

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MASİF ODUNDAN BOR BİLEŞİKLERİNİN YIKANMASINI ÖNLEMEDE YAĞLI
ISIL İŞLEMİN VE EMÜLSİYON TEKNİKLERİ İLE EMPRENYE İŞLEMİNİN
ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

Orman End. Yük. Müh. Eylem DİZMAN TOMAK

EYLÜL 2011

TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MASİF ODUNDAN BOR BİLEŞİKLERİNİN YIKANMASINI ÖNLEMEDE YAĞLI
ISIL İŞLEMİN VE EMÜLSİYON TEKNİKLERİ İLE EMPRENYE İŞLEMİNİN
ETKİSİ**

Orman End. Yük. Müh. Eylem DİZMAN TOMAK

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

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23.08.2011

Tezin Savunma Tarihi : 19.09.2011

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ümit Cafer YILDIZ

Trabzon 2011

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında
Eylem DİZMAN TOMAK Tarafından Hazırlanan

**MASİF ODUNDAN BOR BİLEŞİKLERİNİN YIKANMASINI ÖNLEMEDE YAĞLI
ISIL İŞLEMİN VE EMÜLSİYON TEKNİKLERİ İLE EMPRENYE İŞLEMİNİN
ETKİSİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 23 / 08 / 2011 gün ve 1419 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

DOKTORA TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Nurgün ERDİN

N. Erdin
.....
[Signature]
.....

Üye : Prof. Dr. Ümit Cafer YILDIZ

.....

Üye : Prof. Dr. Hüseyin KIRCI

[Signature]
.....

Üye : Doç. Dr. Sibel YILDIZ

[Signature]
.....

Üye : Doç. Dr. Ali TEMİZ

[Signature]
.....

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Masif Odundan Bor Bileşiklerinin Yıkanmasını Önlemede Yağlı Isıl İşlemin ve Emülsiyon Teknikleri ile Emprenye İşleminin Etkisi” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmasının her aşamasında karşılaşılan sorunların aşılmasında fikirlerinden yararlandığım, her konuda destek ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Ümit C. YILDIZ’a sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Çalışma sürecini sürekli olarak izleyen, değerli görüş ve katkılarını esirgemeyen sayın hocalarım Prof. Dr. Hüseyin KIRCI ve Doç. Dr. Ali TEMİZ’e teşekkür ederim. Çalışmanın Aalto Üniversitesi ile VTT Orman Ürünleri Laboratuvarında gerçekleştirilen kısımlarında oldukça önemli desteklerini gördüğüm Prof. Dr. Mark HUGHES, Dr. Hannu VIITANEN ve Araştırmacı Anti ROHUMAA’ya teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım sırasında değerli görüş ve önerileriyle çalışmamı yönlendiren, her zaman ilgi ve desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Hakkı YAVUZ, Prof. Dr. S. Nami KARTAL, Doç. Dr. Sibel YILDIZ, Doç. Dr. Ahmet BİLGİN ve Yrd. Doç. Dr. Engin D. GEZER’e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma boyunca tavsiyelerinden yararlandığım ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olduklarını hissettiğim sevgili Yrd. Doç. Dr. Derya USTAÖMER ve Arş. Gör. Elif TOPALOĞLU ile laboratuvar çalışmalarında ellerinden gelen yardımı esirgemeyen çok sevgili kardeşlerim başta Orman End. Yük. Müh. Ahmet CAN olmak üzere Orman End. Müh. Ceyhun KILIÇ ve Mehmet A. AYDIN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışması kapsamında her zaman yardım ve desteğini sakınmayan değerli arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. Emrah PEŞMAN, Yrd. Doç. Dr. Sevda BORAN, Dr. Evren E. KALYONCU, Arş. Gör. Ayfer D. ÇAVDAR, Arş. Gör. İbrahim YILDIRIM ve tüm mesai arkadaşlarıma çok teşekkür ederim. Ayrıca, çalışmalarım esnasında yardımlarını gördüğüm Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Atölyesi değerli çalışanlarına ve emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmanın hazırlanmasında 2006.113.002.2 kodlu Bilimsel Araştırma projesi ile maddi destek sağlayan KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri birimine de ayrıca teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren her anımda koşulsuz sevgi ve desteğini gösteren canım ailem ile müthiş sabrı, güveni ve sevgisiyle her daim yanımda olan çok değerli eşim Tezcan TOMAK’a sonsuz minnet duygularımı ifade etmek isterim.

Eylem DİZMAN TOMAK
Trabzon 2011

TEZ BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Masif Odundan Bor Bileşiklerinin Yıkanmasını Önlemede Yağlı Isıl İşlemin ve Emülsiyon Teknikleri ile Emprenye İşleminin Etkisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ümit Cafer YILDIZ'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 23/08/2011



Eylem DİZMAN TOMAK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	X
SUMMARY	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XVIII
KISALTMALAR DİZİNİ	XXIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Odunun Temel Yapısı.....	5
1.3. Borlu Bileşikler ve Odun Koruma Endüstrisindeki Yeri.....	6
1.3.1. Bor, Türkiye ve Dünyadaki Bor Madeninin Dağılım Alanları, Borlu Bileşikler ve Kullanım Alanları.....	6
1.3.2. Borlu Bileşiklerin Odun Koruma Endüstrisinde Kullanılabilirliği.....	10
1.3.3. Borun Odundan Yıkanmasını Azaltmak İçin Gerçekleştirilen Çalışmalar.....	16
1.3.3.1. Yüzey Muameleleri	18
1.3.3.2. Zarf Muameleler	19
1.3.3.3. Odun Genişletici Reçineler ve Su İticiler	20
1.3.3.4. Organik Bor Bileşikleri (Boronik ve Borinik Asitler).....	25
1.3.3.5. Odunda Organik Çözünabilir Tuzların Çökeltilmesi.....	27
1.3.3.6. Biyosit ve Biyosit Olmayan Kimyasalların Birlikte Kullanımı.....	27
1.3.3.7. İnorganik Metal-Bor Sistemleri	29
1.3.3.8. Amonyak ve Amin-Metal-Bor Sistemleri	30
1.3.3.9. Bor Esterleri ve Diğer Bileşikler	33
1.3.3.10. Protein Boratlar.....	34
1.3.3.11. Tanenli Kondenzasyon Sistemleri	37
1.3.3.12. Yerinde Polimerleşme	38
1.3.3.13. Bor-Silikat Bileşikleri.....	39
1.3.3.14. Isıl İşleme Birleşim.....	42
1.3.3.15. Bor Buharı ile Muameleler	42
1.3.3.16. Diğer Bileşimlerde Bor Kullanımı	43

1.4.	Odun Su İlişkileri ve Su Alımını Azaltmayı Sağlayan Yöntemler.....	45
1.4.1.	Odun Su İlişkileri ve Odunun Çalışması	45
1.4.2.	Odunun Su Alımını Azaltmayı Sağlayan Yöntemler	46
1.4.2.1.	Boyutsal Kararlılık Sağlayan Yöntemler.....	49
1.4.2.2.	Su İticilik Sağlayan Yöntemler.....	49
1.4.2.3.	Çevre Dostu, Biyolojik Olarak Bozunabilen Su İticiler	50
1.4.2.4.	Yağların Odun Koruma Endüstrisinde Kullanılabilirliği	54
1.4.2.5.	Yağların Odun Koruma Alanında Kullanılmasında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri.....	59
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	62
2.1.	Deneme Materyali	62
2.1.1.	Ağaç Malzeme	62
2.1.1.1.	Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	62
2.1.1.2.	Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i> L.).....	64
2.1.2.	Emprenye Maddeleri	66
2.1.2.1.	Borik Asit	66
2.1.2.2.	Boraks	66
2.1.2.3.	Tarımbor	67
2.1.2.4.	Bitkisel Yağlar	67
2.1.2.5.	Atık Yağ.....	68
2.1.2.6.	Kolliccoat-IR.....	69
2.1.2.7.	Sodyum Dodesil Sülfat (SDS).....	69
2.1.2.8.	Epoksi Reçine	70
2.2.	Araştırma Yöntemi	70
2.2.1.	Örnek Ağaçların Seçimi ve Deney Örneklerinin Hazırlanması	73
2.2.2.	Birinci Bölümde Yapılan Çalışmalar.....	75
2.2.2.1.	Borlu bileşikler ile Emprenye Yöntemi.....	75
2.2.2.2.	Yağlı Isıl İşlem Yöntemi	75
2.2.2.3.	Test Yöntemleri	76
2.2.2.3.1.	Örneklerin Denge Rutubet Miktarı ve Denge Rutubet Miktarındaki Yoğunlukları.....	76
2.2.2.3.2.	Su Alma Oranı, Su İtici Etkinlik ve Daralmayı Önleyici Etkinlik	77
2.2.2.3.3.	Liflere Paralel Basınç Direnci	78
2.2.2.3.4.	Renk Ölçümü.....	78
2.2.2.3.5.	Odun Örneklerindeki Bor Analizi	79

2.2.2.3.6.	Termogravimetrik Analiz (TGA)	79
2.2.2.3.7.	FTIR Analizi	80
2.2.2.3.8.	Mantar Çürüklük Testi	80
2.2.3.	İkinci Bölümde Yapılan Çalışmalar	81
2.2.3.1.	Yağ/Su ve Su/Yağ Emülsiyonlarının Hazırlanması ve Emprenye İşlemi	81
2.2.3.2.	Test Yöntemleri	83
2.2.4.	Üçüncü Bölümde Yapılan Çalışmalar	83
2.2.4.1.	Borik Asit Çözeltisi ile Emprenye İşlemi	83
2.2.4.2.	Enine Kesitlerin Epoksi Reçine ile Kapatılması ve Yağ ile Emprenye İşlemi	84
2.2.4.3.	Test Yöntemleri	84
2.2.4.3.1.	Denge Rutubet Miktarındaki Yoğunluk ve Denge Rutubet Miktarı	84
2.2.4.3.2.	Su Alma Oranı, Su İtici Etkinlik ve Daralmayı Önleyici Etkinlik	84
2.2.4.3.3.	Liflere Paralel Basınç Direnci	85
2.2.4.3.4.	Yıkanma Deneyi	85
2.2.4.3.5.	Odun Örneklerinde Bor Analizi	86
2.2.4.3.6.	Mantar Çürüklük Testi	86
2.3.	İstatistiksel Yöntemler	87
3.	BULGULAR	89
3.1.	Birinci Bölümde Yapılan Çalışmalara İlişkin Bulgular	89
3.1.1.	Denge Rutubet Miktarına İlişkin Bulgular	89
3.1.2.	Tam Kuru Hal ile Denge Rutubet Miktarındaki Yoğunluğa İlişkin Bulgular	93
3.1.3.	Su Alma Oranı, Su İtici Etkinlik ve Daralmayı Önleyici Etkinlik Değerlerine İlişkin Bulgular	95
3.1.4.	Liflere Paralel Basınç Direncine İlişkin Bulgular	117
3.1.5.	Renk Ölçümlerine İlişkin Bulgular	119
3.1.6.	Bor Analizine İlişkin Bulgular	120
3.1.7.	Termogravimetrik Analize İlişkin Bulgular	123
3.1.8.	FTIR Analizine İlişkin Bulgular	131
3.1.9.	Mantar Çürüklük Testlerine İlişkin Bulgular	135
3.2.	İkinci Bölümde Yapılan Çalışmalara İlişkin Bulgular	137
3.2.1.	Yağ/Su ve Su/Yağ Emülsiyonları ile Emprenye Edilen Örneklerin Absorpsiyon ve Retensiyon Değerlerine İlişkin Bulgular	137
3.2.2.	Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik Değerlerine İlişkin Bulgular	138
3.2.3.	Bor Analizine İlişkin Bulgular	139

3.3.	Üçüncü Bölümde Yapılan Çalışmalara İlişkin Bulgular	140
3.3.1.	Emprenye Edilen Örneklerin Ağırlık Artışı ve Retensiyon Değerlerine İlişkin Bulgular	140
3.3.2.	Denge Rutubet Miktarı, Tam Kuru ve Denge Rutubet Miktarındaki Yoğunluk Değerlerine İlişkin Bulgular	142
3.3.3.	Su Alma Oranı, Su İtici Etkinlik ve Daralmayı Önleyici Etkinlik Değerlerine İlişkin Bulgular	144
3.3.4.	Liflere Paralel Basınç Direnci Değerlerine İlişkin Bulgular.....	150
3.3.5.	Bor Analizine İlişkin Bulgular.....	151
3.3.6.	Mantar Çürüklük Testine İlişkin Bulgular.....	153
4.	İRDELEME	157
4.1.	Birinci Bölümde Yapılan Çalışmaların Etkinliği	157
4.1.1.	Emprenye İşlemlerinin Odunun Denge Rutubet Miktarına Etkisi	157
4.1.2.	Emprenye İşlemlerinin Odunun Tam Kuru Yoğunluk ve Denge Rutubet Miktarındaki Yoğunluk Değerleri Üzerine Etkisi	167
4.1.3.	Emprenye İşlemlerinin Odunun Su Alma Oranı, Su İtici Etkinlik ve Daralmayı Önleyici Etkinlik Değerleri Üzerine Etkisi.....	174
4.1.4.	Emprenye İşlemlerinin Odunun Liflere Paralel Basınç Direnci Üzerine Etkisi	185
4.1.5.	Emprenye İşlemlerinin Odunun Renk Ölçümleri Üzerine Etkisi	192
4.1.6.	Emprenye İşlemlerinin Odunda Kalan Bor Miktarı Üzerine Etkisi	196
4.1.7.	Emprenye İşlemlerinin Odunun Isıl Bozunması Üzerine Etkisi.....	208
4.1.8.	Emprenye İşlemlerinin Odunun Kimyasal Yapısı Üzerine Etkisi.....	212
4.1.9.	Emprenye İşlemlerinin Mantar Çürüklük Dayanımı Üzerine Etkisi	215
4.2.	İkinci Bölümde Yapılan Çalışmaların Etkinliği	224
4.2.1.	Odunun Yağ/Su ve Su/Yağ Emülsiyonları ile Emprenye İşleminde Elde Edilen Absorpsiyon ve Retensiyon Değerlerinin Değişimi.....	224
4.2.2.	Emülsiyon Sistemleri ile Emprenye İşlemlerinin Odunun Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik Değerleri Üzerine Etkisi.....	227
4.2.3.	Emülsiyon Sistemleri ile Emprenye İşlemlerinin Odunda Kalan BA Miktarı Üzerine Etkisi	231
4.3.	Üçüncü Bölümde Yapılan Çalışmaların Etkinliği	234
4.3.1.	Enine Kesiti Kapatılmış/Kapatılmamış Örneklerde Borik Asit ve Yağ ile Emprenye İşleminin Retensiyon Değerleri Üzerine Etkisi.....	234
4.3.2.	Enine Kesiti Kapatılmış/Kapatılmamış Örneklerde Borik Asit ve Yağ ile Emprenye İşleminin Odunun Denge Rutubet Miktarı ve Yoğunluk Değerleri Üzerine Etkisi	237

4.3.3.	Enine Kesiti Kapatılmış/Kapatılmamış Örneklerde Borik Asit ve Yağ ile Emprenye İşleminin Odunun Su Alma ve Su İtici Etkinlik ile Daralmayı Önleyici Etkinlik Değerleri Üzerine Etkisi.....	242
4.3.4.	Enine Kesiti Kapatılmış/Kapatılmamış Örneklerde Borik Asit ve Yağ ile Emprenye İşleminin Odunun Liflere Paralel Basınç Direnci Üzerine Etkisi.....	246
4.3.5.	Enine Kesiti Kapatılmış/Kapatılmamış Örneklerde Borik Asit ve Yağ ile Emprenye İşleminin Odunda Kalan BA Miktarı Üzerine Etkisi.....	249
4.3.6.	Enine Kesiti Kapatılmış/Kapatılmamış Örneklerde Borik Asit ve Yağ ile Emprenye İşleminin Mantar Çürüklük Dayanımı Üzerine Etkileri.....	253
5.	SONUÇLAR.....	260
5.1.	Birinci Bölümde Yapılan Çalışmalara Ait Sonuçlar	260
5.2.	İkinci Bölümde Yapılan Çalışmalara Ait Sonuçlar	265
5.3.	Üçüncü Bölümde Yapılan Çalışmalara Ait Sonuçlar	267
6.	ÖNERİLER.....	272
7.	KAYNAKLAR	276
8.	EKLER 1 Adet CD	

ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

ÖZET

MASİF ODUNDAN BOR BİLEŞİKLERİNİN YIKANMASINI ÖNLEMEDE YAĞLI ISIL İŞLEMİN VE EMÜLSİYON TEKNİKLERİ İLE EMPRENYE İŞLEMİNİN ETKİSİ

Eylem DİZMAN TOMAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ümit Cafer YILDIZ
2011, 308 Sayfa, 61 Sayfa Ek

Bu çalışmada, borlu bileşiklerin odundan yıkanmasının azaltılması için gerçekleştirilen bitkisel ve atık yağ emprenyesinin, bor yıkanması başta olmak üzere kayın ve sarıçam odununun bazı fiziksel, mekanik, biyolojik ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma üç kısımda incelenmiş olup, ilk bölümde sarıçam ve kayın odun örneklerinin borik asit, boraks ve tarımbor bileşikleriyle %1, %2 ve %5 konsantrasyonlarda emprenyesini takiben beş çeşit bitkisel yağ ve atık yağ ile gerçekleştirilen sıcak yağ işleminin bor yıkanması ve odun özelliklerine etkileri incelenmiştir. Araştırılan özellikler bakımından en iyi etkinlik borik asit ile atık ve ayçiçek yağı kullanımında elde edilmiştir. İkinci bölümde, sarıçam odununda %3 borik asit içeren 1/4 ve 2/3 oranlarında su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile gerçekleştirilen emprenye işleminin yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan bor miktarı ve odunun su alma oranı ile su itici etkinlik değerlerine etkileri araştırılmıştır. Yağ çeşidi olarak atık ve ayçiçek yağ kullanılmıştır. En etkili sonuçlara su/yağ emülsiyonları kullanımında ulaşılmıştır. Ayrıca, emülsiyon sistemlerinin kullanılması ile odundaki yağ retensiyon değerleri de azaltılarak, tek bir emprenye işlemiyle odunun borik asit ve yağ ile muamele edilmesi sağlanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise %0,5, %1, %1,5 ve %2 konsantrasyonlardaki borik asit emprenyesini takiben enine kesitleri kapatılan ve ardından atık ve ayçiçek yağ ile emprenye edilen sarıçam ve kayın odunu örneklerinin bazı fiziksel, mekanik ve biyolojik özellikleri incelenmiştir. Bor yıkanmasının geciktirilmesinde borik asit emprenyesinin ardından enine kesitleri kapatılarak gerçekleştirilen yağ emprenyesi oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Ayrıca, enine kesitlerin kapatılması ile yağ işlemi esnasında odundaki borik asidin, yağla yıkanması da yaklaşık %50 oranında azaltılmıştır. Bu örneklerin yıkanmış gruplarında mantar çürüklük testi sonrasında %3'den daha az bir ağırlık kaybı elde edilerek mantar çürüklüğüne karşı iyi bir biyolojik dayanım sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atık yağ, Biyolojik dayanım, Borlu bileşikler, Kayın, Yıkanma, Sarıçam.

PhD. Thesis

SUMMARY

THE EFFECT OF OIL HEAT TREATMENT AND EMULSION TECHNIQUES ON DECREASING THE LEACHABILITY OF BORON IN WOOD

Eylem DIZMAN TOMAK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industrial Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Umit Cafer YILDIZ
2011, 308 Pages, 61 Pages Appendix

The aim of this study was to determine the effects of combined boron compounds and oil treatments on boron leaching and, physical, mechanical, biological and chemical properties of beech and Scots pine specimens. The study was designed at three stages. At the first stage, wood specimens impregnated by using boric acid, borax and agricultural boron solutions having concentrations of 1%, 2%, and 5% was subsequently oil heat treated with five different vegetable oils and, used waste oil. The effect of treatments on boron leaching and, physical, mechanical, biological and chemical properties of beech and Scots pine specimens was determined. The most effective results obtained by combination of boric acid and, sunflower and used waste oil. At the second stage of the study, Scots pine wood specimens were treated with water in oil and oil in water emulsions with a ratio of 2/3 and 1/4 water/oil and oil/water having 3% boric acid. Waste and sunflower oil were used as oils. The most promising results were obtained with using water in oil emulsions on decreasing boron leaching from wood and improving water repellent efficiency. Furthermore, retention of oils in wood could be decreased with using emulsions and wood specimens can be impregnated with boric acid and oil with single treatment. At the last part of the study, Scots pine and beech specimens were impregnated with boric acid solutions having concentrations of 0.5%, 1%, 1.5% and 2%. The transversal section of boric acid treated specimens was covered with epoxy resin and then, oil treatment was performed with waste and sunflower oil. The effect of the treatments on boron leaching, physical, mechanical and biological properties of wood was investigated. Treatment with epoxy and oils also showed good results as keeping the boron inside wood after leaching test. Furthermore boron release from wood during the oil treatment was decreased to 50%. Treated specimens also demonstrated good biological resistance against to wood degradation fungi even after leaching test.

