Basılmamış).
87. Otjen, L. ve Blanchette, R.A., Patterns of Decay Caused by *Inonotus dryophyllus* (Aphyllphorales: Hymenochaetace) A White-Pocket Rot Fungus of Oaks, Can.J.Bot., 60(1982) 2270-2279.
88. Otjen, L., Blanchette, R., Effland, M. ve Leatham, G., Assesment of 30 White-Rot Basidiomycetes for Selective Lignin Degradation, Holzforschung, 41(1987) 343-349.
89. Kirk, T.K. ve Chang, H.M., Potential Applications of Biolignolytic Systems, Enzyme Microb. and Technol., 3(1981) 189-196.
90. Kirk, T.K. ve Shimada, M., Lignin Biodegradation: The Microorganisms Involved, and the Physiology and Biochemistry of Degradation by White-Rot Fungi, In: Biosynthesis and Biodegradation of Wood Components (Ed.: Higuchi, T.), Academic Press, 579-605, 1985.
91. Liese, W., Die Moderfäule, eine neue Krankheit des Holzes, Naturwiss. Rundschau, 11(1959) 419-425.
92. Liese, W., Untersuchungen über das Vorkommen der Moderfäule in Holzschwellen, Holzforschung und Holzverwertung, 12(1960) 61-64.

93. Scheffer, T.C., Microbiological Degradation and Causal Organisms, In: Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments(Ed.:Nicholas, D.D.),Syracuse Uni. Press, 31-107, 1973.
94. Scheffer, T.C., Progressive Effects of Polyporus versicolor on the Physical and Chemical Properties of Red Gum Sapwood, USDA Forest Serv.Tech.Bull.No:527, 1936.
95. Toole, E.R., Changes in Weight Loss and Dimensions of Wood Infected with Brown-Rot Fungi, Forest Prod.J., 20(1970) 51-52.
96. Toole, E.R., Variation in Decay Resistance of Southern Pine Sapwood, Forest Prod.J., 20(1970) 49-50.
97. Kirk, H., Untersuchungen über die Zerstörungsintensität von Pilzstämmen verschiedener Herkunft der Gattungen Coniophora, Lentinus, Poria, Gloeophyllum und Chaetomium, Holztechnologie, 14(1973) 79-86.
98. Cartwright, K.St.G., Findlay, W.P.K., Chaplin, C.J. ve Campbell, W.G., The Effect of Progressive Decay by *Trametes serialis* Fr. on the Mechanical Strength of the Wood of Sitka Spruce, Bull.For.Prod. Res. No:11,1931.
99. Liese, J. ve Stamer, J., Vergleichende Versuche über die Zerstörungsintensität einiger wichtiger Holzerstörender Pilze und hierdurch Verursachte Festigkeitsverminderung des Holzes, Angew.Bot., 16(1934) 363-372.
100. Cartwright, K.St.G., Campbell, W.G. ve Armstrong, F.H., The Influence of Fungal Decay on the Properties of Timber. I. The Effects of Progressive Decay by *Polyporus hispidus* Fr. on the Strength of English Ash (*Fraxinus excelsior* L.), Proc. Roy.Soc., London, 1936, 76-85.
101. Scheffer, T.C., Wilson, T.R.C., Luxford, R.F. ve Hartley, C., The Effect of Certain Heartrot Fungi on the Specific Gravity and Strength of Sitka Spruce and Douglas Fir, USDA Forest Serv.Tech.Bull. No:779, 1941.
102. Trendelenburg, R., Über die Abkürzung der Zeitdauer von Pilzversuchen an Holz mit Hilfe der Schlagbiegeprüfung, Holz als Roh und Werks., 7,12(1940) 397-407.
103. Pechman, H.v. ve Schaile, O., Über die Änderung der dynamischen Festigkeit in der chemischen Zusammensetzung des Holzes durch den Angriff Holzerstörender Pilze, Forstwiss., 6, 19(1950) 441-466.

104. Richards, D.B., Physical Changes in Decaying Wood, J. of Forestry, 52, 4(1954) 260-265.
105. Mulholland, J.R., Changes in Weight and Strength of Sitka Spruce Associated with Decay by a Brown Rot Fungus, *Poria monticola*, J. of Forestry, 14, 6(1954) 410-416.
106. Kennedy, R. W., Strength Retention in Wood Decayed to Small Weight Losses, For. Prod. J., 8, 10(1958) 308-314.
107. Armstrong, F.H. ve Savory, J.G., The Influence of Fungal Decay on the Properties of Timber. Effect of Progressive Decay by the Soft Rot Fungus, Holzforschung, 13, 3(1959) 84-89
108. Liese, W. ve Pechman, H.v., Untersuchungen über den Einfluss von Moderfäulepilzen auf die Holzfestigkeit, Forstwiss. Cbl., 78(1959) 271-279.
109. Liese, W. ve Ammer, U., Über den Einfluss von Moderfäulepilzen auf die Schlagbiegefestigkeit von Buchenholz, Holz als Roh und Weks., 22(1964) 87-102.
110. Kennedy, R.W. ve Ifju, G., Applications of Microtensile Testing to Thin Wood Sections, TAPPI, 45, 9(1962) 725-733.
111. Gillwald, W. ve Michalak, J., Vergleichende Untersuchungen über die Einwirkung von verschiedenen Holzerstörenden Pilzen auf einige physikalische Eigenschaften und die Festigkeit des Pappelholzes (*Populus marilandica* Bosc.), Wiss. Z. Humboldt Uni. Berlin, Math. Naturwiss., Reihe 12, 2(1963) 265-273.
112. Henningsson, B., Changes in Impact Bending Strength, Weight, and Alkali Solubility Following Fungal Attack on Birch Wood, Swedish Wood Pres. Ins. Report No:41, 1967.
113. Mizumoto, S., The Effect of Decay Caused by *Gleophyllum trabeum* on the Strength Properties of Japanese Red Pine Sapwood, J. of the Japanese Forestry Soc., 48, 1(1965) 7-11.
114. Schultze-Dewitz, G., Beziehungen zwischen der Elastizität und der Statischen sowie Dynamischen Biegefestigkeit von Kiefernholz nach dem Angriff durch echte Holzerstörende Pilze, Holz Roh und Werks., 24(1966) 506-512.
115. Brown, F.L., A Tensile Strength Test for Comparative Evaluation of Wood Preservatives, Forest Prod. J., 33(1963) 405-411.

116. Kirk, H. ve Schultze-Dewitz, G., Elastizität und Schlagzähigkeit und ihr weiserwert für die Wirksamkeit von Holzschutzmitteln gegenüber Ascomyceten, Fungi Imperfecti und Basidiomyzeten, Holztechnologie, 9, 4(1968) 249-254.
117. Schultze-Dewitz, G., Die Veränderung der Festigkeit sowie einiger physikalischen und chemischer Eigenschaften verschiedener Nadelhölzer nach Basidiomyzetenangriff unter besonderen Berücksichtigung der Gattung Pinus, Habilitationschr., Fak. für Forstwirtschaft der TU Dresden (from Summary), 1968.
118. Glos, P., Festigkeit von Fichten Bauholz mit Insekten und Pilzbefall Biegefestigkeit, Holz Roh und Werks., 47, 8(1989) 329-335.
119. Toole, E.R., Effect of Decay on Crushing Strength, Forest Prod.J., 19, 10(1969) 36-37.
120. Toole, E.R., Reduction in Crushing Strength and Weight Associated with Decay by Rot Fungi, Wood Sci., 3,3(1971) 172-178.
121. Bariska, M., Osusky, A. ve Bosshard, H.H., Änderung der mechanischen Eigenschaften von Holz nach Abbau durch Basidiomyzeten, Holz Roh und Werks., 40(1983) 241-245.
122. Wilcox, W.W., Review of Literature on the Effect of Early Stages of Decay on Wood Strength, Wood and Fiber, 9, 4(1978) 252-257.
123. Hall, P.J., The Laboratory Examination of the Durability of Treated and Untreated Mine Support Timbers, Part I. Round Poles, C.O.M.Reference, Project No : 112/64, Res. Report No:41/65, 1965.
124. Hall, P.J., Report on the Laboratory Examination of the Effect of Fungal Invasion on the Durability of Untreated Mine Support Timbers, C.O.M.Reference, Project No:112/64, Res.Report No:12/67, 1967.
125. Hall, P.J., The Compression Rate of Sound and Decaying Timber Under Constant Load, C.O.M.Reference, Project No: 1/109/67, Res.Report No:29/70, 1970.
126. Boyce, J.S., Forest Pathology, Third Edition, McGraw-Hill Book Co., New York-Toronto-London, 1961.
127. Waterbury, J.B., Calloway, C.B. ve Turner, R.D., A cellulolytic nitrogen fixing bacterium cultured from the gland of deshayes in shipworms Bivalvia Teredinidae, Science, 221(1983) 1401-1403.