Key Words: Waste oil, Biological resistance, Boron compounds, Beech, Leaching, Scots Pine.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. 2010 yılı brüt bazda dünya bor üretiminin ülkeler bazında dağılımı (%).....	8
Şekil 2. Odundaki rutubet değişimi	45
Şekil 3. Odunun su alımını azaltan muamele yöntemlerinin hipotezi: Su iticilik sağlayan yöntemler (Tip 1), boyutsal kararlılık sağlayan yöntemler (Tip 2), su iticilik ve boyutsal kararlılık sağlayan yöntemler (Tip 3)	47
Şekil 4. Odun-su ilişkilerini azaltıcı yöntemlerin mekanizması	48
Şekil 5. Tez çalışmasında uygulanan laboratuvar iş akışı şeması.....	74
Şekil 6. Sadece atık yağ, su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen örneklerle ait görüntüler.....	83
Şekil 7. EN 113 mantar çürüklük testinin uygulanışı	87
Şekil 8. Borik asit ve atık yağ ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi	123
Şekil 9. Tarımbor ve atık yağ ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi	124
Şekil 10. Boraks ve atık yağ ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi	124
Şekil 11. Borik asit ve atık yağ ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi	125
Şekil 12. Tarımbor ve atık yağ ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi	125
Şekil 13. Boraks ve atık yağ ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi	126
Şekil 14. Borik asit ve ayçiçek yağ ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi.....	126
Şekil 15. Tarımbor ve ayçiçek yağ ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi.....	127
Şekil 16. Boraks ve ayçiçek yağ ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi	127
Şekil 17. Borik asit ve ayçiçek yağ ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi	128
Şekil 18. Tarımbor ve ayçiçek yağ ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi	128
Şekil 19. Boraks ve ayçiçek yağ ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi	129
Şekil 20. %5 BA ve bitkisel yağlar emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi	129

Şekil 21.	%5 BA ve bitkisel yağlar emprenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi	130
Şekil 22.	Atık yağ ve borlu bileşikler ile emprenye edilen sarıçam ve kayın odunu örneklerine ait FTIR spektrumu.....	132
Şekil 23.	Ayçiçek yağ ve borlu bileşikler ile emprenye edilen sarıçam ve kayın odunu örneklerine ait FTIR spektrumu.....	133
Şekil 24.	Yağlar ve %5 BA ile emprenye edilen sarıçam ve kayın odunu örneklerine ait FTIR spektrumu.....	134
Şekil 25.	Borlu bileşikler ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre retensiyon değerlerindeki değişimi	159
Şekil 26.	Borlu bileşikler ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre retensiyon değerlerindeki değişimi.....	160
Şekil 27.	Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM değişimi.....	162
Şekil 28.	Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM değişimi.....	163
Şekil 29.	Boraks ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM değişimi.....	163
Şekil 30.	Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM değişimi.....	165
Şekil 31.	Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM değişimi.....	166
Şekil 32.	Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM değişimi	166
Şekil 33.	Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM yoğunluk değişimi	170
Şekil 34.	Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM yoğunluk değişimi	170
Şekil 35.	Boraks ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM yoğunluk değişimi	171
Şekil 36.	Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM yoğunluk değişimi	172

Şekil 37.	Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM yoğunluk değişimi	173
Şekil 38.	Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM yoğunluk değişimi.....	173
Şekil 39.	Borlu bileşikler ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre retensiyon değerlerindeki değişimi	175
Şekil 40.	Borlu bileşikler ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre retensiyon değerlerindeki değişimi.....	176
Şekil 41.	Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre SAO ve SİE değerlerindeki (%) değişimi	177
Şekil 42.	Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre SAO ve SİE değerlerindeki (%) değişimi	178
Şekil 43.	Boraks ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre SAO ve SİE değerlerindeki (%) değişimi	178
Şekil 44.	Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre SAO ve SİE değerlerindeki (%) değişimi	181
Şekil 45.	Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre SAO ve SİE değerlerindeki (%) değişimi	182
Şekil 46.	Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre SAO ve SİE değerlerindeki (%) değişimi.....	182
Şekil 47.	BA ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen örneklere göre LPBD değerlerindeki değişimi	186
Şekil 48.	TB ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen örneklere göre LPBD değerlerindeki değişimi	187
Şekil 49.	BX ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen örneklere göre LPBD değerlerindeki değişimi	187
Şekil 50.	BA ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen örneklere göre LPBD değerlerindeki değişimi	190

Şekil 51.	TB ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen örneklere göre LPBD değerlerindeki değişimi	191
Şekil 52.	BX ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen örneklere göre LPBD değerlerindeki değişimi	191
Şekil 53.	Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağlar ile emprenye edilen örneklere göre renk değerlerindeki değişimi.....	192
Şekil 54.	Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağlar ile emprenye edilen örneklere göre renk değerlerindeki değişimi.....	193
Şekil 55.	Boraks ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağlar ile emprenye edilen örneklere göre renk değerlerindeki değişimi.....	193
Şekil 56.	Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağlar ile emprenye edilen örneklere göre renk değerlerindeki değişimi.....	194
Şekil 57.	Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağlar ile emprenye edilen örneklere göre renk değerlerindeki değişimi.....	195
Şekil 58.	Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağlar ile emprenye edilen örneklere göre renk değerlerindeki değişimi.....	195
Şekil 59.	BA ve yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerindeki BA retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan (%) BA miktarı	198
Şekil 60.	TB ve yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerindeki TB retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan (%) TB miktarı.....	198
Şekil 61.	BX ve yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerindeki BX retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan (%) BX miktarı	199
Şekil 62.	BA ve yağ ile emprenye edilen kayın örneklerindeki BA retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan (%) BA miktarı	200
Şekil 63.	TB ve yağ ile emprenye edilen kayın örneklerindeki TB retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan (%) TB miktarı.....	200
Şekil 64.	BX ve yağ ile emprenye edilen kayın örneklerindeki BX retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan (%) BX miktarı	201
Şekil 65.	Sarıçam odunu örneklerindeki BA retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ve nihai üründe kalan (%) BA miktarı	203

Şekil 66.	Sarıçam odunu örneklerindeki TB retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ve nihai üründe kalan (%) TB miktarı	203
Şekil 67.	Sarıçam odunu örneklerindeki BX retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ve nihai üründe kalan (%) BX miktarı	204
Şekil 68.	Kayın odunu örneklerindeki BA retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ve nihai üründe kalan (%) BA miktarı	204
Şekil 69.	Kayın odunu örneklerindeki TB retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ve nihai üründe kalan (%) TB miktarı	205
Şekil 70.	Kayın odunu örneklerindeki BX retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ve nihai üründe kalan (%) BX miktarı	205
Şekil 71.	%5 BA ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam ve kayın odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre retensiyon değerlerindeki değişimi	216
Şekil 72.	<i>C. puteana</i> mantarının saldırısına maruz bırakılan sarıçam odunu örneklerinde meydana gelen ağırlık kayıpları (%)	217
Şekil 73.	<i>C. versicolor</i> mantarının saldırısına maruz bırakılan kayın odunu örneklerinde meydana gelen ağırlık kayıpları (%)	218
Şekil 74.	Su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen örneklerin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre retensiyon ve absorpsiyon (kg/m ³) değerlerindeki değişimi	225
Şekil 75.	Su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen sarıçam örneklerinin su alma ve su itici etkinlik değerlerindeki değişim (%).....	228
Şekil 76.	Su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen sarıçam örneklerindeki retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı (%).....	231
Şekil 77.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış BA ön emprenyeli sarıçam ve kayın örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki retensiyon (kg/m ³) değerleri	236
Şekil 78.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış sarıçam örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki DRM (%) değerlerindeki değişim.....	237
Şekil 79.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış sarıçam örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki DRM yoğunluk (g/cm ³) değerlerindeki değişim.....	238
Şekil 80.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış kayın örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki DRM (%) değerlerindeki değişim.....	239
Şekil 81.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış kayın örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki DRM yoğunluk (g/cm ³) değerlerindeki değişim.....	240
Şekil 82.	Enine kesiti kapatılmamış borik asit ve yağ ile emprenye edilen sarıçam odununun su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerindeki değişim (%).....	244
Şekil 83.	Enine kesiti kapatılmış borik asit ve yağ ile emprenye edilen sarıçam odununun su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerindeki değişim (%).....	244

Şekil 84.	Enine kesiti kapatılmamış borik asit ve yağ ile emprenye edilen kayın odununun su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerindeki değişim (%)	245
Şekil 85.	Enine kesiti kapatılmış borik asit ve yağ ile emprenye edilen kayın odununun su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerindeki değişim (%)	245
Şekil 86.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış sarıçam örneklerinin BA + yağ ile emprenyesi sonrasındaki LPBD değerlerindeki (N/mm ²) değişimi	247
Şekil 87.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış kayın örneklerinin BA + yağ ile emprenyesi sonrasındaki LPBD değerlerindeki (N/mm ²) değişim	247
Şekil 88.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli sarıçam örneklerinde yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı (%) değişimi	250
Şekil 89.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli kayın örneklerinde yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı (%) değişimi	251
Şekil 90.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli sarıçam örneklerinde başlangıç BA miktarına göre yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı (%) değişimi	251
Şekil 91.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli kayın örneklerinde başlangıç BA miktarına göre yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı (%) değişimi	253
Şekil 92.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış sarıçam ve kayın örneklerinin retensiyon değerlerindeki değişimler	254
Şekil 93.	Enine kesiti kapatılmış ve kapatılmamış sarıçam odunu örneklerine ait ağırlık kaybı değerlerindeki (%) değişim	256
Şekil 94.	Enine kesiti kapatılmış ve kapatılmamış kayın odunu örneklerine ait ağırlık kaybı değerlerindeki (%) değişim	257

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Ticari öneme sahip bor mineralleri.....	7
Tablo 2. 2010 yılına göre dünya bor rezervleri.....	7
Tablo 3. Eti Maden verilerine göre mineral bazında rezerv miktarları.....	9
Tablo 4. Ticari önemi olan bor mineralleri ve bileşiklerinin önemli kullanım alanları	10
Tablo 5. Odun tahripçisi organizmalara karşı odunda bulunması gereken min. BAE miktarı (kg/m^3).....	12
Tablo 6. Borlu bileşiklerin masif odun, levha ürünleri ve kâğıtçılıkta kullanımları.....	15
Tablo 7. Borlu bileşiklerin odundan yıkanmasının azaltılmasına yönelik geliştirilen stratejiler	17
Tablo 8. Ekonomik önemi olan bazı bitkisel yağların dünya çapında üretim miktarları (Milyon ton).....	52
Tablo 9. Bitkisel yağların bileşimleri ve fiziksel özellikleri.....	68
Tablo 10. Atık yağın bileşimleri ve fiziksel özellikleri	69
Tablo 11. Birinci bölümde yapılan çalışmaların deneme deseni	71
Tablo 12. İkinci bölümde yapılan çalışmaların deneme deseni	72
Tablo 13. Üçüncü bölümde yapılan çalışmaların deneme deseni.....	73
Tablo 14. Sarıçam test örneklerinin ortalama ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyon değerleri ($R, \text{kg/m}^3$)	90
Tablo 15. Kayın test örneklerinin ortalama ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyon değerleri ($R, \text{kg/m}^3$)	91
Tablo 16. Sarıçam ve kayın odunu test ile kontrol örneklerine ait DRM (%) değerleri.....	92
Tablo 17. Sarıçam test ve kontrol örneklerinin tam kuru haldeki yoğunluk ($\delta_0, \text{g/cm}^3$) ile denge rutubet miktarındaki yoğunluk ($\delta_{\text{drm}}, \text{g/cm}^3$) değerleri.....	93
Tablo 18. Kayın test ve kontrol örneklerinin tam kuru haldeki yoğunluk ($\delta_0, \text{g/cm}^3$) ile denge rutubet miktarındaki yoğunluk ($\delta_{\text{drm}}, \text{g/cm}^3$) değerleri.....	94
Tablo 19. Sarıçam test örneklerine ait ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyon değerleri ($R, \text{kg/m}^3$)	96
Tablo 20. Kayın test örneklerine ait ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyon değerleri ($R, \text{kg/m}^3$)	97
Tablo 21. %1 Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	98

Tablo 22.	%2 Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	99
Tablo 23.	%5 Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	100
Tablo 24.	%1 Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	101
Tablo 25.	%2 Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	102
Tablo 26.	%5 Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	103
Tablo 27.	%1 Boraks ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	104
Tablo 28.	%2 Boraks ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	105
Tablo 29.	%5 Boraks ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	106
Tablo 30.	Sadece yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	107
Tablo 31.	%1 Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	108
Tablo 32.	%2 Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	109
Tablo 33.	%5 Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	110
Tablo 34.	%1 Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	111
Tablo 35.	%2 Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	112

Tablo 36.	%5 Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	113
Tablo 37.	%1 Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	114
Tablo 38.	%2 Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	115
Tablo 39.	%5 Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	116
Tablo 40.	Sadece yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%).....	117
Tablo 41.	Sarıçam örneklerine ait ortalama liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm ²).....	118
Tablo 42.	Kayın örneklerine ait ortalama liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm ²).....	118
Tablo 43.	Borlu bileşikler ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam örneklerine ait toplam renk değişimi (ΔE^*) değerleri.....	119
Tablo 44.	Borlu bileşikler ve yağlar ile emprenye edilen kayın örneklerine ait toplam renk değişimi (ΔE^*) değerleri.....	120
Tablo 45.	Yıkanmış ve yıkanmamış sarıçam örneklerinde bulunan borlu bileşiklerin retensiyon (BAE, kg/m ³) değerleri.....	121
Tablo 46.	Yıkanmış ve yıkanmamış kayın örneklerinde bulunan borlu bileşiklerin retensiyon (BAE, kg/m ³) değerleri.....	121
Tablo 47.	Borlu bileşik ve yağ ile emprenye edilen sarıçam ve kayın örneklerinde yıkanma deneyi sonrasında başlangıç miktarına göre kalan (%) borlu bileşik miktarları.....	122
Tablo 48.	Sarıçam ve kayın odunu örnekleri için nihai üründe kalan (%) borlu bileşik miktarları.....	122
Tablo 49.	Atık ve ayçiçek yağları ile emprenye edilen varyasyonlara ait örneklerin 800°C sonrasında kalan ağırlık miktarları (%).....	130
Tablo 50.	%5 BA ve yağlar ile emprenye edilen varyasyonlara ait örneklerin 800°C sonrasında kalan ağırlık miktarları (%).....	131
Tablo 51.	Sarıçam ve kayın test örneklerine ait ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyon değerleri (R, kg/m ³).....	135
Tablo 52.	<i>C. puteana</i> ve <i>C. versicolor</i> saldırısına maruz bırakılan sarıçam ve kayın örneklerinde meydana gelen ağırlık kayıpları (%) ve dayanıklılık sınıfları.....	136

Tablo 53.	Yağ/su ve su/yağ emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerine ait retensiyon (R , kg/m^3) ve absorpsiyon değerleri (A , kg/m^3)	137
Tablo 54.	Emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı değerleri (%)	138
Tablo 55.	Emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su itici etkinlik değerleri (%)	139
Tablo 56.	Yağ/su ve su/yağ emülsiyonları ile emprenye edilen sarıçam örneklerindeki retensiyon değerleri (BAE , kg/m^3) ve yıkanma deneyi sonrasında kalan (%) BA miktarı değerleri	140
Tablo 57.	Enine kesiti kapatılmış ve kapatılmamış sarıçam örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki retensiyon (R , kg/m^3) ve ağırlık artışı değerleri (AAD , %).....	141
Tablo 58.	Enine kesiti kapatılmış ve kapatılmamış kayın örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki retensiyon (R , kg/m^3) ve ağırlık artışı değerleri (AAD , %).....	142
Tablo 59.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli sarıçam örneklerine ait denge rutubet miktarı (DRM , %), tam kuru (δ_0 , g/cm^3) ve denge rutubet miktarındaki yoğunluk (δ_{dmm} , g/cm^3) değerleri	143
Tablo 60.	Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli kayın örneklerine ait denge rutubet miktarı (DRM , %), tam kuru (δ_0 , g/cm^3) ve denge rutubet miktarındaki yoğunluk (δ_{dmm} , g/cm^3) değerleri	144
Tablo 61.	Enine kesiti kapatılmamış emprenyeli sarıçam örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı değerleri (%)	145
Tablo 62.	Enine kesiti kapatılmamış emprenyeli sarıçam örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su itici etkinlik değerleri (%).....	145
Tablo 63.	Enine kesiti kapatılmış emprenyeli sarıçam örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı değerleri (%)	146
Tablo 64.	Enine kesiti kapatılmış emprenyeli sarıçam örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su itici etkinlik değerleri (%).....	147
Tablo 65.	Enine kesiti kapatılmamış emprenyeli kayın örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı değerleri (%)	147
Tablo 66.	Enine kesiti kapatılmamış emprenyeli kayın örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su itici etkinlik değerleri (%).....	148
Tablo 67.	Enine kesiti kapatılmış emprenyeli kayın örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı değerleri (%)	149
Tablo 68.	Enine kesiti kapatılmış emprenyeli kayın örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su itici etkinlik değerleri (%).....	150
Tablo 69.	Enine kesiti kapatılmış ve kapatılmamış emprenyeli sarıçam ve kayın örneklerine ait ortalama liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm^2).....	151

Tablo 70. Yıkanmış ve yıkanmamış sarıçam ve kayın örneklerinde bulunan BA retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³) ve yıkanma deneyi sonrasında örneklerde kalan BA miktarı değerleri (%)	152
Tablo 71. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli sarıçam ve kayın örneklerinde başlangıç BA miktarına göre yıkanma testi sonrasında kalan BA miktarı değerleri (%)	152
Tablo 72. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış sarıçam örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki retensiyon (R, kg/m ³) ve ağırlık artışı değerleri (AAD, %).....	153
Tablo 73. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış kayın örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki retensiyon (R, kg/m ³) ve ağırlık artışı değerleri (AAD, %).....	154
Tablo 74. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli sarıçam örneklerinin mantar çürüklük testi sonrasındaki ağırlık kaybı (AK, %) değerleri ile dayanıklılık sınıfları.....	155
Tablo 75. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli kayın örneklerinin mantar çürüklük testi sonrasındaki ağırlık kaybı (AK, %) değerleri ile dayanıklılık sınıfları.....	156
Tablo 76. IR spektrumların absorpsiyon pikleri ve fonksiyonları	213

KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Absorpsiyon Miktarı (kg/m ³)
AD	: Az Dayanıklı
AK	: Ağırlık Kayıpları (%)
AAD	: Ağırlık Artışı Değerleri (%)
BA	: Borik Asit
BAE	: Borik Asit Eşdeğeri
Borlu bileşik + Yağ:	Borlu Bileşiklerin Ardından Yağ ile Emprenye İşlemi
BVA	: Basit Varyans Analizi
BX	: Boraks (Sodyum Borat)
ÇD	: Çok dayanıklı
ÇVA	: Çoğul Varyans Analizi
D	: Dayanıklı
D.sız	: Dayanıksız
DÖE	: Daralmayı Önleyici Etkinlik (%)
DRM	: Denge Rutubet Miktarı (%)
EK	: Enine Kesit
EKK	: Enine Kesitlerin Epoksi Reçine ile Kapatılması
EKKY	: Enine Kesitleri Epoksi Reçine ile Kapatılmamış
HG	: Homojenlik Grupları
HLB	: Hidrofilik-Lipofilik Denge
K.D.	: Kısmen Dayanıklı
KA	: Kayın Odunu Örnekleri
KC	: Kollicoat-IR
L	: Yıkanmış Örnekler
LDN	: Lif Doygunluk Noktası (%)
LPBD	: Liflere Paralel Basınç Direnci (N/mm ²)
Ö. Der.	: Önem Derecesi
PBA	: Fenilboronik Asit
R	: Retensiyon Miktarı (kg/m ³)
SAO	: Su Alma Oranı (%)

SC	: Sarıçam Odunu Örnekleri
SDS	: Sodyum Dodesil Sülfat
SiE	: Su İtici Etkinlik (%)
Su/Yağ (S/Y)	: Yağ İçinde Su Emülsiyonu
TB	: Tarımbor Bileşiğı
TMB	: Trimetilborat
UL	: Yıkanmamış Örnekler
Yağ/Su (Y/S)	: Su İçinde Yağ Emülsiyonu
YAM	: Yüzey Aktif Maddesi
δ_0	: Tam Kuru Yoğunluk Değerleri (g/cm^3)
δ_{drm}	: DRM Değerindeki Yoğunluk Değerleri (g/cm^3)
ΔE^*	: Toplam Renk Değişimi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Doğal bir biyolojik polimer olan ağaç malzemenin, ağırlığına oranla yüksek dirence sahip olması; ısı, elektrik ve ses yalıtımına olanak sağlaması; yanma olayında örneğin çeliğe göre sergilediği üstünlük; estetik ve görünüm özelliklerinin tercih edilmesi; kolay işlenmesi; işlenme maliyetinin kendisine alternatif maddelerden daha az olması gibi olumlu özellikleri bulunmaktadır. Bunun yanı sıra; mantarlar, böcekler ve oyucu deniz organizmaları gibi biyolojik karakterli zararlılar ile rutubet, dış hava koşulları, kuvvetli asit ve bazlar gibi abiyotik zararlılara karşı dirençli bir yapısının olmaması nedeniyle emprenye edilerek kullanılması gerekmektedir. Ağaç malzeme kullanım yerine uygun emprenye maddeleri ile emprenye edilmesi durumunda, yıllarca herhangi bir tahribat olmaksızın su basma seviyesinin üstündeki ve altındaki kullanım yerlerinde değerlendirilebilmektedir (Bozkurt vd., 1993; Yıldız, 2005). Klasik odun koruma kavramı, uygun besin ortamını ortadan kaldırmak için biyositler (kreozot, arsenik, çinko, bakır, krom vb. zehirli maddeler) ile odunun emprenye edilmesi esasına dayanmaktadır. Odunun bozunmasının önlenmesi, mikroorganizmaların gelişimi ve büyümesi için gerekli olan sıcaklık, oksijen, rutubet, uygun besin ortamı ve vitamin ya da mineraller gibi temel fizyolojik ihtiyaçların engellenmesi teorisine dayanmaktadır (Koski, 2008).

Odun koruma endüstrisinde, yirminci yüzyılın başından itibaren günümüze doğru gelişen süreçte asıl değişim odun koruma yöntemlerinden çok, odun koruma maddelerinde meydana gelmiştir. Kreozot ve CCA (bakır/krom/arsenik) dünya çapında en çok kullanılan emprenye maddelerinin; boş ve dolu hücre yöntemi ise en yaygın olarak kullanılan emprenye yöntemlerinin başında gelmektedir (Yıldız, 2005). Ancak, bileşiminde arsenik, krom gibi zehirli biyositler bulunduran emprenye maddelerinin odun koruma amaçlı kullanımı haricinde, kullanım ömrünü tamamlayıp atıl hale geldiklerinde ortaya çıkan atık sorunu da artan çevresel baskılara yol açmaktadır (Gezer, 2003; Humar vd., 2005). 31 Aralık 2003 tarihinden itibaren Amerika'daki Çevre Koruma Örgütü (EPA) ve Kanada'daki Atık Yönetimi ve Düzenleme Kurumu (PMRA) tarafından arsenik içeren CCA'nın odun koruma endüstrisindeki kullanımı ve atıl hale gelen CCA'lı malzemenin yeniden değerlendirilmesi sınırlandırılmıştır. Bu karar Avrupa Birliği Ülkeleri ve Batı

Avrupa Odun Koruma Enstitüsü (WEI-IEO) tarafından da kabul edilmiştir (Gezer, 2003; EPA, 2010). Zehirli emprenye maddelerinin kullanımına ilişkin son zamanlardaki baskı ve yasaklar, odun koruma endüstrisini alkalın bakır kuerternar amonyum bileşikleri (ACQ), bakır azol (CBA-A, CA-B) ve bakır-HDO gibi organik ya da inorganik bileşimlere dayalı odun koruyucu maddeleri kullanmaya ve geliştirmeye zorunlu kılmıştır. Dayanıklılığı sağlayan emprenye sistemleri hem üretimde hem de kullanımda sürdürülebilir olmalıdır. Ayrıca, kullanım ömrünü tamamlayan emprenyeli malzemelerin içeriğindeki kimyasallar herhangi bir probleme yol açmadan enerji üretimi için yakılarak bertaraf edilebilir olmalı ya da kompozit malzemelere dönüşüm için ikinci bir lif kaynağı olarak değerlendirilebilir olmalıdır (Koski, 2008). Çevre dostu emprenye maddeleri olarak bilinen borlu bileşiklerin kullanımı, bu açıdan önemli bir yer teşkil etmekte ve önemi günden güne artmaktadır (Ahmed, 2000).