128. Bozkurt, Y. ve Göker, Y., Orman Ürünlerinden Faydalanma, İÜOF.Yayınları, İÜ.Yayın No:2840, Orman Fak. Yayın No: 297, İstanbul, 1981.
129. Breyer, M.G., Preservation of Mine Timber, J. of Coal and Base Minerals of Southern Africa, VI(1953) 26-30.
130. İlhan, R., Türkiye'nin Ekonomik Bakımdan Önemli Bazı Ağaç Türlerinin Emprenyesine Ait Araştırmalar, OAE.Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:56, 1973.
131. Findlay, W.P.K., Economic Aspects of Wood Preservation, In: Preservation of Timber in the Tropics(Ed.: Findlay, W.P.K.), Martinus Nijhoff/Dr.W.Junk Pub., 463-466, 1985.
132. Erten, P., Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı 1985 Yılı İcra Planının 299 Sayılı Tedbir Maddesine İlişkin Görüşler, OAE.Dergisi, 52(1980) 58-68.
133. Sheard, L., Ahşap Malzemenin Korunması: Geçerli Uygulama ve Araştırmalar, Ahşap Malzemenin Korunması, MPM Yayınları, Yayın No:338, 24-33, Ankara-1988.
134. Hafızoğlu, H., Ağaç Malzeme Koruma ve Emprenye Tekniği Ders Notları(Basılmamış).
135. İlhan R., Emprenye Sistemleri, Ahşap Malzemenin Korunması, MPM Yayınları, Yayın No:338, 136-149, Ankara-1988.
136. Erten, P., Ahşap Malzemenin Korunmasında Yararlanılan Başlıca Teknikler, Ahşap Malzemenin Korunması, MPM Yayınları, Yayın No:338, 127-135, Ankara-1988.
137. Findlay, W.P.K., Preservatives Substances, In: Preservation of Timber in the Tropics(Ed.: Findlay, W.P.K.), M.Nijhoff/Dr.W. Junk Publ., 59-74, 1985.
138. Pizzi, A., Conradie, W.E. ve Cockcroft, R., Wood Preservation in Southern Africa, Swedish Wood Pres.Ins. Report No:150, 1984.
139. Birön, C. ve Arıoğlu, E., Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı, 1.Baskı, Birsen Kitabevi, İstanbul-1980.
140. Bozkurt, Y. ve Erdin, N., Ağaç Malzemenin Korunması ve Önemi, Ahşap Malzemenin Korunması, MPM Yayınları, Yayın No:338, 13-23, Ankara-1988.
141. Gök, M.Ş., Zonguldak Kömür Havzasında Direk Sarfiyatını Azaltmak Gayesiyle Maden Direği Emprenyesi Konusunun Tetkiki, Rapor, 5 s., Aralık 1965.