Bor bileşiklerinin uygulamaları sadece ahşap koruyucu kimyasal madde bileşimlerinde olmayıp, cam sanayi, temizlik-ağartma, tarımsal ve metalurjik uygulamalarda da geniş bir yer teşkil etmektedir (URL-1, 2010). Bor doğada elementel formda olmayıp, kalsiyum ve sodyum borat ve borik asit gibi oksijen içeren bileşikler haline bulunmaktadır (Kartal ve Imamura, 2004a). Dünyadaki önemli bor yatakları Türkiye, Rusya ve ABD’ de olup, Türkiye dünya bor rezervinin %72’sine sahiptir. Bugünkü tüketim değerleri dikkate alındığında, dünyada çok uzun yıllar bor cevheri sıkıntısı yaşanmayacağı öngörülmektedir (URL-2, 2011). Bu da inorganik borlu bileşiklerin ve geliştirilmesi mümkün olabilecek organik borlu bileşiklerin sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından ayrıca önem arz etmektedir.

Bor bileşikleri ağaç malzemeyi tahrip eden böcek ve mantarlara karşı hem fungusit hem de insektisit özelliği gösteren ender emprenye maddelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Ayrıca renksiz, kokusuz olması, odun içine kolayca penetre olması, yanmayı geciktirici etkinlik sağlaması, diğer emprenye maddelerine kıyasla ucuz olması, odunda önemli direnç kayıplarına yol açmaması ve korozif etki göstermemesi nedeniyle odun koruma endüstrisindeki kimyasal madde bileşimlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Gezer, 1996; Yalınkılıç, 2000). Borlu bileşikler ağaç malzemeye vakum-basınç, batırma-daldırma, yüzeye sürme yöntemleriyle ve katı peletler şeklinde uygulanabilmektedir (Kartal ve Imamura, 2004a). Ancak, borlu bileşiklerin sudaki çözünürlüğünün yüksek olması ve odun içine fikse olamaması gibi önemli bir dezavantajı vardır. Bu durum borlu bileşikler ile emprenyeli ağaç malzemenin tehlike sınıfı 2 olarak ifade edilen yağmur suyu

almayan toprak üstü kullanım yerlerinde değerlendirilmesine izin vermektedir (Drysdale, 1994; Mohareb, 2005). Son 50 yılı aşkın bir süredir borlu bileşiklerin odundan ya da odun esaslı kompozitlerden yıkanmasının geciktirilmesi ya da engellenmesi ve borun potansiyel kullanımının artırılmasını konu alan birçok çalışma yapılmıştır. Bu sorunu bertaraf etmeyi amaçlayan çalışmalar Lloyd vd. (2001) ve Obanda vd. (2008) tarafından ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Genel olarak gerçekleştirilen işlemler; borun odun içinde fiksasyonunun sağlanması, tamamen yıkanmaz bor bileşiklerinin sentezlenmesi ve borun odundan kontrollü bir şekilde ayrılmasının sağlanması, böylece yıkanma süresini uzatarak dayanımın sağlanması fikrine dayanmaktadır (Yalınkılıç, 2000). İlk çalışmalar borlu bileşiklerin odundaki fiksasyonunun sağlanmasını konu almıştır. Bu sistemde yıkanma engellenmiş ancak mantara karşı etkinlik kaybolmuştur. Borlu bileşiklerin etkinliklerinin tetrahidroksiborat iyonundan $[B(OH)_4^-]$ kaynaklandığı düşünülmektedir. İyon polyoller ile kompleks oluşturmakta ve mantar enzimlerini bu şekilde engellemektedir. Borun bileşik oluşturması ya da hareket etmesi engellenirse biyolojik etkinliği kaybolmaktadır (Lloyd vd., 1990; Lloyd, 1998; Obanda vd., 2008). Geliştirilen diğer bir yöntem ise yıkanmaya karşı dirençli organik bor bileşiklerinin sentezi ve kullanımınıdır. Bu amaçla bor esterleri (Romero vd., 1995; Mohareb, 2005) ve boronik asitler, özellikle fenilboronik asit (Yalınkılıç, 2000) kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak organik bor bileşikleri borik asit ve boraksa göre yüksek maliyetlidir (Kartal ve Imamura, 2004a). Fenilboronik asidin, borik asit ve borakstan 10-25 kez daha pahalı olduğu belirtilmiştir (Yalınkılıç, 2000). Daha sonraki araştırmalar biyolojik etkinliğin kaybolmaması için borun odunda proteinler yardımıyla kısmi fiksasyonunu konu almıştır (Thevenon vd., 1997; 1998a, b; 1999). Reçine, vaks ya da yüzey kaplayıcılar ile çapraz bağlayıcı ajanlar borun odundan yıkanmasını azaltabilir. Ancak dış hava koşullarına bırakılan odunda, bor yıkanması zaman içinde devam edebilmektedir. Özellikle yüzey kaplayıcı kullanılması durumunda kaplamada meydana gelen çatlaklar ya da bozunmalar borun yıkanmasını hızlandırmaktadır, bu tip kullanımlarda yerinde bakım işlemlerinin düzenli olarak tekrarlanması gerekmektedir (Peylo ve Willeitner, 1995a, b; Murphy vd., 1995; Homan ve Militz, 1995; Yalınkılıç, 2000; Baysal vd., 2006a). Borun yıkanmasının engellenmesi ya da geciktirilmesi konusunda ülkemizde ve dünyada yapılan birçok araştırmaya göre halen yapılabilirliği olan bir çözüm bulunamamıştır.

Odun hidrofobik maddeler (emülsiyon ya da sıvı su itici madde) ile emprenye edilerek, bor yıkanması azaltılabilir çünkü böyle bir sistemde odunun su alımı ve borun

odun içinde hareketliliğini (mobilité) sağlayan boşluklar azaltılmaktadır (Yu ve Cao, 2009). Bu açıdan bakıldığında bitkisel yağlar odun hücrelerinde hidrofobik bir tabaka oluşturması ve su alımını azaltması nedeniyle odun koruma amaçlı bir emprenye maddesi olarak değerlendirilebilmektedir. Palm, soya, kanola, ayçiçek ve hindistan cevizi yağı gibi bitkisel yağlar bileşimlerinde zehirli bir kimyasal madde bulundurmamakta ve dünya çapında geniş miktarlarda üretilebilmekte ve kısmen ucuz olabilmektedir. Ayrıca doymamış yağlar atmosferik oksijen altında okside olabilmekte ve odun yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturabilmektedir (Hyvönen vd., 2007a; Temiz vd., 2008a). Ancak, bazı durumlarda, odunda mekanik bir bariyer oluşturan bitkisel yağ muamelesi mantar çürüklüğüne, termit saldırılarına (Lyon vd., 2007a; Temiz vd., 2008b) ve yanmaya karşı (Podgorski vd., 2008) tam anlamıyla bir koruma sağlayamamaktadır. Borlu bileşikler ve bitkisel yağların birleşimi ile çürüklüğe ve yanmaya karşı dayanım artırılabilir; dahası bitkisel yağlar odunun su alımını azaltarak borun odun içinde kalmasını ve böylece yıkanmanın azalmasını sağlayabilir. Bu yaklaşımın potansiyel sinerjik etkileri borik asit ve tall yağı türevleri, bezir yağı, soya yağı ve kanola yağı ile gerçekleştirilen çalışmalarda rapor edilmiştir (Lyon vd., 2007a, b; Temiz vd., 2006a, 2008b; Podgorski vd., 2008).

Bu çalışmada borlu bileşiklerin odundan yıkanmasının azaltılması/geciktirilmesi amacıyla en basit yöntem olarak ithaf edilen su itici maddeler ya da yüzey kaplayıcı maddeler ile odun muameleleri incelenmiştir. Su itici maddeler olarak herhangi bir zehirli bileşen içermeyen bitkisel yağlar seçilmiştir. Üç ayrı bölümde incelenen tez çalışmasının amaçları özetle şöyle ifade edilebilir:

1. Önce borlu bileşikler ardından bitkisel yağlar ile emprenye edilen odun örneklerinden borlu bileşiklerin yıkanmasının geciktirilmesinde etkili olan en optimum faktörlerin belirlenmesi:

- Fiziksel, mekanik, biyolojik ve kimyasal başarımların testlerince en etkili yağ çeşidinin belirlenmesi,
- Fiziksel, mekanik, biyolojik ve kimyasal başarımların testlerince en etkili bor bileşiğinin belirlenmesi,

2. Su/yağ ve yağ/su emülsiyonları hazırlanarak, borik asidin odundan yıkanmasının geciktirilmesinde etkili olan en optimum faktörlerin belirlenmesi ve birinci kısımda karşılaşılan aşağıdaki sorunlara yönelik alternatif çözümlerin geliştirilmesi:

- Su alma testleri ve bor analizleriyle, en iyi emülsiyon tipinin belirlenmesi,

- Yüksek yağ retensiyonu ve yağ ile ikinci emprenye işleminde odundaki borik asidin yağ içinde yıkanması sorununa bir çözüm aranması ve iki aşamalı emprenye işleminin tek bir işlemle gerçekleştirilebilirliğinin belirlenmesi,

3. Örneklerin farklı konsantrasyonlardaki borik asit emprenyesini takiben enine kesiti kapatılarak gerçekleştirilen yağlı emprenye işleminin borik asidin odundan yıkanmasının geciktirilmesine olan etkilerinin incelenmesi:

- Epoksi reçine ile enine kesitin kapatılması ve ardından yağ ile gerçekleştirilen ikinci bir emprenye işleminin odunda kalan bor miktarına etkileri,
- Emprenye edilen sarıçam ve kayın odununun denge rutubet miktarı, yoğunluk, liflere paralel basınç direnci, su alma ve su itici etkinlik değerlerinin belirlenmesi,
- Yıkanmış ve yıkanmamış örneklerin mantar çürüklük dayanımının belirlenmesi.

1.2. Odunun Temel Yapısı

Odun bileşenlerinin oranı, ağaç türüne, yaşına ve çevresel şartlara göre değişiklik göstermekle birlikte, temel olarak %40-50 oranında selüloz, %20-35 oranında lignin, %15-35 oranında hemiselüloz gibi organik bileşiklerden ve %5-20 oranında organik ekstraktiflerden oluşmaktadır. Selüloz hücre çeperinin asıl iskeletini, hemiselüloz, lignin ve pektin bu iskeleti çevreleyen ve boşlukları dolduran ara maddeyi meydana getirir (Bozkurt vd., 1993; Ahmed, 2000). Selüloz, odunun fiziksel ve direnç özelliklerini etkilemektedir (Bozkurt ve Göker, 1996; Bozkurt ve Erdin, 2000). Ayrıca 1,4 β -glukozidik şeker bağları ile bağlanmış olan odun selülozu termitler ve diğer odun tahripçisi organizmalar için temel enerji kaynaklarından birisidir (Ahmed, 2000). Odunda selüloz değişik uzunlukta moleküller halinde bulunmaktadır ve ortalama polimerizasyon derecesi yaklaşık olarak 10.000'dir (Bozkurt ve Göker, 1996). Kristal ve amorf olmak üzere ard arda dizilen iki farklı yapı gösteren bölgeden selüloz molekülleri birbirlerine güçlü hidrojen bağları ile bağlanır (Nupponen, 2005).

Hemiselülozlar selüloz mikrofibrilleri arasında yer almakta olup 150-200 gibi daha düşük polimerizasyon derecesine sahiptirler. Molekül zinciri β -D-mannopiranoz ve β -D-glukopiranoz birimlerinden oluşmaktadır (Nupponen, 2005).

Lignin çok karmaşık yapıda fenilpropan birimlerinden oluşan üç boyutlu bir polimerdir. Fenilpropan birimleri birbirlerine eter ve C-C bağları ile bağlıdır (Nupponen, 2005). Lignin miktarı hücre çeperleri arasındaki orta lamelde en yüksektir. Buna karşılık

selüloz miktarı sekonder çeperde yüksektir (Bozkurt ve Göker, 1996). Ultraviyole (UV) bozunması, karakteristik renk değişikliklerinden sorumlu olan lignin yapısından kaynaklanır (Temiz, 2005). Hücre çeperinde lignin hücreye sertlik verme, basınç direncini artırma ve hidrofobik özellik kazandırma konularında etkin rol oynamaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Odundaki yabancı ekstraktif maddeler odunun yapısal bir bileşeni değildir ve heksan, aseton ve dietiler gibi organik çözücüler ile uzaklaştırılabilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1996; Nupponen, 2005). Bunlar genellikle terpenler, reçineler, polifenoller, şekerler, yağ asitleri ve tanenlerdir. Bu maddeler çoğunlukla öz odunda toplanmıştır ve odunun renk, koku, geçirgenlik, dayanıklılık ve yoğunluğunu etkileyerek ona bazı özellikler kazandırmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1996).

1.3. Borlu Bileşikler ve Odun Koruma Endüstrisindeki Yeri

1.3.1. Bor, Türkiye ve Dünyadaki Bor Madeninin Dağılım Alanları, Borlu Bileşikler ve Kullanım Alanları

Bor, periyodik tabloda B simgesiyle gösterilen; atom numarası 5; atom ağırlığı 10,81; yoğunluğu 2,84 g/cm³; ergime noktası 2300°C ve kaynama noktası 2550°C olan; metalle ametal arası yarı iletken özelliklere sahip bir elementtir (Bayar, 2010; Can, 2011). Bor tabiatta serbest olarak bulunmaz, ancak doğada değişik oranlarda bor oksit (B₂O₃) ile 150'den fazla mineralin yapısı içinde yer almaktadır. Ayrıca, ekonomik anlamda bor mineralleri kalsiyum, sodyum ve magnezyum elementleri ile hidrat bileşikler halinde teşekkül etmiş olarak bulunur (URL-3, 2010). Bor minerallerinden ticari değere sahip olanlar Tablo 1'de gösterilmektedir (URL-1, 2010).

Tablo 1. Ticari öneme sahip bor mineralleri

Yapı	Mineral adı	Kimyasal formül	B ₂ O ₃ içeriği (%)
Sodyum borat	Tinkal	Na ₂ B ₄ O ₇ .10 H ₂ O	36,5
	Tinkalkonit	Na ₂ B ₄ O ₇ .4 H ₂ O	48,8
	Kernit	Na ₂ B ₄ O ₇ .4 H ₂ O	51
Kalsiyum borat	Kolemanit	Ca ₄ B ₆ O ₁₁ . 5 H ₂ O	50,8
	İnyoit	Ca ₄ B ₆ O ₁₁ .13 H ₂ O	37,6
	Pandermit	Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .7 H ₂ O	49,8
Sodyum-kalsiyum borat	Üleksit	NaCaB ₅ O ₉ . 8 H ₂ O	43,0
	Probertit	NaCaB ₅ O ₉ .5 H ₂ O	49,6
Magnezyum borat	Aşarit	Mg ₂ B ₂ O ₅ .H ₂ O	41,4
	İnderit	Mg ₂ B ₆ O ₁₁ .15 H ₂ O	37,3
	Pinnoit	MgB ₂ O ₄ . 3 H ₂ O	42,5
Magnezyum-kalsiyum borat	Hidroborasit	CaMgB ₆ O ₁₁ . 6 H ₂ O	50,5
Borosilikat	Datolit	Ca ₂ B ₂ Si ₂ O ₉ . H ₂ O	21,8
Magnezyum-demir borat	Ludvigit	Mg ₂ FeBO ₅	17,8
Magnezyum klorür çifte tuzu	Borasit	Mg ₃ B ₇ O ₁₃ Cl	62,2
Hidrojen borat	Sassolit	H ₃ BO ₃	56,4

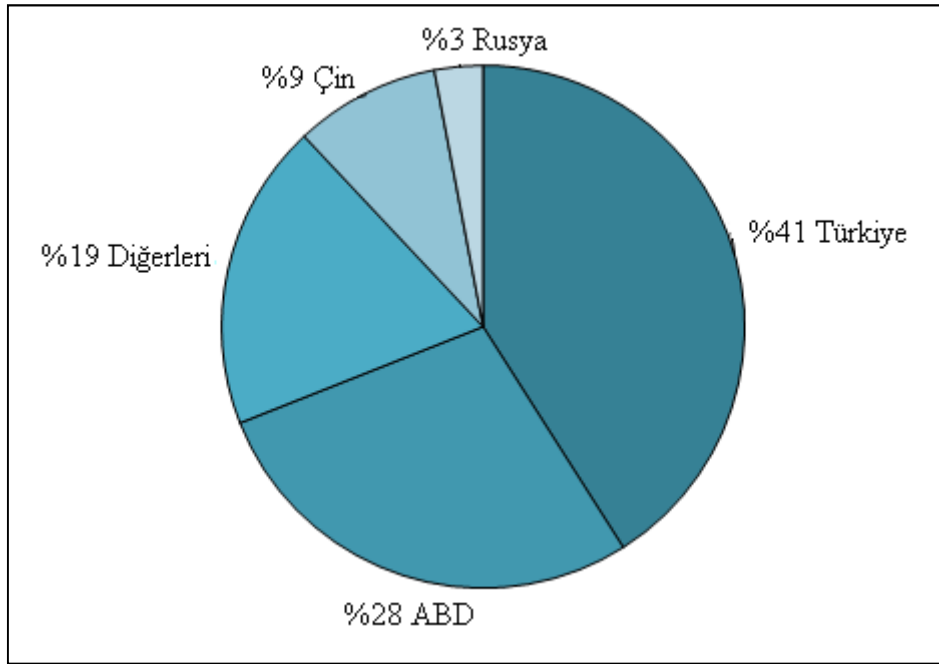
Tablo 2’den de görüleceği üzere dünyadaki önemli bor yatakları Türkiye, Rusya ve ABD’de olup, dünya ticari bor rezervleri 4 bölgede toplanmaktadır (URL-2, 2011):

1. ABD Kaliforniya Eyaletinin güneyinde yer alan “Mojave Çölü”
2. Güney Amerika da yer alan “And Kemerı”
3. Türkiye’ nin de yer aldığı “Güney-Orta Asya Orojenik Kemerı”
4. Doğu Rusya

Tablo 2. 2010 yılına göre dünya bor rezervleri

Ülkeler	Toplam Rezerv (Bin ton B ₂ O ₃)	Dağılım (%)
Türkiye	864.500	72
ABD	80.000	7
Rusya	100.000	8
Çin	47.000	4
Arjantin	9.000	1
Bolivya	19.000	2
Şili	41.000	3
Peru	22.000	2
Kazakistan	-	-
Sırbistan	16.200	1
İran	1.000	0
Toplam	1.199.700	100

Dünya fiili bor üretimi 2010 yılında yaklaşık 1,89 milyon ton B_2O_3 civarında gerçekleşmiştir. Fiili bor üretiminde, bor oksit bazında, yaklaşık olarak Avrupa (Türkiye) %39,6 pay ile birinci sırada yer alırken, bunu Kuzey Amerika (ABD) %30,1; Güney Amerika (Şili, Arjantin, Peru ve Bolivya) %17,7 ve Asya (Rusya, Çin ve Hindistan) %12,6 payla takip etmiştir. Şekil 1’de 2010 yılında brüt bazda dünya bor üretiminin ülkeler bazında dağılımı verilmektedir (URL-2, 2011). Dünyada az sayıda bor minerali üreticisi ülke bulunmaktadır. En büyük üreticiler Türkiye (Eti Bor A.Ş.) ve ABD (Rio Tinto Borax)’dir (Bayar, 2010; Can, 2011).



Şekil 1. 2010 yılı brüt bazda dünya bor üretiminin ülkeler bazında dağılımı (%)

Türkiye’de bilinen bor yatakları özellikle Kırka/Eskişehir, Bigadiç/Balıkesir, Kestelek/Bursa ve Emet/Kütahya’da bulunmaktadır. Türkiye’de rezerv açısından en çok bulunan bor cevherleri tinkal ($Na_2O_2 \cdot B_2O_3 \cdot 10H_2O$) ve kolemanit ($2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 5H_2O$)’dir. Türkiye’de önemli tinkal yatakları Kırka’da, kolemanit yatakları ise Emet ve Bigadiç civarında bulunmaktadır. Bunlara ilaveten, Bigadiç’te az miktarda üleksit rezervi mevcut olup, Kestelek’te zaman zaman üleksit yan ürün olarak elde edilmektedir. Ülkemizdeki rezerv miktarları mineral bazında Tablo 3’te verilmektedir (URL-2, 2011; Can, 2011).

Tablo 3. Eti Maden verilerine göre mineral bazında rezerv miktarları

Cevher	Toplam (Milyon ton)	Pay (%)
Kolemanit	2.257	74
Üleksit	47	2
Tinkal	739	24
Toplam	3.043	100

Bor bileşikleri kullanım alanları ve üretim teknolojileri yönünden iki grupta incelenebilir:

1. Büyük miktarlarda üretilen ve yaygın kullanım alanlarına sahip bor mineralleri ve ticari boratlar,
2. Özel tüketim alanları olan ve kısıtlı miktarda üretimi yapılan özellikli bor ürünleri.

Doğrudan ara madde olarak kullanılan kolemanit ve üleksit cevherlerinin dışında, yaygın olarak büyük miktarlarda kullanılan ticari boratlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Rafine borakslar (boraks dekahidrat, boraks pentahidrat ve susuz boraks),
2. Borik asit,
3. Sodyum perborat (sodyum perborat tetrahidrat ve monohidrat).

Ticari önemi olan bor mineralleri ve bileşiklerinin önemli kullanım alanları Tablo 4'te gösterilmektedir (URL-1, 2010).

Bor elementi ve boratların insanlara ve memeli canlılara karşı zehirli olmadıkları bilinmektedir ve bu yüzden işlenmesi sırasında özel bir korunma sistemine ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak bazı özel bor-hidrojen bileşikleri zehirlilik etkisi göstermektedir. Bitki ve hayvanların gelişimi için bora gereksinim duyulmaktadır. Bor konsantrasyonu çevreye göre değişiklik göstermekle beraber ortalama olarak 10-20 ppm arasında toprakta; 4,6 ppm okyanus suyunda ve yaklaşık olarak 0,01-1,5 ppm musluk suyunda bulunmaktadır. Ortalama olarak 1 günde 20 mg bor yiyecekler ile insanlara geçmektedir. Sağlık açısından çok az miktardaki borun vücuda iyi geldiği hatta kireçlenmeyi azalttığı belirtilmiştir. Borun herhangi bir kanserojen etkisi belirlenmemiştir (Lloyd, 1998; Ahmed, 2000).

Tablo 4. Ticari önemi olan bor mineralleri ve bileşiklerinin önemli kullanım alanları

Kullanım alanı		Mineral/bileşik*
Cam	İzolasyon cam elyafı	Tinkal, üleksit, probertit, BDH, BPH, SB, BA
	Tekstil cam elyafı	Kolemanit
	Borosilikat camları	Tinkal, üleksit, probertit, kolemanit, BPH, SB, BA
	Özel camlar	BDH, BPH, SB, BA
Cam seramikleri		Tinkal, üleksit, BDH, BPH, SB, BA
Emaye, sır, frit		Tinkal, üleksit, kolemanit, BDH, BPH, SB, BA, BO
Temizleme ve ağartma	Sabun, deterjan Kâğıt hamuru	Sodyum perborat Sodyum borhidrür
Zirai Uygulamalar	Gübre	Kolemanit, BDH, BPH, SB, BA
	Yabani ot öldürücüler	BDH, BPH, BA, bakır metaborat, sodyum metaborat
	Böcek öldürücüler	BDH, BPH, BA, disodyum oktaborat, glikol boratlar
Ahşap empenyesi		BDH, BPH, BA,
Alev geciktiriciler	Selülozik izolasyon malzemeleri	BDH, BPH, SB, BA
	Plastik malzemeler	Çinko boratlar, amonyum fluoborat, baryum metaborat, sodyum pentaborat
Metallurjik uygulamalar	Borürleme	Bor halojenürler
	Demir esaslı ve demir dışı borlu alaşımlar	Susuz boraks, bor oksit, boratlar
	Flasklar	Susuz boraks, bor oksit, boratlar

*BDH: boraks dekahidrat, BPH: boraks pentahidrat, SB: susuz boraks, BA: Borik asit, BO: Bor oksit

1.3.2. Borlu Bileşiklerin Odun Koruma Endüstrisinde Kullanılabilirliği

Bor bileşiklerinin mantar ve böceklere karşı yüksek oranda etkili olduğu, buna karşılık insan ve hayvanlara karşı zehirli etkisinin yok denecek kadar az bulunduğu ve çevre dostu bir madde olduğu bilinmektedir. Diğer yandan, renksiz, yanmayı geciktirici özelliğe sahip ve ucuz olması; metallerle karşı paslandırıcı etkisinin olmaması; odunun direnç özelliklerinde herhangi bir olumsuz etki meydana getirmemesi gibi son derece olumlu özellikleri sözkonusudur. Bu nedenlerle bor bileşikleri 1930'lu yıllardan bu yana odun koruyucu kimyasal madde bileşimlerinde geniş anlamda kullanılmaktadır. Özellikle son 20 yıldır çevresel etmenler nedeniyle inorganik ve organik bor bileşiklerinin kullanımı masif ağaç malzemelerin ve odun esaslı kompozit levhaların korunması amacıyla büyük önem kazanmıştır (Gezer, 1996; Yalınkılıç, 2000; Kartal ve Imamura, 2004a). Disodyum oktaborat tetrahidrat (DOT), borik asit (BA) ve boraks (BX) gibi borlu bileşikler insektisit ve fungusit olarak odun koruma alanında kullanılmaktadır (Yamaguchi, 2003a). Ancak, inorganik borlu bileşiklerin pek çok yararının yanında, suyla temas halinde odundan

yıkanarak uzaklaşması nedeniyle dış koşullarda kullanımını sınırlandıran önemli bir sakıncası vardır (Gezer, 1996; Yalınkılıç, 2000). Bu yüzden borlu bileşikler, odun esaslı malzemeleri suyla temas halinde olmayan toprak üstü yapılarda korumak amacıyla kullanılmaktadır (Kartal ve Imamura, 2004a). Ancak, Japonya ve Hawaii'de gerçekleştirilen toprak üstü açık alan çalışmalarında, DOT ile %2 ve %3 BAE (borik asit eşdeğeri) verecek şekilde emprenye edilen odunun uzun yıllar sonrasında (10 yıl) bile *Coptotermes formosanus* termit saldırılarına karşı korunduğu belirlenmiştir (Grace vd., 2006; Tsunoda vd., 2006). Borlu bileşiklerle 1,6 kg/m³ BAE verecek şekilde emprenye edilen radiata çamının, toprak üstü demir yolu ünitelerinde ve L-birleştirmelerinde kontrollere kıyasla kullanım ömrü 4,8-14,6 yıl; 4,5 kg/m³ BAE verecek şekilde emprenye edilen örneklerin kullanım ömrü ise 21-22 yıl daha uzamıştır (Hedley ve Page, 2006). Borlu bileşiklerle emprenye edilmiş ağaç malzemeler toprakla temas halinde kullanıldığında da emprenyesiz ağaç malzemeye göre hayli iyi bir koruma sağlamaktadır. Emprenyesiz tel direkler 4 yıl sonunda çürürken, borlu tel direkler 10-11 yıl dayanabilmektedir. Benzer şekilde 16 kg/m³ boraks ya da 20 kg/m³ borik asitle emprenye edilen tel direkleri 16-21 yıl dayanım gösterirken, emprenyesiz tel direkleri 6-7 yıl servis ömrü gösterebilmiştir (Drysdale, 1994). Bor ile emprenye edilmiş odunda yıkanma testleri sonrasında başlangıç miktarının %92'sinin yıkanmasına rağmen halen koruyucu etkinlik için yeterli miktarda bor kaldığı McCutcheon vd. (1992) tarafından belirtilmiştir.

Bor bileşikleri, mantarlarda hüflerin ve sporların anormal gelişimine ve üreme sırasında gametlerin ayrılmasında başarısızlığa neden olarak mantar gelişimini durdurmaktadır. Aynı zamanda bor iyonları, oksit formundaki ko-enzimleri hedef alarak mantar organizmasının metabolik sistemini de bozmaktadır. Bor iyonları biyolojik olarak hücre çeperinden kolaylıkla nüfuz edebilmekte ve oluşturduğu komplekslerle yaşayan organizmalarda açlık etkisi oluşturarak toksik özellik kazandırmaktadır (Lloyd, 1998; Kartal ve Imamura, 2004a). Beyaz/esmer çürüklük, mavi renklenme ve küf mantarları ile böcek ve termit saldırılarına karşı odunda bulunması gereken minimum bor miktarı değerleri (BAE, kg/m³) test yöntemi ve ağaç türü bazında Tablo 5'da gösterilmektedir.

Tablo 5. Odun tahripçisi organizmalara karşı odunda bulunması gereken min. BAE miktarı (kg/m³)

Tahrip edici organizmalar	BAE (kg/m ³)	Test Yöntemi	Ağaç türü	Kaynak
<i>G. trabeum</i>	0,52-0,72	Kolle-şişesi	-	Drysdale, 1994
	0,80-1,28	Toprak-blok	Çam	Drysdale, 1994
	1,12-2,88	Toprak-blok	Meşe	Drysdale, 1994
	0,5-4,7	-	-	Freitag ve Morell, 2005
	0,40-0,44	-	D. göknarı	Freitag ve Morell, 2005
<i>G. sepiarium</i>	0,2	EN113 (Modif.)	Ladin	Lesar ve Humar, 2009
<i>G. sepiarium</i>	2,2	-	-	Freitag ve Morell, 2005
	0,32-0,80	Toprak-blok	Çam	Drysdale, 1994
	0,48-0,64	Toprak-blok	Meşe	Drysdale, 1994
<i>P. placenta</i>	0,4-4,3	-	-	Freitag ve Morell, 2005
	0,5	Toprak-blok	Çam	Drysdale, 1994
	0,9	Toprak-blok	Çam	Drysdale, 1994
<i>A. vaillantii</i>	0,4	EN113 (Modif.)	Ladin	Lesar ve Humar, 2009
	0,36-0,54	Kolle şişesi	-	Drysdale, 1994
	0,4	EN113 (Modif.)	Ladin	Lesar ve Humar, 2009
<i>S. lacrymans</i>	1,12-1,92	Toprak-blok	Meşe	Drysdale, 1994
	0,6-4,7	-	-	Freitag ve Morell, 2005
	0,4	EN113 (Modif.)	Kayın	Lesar ve Humar, 2009
<i>H. fragiforme</i>	0,8	EN113 (Modif.)	Kayın	Lesar ve Humar, 2009
<i>P. ostreatus</i>	0,8	EN113 (Modif.)	Kayın	Lesar ve Humar, 2009
<i>C. puteana</i>	0,53-0,73	Kolle-şişesi	-	Drysdale, 1994
	0,9	Toprak-blok	Çam	Drysdale, 1994
	0,5-3,9	-	-	Freitag ve Morell, 2005
<i>P. ragulosus</i>	1,5-1,6	Toprak-blok	Kayın	Drysdale, 1994
<i>L. lepideus</i>	0,54-1,4	Kolle-şişesi	-	Drysdale, 1994
	0,8-1,28	Toprak-blok	Çam	Drysdale, 1994
	0,3-2,4	-	-	Freitag ve Morell, 2005
<i>A. alternata</i>	2	-	-	Fogel ve Lloyd, 2002
<i>A. pullans</i>	2	-	-	Fogel ve Lloyd, 2002
<i>Phialophora</i> spp. (8 tür)	0,1-2	-	-	Fogel ve Lloyd, 2002
<i>Phoma</i> spp. (2 tür)	2	-	-	Fogel ve Lloyd, 2002
<i>Rhinoctadiella</i> spp.	0,1	-	-	Fogel ve Lloyd, 2002
<i>Sclerophoma</i> spp.	0,1	-	-	Fogel ve Lloyd, 2002
<i>Torula</i> spp.	2	-	-	Fogel ve Lloyd, 2002
<i>T. asperum</i>	2	-	-	Fogel ve Lloyd, 2002
<i>N. exitiosus</i>	1,09	Lab. test	-	Ahmed vd., 2001
<i>C. lacteus</i>	0,46-0,56	Lab. test	-	Ahmed vd., 2001
<i>C. acinaciformis</i>	1,3-1,4	-	Okaliptus	Ahmed vd., 2001
	1,5-1,7	-	Radiata Ç.	Ahmed vd., 2001
<i>C. formosanus</i>	0,51-1,83	-	Sarıçam	Ahmed vd., 2001
<i>R. favipes</i>	0,4-1,54	-	Sarıçam	Ahmed vd., 2001

Çeşitli bor bileşikleri ve çürüklük test yöntemleri ile farklı çürüklük mantarlarına karşı etkinlik sağlanabilmesi için gereken en düşük BAE (kg/m³) miktarları ağaç türü bazında Drysdale (1994) tarafından araştırılmıştır. Odunda, mantar ve böcekleri tamamen yok etmek için 3 kg/m³ borik asit (%0,6 BAE), koruma sınır değeri için 1 kg/m³ (%0,2 BAE) borik asit yeterli olmaktadır (Peylo, 2005). Bunun yanı sıra ağaç malzemeyi

renklendiren mantarlara karşı koruma için genellikle 2 kg/m^3 borlu bileşik retensiyonları gerekmektedir (Kartal ve Imamura, 2004a). Didesildimetil amonyum tetrafloroborat (DBF) ve didesildimetil amonyum klorit (DDAC) bileşiklerinin değişik ağaç türlerinde ve farklı mantar türlerine karşı etkinlik sağlaması için gereken minimum miktarları (kg/m^3) ayrıntılarıyla açıklanmış ve odunu çürüklüğe karşı koruyabilmesi için genel olarak 3 kg/m^3 'lük retensiyona (Hwang vd., 2007a); *Coptotermes formosanus* subterranean termitine karşı etkinlik için %0,1 DBF'ye; toprak blok testinde ise %1 DBF'ye ($7,7 \text{ kg/m}^3$) ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (Kartal vd., 2006a, b). DOT ile emprenye edilen Douglas göknarında *Coptotermes formosanus*'a karşı etkinlik sağlanabilmesi için minimum %0,35 BAE'nin; 5,5 aylık arazi testinde termit saldırılarına karşı etkinlik için %1,02 BAE'nin gerekli olduğu belirlenmiştir (Tamashiro vd., 1991). Bor bileşiklerinin pencere doğramalarında yapılan onarım amaçlı emprenye işlemlerinde de çok etkili oldukları rapor edilmektedir. Bu amaçla $0,8-1,5 \text{ kg/m}^3$ 'lük borik asit miktarı başlangıç için yeterli bulunmakta; diğer yandan $2,3 \text{ kg/m}^3$ 'lük değerlere ihtiyaç olabileceği de bildirilmektedir (Drysdale, 1994). Dickinson ve Murphy (2000), 129 adet pencere doğramasında 23 yıl sonrasında halen koruyucu etkinlik sağlamaya yetecek kadar bor bulunduğunu (ortalama olarak %0,28 BAE) ve bu doğramaların hiçbirinde çürüklük izine rastlanmadığını bulmuştur. Okaliptüs pencere doğramalarının 8 yıl sonrasında *lyctine* oyucu organizmalarına karşı iyi bir dayanım sergilemesi için tam kuru ağırlığa göre minimum %0,047 m/m elemental bor retensiyonuna ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (Cookson, 2010).

Kompozitlerde borlu bileşiklerin genel olarak uygulama miktarları malzemenin beklenen özelliklere göre değişmektedir. Genellikle %1-1,6 BAE mantar ve termit saldırıları için yeterli olmaktadır. Yıkanma etkisinin yüksek olduğu durumlarda bu miktarlar iki katına kadar çıkarılabilmekte ve yıkanma sonrası odunda kalabilecek bor miktarı yüksek tutulmaya çalışılmaktadır (Kartal ve Imamura, 2004a). İğne yapraklı ağaç (İYA) kontrplaklarında, kavak kaba yonga levhalarında ve lif levhalarda bor buharıyla yapılan ve $0,7 \text{ kg/m}^3$ 'lük oranla (tam kuru odun ağırlığına oranla borik asit miktarı) gerçekleştirilen muameleyle çürümeye karşı iyi bir koruma sağlandığı rapor edilmiştir (Yıldız, 2005). Radiata çamı ile üretilen orta yoğunluklu liflevha (MDF) örneklerinin *Trametes versicolor* ve *Fomitopsis palustris* mantar saldırılarına karşı iyi bir biyolojik dayanım için minimum %1 BAE; subterranean termit (*Coptotermes formosanus* Shiraki) saldırısına karşı ise minimum %1-1,5 BAE gerekli olduğu belirlenmiştir (Tsunoda vd.,

2002). Kauçuk odunundan üretilen levhalarda *Coptotermes formosanus* termiti saldırılarına karşı %1-1,1 BAE'nin gerekli olduğu bulunmuştur (Wong ve Grace, 2004). Çinko borat ve kalsiyum borat kullanılarak üretilen yönlendirilmiş yongalevhalarında (OSB) *Trametes versicolor* ve *Gloeophyllum trabeum* mantarlarına karşı iyi bir etkinlik için %0,97 ve 0,95 BAE ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir (Wu vd., 2003).

Borik asit genellikle yanmayı önleyici veya geciktirici emprenye maddesi çözeltilerine %15-30 oranıyla ile 30-40 kg/m³ arasında değişen miktarlarda katılmaktadır. Ayrıca borik asit-boraks karışımları halinde de kullanımlar vardır (Kartal ve Imamura, 2004a, URL- 4, 2011). Borlu bileşikler ısıya maruz kaldıklarında odunda camsı bir yapı oluşturarak, yanıcı gazların yayılmasını ve oranını azaltır, termal bozunma ürünlerinin hareketini engeller (LeVan ve Tran, 1990). Hücre çeperinin bloke edilmesiyle bozunma bileşikleri bu yapı içinde hapsedilir, böylece yanma geciktirilir. Dahası borlu bileşikler ısıya maruz kaldığında, selüloz lifleri arasında kimyasal bağdan sorumludurlar. Bu da odun ve selülozun başlangıç sıcaklığında kütle azalmasına neden olur (Yamaguchi, 2003a). Borik asit kor halinde yanmayı azaltmakta, ancak alevin yayılmasını tam olarak engellememektedir. Boraks ise, alevin yayılmasını engellemektedir. Dolayısı ile borik asit ile boraksın birlikte kullanılması yanmaya karşı daha iyi bir dayanım vermektedir (Baysal vd., 2003). Fogel ve Lloyd (2002), yanma standartlarınca iyi bir etkinlik için odunda ağırlıkça %15-25 oranında borik asit ve/veya boraks bulunması gerektiğini belirtmiştir. Çam odunu örneklerinin ASTM E 84'e göre A sınıfında yer alması için 48 kg/m³ borik asit-boraks retensiyonuna gereksinimi vardır (LeVan ve Tran, 1990). OSB levhalarında %8-10 oranlarında kullanılan yanmayı geciktirici maddeler (FR) levhanın ASTM E 84'e göre B sınıfında yer almasını sağlamıştır. A sınıfı için daha yüksek oranlarda FR madde kullanımına gerek duyulduğu Winandy vd. (2008) tarafından belirtilmiştir. ASTM E 84 standardında ilk 10 dk içinde alevin yayılması A Sınıfı için 0-25 mm; B sınıfı için 26-75 mm; C sınıfı için 76-200 mm'dir (Mcintyre, 2004). Borlu bileşiklerin odundaki ya da odun esaslı malzemelerdeki uygulamaları değişik şekillerde olabilmektedir (Cookson vd., 1998; Goroyias ve Hale, 2004; Kartal ve Imamura, 2004a). Difüzyon sistemi (Sonti ve Chatterjee, 1983; Konabe, 1990; Dharmodaran ve Gnanaharan, 1996; Akhtari vd., 2006; Tripathi ve Nautiyal, 2006); basınçlı sistemler (Vinden, 1987; Hong ve Liew, 1989; Akhtari vd., 2006); gaz ya da buhar fazında gerçekleştirilen emprenye işlemleri (Burton vd., 1990; Bergervoet vd., 1992; Turner vd., 1990) şeklinde uygulamalar yapılmaktadır.

Borlu bileşikler masif odunun yanı sıra levha uygulamalarında ve kâğıdın ağartılmasında da kullanılmaktadır. Tablo 6'da bu konuda yapılan çalışmalar incelenen başarımları özellikleriyle birlikte özetlenmiştir.

Tablo 6. Borlu bileşiklerin masif odun, levha ürünleri ve kâğıtçılıkta kullanımları

Uygulama Alanı	İncelenen Özellik-Test Yöntemi	Kaynaklar
Masif Odun	Açık alandaki dayanım-yıkanma	Preston vd., 1985; Dickinson vd., 1990; Hedley, 1992; Tsunoda vd., 1998; Peylo ve Willeitner, 1999; Yamamoto vd., 1999; Yalınkılıç vd., 1999a; Dickinson ve Murphy, 2000; Grace vd., 2004; Tsunoda vd., 2004; Grace vd., 2006; Tsunoda vd., 2006
	Biyolojik özellik (Termit, mantar, böcek)	Tamashiro vd., 1991; Doi vd., 1994; Croan, 1994; Laks ve Manning, 1995; Morell vd., 1998; Ahmed vd., 2001; Clausen ve Yang, 2003; Babuder vd., 2004a, b; Clausen ve Yang, 2004; Simith ve Lloyd, 2004; Kartal vd., 2005a, b; Kartal vd., 2006a, b; Freitag ve Morell, 2005; Lebow vd., 2005a; Luo vd., 2005; Peters ve Fitzgerald, 2006; Hwang vd., 2007b; Scown ve Creffield, 2009; Terzi vd., 2011
	Fiziksel ve mekanik özellikler	Charrier vd., 1999; Meder vd., 1999; Yalınkılıç vd., 1999b; Lebow vd., 2005b; Baysal vd., 2006a; Usta, 2006; Baysal vd., 2007b; Dhamodaran ve Gnanaharan, 2007
	Yanmaya karşı dayanım	Garba, 1999; Örs vd., 1999a; Baysal, 2002; Temiz ve Yıldız, 2002; Baysal vd., 2003; Gao vd., 2006; Akhtari vd., 2006; Baysal vd., 2007a, b; Temiz vd., 2008c; Pabelina vd., 2011
	Yapışma direnci, boyanabilirlik	Özçifçi, 2008; Humar vd., 2010
	Remidasyon amaçlı	Tarakanadha vd., 2005; Kartal, 2006a
Levha Ürünleri	Açık alandaki dayanım-yıkanma	Laks ve Manning, 1997; Mankowski vd., 2005
	Biyolojik özellik (Termit, mantar, böcek)	Laks ve Manning, 1995; Nunes vd., 1995; Filcock ve Vinden, 1999; Goroyias ve Hale, 2002; Wu vd., 2003; Wong ve Grace, 2004; Dönmez, 2005; Kartal ve Ayrılmış, 2005; Ayrılmış vd., 2005; Kirkpatrick ve Barnes, 2006; Smart ve Wall, 2006; Gentz ve Grace, 2007; Kartal vd., 2007a; Ustaömer, 2008; Moubarik vd., 2009
	Fiziksel ve mekanik özellikler	Hashim vd., 1994; Laks ve Manning, 1995; Jones vd., 2001; Barnes vd., 2002; Tsunoda vd., 2002; Ayrılmış vd., 2005; Dönmez, 2005; Ayrılmış vd., 2006; Barnes ve Murphy, 2006; Aydın ve Çolakoğlu, 2007; Ayrılmış, 2007; Ustaömer, 2008; Yalınkılıç vd., 1998a; Gao vd., 2009
	Yanmaya karşı dayanım	Su vd., 1998; Aslan ve Özkaya, 2004; Ayrılmış vd., 2005; Özkaya vd., 2007; Ustaömer, 2008; Winandy vd., 2008; Keskin vd., 2009
Kâğıt	Renk açma, parlaklık ve verim artırma	Kırcı vd., 2004; Peşman vd., 2009

1.3.3. Borun Odundan Yıkanmasını Azaltmak İçin Gerçekleştirilen Çalışmalar

Bor bileşikleri oduna iyi difüze olabilen maddelerdir ve bunun sonucu olarak su ile temas ettiklerinde kolayca yıkanabilmektedirler. Borun odun içindeki kolay difüzyonu ve yıkanma özelliğinin nedeni moleküllerin hücre çeperine fikse olamamasıdır. Bor hücre çeperi ile reaksiyona girmez, ancak hidroksil grupları ile kompleksler oluşturabilir. Borun absorpsiyonu için odunda önemli bir potansiyel yer teşkil eden gruplar, karboksilik asitler ve fenolik grupların hidroksilleridir. Borun karboksilat ve hidroksil gruplarına doğrudan fiksasyonu mümkün değildir (Filcock ve Vinden, 2000). Yapılan bir çalışmada sodyumtetraborat dekahidrat (boraks) ve borik asit ile emprenye edilen sahil çamı odununun kinetik ve termodinamik reaksiyonları incelenmiştir. Borun polisakkaritler ile etkileşiminin lignin ile olan etkileşiminden daha hızlı olduğu ve bunların 20°C'de çok yavaş olduğu bulunmuştur. Borik asit ile odun arasındaki bağlanmada fiziksel adsorbsiyon tercih edilen mekanizma olup, borlu bileşikler Van der Waals ve hidrojen bağları oluşturmakta, bu zayıf bağlar da borun su ile temas edilen dış koşullarda kolayca yıkanmasını açıklamaktadır (Ramos vd., 2006).