142. Berkel, A., Ağac Malzeme Teknolojisi, Cilt 1, TÜOF Yayınları, İ.Ü. Yayın No:1448, Orman Fak. Yayın No:147, İstanbul, 1970.
143. McQuire, A.J., Preservation of Timber in the Sea, In: Marine Borers, Fungi and Fouling Organisms of Wood(Eds. Jones, E.B.G.ve Eltringham,S.K.), OECD Workshop, 1971, 339-346.
144. Barnacle, J., Wood and its prevention in the sea- a resume, Proc. 4th.Int.Cong., Marine Corrosion and Fouling, 1976, 57-66.
145. Baechler, R.H., Gjovik,L.R. ve Roth, H.G., Effectiveness and permanence of several preservatives in wood coupons exposed to sea water, Proc. AWPA, 66, 1970a, 47-64.
146. Richards, B.R., Comparative values of dual treatment and water-borne preservatives for long-range protection of wooden structures from marine borers, Proc. AWPA, 73, 1977, 128-131.
147. Beesley, J., At sea with treated timber, CSIRO Forest Prod. Newsletter, 367(1969) 1-3.
148. Nylinder-Norman, E.,Henningsson, B., Gunnarsson, L. ve Hellström, O., Marine wood borer tests on the west coast of Sweden, Swedish Wood Preservation Ins. Report No:111, 1974.
149. Henningsson, B. ve Norman, E., A marine borer test with water-borne preservatives, Inter.J. of Wood Pres., 1, 3(1979) 99-107.
150. Johnson, B.R. ve Gutzmer, D.I.,Comparison of Preservative Treatments in Marine Exposure of Small Wood Panels, USDA FPL. Res. Note:258, 1990.
151. Wilkinson, J.G., Industrial Timber Preservation, Associated Business Press, London-1979.
152. Burmester, A. ve Becker, G., Untersuchungen über den Einfluss von Holzschutzmitteln auf die Holzfestigkeit, Holz Roh und Werks., 21(1963) 393-409.
153. Tetmajer, L., Methoden und Resultate der Prüfung schweizerischer Bauhölzer,H.2., Materialprüfungsamt am schweizerischen Polytechnicum, Zürich-1986.
154. Hatt, W.K., Experiments on the Strength of Treated Timber, Forest Serv. Circ. 39/USDA, 1906.



155. Luther, H.B., The Effect of the Zinc Chloride Process of Preservation on the Strength of Structural Timber, Proc.AWPA, 17, 1921, 89-114.
156. Wilson, T.R.C. ve Bateman, E., Results of Some Tests on the Effect of Zinc Chloride on the Strength of Wood, Proc.AWPA, 17, 1921, 80-88.
157. Wilson, T.R.C., The Effect of Creosote on Strength of Creosoted Fir Timber, Timberman, 31(1930) 50-56.
158. Thunell, B., Inverkan pa Furuvirkes Hallfasthetsegenskaper av Basing och Impregnering Med Vissa Skyddsmedel mot Röta och Insekter, Meddelande 83, 1941.
159. Czeviedajev, A.A., Vlijanije Propitki na Techniczeskije Suotjstja Dreviesiny, Resultaty Robot WNILCH, 1949.
160. Schulze, B. ve Stamer, J., Einwirkung von Holzschutzmitteln auf die Holzfaser, Swiss. Abh. deutsch. Mat. Prüfungsanst., 7(1950) 113-123.
161. Perkitny, T. ve Chudzicki, Z., Wplyw Nasycania Preparatem Flurasil, Przemyslowa Sola Kuchenna : Fluorokrzemiarem Sodowym na Mechaniczne Wlasciwosci Drewna Sosnowege Sylwan., 95(1951) 381-383.
162. Stabnikov, V.N., Puti Uvieliczenia Sroka Sluschby Dreviesiny w Konstrukcjach, Leningrad-1957.
163. Kollman, F., Die Eigenschaftänderung von Grubenholz nach Schutzsalzimpregnierung, Forschungsbericht des Landes Nordrhein-Westfalen, 1959.
164. Gillwald, W., Der Einfluss verschiedener Imprägniermittel auf die physikalischen und Festigkeitseigenschaften des Holzes, Holztechnologie, 2(1961) 4-16.
165. Hesp, T. ve Watson, R.W., The Effects on Water-born Preservatives Applied by Vacuum-Pressure Methods on the Strength Properties of Wood, Wood, 29(1964) 50-53.
166. Thompson, W.S., Effect of Preservative Salts on Properties of Hardwood Veneer, Forest Prod.J., 13(1964) 124-128.
167. Vologdin, A.J., Vlijanije Rozlicznych Antiseptikov na fizyko-mechanitchieskije Svosjstva Dreviesiny Sosny, Svotsva Dreviesiny, Jejo Zashita ;Novyje Dreviesinyje Materialy, Nr:88, Moskva-1966.

168. Shaltyko, G.J., Sokolova, Z.N. ve Krestienko, M.N., Mechaniczeskije Svojtva Dreviesiny Antiseptirovannoj Slancevymi Smolami, Lesnoj Zurnal, 1(1967) 92-94.
169. Pechman, H.v. ve Aufsess, H.v., Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Holzschutzmittel auf die Schlagbiegefestigkeit von Buchen-, Kiefern-, und Fichtenholz, Holz Roh und Werks., 26(1968) 454-462.
170. Burmester, A., Langzeiteinwirkung von Holzschutzmitteln auf physikalische und mechanische Holzeigenschaften Holz Roh und Werks., 28(1970) 478-485.
171. Chanmamedov, K.M., Untersuchung des Einflusses der Tränkung mit Natrium-fluorid auf die Eigenschaften des Holzes der Esche (*Fraxinus excelsior* L.), Holztechnologie, 13(1972) 239-241.
172. Terentjev, V., Vlijanije Antiseptika KM-5 na mehanit-scheskije Svojtva Dreviesny, Derevoobrab. Prom., 8, 21(1972) 15-16.
173. Isaacs, C.P., The Effect of two Accelerated Treating Methods on Wood Strength, Proc. AWPA, 68(1972), 175-182.
174. Wazny, J., Investigations of the Influence of Wood Preservatives on Strength, Dreviesiny; Sreda, 3(1973) 181-185.
175. Lutomski, K., Effect of Treatment Conditions Using the Hot-Cold Method of Impregnating Pine Wood With Water Solutions of Salts on Static Bending of Treated Wood, Zesz.Probl.Nauk.Rolniczych Nr:178, 1976.
176. Bendtsen, B.A., Gjovik, L.R. ve Werrill, S.P., Mechanical Properties of Longleaf Pine Treated Waterborn Salt Preservatives, USDA Forest Serv. Res.No:434, 1983.
177. Peek, R.D., Strength Properties of Preservative Treated Pine and Spruce Wood After Superheated Steaming, IRG/WF Doc.No:3313, 1984.
178. Winandy, J.E., Boone, R.S. ve Bendtsen, B.A., Interaction of CCA Preservative Treatment and Redrying: Effect on the Mechanical Properties of Southern Pine, Forest Prod. J., 35(1985) 62-68.
179. Winandy, J.E., Bendtsen, B.A. ve Boone, R.S., Effect of Delay between Treatment and Drying on Toughness of CCA-treated Southern Pine, Forest Prod.J., 33(1983) 53-58.