Birçok araştırmacının borlu bileşiklerin masif ahşap ürünler ve odun kompozitlerinde kullanımı sırasında suda kolayca çözünmesi problemini en aza indirmeyi hedefleyen çalışmaları genellikle 3 odakta yoğunlaşmıştır: Bunlardan birincisi borun odun içinde fiksasyonunun sağlanması; ikincisi yıkanmaya tamamen dayanıklı borlu bileşiklerin kullanımı ve geliştirilmesi; üçüncüsü ise, rutubetli koşullar altında borun kontrollü bir şekilde odundan ayrılmasının sağlanmasıdır (Yalınkılıç, 2000). Bu üç temel fikirden yola çıkılarak, borun bu olumsuz özelliğini kısmen ya da tamamen bertaraf edebilecek çalışmalar ayrıntılarıyla Obanda vd. (2008) tarafından incelenmiştir. Günümüze kadar gerçekleştirilen denemeler Tablo 7'de gösterildiği gibi 16 madde altında sınıflandırılmış ve uygulanan yöntemler aşağıda açıklanmıştır. Ancak, gerçekleştirilen çalışmalara rağmen ticari olarak endüstrileşen bir sistem henüz geliştirilememiştir.

Tablo 7. Borlu bileşiklerin odundan yıkanmasının azaltılmasına yönelik geliştirilen stratejiler

No	Yöntem/Strateji	Kaynaklar
1	Yüzey muameleleri	Orsler ve Holland, 1993; Esser vd., 1995; Homan ve Militz, 1995; Peylo ve Willeitner, 1995b; Petric vd., 2001; Hwang vd., 2005; Mohareb vd., 2005; Hedley ve Page, 2006; Harada vd., 2007
2	Zarf muameleler	Lahiry, 1996; Kakaras vd., 2002; Amburgey vd., 2003; Gauntt ve Amburgey, 2011; Mazela, 2007
3	Odun genişletici reçineler ve su iticiler	Murphy vd., 1995; Peylo ve Willeitner, 1995a; Turner ve Conradie, 1995; Yalınkılıç vd., 1995; Yalınkılıç vd., 1997a; Gezer vd., 1999; Örs vd., 1999b, c; Yalınkılıç vd., 1999c; Bridaux vd., 2001; Mohareb vd., 2002; Murphy vd., 1992; Çolak vd., 2004; Peker vd., 2004; Baysal vd., 2006b; Temiz vd., 2006a, 2008b; Lyon vd., 2007a, b; Mourant vd., 2009; Lesar vd., 2009b; Kartal vd., 2009b; Yu ve Cao, 2009; Lesar ve Humar, 2010; Lesar vd., 2011a
4	Organik bor bileşikleri (boronik ve borinik asitler)	Yalınkılıç vd., 1997b, 1998b, 1999e; Baysal ve Yalınkılıç, 2005b; Yamauchi vd., 2006, 2007; Temiz vd., 2006b; Chen, 2008
5	Odunda organik çözünebilir tuzların çökeltilmesi	Lin vd., 2001
6	Biyosit ve biyosit olmayan kimyasalların birleşimi	Green III vd., 2002; Kartal ve Green, 2002; Kartal ve Imamura, 2003; Kartal ve Green, 2003; Kartal vd., 2003; Akbulut vd., 2004; Kartal ve Imamura, 2004b; Kartal vd., 2004a; Köse vd., 2009
7	Metal-bor sistemleri	Lloyd vd., 2001; Lee ve Wu, 2002; Tripathi vd., 2005; Fruno vd., 2006; Chen, 2010
8	Amonyak ve amin-metal-bor sistemleri	Kartal vd., 2004b, 2005b; Hwang vd., 2006; Matejuk-Zabielska ve Skrzypczak, 2006; Pohleven vd., 2006; Humar vd., 2007; Lyon vd., 2007c, 2009; Li vd., 2010
9	Bor esterler ve diğer bileşikler	Dauvergne-Toussaint vd., 2000; Humprey vd., 2002; Mohareb vd., 2004, 2009, 2010a, 2010b; Humar vd., 2008
10	Protein boratlar	Thevenon vd., 1997, 1998a, b, c, 1999; Thevenon ve Pizzi, 2003; Mazela vd., 2005; Yang vd., 2006; Mazela vd., 2007; Ratajczak ve Mazela, 2007; Ahn vd., 2008, 2010
11	Tanenli kondenzasyon sistemleri	Thevenon vd., 2009, 2010
12	Yerinde polimerleşme	Yalınkılıç vd., 1998c; 1999d; Cui ve Kandem, 1999; Ozaki vd., 2001; Baysal vd., 2004; Kartal vd., 2004c
13	Bor-silikat	Furuno ve Imamura, 1998; Böttcher vd., 1999; Yamaguchi 2003a, b; Jinshu vd., 2007; Kartal vd., 2007c, 2009a; Terziev vd., 2009
14	Isıl işlemle birleşim	Kartal 2006b; Kartal vd., 2007b, 2008
15	Organik borlu bileşikler ve borik asit buharı	Meder vd., 1999; Yalınkılıç vd., 1999e; Tsunoda 2001; Barnes vd., 2002; Baysal ve Yalınkılıç, 2005a; Barnes ve Murphy, 2006
16	Diğer bileşimlerde bor kullanımı	Salamah ve Ani, 1995; Humar vd., 2004; Temiz vd., 2004; Przewloka vd., 2006; Clausen ve Yang, 2007

1.3.3.1. Yüzey Muameleleri

Bor ile emprenyeli odunların yüzeylerinin vernik, reçine ve hidrofobik vakslar ile kaplanmasıyla odunun rutubet alımı azaltılabilir ve bor yıkanması geciktirilebilir; ancak, yüzey kaplayıcının kalınlığı ve yüzey tabakasında zamanla meydana gelebilecek bozunmalar nedeniyle sürekli olarak bakım işlerinin tekrarlanması dayanım açısından önemlidir. Dolayısı ile bu tür işlemlerin bor ile emprenyeli ağaç malzemenin çoğu kez kısa süreli dış hava koşullarına maruz kalabileceği yerlerde kullanımı için uygun olabilmektedir (Homan ve Militz, 1995; Peylo ve Willeitner, 1995a, b; Obanda vd., 2008).

Orsler ve Holland (1993), DOT ile emprenye ettikleri sarıçam odunu örneklerini yağ bazlı alkid sistem ve su bazlı akrilik sistem ile kaplamışlar ve ardından toprakla temas edecek şekilde arazi testine bırakmışlardır. İlk 6 ay içerisinde, yüzeyi kaplanmış örneklerde başlangıç bor miktarının %40'ı; yüzeyi kaplanmamış örneklerde ilk ayda %88'i yıkanmıştır.

Peylo ve Willeitner (1995b), yaptıkları çalışmada bor ile emprenye edilen örneklerin yüzeylerini parafin alkid reçine ve bir vernik ile kaplamış, laboratuvar ve arazi testlerinde bor yıkanmasını belirlemişlerdir. Vernik ve alkid kaplayıcılar su alımını düşürerek bor yıkanmasını azaltmış, ancak parafin başarılı olamamıştır.

Borik asitle emprenye edilen L-birleştirme örnekleri ardından alkid bazlı bir boya ile muamele edilmiş ve yıkanma deneyleri sonrasında borik asit + yüzey kaplama uygulanan çam odununda %69, kaplama olmayan çam odununda %81, kaplamalı ladin odununda %76, kaplamasız ladin odununda %83 oranında bor yıkanması gözlenmiştir (Esser vd., 1995).

Homan ve Militz (1995), yaptıkları çalışmada pencere L-birleştirme örneklerini borla emprenye etmiş ve ardından enine kesitlerini epoksi ile kapatarak, yüzeyleri alkid bazlı boya ile 2 katlı olacak şekilde boyamıştır. Bu örneklerin bir kısmında testere ile kesikler oluşturulmuş ve bunlar 80 gün boyunca yıkanma deneyine maruz bırakılmıştır. Bor + boyalı örneklerde %3, bor + boyalı fakat yüzeyi eskitilmiş örneklerde %21, sadece borlu örneklerde %48 oranında bor yıkanmıştır.

Slovenya'da geliştirilen yeni bor bazlı bir biyosit olan alkanolamin-borik asit kompleksi, su ve etanol içerisinde çözündürülmüş ve odun ile emprenyesi sağlanmıştır. Ardından örnekler 5 çeşit alkid ve akrilat bazlı yüzey kaplayıcı ile muamele edilerek, ENV 1250-2 standardına göre yıkanmıştır. Sentezlenen bileşiğin neredeyse tamamı odundan

yıkanmıştır. Yüzey kaplayıcılardan en iyi sonucu beyaz pigmentli opak boya vermiş ve bu yüzey kaplayıcı ile muamelede %50-68 oranında bor yıkanması gözlenmiştir (Petric vd., 2001).

Mohareb vd. (2005), DOT ile emprenye edilen L-birleştirme örneklerini 3 yüzey kaplayıcı ile kaplamış ve 3 yıl boyunca doğal dış hava koşullarına bırakmıştır. Kaplanmış örneklerde bu sürenin sonunda yaklaşık %21 oranında bor kalmıştır. Ancak, odun örneklerinin dayanımının, yüzey kaplayıcı maddenin çatlama ya da deformasyonuna bağlı olduğu ve film tabakasında bir bozunma söz konusu ise bor yıkanmasının hızlandığı belirtilmiştir.

Odun örnekleri %2 konsantrasyonda DBF + akril-silikon tip bir reçine emülsiyonu ile kaplanmış ve yıkanma deneyi sonrasında mantar ve termit çürüklüğüne karşı biyolojik dayanım sağlamıştır. Reçine bir su itici madde olarak rol oynamış ve DBF'nin yıkanmasının engellenmesini sağlamıştır (Hwang vd., 2005).

Toprak üstü demir yolu ünitelerinde ve L-birleştirmelerinde kullanılan odun örneklerinin 4,5 kg/m³ BAE ile emprenyesini takiben yüzeyinin kaplanmasıyla kullanım ömrü 21-22 yıl daha uzamıştır (Hedley ve Page, 2006).

Harada vd. (2007), odunun yanma ve dış hava koşullarına karşı bozunmasını engellemek ve sinerjik bir etki sağlamak amacıyla, yanmayı geciktirici emprenye maddesi (polifosfatik karbamat) ve yüzey kaplayıcıların (SiO₂ ve Ag içerikli CRB-90; su bazlı üretan kaplayıcı, Aquarex; Osmo kaplayıcı; solvent bazlı poliüretan kaplayıcı, Kihadatoryo) birlikte kullanılabilirliğini değerlendirmiş; 210 kg/m³'lük tutunma miktarıyla yanmayı geciktirici emprenye maddesi malzemeyi yanmaz hale getirmiştir. Ayrıca, CRB seramik kaplayıcı ışık ve rutubete karşı dayanım sağlamıştır.

1.3.3.2. Zarf Muameleler

Ilık ve rutubetli koşullarda demiryolu traverslerinin kullanım ömürleri oldukça kısadır. Bu durum özellikle geniş oranda özodun içeren ağaç türleri ile zor emprenye edilen ağaç türleri açısından daha önemlidir. Çünkü çoğu halde bu türler koruma için gereken miktardan daha düşük kreozot retensiyon değerleri vermektedirler. Bu etmenler göz önüne alındığında, hava kurusu haldeki ağaç malzemenin birinci aşamada özodun dahil borlu bileşikler (%30 BAE, DOT) ile derin bir biçimde emprenye edilmesi ve ardından difüzyon için bekletilmesi, ikinci aşamada tekrar hava kurusu hale getirilmesi ve ardından kreozot

ile ikinci bir emprenye işlemine tabi tutulmasıyla özellikle yumuşak çürüklüğe karşı dayanım özellikleri önemli ölçüde arttırılabilmekte, diğer yandan kreozot retensiyonu ve bor yıkanması azaltılabilmektedir. Bu şekilde emprenye edilen ve 15 yıl boyunca toprakla temas halinde kullanılan traverslerde, bor yıkanmasının az olduğu ve odun tahripçisi mantarların saldırılarına karşı halen yeteri kadar bor bulunduğu ve örneklerde herhangi bir mantar tahribatı olmadığı; kimyasalların korozyona neden olmadığı ve elektronik sinyalizasyon sistemlerinde bir sorun yaratmadığı bulunmuştur (Amburgey vd., 2003; Gauntt ve Amburgey, 2011). Lahiry (1996), kreozot ile borun birlikte kullanıldığı ve HCB şeklinde adlandırılan bileşik ile değişik rutubetteki iğne yapraklı ve yapraklı ağaç tomruklarını 7 ve 15 gün boyunca muamele etmiştir. Çalışmada kreozotun su itici etkisi nedeniyle borun yıkanmasının engellenebileceği belirtilmiştir.

Kakaras vd. (2002), bakır/krom/bor (CCB) ile emprenye ettikleri odunun toprakla temas eden alt kısmını sıcak soğuk kazan tank yöntemine göre kreozot ile muamele etmişler ve 18 yıl sonra örneklerden yıkanan bor oranının toprakla temas eden kısımlarda %52; orta kısımda %43 olduğunu bulmuşlardır. Bu sonucun, çevre koşullarının yanı sıra kreozot ile ikinci bir işlemden dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mazela (2007) yaptığı çalışmada kreozot ve CCB ile emprenye edilen odundan piroliz ürünü olarak ekstrakte edilen odun katranının fungusit etkinliğini incelemiştir. Odun örnekleri ekstrakte edilen emprenye maddesinin alkollü çözeltisi ve saf kreozot yağı ile emprenye edilmiş ve *Coniophora puteana*, *Poria placenta* ve *Coriolus versicolor* mantarlarına maruz bırakılmıştır. Kreozot + CCB ile emprenye edilen odununun piroliziyle ekstrakte edilen odun katranının, odun koruyucu bir madde olarak bir potansiyel taşıdığı ve diğer emprenye maddeleri bileşiminde de kullanılabileceği belirlenmiştir.

Bu konu başlığı altında, yağ karakterli farklı emprenye maddeleri ve çözücü bazlı emprenye maddelerinin birlikte kullanılabilirliğinin inceleneceği çalışmalara gereksinim duyulmaktadır (Obanda vd., 2008).

1.3.3.3. Odun Genişletici Reçineler ve Su İticiler

Odun genişletici kimyasal maddeler, odunu boyutsal bakımdan genişleyebileceği en büyük miktara kadar genişletir ve bu genişlemiş halin süreç içinde kararlı kalmasını sağlar; su iticiler ise odunda bulunan hücresel ve kapılar boşlukların doldurulmasını temin etmekte ve suyun fiziksel olarak odun içine girmesini engellemektedir. Böylece hidrofobik

maddeler odunun su almasını azaltarak borun yıkanmasını sınırlandırmaktadır (Obanda vd., 2008).

Peylo ve Willeitner (1995a), su itici reçine, vaks ve yüzey kaplayıcıların borun odundan yıkanmasının azaltılmasında faydalı olabileceğini, ancak en iyi korunma şeklinin yağmur suyu ile doğrudan temas edilmeyen yerlerde sözkonusu olabileceğini ifade etmiştir.

Turner ve Conradie (1995), yaptıkları çalışmada Totim B (DOT içeren yüksek viskoziteli vaks emülsiyonu) ile odunun emprenye edilebilirliğini ve bu maddenin mavi renklenmeye karşı etkinliğini incelemiştir. Totim B ile emprenye sonrasında odunun yüzeyinde su itici bir film tabakası oluşmakta ve bunun bor yıkanmasını engellediği düşünülmektedir. Odun örnekleri dış hava şartlarına (weathering) maruz bırakıldığında yüzeylerinde herhangi bir deformasyon oluşmamış ve bu koruyucu etkinliğin en az 1 yıl boyunca süreceği düşünülmüştür.

Sarıçam odununun DOT ve BA + BX (borik asit ve boraks karışımı) ile farklı konsantrasyonlarda emprenye edilmesini takiben su itici aliminyum klorohidrat içeren akrilik polimer sistemin %3'lük konsantrasyonu ile muamelesi yapılmıştır. Borlu ya da borsuz polimer sisteminde mantar çürüklüğüne karşı iyi bir dayanım sağlanmış ve borun toprağa yıkanmasında önemli bir azalma gözlenmemiştir (Murphy vd., 1995).

Gezer vd. (1999), sarıçam odununu önce borik asit ve sodyum boratla; sonra polietilenglikol-400 (PEG-400), polietilenglikol-600 (PEG-600) ile ve iki aşamada, ayrıca, bunların karışımıyla tek aşamada emprenye etmişlerdir. PEG ve borun tek aşamadaki emprenye işleminin bor yıkanmasını çok az engellediği veya hiç engellemediği görülmüştür. Dolayısıyla bunun geçici bir çözüm olduğu, ayrıca mantar çürüklük dayanımı üzerinde olumlu bir etki yaratmadığı gözlenmiştir. Önce borlu bileşikler ile ardından PEG çözeltisi ile emprenye işlemi borun odundan yıkanmasını biraz daha engellemiş ve mantar çürüklük testi sonrasında ağırlık kayıpları, tek adımda gerçekleştirilen emprenye işlemine göre daha düşük çıkmıştır. Bu durumun PEG'ün borun yıkanmasını engelleyici özelliğinden değil, ikinci işlemle borun odun içine daha derinlere taşınması ve böylece yıkanmaya karşı daha dirençli olmasından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir.

Yalınkılıç vd. (1999c) dimetildihidroksietilenüre (DMDHEU), glutaraldehit (GA) ve gloksal (GX) çözeltilerine borik asit ve fenilboronik asit (PBA) katarak odunda meydana gelen sinerjistik etkiyi gözlemlemişlerdir. GA'e bor ilavesi daralmayı önleyici etkinliği iyileştirirken diğer bileşiklerde daralmayı önleyici etkinlik azalmıştır. İyon kromatografisi

analizine göre Bor-GX bileşiminde daralmayı önleyici etkinlikteki değişiklikler borun varlığı nedeniyledir. Yıkanmayı en iyi engelleyen GX olmuştur. Bu bileşiklerde borun yıkanması azaltılmıştır. Ancak bor, GX ve DMDHEU'nin odun ile bağlanabilirliğini azaltmaktadır. Bu bileşiklere bor katılımı *Tyromyces palustris* ve *Coriolus versicolor* çürüklük mantarlarına karşı dayanımı arttırmıştır. GA, çürüklük dayanımına karşı en iyi başarıyı sağlayan madde olmuştur. Formosan termiti *Coptotermes formosanus* saldırısı nedeniyle oluşan ağırlık kaybı fenilboronik asit ilavesinde en azdır. Borik asit retensiyonu 10 yıkama döngüsünden sonra termit saldırılarına karşı yeterli olmamıştır. Buradan çürüme riskinin olduğu dış kullanımlarda borik asidin çapraz bağlayıcı bileşiklerle birlikte kullanımı; PBA'in ise termit zararı bulunan yerlerde kullanımı önerilmektedir.

Borlu bileşikler (BA, sodyum perborat, BX, BA + BX karışımı) ve su itici maddelerin (metil metakrilat, PEG, stiren, parafin, izosiyanat) birleşimi ile emprenye edilen, cennet ağacı odun örneklerinin azalan higroskopisitesi Çolak vd. (2004); kızılçam ağacı örneklerinin azalan higroskopisitesi Yalınkılıç vd. (1995); sarıçam ve ladin odununun iyileşen yanma özellikleri Örs vd. (1999b) ve Peker vd. (2004); sarıçam ve kayın odununun yoğunluklarındaki değişim Örs vd. (1999c) tarafından araştırılmıştır.

Bridaux vd. (2001), LVL panellerinin dayanımını artırmak için melamin üreformaldehit (MUF) içine %5 ve %10 oranında borik asit katmış ve 15 günlük yıkanma deneyi sonrasında %5 BA katkısında, %39 oranında bor kaldığını ve bu miktarın da biyolojik bozunmayı engellemek için yeterli oranda olduğunu bulmuşlardır. Çalışmada MUF ve BA karışımı, su penetrasyonunu ve bor yıkanmasını engellemede etkili bir bariyer olarak önerilmiştir. Yalınkılıç vd. (1997a), yine BA, BX ve MUF birleşimi ile emprenye ettiği odun örneklerinin yanma ve ısıl bozunma ile daralmayı önleyici etkinlik özelliklerini incelemiştir. Bileşim ile yanmaya karşı geciktirici etkinlik sağlanmış ve ortalama olarak %40-45 oranında daralmayı önleyici etkinlik (DÖE) elde edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, sarıçam diri odunu (*Pinus sylvestris*) ve kavak (*Populus trichocarpa x deltoides*) test örnekleri içinde ticari bir reçine bileşimi ve su itici madde olan glycerol/glyoxal, polyvinylpyrrolidone (PVPY) gibi farklı katkı maddeleri içeren DOT çözeltisi (%1 BAE) ile vakum altında emprenye edilmiştir. Değişik sürelerdeki yıkama sularının kimyasal analiz sonuçlarına göre, ilave edilen katkı maddeleri borun yıkanmasını engellemiştir. Glycerol/glyoxal katkı maddesi çam diri odununda en iyi sonucu vermiştir. 6 hafta süreyle *Poria placenta* ve *Coriolus versicolor* mantarları saldırılarına maruz bırakılan tüm örnekler çürüklüğe karşı etkili olmuşlardır (Mohareb vd., 2002).

Murphy vd. (1992), CCA, CCB, BA/BX, DOT ve su itici içeren akrilik bir polimer ile ayrı ayrı ve tek bir işlemle odunu emprenye etmiş ve örnekleri toprak-yatak (soil-bed) testine tabi tutmuştur. Bu sistemde, bor bazlı biyositlerin toprak ile temas halinde kullanımı iyileşmemiş ancak, su ile temas etmeyen toprak üstü kullanım yerlerinde dayanım özellikleri artmıştır.

Yapılan bir çalışmada, borun odundan yıkanmasını azaltmak ve odunun su alımını azaltmak için PEG-400 ve BA + BX çözeltisi ile emprenyeyi takiben odun stiren (ST), metilmetakrilat (MMA), izosiyanat ve parafin-wax ile muamele edilmiştir. Sulu bor çözeltisi ve ST muamelesi neredeyse %60 oranında borun yıkanmasını azaltan ve su alımını azaltan en iyi işlem olmuştur. Bunu sırasıyla MMA, izosiyanat ve parafin-wax takip etmiştir (Baysal vd., 2006b).

Temiz vd. (2006a) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, bezir yağı ve borik asit ile emprenye edilen ağaç malzemenin; boyutsal kararlılığı, çürüklüğe dayanımı ve borik asitin odundan yıkanmasının engellenmesi amaçlanmıştır. Test örneklerinin su alma ve su itici etkinliği kontrole göre daha etkin bulunmuştur. Çürüklük testi sonucunda, bezir yağının, borik asidin odundan yıkanmasını engellediği tespit edilmiştir. Yine Temiz vd. (2008b) borik asit ve tall yağı birleşimi ile emprenye ettikleri odunu yıkanma deneyi sonrasında esmer çürüklük mantarlarının saldırısına maruz bırakmış ve iyi bir biyolojik dayanım bulmuşlardır. Oysa sadece tall yağı ile emprenye edilen örneklerde yüksek ağırlık kayıpları bulunmuştur. Tall yağı ve borik asidin birleşimi mantar çürüklüğü üzerinde bir sinerjik etki yaratmıştır.