180. Knuffel, W.E., The Effect of CCA Preservative Treatment on the Compression Strength of South African Pine Structural Timber, Holzforschung u. Holzverwer., 37(1985) 96-99.
181. Wazny, J. ve Krajewski, K.J., Untersuchungen über den Einfluss von Holzschutzmitteln auf Druck-und Biegefestigkeit des Kiefernholzes, Holztechnologie, 28(1987) 239-247.
182. PN-72/C-04907, Wood Preservatives. Determination of Strength Properties of Wood, 1972.
183. İlhan, R., Ağac Malzeme Koruma ve Emprenye Tekniği, KTÜ. OF. Yayın No:74, 1983.
184. Gutzmer, D.I., Comparison of Wood Preservatives in Stake Tests, 1991 Progress Report, USDA Forest Serv.Res.Note FPL-RN-02, 1991.
185. ASTM-D 1758-62, Standard Method of Evaluating Wood Preservatives by Field Tests with Stakes, Reap.1970
186. GOST 18610/73, Dreviesina, Metod Poligonnych Ispitanij Stoikosti k Zagnivans ju., 1973.
187. NWPC Standard No:1.4.2.1./71, For Testing of Wood Preservatives.Mycological Test.Field Test. A Field Test with Stakes, Nordic Wood Pres.Council, Helsinki,1971.
188. TGL 18985, Prüfung von Holzschutzmitteln.Prüfung der Dauerwirksamkeit im Freiland, Berlin-1967.
189. TS 5986, Ahşap Koruma-Emprenye Maddelerinin Etkinliklerinin Arazi Deneylemleri ile Tayini, Eylül-1988.
190. Wazny, J. ve Kundzewicz, A., Zehn Jahre Freilandversuche in Polen mit Holzschutzmitteln mit Bodenkontakt, Holztechnologie, 29(1988) 229-233.
191. Berkel, A., Bozkurt, Y. ve Göker, Y., Çit Malzemesinin Dayanmasını Artırmak Bakımından Çeşitli Yerli Ağaçlarımızda Pratik Yöntemlerle Emprenye Araştırmaları, İ.Ü. Orman Fak.Yayınları, Yayın No:125, İstanbul-1968.
192. Göker, Y., Çeşitli Metodlar ve Emprenye Maddeleri ile Emprenye Edilmiş Çit Direklerinde Dayanma Süreleri, Ahşap Malzemenin Korunması, MPM Yayınları, Yayın No : 338, 157-169, Ankara-1988.

193. Taşkın, O. ve Erten, P., Teldirek ve Çit Kazıklarının Emprenye Edilme Kabiliyetleri ile Dayanma Müddetlerinin Tesbitine Ait Araştırmalar, OAE Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:93, Ankara-1977.
194. Richardson, B.A., Wood Preservation, The Construction Press, Lancaster-1978.
195. Behr, E.A., Decay Test Methods, In: Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatment(Ed.:Nicholas D.D.), Syracuse Uni.Press, 217-246, 1973.
196. DIN 52 176, Prüfung von Holzschutzmitteln. Bestimmung der vorbeugenden Wirkung von Holzschutzmitteln. Prüfung mit holzerstörenden Basidiomyzeten nach dem Klötzchen-Verfahren in Kolleschalen, Fachnormenausschuss Materialprüfung im Deutschen Normen Ausschuss, Berlin-1973.
197. BS 838/1961, Methods of Test for Toxicity of Wood Preservatives to Fungi, British Stand.Ins.London- 1961.
198. TGL 14 140/01, Holzschutz. Bestimmung der schutzwirkung von Prüfsubstanzen gegen holzerstörende Pilze in Kolleschalen, Laborprüfung mit Braun und Weissfäulepilzen, Dresden-1974.
199. NF X 41-502, Protection Methodes d'essais des Produits Fungicides Pour la Protection des Bois des Region Boreales Utilises dans ces Me'mes Regions(Produits pour impregnation), Assoc.Française de Norm.,1955.
200. CSN 490604, Zkouseni Ochrannych Latek Proti Drevokaznych Houbam,Praha-1980.
201. PN-79/C-04903, Wood Preservatives.Determination of the Toxic Value Against Basidiomycetes by Agar/Block Method, Warszawa-1978.
202. GOST 24008/80, Preservatives for Wood.Method of Testing Protective Ability to Wood Colouring and Moulding Fungus, Moskva-1980.
203. IS 4873-68/69, Method for Laboratory Testing of Wood Preservatives Against Fungi, Indian Standards Ins., New-Delhi, 1969.
204. EN 113, Wood Preservatives. Determination of Toxic Values Against Wood Destroying Basidiomycetes Cultured on an Agar Medium, Bruxelles-1980.

205. JIS A 9302, Method for Testing Effectiveness of Wood Preservatives Against Decay of Wood, Tokyo-1976.
206. TS 5563, Ahşap Koruma-Ahşap Emprenye Maddelerinin Agar Ortamında Basidiomisetlere Karşı Zehirlilik Değerlerinin Tayini, TSE ,Ankara-1988.
207. ASTM-D 1413-76, Standard Method of Testing Wood Preservatives by Laboratory Soil-Block Cultures, Philadelphia-1976, Reapproved, 1986.
208. AWPA M-10, Standard Method of Testing Wood Preservatives by Laboratory Soil-Block Cultures, Washington-1963.
209. NWPC Standard No:1.4.1.1./70, For Testing of Wood Preservatives. Mycological Test. A Soil-Block Test with Wood-Rotting Basidiomycetes, Helsinki-1970.
210. GOST 16712-71, Preservatives for Wood. Methods of Testing for Toxicity, Moskva-1971.
211. Berkel, A., Ağaç Malzeme Teknolojisi, Cilt II. Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği, İ.Ü.Orman Fak. Yayınları, Yayın No:183, İstanbul, 1972.
212. Henningsson, B., Methods for Determining Fungal Bio-deterioration in Wood and Wood Products, In: Biodeterioration Investigation Techniques (Ed.:Walters, A.H.), Applied Sci.Pub.Ltd., 278-294, London-1977.
213. Henningsson, B., Physiology of Fungi Attacking Birch and Aspen Pulpwood, Swedish Wood Pres. Ins.Report No:52, 1967.
214. Kaune, P., Bedingungen für das Prüfen mit Moderfäulepilzen in Vermiculit-Eingrabe-Verfahren, Material und Organismen, 5(1970) 95-112.
215. Kerner-Gang, W. ve Gersonde, M., Untersuchungen zur Prüfung mit Moderfäulepilzen in Vermiculite-Eingrabe Verfahren, Material u. Organismen, 7(1972) 241-256.
216. Zycha, H., Einwirkung einiger Moderfäulepilze auf Buchenholz, Holz Roh u. Werks., 22(1964) 37-41.
217. Hartley, C., Evaluation of Wood Decay in Experimental Work, USDA Forest Serv. Report No:2119, 1958.
218. Tang, J.L., Wood Properties Affected by Mold, Blue-Staining and Wood Destroying Fungi, Quarterly Jour. of Chinese Forestry, 16(1983) 421-425.

219. Tanalith-CBC Raporu, TDÇİ Genel Müdürlüğü, Karabük Demir ve Çelik Fabrikaları Müessesesi Müdürlüğü, Rapor No: 10/3,4, 1992.
220. Wolmanit-CB Raporu, TDÇİ Genel Müdürlüğü, Karabük Demir ve Çelik Fabrikaları Müessesesi Müdürlüğü, Rapor No: 7/3, 1991.
221. Nobles, M.K., Identification of Cultures of Wood-Inhabiting Hymenomyces, Canadian J. Bot., 43(1965) 1097-1139.
222. Rea, C., British Basidiomycetaceae, A Handbook of the larger British Fungi, A.R.Gantner Verlag, Reprint 1980.
- 223 König, E., Tierische und Pflanzliche Holzschädlinge, Holz-Zentralblatt Verlag, Berlin, 1957.
224. Turner, R.D., A Survey and Illustrated Catalogue of the Teredinidae, Museum of Comparative Zoology, Harvard Uni., 1966.
225. Turner, R.D., Identification of Marine Wood Boring Molluscs, Chap.I, In: Marine Borers, Fungi and Fouling Organisms of Wood(Eds.: Jones, E.B.G. ve Eltringham, S.K.), OECD Workshop, 17-64, 1971.
226. TS 2477, Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini, TSE Kasım 1976, Ankara.
227. Bozkurt, Y. ve Göker, Y., Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İÜOF. Yayınları, İ.Ü.Yayın No : 3445, O.F. Yayın No: 388, İstanbul, 1987.
228. TS 2474, Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini, TSE Kasım 1976, Ankara.
229. TS 2478, Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, TSE Kasım 1976, Ankara.
230. TS 2472, Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini, TSE Kasım 1976, Ankara
231. Kasa, H., İstatistik ve Kalite Kontrol Ders Notları (Basılmamış), KTÜ. Orman Fak., Trabzon.
232. Kalıpsız, A., İstatistik Yöntemler, İ.Ü.Orman Fak. Yayın No:2837/294, İstanbul, 1981.
233. Batu, F., Varyans Analizi, KTÜ. Orman Fak.Dergisi, 1, 2(1978) 234-254.