Lyon vd. (2007a), odun örneklerinin borik asitle (%0,25, %0,5, %1 ve %2 konsantrasyonlarda) emprenyesini takiben; bezir, soya ve kanola yağı ile emprenye etmiş ve yıkanma sonrasında yağ permeabilitesine bağlı olarak başlangıç miktarının %17-34'ü kadar bor kaldığını belirlemiştir. Borlu bileşiklerle emprenye edilmiş oduna su iticilik kazandırılması için, yağ ile ikinci emprenye işlemi borun odundan yıkanmasının geciktirilmesinde umut verici bulunmuştur. Lyon vd. (2007b), Japon sedir ağacı ve kayın örneklerinin (%0,5, %1, %2 ve %5 konsantrasyonlarda) borik asit ile emprenyesini takiben; bezir, soya ve kanola yağı ile emprenye etmiş ve yıkanma deneyi sonrasında odunda başlangıç miktarına göre yaklaşık %25-40 borik asit kaldığını bulmuş, en iyi sonuçların yağların yapısına ve kuruma özelliklerine bağlı olarak sırasıyla bezir, soya ve kanola yağı şeklinde olduğunu belirtmiştir. Ayrıca mantar ve termit saldırılarına karşı daha düşük BAE'inde (0,7 kg/m³) bile iyi bir biyolojik etkinlik sağlandığı belirlenmiştir.

Mourant vd. (2009), İYA kabuklarından elde edilen piroliz yağı ile değişik oranlarda fenolformaldehit reçinesini kullanarak, bor ve bakırın odunda fiksasyonunu sağlamayı hedeflemişlerdir. Yıkama testleri sonrasında bor yıkama oranı reçine birleşiminde %6-14 arasında olur iken; sadece bakır ve bor kullanılarak empenye edilen örneklerde %66 olmuştur. Bu oranlar kayın odununda %2-5 ve %35'dir.

Lesar vd. (2009b), borik asidin yıkamasını engellemek için borik asit ile montan vaks emülsiyonunu birlikte kullanmışlardır. Yıkama deneylerine bağlı olarak odunda %20-50 arasında değişen oranlarda bor kalmıştır. Yine montan vaks ile borik asidin birlikte empenye edildiği odun örneklerinde rutubet miktarı değeri kontrole göre oldukça düşük çıkmıştır. Hatta bazı konsantrasyonlarda sadece montan vaks ile empenyeli örneklerden bile daha düşük çıkmıştır. Bu durum mantar çürüklük dayanımı ve odunun dış koşullarda kullanımı açısından önemlidir (Lesar ve Humar, 2010).

Kartal vd. (2009b), DOT ile empenye edilen odunu tekstil endüstrisinde kullanılan su ve yağ itici bir bileşik olan FORGUARD M ile ikinci kez ve ayrıca her iki bileşeni birlikte tek bir empenye işlemi ile muamele etmiş ve yıkama deneyleri sonrasında yaklaşık %50 oranında bor kaldığı belirlenmiştir. DOT konsantrasyonu arttıkça yıkama oranı azalmıştır. Yıkamış örnekler ayrıca termitlere karşı oldukça iyi bir dayanım sergilemiştir. Emprenye edilen örneklerde katı-sıvı temas açısı da 90°den yüksek çıkmıştır.

BA, BX ve DOT ile fenolformaldehit reçinesini birleştirerek empenye edilen odundan çok az bor yıkama gözlemlenmiş; BA konsantrasyonu arttıkça yıkama artmış; ancak tüm örnekler mantar ve termit saldırılarına karşı üstün koruma sağlamıştır (Yu ve Cao, 2009).

Lesar vd. (2011a), ladin ve kayın odunu örneklerini %11 ve %33 oranlarında sıvılaştırılmış ladin odunu çözeltisi ve borik asit birleşimi ile empenye etmiş ve yıkama deneyi sonrasında yıkanan bor oranı kullanılan çözeltilere bağlı olarak ladinde %16-37; kayında ise %38-54 oranında olmuştur. Bu durumun nedeni, odun örneklerinin tam kuru hale getirilmesi esnasında, odunda çapraz bağlanma oluşmasıdır. Sadece bor ile empenyeli odunlarda bu oranlar kayın için %46-92; ladin için %49-90 olmuştur.

1.3.3.4. Organik Bor Bileşikleri (Boronik ve Borinik Asitler)

Odun koruma endüstrisinde kullanılan organik bor bileşikleri boronik asitler ($RB(OH)_2$) ve borinik (R_2BOH) asitlerdir. Aromatik boronik asitlerin sudaki çözünürlüğü az olup, ligninin aromatik yapıları ile reaksiyon vermeleri nedeniyle yıkanmaya karşı dirençlidirler. Bu reaktif gruplar sayesinde suyun oduna girmesi büyük ölçüde sınırlandırılır. Özellikle fenilboronik asidin (PBA) doygun olduğu konsantrasyonlarda (%2) yıkanma çok azdır. Organik bor bileşikleri içinde en çok çalışılan PBA olmuştur. PBA su ve yüksek sıcaklığa karşı dirençli olup, antifungisit özelliklere sahiptir. Çürütücü mantarların enzimlerini önleme yetenekleri vardır. Borik asit lignindeki 1-metoksi 2 hidroksi benzen ve 1,2-dimetoksi benzen grupları ile kompleksler oluşturmaktadır. PBA ise bor molekülüne bağlı 2 reaktif hidroksil grubuna sahiptir, böylece PBA bir anlamda borik asit gibi oduna bağlanmaktadır. Yıkanmaya karşı dirençli olması, PBA moleküllerinin odun ya da diğer PBA molekülleri ile olası bir bağ yapmasından dolayıdır. PBA-odun bağı B-O bağından daha güçlüdür, böylece yıkanmaya karşı daha dirençlidir. Ancak, bütün bu üstün özelliklerinin yanı sıra, diğer inorganik bor bileşiklerinden çok pahalı olması bu bileşiğin yaygın olarak kullanımını engellemiştir (Yalınkılıç, 2000; Obanda vd., 2008).

Yalınkılıç vd. (1997b), PBA ile emrenye ettikleri odun örneklerini ikinci kez gaz halindeki paraformaldehit (VPF) ile muamele etmiş ve örneklerde %71 DÖE sağlamıştır. Örneklerden ayrıca çok az miktarlarda bor yıkanması gerçekleşmiş ve mantar ve termitlere karşı çok iyi bir koruma sağlanmıştır. Bunun nedeni, hücre çeperindeki hidroksil (OH^-) grupları ile formaldehitin çapraz bağlar oluşturması ve borik asidin odundaki hidroksil grupları ile oksijen bağları meydana getirmesi ve yıkanmaya dirençli yapıların ortaya çıkmasıdır.

Yalınkılıç vd. (1998b), PBA'in yıkanmaya karşı çok dirençli olduğunu ve çözeltinin konsantrasyonu arttıkça borun odundaki fiksasyonunun arttığını ayrıca *Tyromyces palustris* ve *Coriolus versicolor* mantarlarına karşı %0,34 BAE'nin ve termitlere karşı %1 BAE'nin yeterli olduğunu belirlemişlerdir.

Yalınkılıç vd. (1999e) borik asit ve PBA ile emprenyeli odunu sıkıştırarak, hücre boşluklarını ve odunun su almasını azaltmayı, böylece borun yıkanmasını geciktirmeyi hedeflemişler. Ancak, borik asitle emprenye edilen odunun biyolojik direnci azalmıştır.

Bunun nedeni, borik asidin odundaki su ve ısının etkisiyle metabolik esterler oluşturması bunların da biyosit özelliğinin kaybolmasıdır.

Japonya'da geliştirilen PHN 130 ve PHN 130G adıyla bilinen iki farklı empenye maddesi Baysal ve Yalınkılıç (2005b) tarafından araştırılmıştır. Bu bileşikler ile borik asit ve fosforik asit birlikte kullanılmış; diğer yandan farklı sıcaklık ve süre parametrelerinde odun örnekleri sıkıştırılmıştır. Yıkama miktarlarındaki azalmanın borun ve fosforik asidin rekristallenmesinden ya da PHN'nin seramik formasyonundan olduğu düşünülmektedir. %10 BA ve %50 PHN kullanılması durumunda yıkama önemli ölçüde azaltılamamış; ancak %100 PHN kullanılması durumunda önemli azalmalar gözlenmiştir. Ancak, bu etkinlik uzun süreli yıkama deneylerinde kaybolmaktadır.

%1, %1,5 ve %2 konsantrasyonlarında 4-metoksitritiltetraflorborat (MTFB) ile empenye edilen sarıçam odununun çürüklük ve termit dayanımının belirlenebilmesi için gerçekleştirilen çalışmada, test örneklerinin *Postia placenta* ve *Coniophora puteana* mantarına maruz bırakılmasıyla meydana gelen ağırlık kaybı %2'den daha az olmuştur. Ancak, yıkama işlemi uygulanan örnekler esmer çürüklük mantarlarına karşı yeterli bir koruma sağlayamamıştır. %2 konsantrasyondaki örnekler *Coptotermes formosanus* termitine karşı bir dayanım göstermiştir (Temiz, 2006b).

Yamauchi vd. (2006, 2007), odundaki bor dağılımı ve kimyasal türlerini belirlemek için Japon sediri (*Cryptomeria japonica* D. Don) diri odun örneklerini sulu ve metanolik borik asit çözeltisi ile empenye ederek, raman spektroskopisi ve prompt gamma ışın analizi (PGA) ile incelenmiştir. Çalışmada odun içinde sulu ve metanolik borik asit çözeltileri arasında bor bileşiği bakımından farklılık çıkmamıştır. $B(OH)_3$ her iki çözelti ile empenye edilen odunda gözlenebilen tek bor çeşididir. Metanolik borik asit çözeltisi ile odunun empenyesinde daha fazla miktarda borun oduna verildiği belirlenmiştir. Ancak, yüksek konsantrasyonlarda metanolik borik asit kullanılması durumunda odun yüzeylerindeki bor miktarı, iç kısımdaki bor miktarından yaklaşık 10 kez daha fazladır. Yüksek konsantrasyonlardaki borik asidin sulu çözeltisi ile odunun empenyesinin daha kolay olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda homojen bor dağılımı için kurutma üzerinde ilave çalışmalara ihtiyaç duyulduğu ifade edilmektedir.

Chen (2008), borik asit ve N, N-dimetil formamit içinde kateşol ve dioller ile sentezlenen N-metil amin kateşol borat (1), N-metil amin-4-metil kateşol borat (2), N-metil amin-4-t-bütil kateşol borat (3), ve N-metil amin-2, 3-naftil borat (4) ile odunu empenye etmiş ve aminoborat 1, 3 ve 4 çözeltileri ile empenye edilen odunun yıkanmaya karşı daha

dirençli olduğunu ve odunu beyaz ve esmer çürüklük mantarlarına karşı koruduğunu rapor etmiştir. Özellikle 1 nolu çözelti ile empenye edilen yıkanmış odun örnekleri çok düşük retensiyonlarda bile mantara karşı etkili olmuşlardır.

1.3.3.5. Odunda Organik Çözünebilir Tuzların Çökeltilmesi

Diğer bir pratik yaklaşım, bor bileşiğinin, suda çözünmez birleşik verebilecek bir kimyasal madde ile bileşim oluşturmasıdır. Odunun, tetrafenilboratsodyum tuzu $[(C_6H_5)_4BNa]$ ile empenyesini takiben potasyum klorür (KCl) ve tetrametilamonyum bromür $[(CH_3)_4NBr]$ ile ikinci bir empenye işleminin yıkanmayı önemli ölçüde azalttığı (%88-95) bulunmuştur. Ayrıca TPBNa'nın mantar (*Coriolus versicolor* ve *Tyromyces palustris*) ve yıkanmaya karşı etkinliğinin fenilboronik asit ile kıyaslanabilir derecede olduğu, dış hava koşullarında odunu uzun yıllar koruyabilecek başarımlı özelliklerine sahip olduğu anlaşılmıştır (Lin vd., 2001).

1.3.3.6. Biyosit ve Biyosit Olmayan Kimyasalların Birlikte Kullanımı

Biyosit özellik göstermeyen katkı maddelerinin biyositlerle birleştirilmesi, onların tek başına kullanılmasına göre daha üstün bir koruma sağlayabilmektedir (Obanda vd., 2008).

Kartal ve Green (2002), odun örneklerini hidrosinaftalimid (NHA-H), borik asit ve DOT çözeltileri ile birleştirerek tek bir işlemle ve ayrı ayrı kullanarak empenye etmiş; iki ayrı empenye işleminin bor yıkanmasını daha fazla azalttığını ve ayrıca NHA oranını arttıkça yıkanmanın daha az olduğunu belirlemişlerdir. %10 DOT ve %1 NHA-H ile ayrı ayrı empenye edilen odunda %30 civarında bor kalmıştır. Bu oran borik asit kullanılması durumunda %20 olmuştur. NHA'nın mantar çürüklüğünü engelleme mekanizması Green III vd. (2002) tarafından araştırılmıştır. NHA-H formu, NHA-Na (N'-N-(1, 8 Naftalil) hidroksilamin) formuna göre beyaz ve esmer çürüklük mantarlarına karşı daha iyi koruma sağlamıştır. Kalsiyum çökeltme maddesi olarak değerlendirilen, fungusit ve fungistatik kimyasal madde olan NHA-Na'nın mantar hüfündeki normal kalsiyum döngüsünü bozduğu düşünülmektedir. Bu maddelerin orta lamelde pektin ile kalsiyum arasında ve kenarlı geçit zarlarında çökeldiği; bu sayede geçit hidrolizinin önlendiği; ve hüflerin

hücrelerin geçit boşluklarında fiziksel olarak bloke edilmesiyle mantar kolonizasyonu oluşumunun engellediği tahmin edilmektedir. Geçit zarlarında çökmeden dolayı, NHA-H ve NHA-Ca mantar hüflerinin bir hücreden diğer hücreye geçişini önleyen fungusit bir bariyer gibi görev yapmaktadır. NHA-H'nin biyolojik etkinliği ise, poliaromatik bir hidrokarbon olmasından dolayıdır ve içeriğinde kreozotun bileşimine benzer çok sayıda bileşik bulunmaktadır. 38 aylık arazi testleri sarıçam odununun %1 NHA-Na ile emprenyesinin CCA ile emprenyeli odun ile kıyaslanabilir düzeyde olduğunu göstermiştir (Akbulut vd., 2004; Kartal ve Imamura, 2004b).

Yapılan bir çalışmada NHA-Na ve NHA-H'in borun odundan yıkanmasındaki etkileri ile çürüklük ve termit dayanımına karşı etkisi incelenmiştir. Odun örnekleri önce DOT ve borik asitle ardından NHA-Na ve NHA-H çözeltileri ile emprenye edilmiş ve yıkanma deneyi sonrasında %1 NHA-Na çözeltisi ile muamele edilen odunda yaklaşık olarak %30 daha az bor yıkanmasının olduğu gözlenmiştir. Dahası bor ve NHA, odun tahripçisi organizma ve termit saldırılarına karşı sinerjik bir etki meydana getirmiştir (Kartal ve Imamura, 2003).

Kartal ve Green (2003) tarafından yapılan bir diğer çalışmada karboksimetil selüloz ve NHA, borun yıkanmasını azaltmak amacıyla kullanılmıştır. Yıkanmayı azaltan en iyi madde %30'luk oran ile DOT + NHA olmuştur. Bu oran sırasıyla guar gum < sükröz < nişasta < karboksimetil selüloz < pektin şeklinde devam etmiştir.

Kartal vd. (2004a), NHA-Na yıkanmasının deniz ve çeşme suyunda saf suya göre daha az olduğunu; yani sudaki iyon konsantrasyonu arttıkça NHA yıkanmasının azaldığını; bunun da deniz ve çeşme suyunda bulunan diğer elementlerin NHA çökmesini arttırdığını ya da odun yüzeyinde çökme oluşturmamasından kaynaklandığını belirtmiştir.

Yine, önce borik asit, DOT ve kalsiyum borat ile emprenye edilen odunun ikinci kez NHA-Na ve NHA-H ile emprenyesinin gerçekleştirildiği çalışmada; DOT, BA, kalsiyum-borat ve %1 NHA-Na ile emprenye edilen odunda %30 bor kalmıştır. NHA-H maddesi Ca^{+2} ile NHA-Na ile aynı şekilde reaksiyon vermemiş ve yıkanmayı engelleyememiştir; ancak mantara karşı etkinlik aynı seviyede kalmıştır. Çeşme suyu daha fazla bor yıkanmasına, saf su ise daha fazla NHA-Na yıkanmasına neden olmuştur (Kartal ve Imamura, 2004b).

Kartal vd. (2003) ve Akbulut vd. (2004) borik asit, boraks ve NHA-Na ile muamele edilmiş orta yoğunluklu (MDF) ve yüksek yoğunluklu (HDF) liflevhanın mantar ve termit saldırılarına karşı çok dayanıklı olduğunu; ancak NHA'nın tek başına küf önlemede yeterli

olmadığını bulmuşlardır. NHA-Na + bor muamelesinin odun kompozitlerinin yoğun mantar ve termit saldırısına maruz kalabileceği yerlerde kullanılması tavsiye edilmiştir.

1.3.3.7. İnorganik Metal - Bor Sistemleri

İnorganik bor bileşikleri ile bakır, çinko gibi metal tuzlarının, odunda çözünmez formda çökeltme oluşturması için birlikte ya da ayrı ayrı emprenyesi yapılabilir. Bu türden yaklaşımlarda, zirkonyum biyolojik bir etkinliğe sahip olmamasına rağmen borlu bileşiklerin fiksasyonunu sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Lloyd vd., 2001; Obanda vd., 2008).

Çinko borat ve kalsiyum borat modifiyeli OSB'den borun yıkanması ilk suya maruz kalma zamanlarında hızlı olmakta, yıkanma zamanla azalmaktadır. 216 saat sonrasında çinko borat modifiyeli OSB'den yıkanan bor oranı %80'in üzerindeyken kalsiyum borattan yıkanan bor yaklaşık %60 olmuştur. Kalsiyum boratın daha küçük boyutlu parçacıklardan oluşması yıkanabilirliği azaltmıştır. Ayrıca, OSB üretimi esnasında kalsiyum boratın kalsiyum hidroksit ve borik aside dönüştüğü; kalsiyum hidroksitin ise borik asitten daha az suda çözünebilir olmasından dolayı yıkanmanın daha az olduğu bildirilmektedir (Lee ve Wu, 2002).

Yeni ve fikse olabilen 3 kimyasalın (bakır sülfat, çinko oksit ve sodyum borat) çevre dostu bir emprenye maddesi olarak kullanılabilirliğini değerlendiren çalışmada, ZiBOC'un yıkanma deneylerinde çam odununda bakır, çinko ve bor yıkanması %23,6, %13,1 ve %12,1; kavak odununda sırasıyla %53,5, %6,5 ve %5 şeklinde olmuştur. Sistem beyaz ve esmer çürüklük mantarları *Polyporus versicolor* ve *Poria monticola*'ya karşı iyi bir koruma sağlamıştır. Ayrıca, hızlandırılmış açık alan testlerinde toprağa batırma sonrasındaki 3 ay içinde termit ve mantara karşı tam bir koruma sağlanmıştır. Böylece arsenik ve krom içermeyen 4. nesil bir emprenye maddesi olarak bakır tuzu ve inorganik biyositin birleşimi ile sinerjik bir etki sağlanmıştır (Tripathi vd., 2005).

Furuno vd. (2006), odun örneklerini ilk önce boraks ile ardından çinko ve bakır sülfat çözeltileri ile emprenye etmiş ve metaboratların yüksek biyolojik dayanım özelliği sergilediğini bulmuşlardır. Borat anyonu (B_4O_7), Zn^{+2} veya Cu^{+2} ile metaborat çökeltmesi oluşturmak için reaksiyona girmiştir. Elektron prob mikro analiz (EPMA) gözlemlerine göre, çinko ve bakır metaboratlar hücre boşluklarından ziyade hücre çeperinde

bulunmaktadır, bu durum biyolojik dayanımı açıklamaktadır. Yüksek konsantrasyonda ise, fazla çinko ve bakır metaborat kristalin halinde hücre boşluklarında yer almaktadır.

Marney ve Russell (2008) yanmayı geciktirici maddeler ile emprenye maddelerinin dış koşullarda kullanımını inceleyen çalışmalarla ilgili bir literatür taraması yapmıştır. Bor, üre, magnezyum klorür, amonyum polisülfat, amonyum tiosülfat, trietilamin birleşimi ile tek aşamada emprenye edilen odunun yıkanmaya ve dış koşullara karşı dayanıklılığı 2000 yılında alınan bir patentte belirtilmiştir. 1997 yılında alınan bir diğer patentte ise zirkonyum boratın sulu çözeltisi ile emprenye edilen odunun yıkanmaya, yanmaya, mantar ve termit saldırılarına karşı dayanıklı hale getirildiği bildirilmektedir. Zirkonyum tuzu ile borun birleşiminde 1000 saatlik yıkanma deneyi sonrasında odunda %30 civarında bor kalmıştır. Yine 2001 yılında alınan bir patentte, üre, fosforik asit, etanol ile borik asit ve boraks formüle edilmiş ve bor yıkanması %32'den daha fazla azaltılmıştır. 2003 yılında alınan bir diğer patentte ise borlu bileşikler, melamin ve üre kazein reçinesi birleşimi ile emprenye edilen odun örnekleri yıkanmaya dirençli hale getirilmiştir. 2005 yılında alınan başka bir patentte ise çinko, bor, amino asit, alkali metal silikat ve pH ayarlayıcı ile hazırlanan bir birleşimde, çinko oranı arttıkça yıkanmaya karşı direnç artmış ve mantarlara, termitlere karşı iyi dayanım sağlanmıştır.

Borat: amin: bakırdan (1:2:4) oranıyla hazırlanan emprenye maddesi ile emprenye edilen odun çürüklüğe karşı iyi bir dayanım sağlamıştır. Yıkanma, çürüklüğe karşı olan dayanımını etkilememiştir (Chen, 2010).

1.3.3.8. Amonyak ve Amin - Metal - Bor Sistemleri

Metal-bor çözeltileri ile asetik asit ya da amonyak odun içinde fikse olabilmektedir. Bu konuda alınan patentler ve girişimler Obanda vd. (2008) tarafından ayrıntılarıyla anlatılmıştır. Amin oksitler, penetrasyonu sağladıkları gibi, odunun su iticiliğini arttırmalar. Etanolamin birçok çalışmada en yaygın olarak kullanılan aminlerden biridir, ayrıca biyosit özellikleri de vardır. Kuaterner amonyum karboksilat ve kuaterner amonyum boratlar ise, karboksilat ve bor kuat yapılarıyla oduna doğrudan H-bağları ile bağlanırlar ve yıkanmaya karşı oldukça dirençlidirler (Obanda vd., 2008).

Kartal vd. (2005b) tarafından yapılan çalışmada son yıllarda Japonya'da geliştirilen, bor tetra florür (BF₄)⁻ iyonu içeren DBF ile emprenye edilen odunun biyolojik dayanımı; esmer çürüklük mantarı *Fomitopsis palustris*, beyaz çürüklük mantarı *Trametes versicolor*,

ve subterranean termiti *Coptotermes formosanus*'a maruz bırakılması ile incelenmiştir. 10 günlük yıkama işlemine tabi tutulmasına rağmen %0,5 ve %1 DBF çözeltisi ile empenye edilen örneklerde, her iki mantar çürüklüğüne karşı iyi ölçüde koruma gözlenmiş ve odunda yeterli miktarda DBF fiksasyonu sağlanmıştır. %0,1 konsantrasyonlu DBF muamelesi subterranean termiti *Coptotermes formosanus*'a karşı etkili olmuştur. Dış koşullarda kullanılacak odunun DBF ile empenyesinde çürüklük mantarı, termit tahribatı ve renklenme yapan mantarlara karşı yeterli bir koruma sağlayabileceği belirtilmiştir.

Yine Kartal vd. (2004b) tarafından yapılan çalışmada, odun yüzeylerinin akril-silikon tipi reçine emülsiyonu ve DBF karışımı ile muamele edilmesi ve bunun çürüklük ve termit dayanımına olan etkisi incelenmiştir. Yüzeyleri %2 DBF ve reçine içeren empenye maddesi çözeltisi ile muamele edilen odun örnekleri dış hava koşuluna (weathering) maruz kalmasına rağmen *Fomitopsis palustris* ve *Trametes versicolor*'a karşı dayanım göstermiştir. Akril silikon tip reçine emülsiyonu içeren %2 veya daha fazla konsantrasyonlardaki DBF ile empenye işlemi odunu dış kullanım yerlerinde hem mantar hem de termit saldırılarına karşı korumaktadır.

Yapılan bir çalışmada yeni bir kuarterner amonyum bileşiği (QAC) olan DBF ve yine bir QAC bileşiği olan ticari DDAC ile empenye edilen odun örneklerinin yıkanma karakteristikleri ve termit dayanımı belirlenmiştir. Laboratuvar yıkanma test sonuçları, empenye edilen örneklerden DBF yıkanmasının DDAC'ye göre daha az miktarda olduğunu göstermiştir. DBF'nin daha az yıkanmasının nedeninin karşılıklı floroborat iyonlarından oluştuğu; ve bu iyonların yıkanmaya ve mantar, termit saldırılarına karşı dirençli olduğu tespit edilmiştir. Ancak, DBF ve DDAC'nin termit saldırılarına karşı etkinliği arasında bir farklılık bulunmamıştır. Yıkanma sonrasında bile her iki empenye maddesinin yaklaşık 3 kg/m³'lük retensiyon miktarı odunu termit saldırılarına karşı korumada yeterlidir. DBF'nin 4 kg/m³'lük retensiyonu yıkanma sonrasında, dış ortamlardaki termitlere karşı dayanım sağlamaktadır. Ancak, DBF ve DDAC maddelerinin odun tahripçisi mantarlara karşı etkinliğini kıyaslayan bir çalışma mevcut değildir; bu nedenle söz konusu empenye maddeleri ile açık alan çalışmalarına ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (Hwang vd., 2006).

Matejuk-Zabielska ve Skrzypczak (2006), kuarterner amonyum tetrafloroborat, nitrat, propiyanat, asetat sentezleyerek odundaki mantar çürüklük dayanımını belirlemiştir. Kuarterner amonyum tetrafloroborat ve nitrat mantar çürüklüğüne karşı en iyi sonucu

vermiştir. Kuarterner amonyum tetrafloroboratın yıkanabilirliği ile DDAC'nin yıkanabilirliği hemen hemen aynı seviyede kalmıştır.

Yapılan bir diğer çalışmada bor, bakır-etanolamin ve oktanoik asidin sulu çözeltileri ile değişik birleşimlerde emprenye edilen odun örneklerinin fiksasyon ve biyolojik özelliklerini incelemiştir. Bakır fiksasyonu ENV 1250 standardına göre, çürüklük testleri ise mini-blok testine göre *Antrodia vaillantii*, *Gloeophyllum trabeum* ve *Trametes versicolor* mantarları kullanılarak; termit testleri de kuru odun termiti *Calotermes flavicollis* kullanılarak araştırılmıştır. Çözeltilere bor ilavesi bakırın yıkanmasını arttırmakta; ancak çürütücü mantar ve böcek tahribatını azaltmaktadır. Oktanoik asit ilavesi, hidrofobik etkisi nedeniyle bakır ve bor fiksasyonunu iyileştirmekte, bakıra toleranslı mantarlara karşı etkinliği ise hafifçe azaltmaktadır (Pohleven vd., 2006; Humar vd., 2007).

Su itici oleik asit, biyolojik etkili borik asit ve bağlayıcı amonyak'tan sentezlenen amonyum borat oleat (ABO)'ın Japon kriptomeryası (*Cryptomeria japonica*) ve kayın (*Fagus crenata*) odununda emprenye maddesi olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. En iyi sonuçları 1:1:4 (borik asit: amonyak: oleik asit) mol oranı olan karışım vermiştir. Çözücü olarak etanolün kullanıldığı çalışmada yıkanma deneyi sonrasında odunda %52 oranında bor kalmıştır. Her iki ağaç türü için *Coptotermes formosanus*'a karşı dayanım için eşik değerin (threshold) yaklaşık 2 kg/m^3 olduğu belirtilmiştir. Söz konusu bileşiğin daha ayrıntılı çalışmalarının yapılması ile ilerleyen yıllarda Avrupa pazarında önemli bir yere geleceği belirtilmektedir (Lyon vd., 2007c). Bu bileşiğin *Coniophora puteana* ve *Trametes versicolor* mantarına karşı etkinliği denenen en yüksek konsantrasyonda başarılı sayılmış ve zehirlilik eşik değeri belirlenmeye çalışılmış, ancak bulunamamıştır. Bununla birlikte, bu değerin $3\text{-}5 \text{ kg/m}^3$ arasında olacağı tahmin edilmektedir (Lyon vd., 2009).

Odun örnekleri 1 mol kuarterner amonyum bileşiği ve 1 mol tetrafenilborat sodyum sulu çözeltisinden sentezlenen amonyumtetrafenilborat (ATB), BBC1 ve BBC2 bileşikleriyle emprenye edilmiş, örneklerinin yıkanma deneyi sonrasında ATB'den %6,7; BBC1'den %60 civarında BBC2'den %23-35 oranında bor yıkanmıştır. Örnekler mantar çürüklüğüne karşı iyi bir koruma sağlamıştır (Li vd., 2010).

1.3.3.9. Bor Esterleri ve Diğer Bileşikler

Bor esterler genellikle borik asit ve alkollerin reaksiyonları sonrasında oluşmaktadır ve odun koruma amaçlı kullanımları 1960'lı yılların sonrasında olmuştur. Bor esterler organik çözücülerde çözünebilir ve su ile temas geçtiklerinde borik aside hidrolize olabilirler. Organik esterlere benzer şekilde hidroliz, alkoliz, transesterleşme, oksidasyon ve redüksiyon şeklinde reaksiyona girerler. Bor esterlerin odundaki uygulamaları; katı halde pasta, polar ve polar olmayan çözücüler şeklinde olmakta ve buhar halinde ise uygulama yöntemleri fırça, püskürtme, daldırma ve vakum/basınçlı emprenye şeklinde olabilmektedir. Glikol bor esterler ya da glikol boratlar yine borik asit ile gliserolün ısı altında reaksiyonu ile oluşmaktadır (Romero vd., 1995).

Dauvergne-Toussaint vd. (2000), gliserol/gloksal/borik asit karışımı ile odunda kovalent bağ yapmış veya yapmamış polimerik bir yapı oluşturarak (boranat bileşiklerinin oluşumu) borik asidin kontrollü bir şekilde yıkanmasını hedeflemişlerdir. %1 Gliserol + %1 gloksal + %0,5 BA karışımı ile emprenye edilen odunda 15 gün sonrasında başlangıç miktarına göre %23 oranında bor kaldığı; esmer çürüklük mantarına karşı iyi bir dayanım ve iyi bir boyutsal kararlılık sağlandığı bulunmuştur.

CSIRO ve GREEN kimya merkezlerinde yürütülen bir projede yıkanmayı azaltmak için odun bileşenleri ile bağ yapabilecek özel olarak oluşturulan ligandların bor ile birleştirilmesi yaklaşımı çalışılmıştır. Seçilen ligandlar basit alkollerden meydana gelen birçok bor ester formunun tersine su ile reaksiyona girince meydana gelen hidrolize karşı dirençli bileşikler oluşturma eğilimindedir. Çalışmada tetrabütilamonyumbis (salisilat) borat, $\text{NBu}_4[\text{B}(\text{sal})_2]$; tetrabütilamonyumbis (2 hidroksimetilfenolat) borat, $\text{NBu}_4[\text{B}(\text{hba})_2]$; ve C6 kompleksi ile tanımlanan emprenye maddeleri, odun örneklerinde yıkanma sonrasında sırasıyla %36, %7 ve %61 oranında bor kalmasına neden olmuştur ve biyolojik dayanımın artırılmasında büyük bir iyileşme kaydedilmiştir (Humprey vd., 2002).

Mohareb vd. (2004), sarıçam odununu altı çeşit bor ester ile muamele etmiştir. Bor esterlerinin sentezinde bitkisel yağ asidi (rikinoleik yağ, soğa yağı ve bezir yağı) gliserol ile karıştırılmış ve borik asit ile reaksiyona sokulmuştur. Yıkanma deneyi sonrasında B1 ile ifade edilen rikinoleik yağ ile hazırlanan bor esteri en iyi sonucu vermiş ve odunda başlangıç seviyesine göre %20 oranında bor kalmıştır. Ayrıca, karışım çürüklük mantarlarına karşı da dayanım sağlamıştır.

Humar vd. (2008), borik asit ve boraksı polivinilalkol (PVA) emülsiyonu ile birlikte birleştirmiş ve ENV 1250-2 standardına göre yürütülen yıkanma deneyleri sonrasında odunda kalan bor deneme varyasyonlarına göre %20-75 arasında olmuştur. En iyi sonucu %75 bor miktarıyla %1 PVA + %0,5 BX karışımı vermiştir. Ayrıca, örnekler mantar çürüklüğüne karşı iyi bir dayanım göstermiştir.

Mohareb vd. (2009), DOT ile emprenye ettikleri odun örneklerini ikinci aşamada monogliserid ve PVA ile muamele etmişler ve ENV 1250-2 standardına göre yürütülen yıkanma deneyleri sonrasında odunda %20-37 oranlarında bor kaldığını ve bu miktarın da basidiomycetes sınıfı mantarların çürütücü etkisini yok edebilecek düzeyde olduğunu belirlemişlerdir. PVA daha umut verici sonuçlar vermiştir. PVA odun liflerinde çözünmez bir film tabakası ve aynı zamanda $B(OH)_4$ iyonları ile jel oluşturmak üzere bileşikler meydana getirmektedir.

DOT + monogliserid ve DOT + PVA emprenye sistemlerinde kullanılan konsantrasyonlara bağlı olarak; ENV 1250-2 standardınca yürütülen yıkanma deneyi sonrasında odunda sırasıyla %20-31 ve %22-32 oranında bor kaldığı, ancak mantar çürüklüğüne maruz bırakılan örneklerde yaklaşık olarak %15'lik bir ağırlık kaybı elde edildiği, buna karşılık termitlere karşı odununun korunduğu belirtilmiştir. Mantarlara karşı etkinliğin tam sağlanamamasının, borun fiksasyonu nedeniyle olduğu belirtilmiştir. Bilindiği gibi borun biyolojik etkinliği tetrahidroksi borat iyonlarının odun içinde serbest olmasından kaynaklanmaktadır (Mohareb vd., 2010a, b).

1.3.3.10. Protein Boratlar

Yıkanmanın engellenmesinde, borun tanen bileşikleri ve hayvansal proteinler gibi toksik olmayan emprenye maddeleri ile koagülasyon, oto-kondenzasyon ya da diğer kimyasal reaksiyonlar yardımıyla fiksasyonu hedeflenmiştir. Protein boratlar, protein zincirindeki bazı -NH-CO- grupları ile borik asidin tuzlar oluşturması sırasında meydana gelmekte ve odun içinde proteinin ısı ile jelleşmesi sonucu kısmi olarak fiksasyon oluşmaktadır. Isı etkisiyle oluşan jelleşme sonucu ürün yıkanmaz hale gelmektedir (Ratajczak ve Mazela, 2007).

Thevenon vd. (1997), sarıçam odunu örneklerini albümin + borik asit, albüminborat ve soya proteini + borik asit ile emprenye etmişler ve 5 günlük yıkanma deneyi sonrasında albümin + borik asit karışımıyla emprenye edilen odunda %47; albüminborat ile emprenye

edilen odunda %35 ve soya proteini + borik asit ile emprenyeli odunda %34 oranında bor kaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca, mantar çürüklük testlerinde de yıkanmış örneklerde çok iyi sonuçlar alınmıştır. Borik asit albümin ya da diğer proteinler ile tuz formu oluşturarak odun içinde kısmi olarak fikse olabilmekte; bu durumda protein boratlar uzun süreli koruma sağlayabilen, geniş spektrumlu, toprakla temas edebilen, çevreye ve insanlara karşı zararsız emprenye maddeleri olarak sentezlenebilmektedir.

Thevenon vd. (1998a), sarıçam örneklerini %5 borik asit ve %1 albümin çözeltisiyle emprenye etmişler ve örneklerin beyaz, esmer çürüklük mantarları ile termit saldırısına karşı iyi bir dayanım sergilediğini tespit etmişlerdir. Bunun devamı niteliğindeki diğer bir çalışmada Thevenon vd. (1998b), yumurta albüminini, borik asitle birlikte kullanmışlar ve odun örneklerinin emprenyesinden sonra gerçekleştirilen 5 günlük yıkanma deneylerinde odunda %47 oranında bor kaldığını ve örneklerin mantar çürüklüğüne karşı iyi bir biyolojik dayanım sergilediğini bulunmuşlardır. Yumurta albümini sıcaklık etkisiyle odun içinde yıkanmaz polimerik bir ağ oluşturmaktadır. Yumurta albümini ve borik asidin odundaki fiksasyonu hem odun içinde asit bazlı tuz oluşumuyla hem de borik asit/albümin kompleksleri ile açıklanabilir. Thevenon vd. (1998c), yine sarıçam odununu; borik asit + tanen + yumurta albümi (1); borik asit + tanen + kollojen (2); borik asit + tanen (3) çözeltileriyle emprenye etmiş ve 5 günlük yıkanma deneyi sonrasında odunda sırasıyla %37, %31 ve %11 oranında borik asit kaldığını ve 3 nolu çözelti ile emprenye edilen yıkanmış örnekler hariç diğer varyasyonlarda mantar çürüklüğüne karşı çok iyi dayanım sergilendiğini (ağırlık kaybı < %3) bulmuşlardır. Bu çalışmada tanen ve protein borik asidin odun içine fiksasyonunu sağlamış ve borun odundan yıkanmasını geciktirmiştir.

Thevenon vd. (1999), odun örneklerini borik asit ile ovalbümin, soya unu, kazein ve kolajen karışımı ile emprenye edip, ardından proteinin denatürasyonu için ısı uygulaması yapmışlardır. Yıkanma deneyi sonrasında albümin borat, soya borat, kazein borat, kolajen borat ile emprenyeli odun örneklerinde sırasıyla yaklaşık %50, %40, %30 ve %10 oranında bor kaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, yıkanan örnekler mantar çürüklüğüne karşı çok iyi dayanım sağlanmıştır. Jelleşme ve su iticilik için protein boratlara tanen katılması durumunda yine en iyi sonucu albümin ve kolajen vermiştir. Burada, tanenler kolajen ile reaksiyona girmekte ve amino asitler ile hidrofobik bağlanma oluşturmaktadır. Ancak, bu sistem ekonomik değildir.

Thevenon ve Pizzi (2003), albümin kazein boratlarının değişik pH'lardaki odunla bağlanma durumunu araştırmışlardır. Proteinler borik asitle tuz ve kompleksler

oluşturmaktadır. Hafif asidik pH'larda (4,85) borik asit ve proteinler arasındaki kovalent bağlar daha fazla oluşur. Alkalin pH derecelerinde iyonik etkileşimle daha kolay hidrolize olabilir. 4,85 pH ve 70°C'de proteinin denatürasyonu, çözünmez ve rijit protein koagülasyonu oluşturur, bu da boru odun içinde tutar. 4 yıllık arazi testlerinde albümin borat ile emprenyeli odun, odun tahripçisi organizmalara karşı korunmuştur.

Yapılan bir çalışmada, yıkanmayı azalttığı bilinen protein borat emprenye maddelerinin sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kavak (*Populus tremula* L.) odunlarında geçme derinliği (penetrasyon) ve tutunma özellikleri (retensiyon) incelenmiştir. Kavak odununun sarıçamdan daha kolay emprenye edilebildiği ve çam odunun basınç-vakum sistemiyle emprenye edilmesi durumunda çözelti içerisindeki proteinin borik asidin absorpsiyonunu %50 oranında azalttığı belirlenmiştir (Mazela vd., 2007).

Bakır sülfat ve sodyum borat içerikli emprenye maddesine fiksasyon ajanı olarak 3 soya proteini (Arpro 2100, HM 90, ve Supro 760) katılmış ve çözeltinin etkinliği toprak-blok testiyle incelenmiştir. 6 kg/m³'den daha fazla bakır sülfat ve 7,5 kg/m³ soya ürünü ile emprenye edilen örnekler 3 saat yıkama deneyine tabi tutulmuş ve *Gloeophyllum trabeum* mantarının çürüklüğüne maruz bırakılmıştır. 12 hafta boyunca örneklerde sadece %0,5'lik bir ağırlık kaybı olmuştur. Ancak bakıra toleranslı bir mantar olan *Postia placenta* mantarına maruz bırakılan örneklerin 40 kg/m³ CuSO₄ ve 50 kg/m³ soya proteini ile emprenye edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada, amonyak/bakır/bor (ACB) ile soya proteinlerinin birlikte kullanılabilmesi; bakırın fiksasyonunun artacağı; borun odundan yıkanması sonrasında bile emprenye edilen odunun hizmet ömrünün artacağı belirtilmektedir (Yang vd., 2006).

Mazela vd. (2005), sarıçam odununu solutein, albümin ve kazein ve borik asitle birlikte emprenye etmiş ve ardından proteinin denatürasyonu için ısı uygulamasının yanı sıra tannik asit muamelesine maruz bırakmıştır. Bor yıkanmasının engellenmesinde tannik asidin en iyi sonucu verdiği, neredeyse %90 civarında odunda bor kaldığı belirlenmiştir.

Ratajczak ve Mazela (2007) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, sarıçam odunundan izole edilen selüloz, lignin ve odun tozlarının bor retensiyonları hayvansal ve bitkisel proteinler kullanılarak incelenmiştir. Muamele sonrasında proteinlerin denatürasyonu ve bor ile fiksasyonu için örnekler hava şartlarında bekletme, kurutma ve tannik asit muamelesine maruz bırakılmış ve yıkanma sonrasında selüloz ve odun tozlarına fiksasyonu sağlayan en iyi yöntemin tannik asit muamelesi olduğu bulunmuştur. Proteinler selüloz ve odun tozları ile daha iyi reaksiyon vermektedir. Soya proteini ve tannik asit

muamelesi ile odunda %55 civarında bor kalmıştır. Protein denatürasyon yönteminin bor retensiyon miktarında kritik bir rol oynadığı, ayrıca reaksiyon çözeltisindeki protein tipinin de bor retensiyonunda önemli bir etkisi olduğu belirtilmiştir.

Ahn vd. (2008), organik bir atık olan okaranın (OK) protein içeriğini borla ve bakır, çinko gibi ağır metallere, suya dayanıklı birleşimler oluşturmak amacıyla kullanmıştır. Çalışmada sarıçam odununu boraks + okara + bakır klorür karışımı ile emprenye etmişler ve odunların gerek sıcak ortamda gerek oda sıcaklığında gerçekleştirilen yıkanma testlerinde başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Çözeltideki asit konsantrasyonuna bağlı olarak 25°C'deki yıkanma oranları %5-7 arasında; 80°C'deki yıkanma ise %4-7 arasında olmuştur. Mantar çürüklüğüne karşı da çok iyi dayanım özellikleri sağlanmıştır (ağırlık kaybı < %3). Ahn vd. (2010), okaranın hidrolizi sürecindeki ısı, basınç, korozif etkiyi engellemek amacıyla enzimatik olarak hidrolizlenmiş okara + boraks + bakır klorit karışımı ile odun örneklerini emprenye etmiş ve 70°C'deki yıkanma deneyinde borun yıkanabilirliği yaklaşık %9 civarında olmuştur. SEM ve SEM-EDX analizlerinde, OK-CC-B ile emprenyeli yıkanmış örneklerde hücre lümenlerinde birleşim olduğu ve bu birleşimlerin yıkanmayı engellediği ve biyolojik dayanımı arttırdığı bulunmuştur.

1.3.3.11. Tanenli Kondenzasyon Sistemleri

Tanenlerin düşük zehirlilik özellikleri onların tek başına bir emprenye maddesi olarak kullanımını engellemektedir. Ancak, iyi tutucu özellikleri nedeniyle biyositlerin odunda fiksasyonunu sağlamaya yardımcı olmaktadır (Obanda vd., 2008).

Thevenon vd. (2009); heksamin, tanen ve borik asidin çapraz bağlanma sistemleri ile borik asidin odun içine birleşim oluşturmasını ve böylece borun odundan yıkanmasının engellenmesini ve mantar çürüklüğüne karşı dayanım, ayrıca su iticilik sağlanmasını hedeflemiştir. Çalışmada ayrıca tanen + heksamin + borik asit ile muamele edilen odun örnekleri tekrar sıcak ayçiçek yağı ile muamele edilmişlerdir. Bu sistemler borun odundan yıkanmasını yavaşlatmıştır. Yıkanma deneyi sonrasında tanen + heksamin + borik asit muamelesi ile tanen + heksamin + borik asit + ayçiçek yağı EN 113 testine göre %3'den daha az ağırlık kaybı vererek başarılı görülmüştür.

Thevenon vd. (2010), odun örneklerini değişik oranlardaki tanen + heksamin + borik asit ile hazırlanan çözeltiler ile emprenye etmiş ve mantar çürüklüğüne karşı yıkanmış

örneklerde iyi bir dayanım gözlemlenmiştir. Hidrofobik tanen + heksammin sisteminin borun yıkanmasını önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir.