234. Viitanen, H. ve Ritschkoff, A.C., Brown Rot Decay In Wooden Constructions, Swedish Uni. of Agr.Sci.Dept. of Forest Products Report No:222, Uppsala,1991.
235. Toker, R., Batı Karadeniz Sarıçamının Teknik Vasıfları ve Kullanma Yerleri Hakkında Araştırmalar, OAE Yayınları, Teknik Bülten Seri No:10, Ankara, 1960.
236. Berkel, A., Uludağ Göknaarı (Abies bornmülleriana Mattfe.)' in Önemli Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Hakkında Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fak. Yayınları, Yayın No : 89, İstanbul, 1963.
237. Malkoçoğlu, A., Doğu Kayını (Fagus orientalis L.) Odununun Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi (Basılmamış), KTÜ.Fen Bil. Ens., 1994.
238. Bulatov, G.A., Response of the larvae of the Black Sea Teredo navalis L. to different water temperatures, Dokl.Akad.Nauk.SSSR, 32(1941) 191-292.
239. Erdoğmuş, E., Ahşap Malzemenin Korunması Üzerine Bazı Düşünceler, Ahşap Malzemenin Korunması, Milli Produktivite Merkezi Yayınları, Yayın No:338, 31-34, Ankara,1988.
240. TS 1350, Yuvarlak Odun ve Kerestelerin istiflenmesi Kuralları, TSE Ekim-1974, Ankara.

İNHAZASYON

### ÖZGEÇMİŞ

1963 yılında Mersin'de doğan Alaeddin BOBAT, Üniversite öğrenimine kadar olan eğitimini aynı ilde tamamladı. 1981 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünü kazandı. Bu bölümü 1985 yılında "Dönem Birincisi" olarak bitirdi. Ayrıca, öğrenimi süresince gösterdiği üstün başarı nedeniyle Üniversite Rektörlüğü tarafından "Onur Öğrencisi Belgesi" ile ödüllendirildi. 1985-1986 yılları arasında Orman Genel Müdürlüğü'nün çeşitli işletmelerinde geçici görev yaptı. 1986 yılı Şubat ayında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans programına başladı. Bu arada, aynı üniversitenin Orman Endüstri Mühendisliği Bölümüne bağlı Orman Biyolojisi ve Koruma Teknolojisi Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak atanmaya hak kazandı. 1988 yılında "Ips typographus (L.) ve Trypodendron lineatum (Oliv.)'a Karşı Bazı Feromon Denemeleri" adlı Yüksek Lisans teziyle Yüksek Mühendis ünvanını aldı. Aynı yıl askere giderek Aralık 1988'de askerlik hizmetini kısa dönem er olarak tamamladı. Askerlik sonrası KTÜ.Orman Endüstri Mühendisliği Bölümündeki görevine döndü ve öğrenimi boyunca yabancı dil olarak seçtiği Almanca yanında İngilizceyi öğrenmeye başladı. 1989 yılında YÖK'ün düzenlediği İngilizce Yaz Dönemi Kurslarının ileri düzey kurlarına devam etti ve 1990 yılında KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Programına kaydoldu. İngilizce ve Almanca bilen Alaeddin BOBAT, evli ve bir kız çocuk babasıdır. Halen KTÜ. Orman Fakültesindeki görevini sürdürmektedir.