1.3.3.12. Yerinde Polimerleşme

Borun odundan yıkanmasının azaltılması amacıyla yapılan çalışmalardan bir diğeri de monomer ve polimer sistemleri kullanılarak suyun oduna girişinin engellenmesi teorisine dayanmaktadır. Odunun hücre çeperinde polimerleşme sağlanmasıyla çeper maksimum genişleyeceği noktaya kadar genişletilir ve böylece odunun boyutsal kararlılığı sağlanır.

Yalınkılıç vd. (1998c), odun örneklerini borik asitle emprenyeyi takiben vinil monomerler (stiren ve metilmetakrilat) ile muamele etmiştir. Borun yıkanması polimerleşme nedeniyle beş kat daha azaltılmıştır, ancak iyi bir etkinlik için yüksek miktarda monomer gerekmektedir. Bu miktarı azaltmak için Yalınkılıç vd. (1999d), odunu %1 borik asitle emprenyesini takiben, vinil monomerler (ST ve MMA) ile muamele etmişler, ardından polimerleşme için sıcak pres altında odunu sıkıştırmışlardır. Elde edilen son ürünün (sıkıştırılmış-odun polimer kompozitinin) yüksek boyutsal kararlılığı rapor edilmiştir. Bor yıkanması ise, odun polimer kompozitine göre oldukça düşük bulunmuştur. Borik asit ve (ST + MMA) kullanılması durumunda bor yıkanması %64 iken; aynı şekilde emprenye edilip sıkıştırılan odunda bu oran %40-60 arasında; borik asit ve metil metakrilat kullanılması durumunda yıkanma %73, sıkıştırılan odunda %57-70; borik asit ve stiren kullanılması durumunda bor yıkanması %45, sıkıştırılması durumunda %42-62 arasında olmuştur. Vinil monomerler hücre çeperinde kimyasal bağlanma oluşturmuş ve bor hücre çeperinde tutulmuştur, böylece borun yıkanması kısmi olarak engellenmiştir. Sıkıştırma ile hücre boşlukları azaltılmakta, ayrıca 60-90°C'deki sıkıştırma işlemi odunun direnç ve estetik görünümünü de bozmamaktadır (Yalınkılıç vd., 1998c).

Cui ve Kandem (1999), borik asit, polietilen glikol (PEG-400) ve izosiyanat (MDI) ile sentezlenen bir bileşiği odunla emprenye etmiş ve yıkanma deneyi sonrasında çok az bor yıkanması gözlemlenmiştir. Ayrıca, örneklerde toprak blok testi sonrasında kalan bor miktarı %95 olmuştur. Bor PEG ile oduna fikse olmuş, ardından MDI ile bağ oluşturmuştur. Bilindiği gibi izosiyanat grupları odunla sağlam bağlar oluşturmaktadır. Ayrıca, %0,79 BAE retensiyonu esmer çürüklük mantarlarına karşı odunu çok iyi derecede korumuştur.

Ozaki vd. (2001), furfurol alkol (FA) ve formaldehitin ko-polimerizasyonu ya da furfurol alkolün homopolimerizasyonu ile furfurol alkol reçinesi (FFA) hazırlamışlardır. Borik asit, amonyum borat ve amonyum biborat bileşikleri bu çözeltiyle karıştırılmış ve on günlük yıkanma deneyleri sonrasında borik asitle birlikte kullanılan FFA'den yüksek oranda bor yıkandığı gözlenmiş; ancak amonyum borat ve amonyumbiborat bileşiminden çok az oranda (%19-34) bor yıkandığı belirlenmiştir. İyon kromatografisi (IC) analizleri amonyum biborat ve amonyum boratın FFA ile karıştırılmasıyla uzun vadede borun fikse olamayacağını, ancak borun zaman içinde yıkanmasının azaltılabileceğini göstermiştir. Bu bileşimler ayrıca termitlere karşı dayanım özelliği sergilemiştir.

Diğer bir çalışmada, furfurol alkol ve borik asit emprenye öncesinde değişik oranlarda karıştırılmıştır. Sadece borik kullanıldığında, yıkama işlemi sonrasında borun odunda tamamen yıkandığı gözlenmiştir. Ancak, furfurol alkol ve borat karışımı kullanıldığında yıkanma sadece %3,42 oranında olmuştur. Furfurol alkol Japon kriptomeryası (*Cryptomeria japonica*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarının her ikisinde de yaklaşık %85'lik bir daralmayı önleyici etkinlik sağlamıştır. Borik asit kullanıldığında yıkanma testinin ilk periyotlarında bor içeriğinin büyük bir kısmı kaybedilmekte ve en yüksek yıkanma oranı ilk yıkama döngüsünde gözlenmektedir. Furfurol alkol odunda çapraz bağlanma oluşturmaktadır. Odunda borun çapraz bağlanmasıyla fiksasyon sağlanmış, ancak borun tam olarak fikse olmadığı rapor edilmiştir, zaten biyolojik etkinlik için bor iyonlarının birleşik oluşturmadan hareket edebilir olması gerekmektedir (Baysal vd., 2004).

Kartal vd. (2004c) borun odundan yıkanmasının azaltılması için DOT bileşimini alil glisedil eter (AGE) ve MMA ile birlikte kullanmış ve DOT + MMA + AGE ile işlem gören odunda %43-50 oranında; DOT + MMA ile işlem gören odunda %20 oranında bor kaldığını bulmuşlardır. Ayrıca, örneklerde su alım oranı azaltılmış ve boyutsal kararlılık artmıştır. Yıkanmış örnekler yine higroskopisiteyi azaltmış, böylece misellerin odun içine girmesini ve büyümesini engelleyerek mantar çürüklüğüne karşı iyi bir biyolojik dayanım sağlanmıştır.

1.3.3.13. Bor - Silikat Bileşikleri

Silikat ve diğer biyositlerin bileşimiyle gerçekleştirilen uygulamalar odun modifikasyonu içinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Çözünbilir alkali metal silikatlar,

borun odundan yıkanmasını azaltmak amacıyla birçok çalışmada kullanılmıştır (Obanda vd., 2008).

Furuno ve Imamura (1998), odun örneklerini sodyum silikat (su camı) ve beş çeşit bor bileşiği ile iki kez birbiri ardından gelecek şekilde empenye etmişlerdir. Yıkanma deneyi sonrasında çürüklük ve termit saldırılarına karşı iyi bir biyolojik dayanım elde edilmiştir. Çalışmada, silikat minerallerinin ya da silikat/bor tuzları karışımının oluştuğu ve bunların odun içine fikse olduğu belirtilmiştir. Bu şekilde yapılan bir işlemin oduna yüksek başarımlı özellikleri kazandırdığı belirtilmiştir.

Odunun silikat ve borik asit bileşimiyle muamele edilmesi sonucu mantar ve termit saldırılarına karşı çok iyi bir biyolojik dayanım elde edilmiştir. Çalışmada ayrıca selüloz asetat film tabakasında üretim şartlarına göre, %39-84 arasında bor yıkanması belirlenmiştir. Bileşime hidroksipropilselüloz (HPC) katılmasıyla bor ayrılmasının daha az olduğu (%39-55) gözlenmiştir (Böttcher vd., 1999).

Yamaguchi (2003a), düşük molekül ağırlıklı silisik asit (CSAS) ve borik asitle birleştirdiği çözeltinin örnekler yüksek su itici etkinlik sağladığını ve bu şekilde empenye edilen odun örneklerinin 3 yıllık arazi testlerinde hiçbir bozunma göstermeden başlangıçtaki biçimini koruduğunu belirlemiştir. Ayrıca, yanmayı geciktirici etkinlikle birlikte duman oluşumunun ve kömürleşme süresinin azalması sağlanmıştır. Kullanılan bor miktarı arttıkça yanma gözlenmemiştir.

Yamaguchi (2003b), odun örneklerini değişik konsantrasyonlarda hazırlanan bir dizi borik asit/koloidal silisik asit çözeltisi (CSAS) ve borik asit/silisik asit monomer çözeltisi (SAMS) ile empenye etmiş ve bunların çürüklük ve termit dayanımı ile yanmaya karşı etkinliğini belirlemiştir. Yıkanmış örneklerde mantar çürüklüğüne karşı çok iyi bir biyolojik dayanım elde edilmiştir. CSAS + borik asit ile empenye edilen örnekler yanma süresini önemli ölçüde azaltmış ve üç yıl açık alanda bekletilen örneklerde herhangi bir tahribat gözlenmemiştir. Silisik asit + borik asit karışımı potansiyel bir empenye maddesi olarak değerlendirilmiştir.

Kavak (*Populus tomentosa*) odununun özelliklerini iyileştirmek için üre formaldehit (ÜF) reçinesine nano-SiO₂, birleştirici ajanlar ve yanmayı geciktirici maddeler katılarak beş farklı bileşim elde edilmiş ve bu bileşimler ile odunun empenyesi sonrasında ısı uygulanarak ÜF-SiO₂-odun kompozitleri hazırlanmıştır. Daralmayı önleyici etkinlik, su alma, oksijen indeksi ve sertlik özellikleri incelenmiştir. Tüm denemelerde kavak odununun su alması azaltılmış, yanma ve sertlik özellikleri iyileştirilmiştir. ÜF-C-SiO₂-polimer

denemesi boyutsal kararlılığı arttırmıştır. Tüm testler sonrasında en iyi sonucu yangın geciktirici madde ile nano-SiO₂ bileşiminin verdiği gözlenmiştir (Jinshu vd., 2007).

Kartal vd. (2007c) sodyum borat ve DOT ile emprenye edilen odundan borun yıkanmasını azaltmak için ticari bir silikon emülsiyonu uygulamışlardır. Sodyum borat ile 4, 8 ve 12 kg/m³ retensiyon değeri verecek şekilde emprenye edilen odun örnekleri silikon emülsiyonuna batırılmış ve 105°C’de 24 saat kurutulmuştur. 2. deneme de, DOT ile %1 ve % 1,5 konsantrasyonlarda emprenye edilen odun örnekleri, silikon emülsiyonu ile yüzeysel bir işlem görmüştür. Yıkanma deneyleri sonrasında sodyum borat ve silikon emülsiyonu ile emprenye edilen odunda 1 kg/m³ retensiyon değeri kaldığı ve bunun da konsantrasyona bağlı olarak başlangıç miktarının %10-30’u olduğu; sadece sodyum borat ile emprenye edilen örneklerde ise neredeyse borun tamamen yıkandığı ve biyolojik dayanım testlerinde daha kötü bir başarımla gösterdiği; DOT muamelesinde konsantrasyon değerlerine bağlı olarak başlangıç miktarının yaklaşık %15-25’i kadar bor kaldığı ve bu bileşiğin odunun su alma oranını azalttığı bulunmuştur. DOT + silikon emprenyeli odunun ise sodyum borat muamelesiyle kıyaslandığında yıkanma sonrasında neredeyse hiç bozunmadığı tespit edilmiştir. Termit testlerinde bütün gruplarda ağırlık kayıpları fazla olmuş, ancak silikon yıkanma sonrasındaki ağırlık kayıplarını azaltmıştır. Sonuç olarak, silikon ile hücre çeperinin reaksiyon vermesi ile borun yıkanmasını azaltabilecek çalışmalar yapılabileceği; bu konuda oluşabilecek bağların belirlenmesine, yıkanma deneylerine ve açık alan testlerine ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir.

Kartal vd. (2009a), odun örneklerini borik asit ve iki çeşit silikon bazlı maddenin (tetraetoksisilan ve metiltrioksisilan) birleşimiyle ve bunların her biriyle ayrı ayrı emprenye etmişler; yıkanma deneyi sonrasında odunda her iki yöntemde yaklaşık olarak %40 civarında bor kaldığını bulmuşlardır. Emprenye edilen örneklerde yıkanma sonrasında 2,5 kg/m³ bor kaldığı ve bunun da mantarlara, termitlere karşı odunu mükemmel ölçüde koruduğu belirtilmiştir.

Terziev vd. (2009), tetraetoksisilan (TEOS), feniltrioksisilan (PhTES) ve metiltrioksisilan (MTES) ile borik asidi birleştirerek yıkanma ve biyolojik dayanımda meydana gelebilecek olası birlikteli (sinerjik) etkiyi incelemiştir. PhTES + borik asit birleşimi borun yıkanmasını geciktirmede/engellemede en iyi bileşimdir. Bor-silikon bileşimi %5’den daha az ağırlık kaybı vermiştir.

1.3.3.14. Isıl İşleme Birleşim

Odunun borla muamelesinin ısıl işleme birleştirilmesi yoluyla yıkanmayı azaltmaya yönelik yaklaşımlar denenmiştir.

Kartal (2006b) tarafından yapılan çalışmada, DOT ve BA ile emprenye edilen Japon kriptomeryası (*Cryptomeria japonica* D. Don) diri odun örnekleri 180 ve 220°C'de ilave bir ısıl işleme tabi tutularak çürüklük ve termit dayanımı belirlenmiştir. Çalışmada 10 yıkama döngüsü sonrasında odundaki borun neredeyse tamamının yıkandığı; ısıl işlemin yıkanma üzerinde bir etkisi olmadığı; ancak, ısıl işlem uygulanan örneklerin daha iyi bir çürüme ve termit dayanımı verdiği belirlenmiştir. Sadece ısıl işleme tabi tutulan odun örnekleri daha az su absorbe etmiştir. Bu azalma sıcaklığın ve sürenin artmasıyla artmıştır. Borla emprenye edildikten sonra ısıl işleme tabi tutulan odun örneklerinin, BA ve DOT'un higroskopik özellikleri nedeniyle su absorpsiyonu kontrol örneklerinden daha fazla olmuştur (Kartal vd., 2007b). Aynı örneklerin kimyasal ve mekanik özelliklerinin incelendiği bir başka çalışmada (Kartal vd., 2008), odun karbonhidratlarının önemli ölçüde bozunduğu; dirençteki azalmalar ile hemiselüloz kayıpları arasında doğrudan bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Hemiselüloz oranı azaldıkça eğilme direnci azalmaktadır. Sadece ısıl işlem uygulanan örneklerin elastikiyet modülündeki azalma ile BA ve DOT ile emprenye edilip ısıl işlem uygulanan örneklerin elastikiyet modülündeki azalma arasında çok büyük bir farklılık gözlenmemiştir. Ancak 220°C'deki sıcaklık uygulaması 180°C'deki sıcaklık uygulamasından daha fazla direnç azalması vermiştir. 220°C'de işlem gören örneklerin hemen hepsinde elastikiyet modülü %100 azalmıştır.

1.3.3.15. Bor Buharı ile Muameleler

Odun kompozitlerinin ve masif odunun bor buharı muamelesi denilince çoğu kez trimetil borat (TMB) ile yapılan işlemler akla gelmektedir. TMB'in çok az miktarda kullanılmasıyla bile odunda boyutsal kararlılık sağlanmakta, ancak çok pahalı olan bu kimyasal ile çalışma güçlüğüne olması kullanımını sınırlandırmaktadır (Obanda vd. 2008). TMB'in odun ve levhadaki kullanımları Romero vd. (1995) tarafından ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Meder vd. (1999), Bor-11 nükleer manyetik rezonans görüntüleme ve spektroskopisi cihazlarını TMB ile emprenye edilen radiata çam odununda bor bileşiklerinin dağılımını ve

yapısını karakterize etmek için kullanmışlardır. Emprenyeden bir gün sonra ¹¹B manyetik rezonans görüntüleme mikroskobu bor türlerinin morfolojik dağılımında önemli farklılıklar göstermiştir. ¹¹B MAS NMR spektroskopisinde borik asidin yaz odununda, TBM ve borik asidin ilkbahar odununda bulunduğunu gösterilmiştir. Çalışmada TBM'in radiata çamı yaz odununda borik asit oluşturmak için çok hızlı bir biçimde hidrolize olduğu bildirilmiştir.

Tsunoda (2001), Japon kriptomeryası (*Cryptomeria japonica*) diri odunu ve iki farklı tutkal kullanılarak üretilen yongalevha, etiket yongalevha, orta yoğunluklu liflevha ve kontrplak örneklerini TBM buharına maruz bırakarak muamele etmiş ve yaklaşık olarak %0,55 BAE'nin mantar ve termit saldırılarına karşı çok iyi bir dayanım sergilediğini bulmuştur. Ancak, yanmaya karşı iyi bir dayanım için en az %10 BAE'nin gerekli olduğu belirtilmiştir. Yine TBM'in kompozitlerde kullanımı Barnes vd. (2002) ve Barnes ve Murphy (2006) tarafından araştırılmıştır.

Yapılan bir başka çalışmada bor buharı muamelesi 180 ve 200°C gibi yüksek sıcaklıklarda 6, 8 ve 15 dakika boyunca odunun mekanik olarak sıkıştırılması (densification) esnasında uygulanmıştır. %4,7'lik borik asit buharının 180°C'de 8 dakikalık mekanik sıkıştırma esnasında uygulanmasıyla, bor bileşiği kararlı oksit forma dönüşmüştür. Kapalı sistemde mekanik sıkıştırma olmaksızın gerçekleştirilen boraks buhar muamelesi ile bor yıkanmaya dayanıklı formlara dönüşmüş ve odunda borun iyonik halde kalması sağlanmıştır. Bor buharı işlemi, emprenyesi zor türler ve öz odunun muamelesinde başarılı bir işlem olarak gözükmektedir (Baysal ve Yalınkılıç, 2005a). Borik asitle emprenye edilen odunun 171-200°C'de buhar ile sıkıştırmaya tabi tutulması, borun odundaki kimyasal değişimi nedeniyle yıkanmayı azaltabilmektedir (Yalınkılıç vd.,1999e).

1.3.3.16. Diğer Bileşimlerde Bor Kullanımı

Borlu bileşiklerin yıkanma sorunu ve dolayısıyla dış koşullarda kullanılamaması, onların diğer emprenye madde bileşimlerine ilave bir katkı maddesi ya da biyosit olarak katılmasını beraberinde getirmiştir. Özellikle bakıra toleranslı mantarlara karşı etkinlik sağlanması için bakır bazlı emprenye maddelerine biyosit olarak borlu bileşik ile ilave edilmektedir. Örneğin CCB, CCA'ya alternatif olarak geliştirilen emprenye maddelerindedir. Ayrıca, borlu bileşiklerin küflenme ve yumuşak çürüklük mantarlarına karşı tam olarak etkili olamamaları nedeniyle, borlu bileşiklerin bu tür organizmalara karşı diğer biyositlerle birlikte kullanılmaları gerekmektedir (Obanda vd., 2008).

Salamah ve Ani (1995), %6 konsantrasyonda CCB ile emprenyeye ettikleri odunu 6 yıl boyunca arazi testine maruz bırakmışlar; test süresinin sonunda borun odundan kolaylıkla yıkandığını, bakır ve kromun yıkanma etkisinin daha az olduğunu ve ayrıca CCB'nin CCA'ya göre yıkanma eğiliminin daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir.

Humar vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, yıkama işlemine tabi tutulan ve tutulmayan CCB ile emprenyeli örneklerdeki borun bakıra toleranslı ve bakıra duyarlı esmer çürüklük mantarlarına karşı etkisi incelenmiştir. Testler EN 113'e göre birçok esmer çürüklük mantarı (*Antrodia vaillantii*, *Leucogyrophana pinastri*, *Gloeophyllum trabeum*, *Poria monticola*) kullanılarak yapılmıştır. CCB ile emprenyeye edilen örneklerden borun yıkanması bu örnekleri bakıra toleranslı mantarların saldırılarına karşı daha hassas hale getirmektedir, ancak bakıra duyarlı mantarlar için böyle bir durum söz konusu olmamaktadır. Buna ilaveten, EPR spektroskopisinde bakıra toleranslı mantarlara (*A. vaillantii* ve *L. pinastri*) ve bakıra duyarlı *P. monticola* mantarına maruz bırakılan örneklerde zehirli olmayan bakır oksalat bulunmuştur. Ancak bu durum, yine bakıra duyarlı bir mantar olan *G. trabeum*'da söz konusu değildir. Yıkama işlemine tabi tutulmayan örneklerdeki bu durumun, bakıra toleranslı mantarlara maruz bırakılmaları sırasında, borun mantar büyümesini ve gelişimini engellemesi nedeniyle meydana geldiğine inanılmaktadır.

Temiz vd. (2004) bakır ve bor bileşiklerini (Bakır 2 sülfat-5 hidro + floroborik asit) ve (Bakır 2 sülfat-5 hidro + floroborik asit + borik asit) birleştirmiş ve bunların yıkanma ve çürüklük üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Sonuçta, floroborik asit odunda bakır fiksasyonuna yardımcı olmamış ve bakır yıkanması yüksek oranlarda devam etmiştir.

Yapılan bir çalışmada, radiata çamı diri odun örnekleri bor bazlı emprenyeye maddeleri ile emprenyeye edilmiş ve beş odun tahripçisi mantarın (*Fomitopsis lilacino-gilva*, *Coniophora olivacea*, *Gloeophyllum abietinum* (bora dirençli), *Serpula lacrymans* ve *Perenniporia tephropora*) saldırısına maruz bırakılmıştır. Ayrıca, fenilpirazol termisit (fipronil) biyolojik etkinliğin incelenmesi için birleşime katılmıştır. Ham bezir yağı, sıvı vaks, terebent ve trimetilborat bileşimleri çürüklüğü engellemiş; fipronil muamelesi fungusit özellikleri değiştirmemiştir. Fipronilin tek başına kullanımı herhangi bir fungusit etki göstermemiştir (Przewloka vd., 2006).

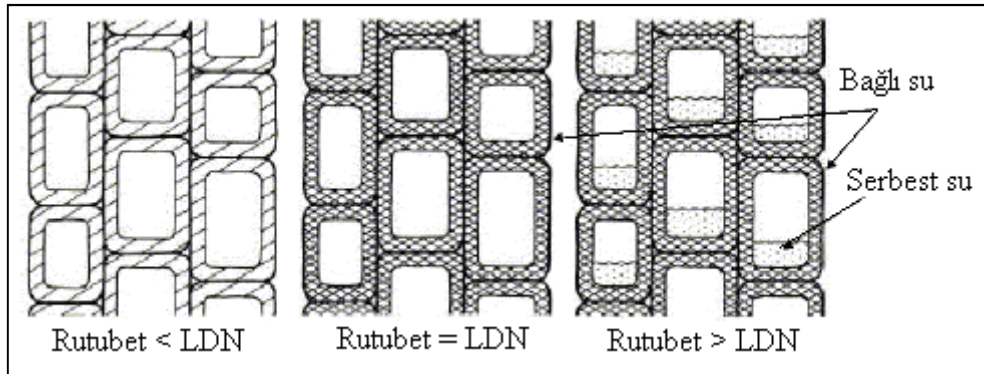
Clausen ve Yang (2007), bor içeren çok bileşenli bazlı biyosit sistemlerin odunu çürüklük mantarlarına, küf mantarlarına ve termitlere karşı koruduğunu belirlemişlerdir.

Ayrıca, bor ve vorikonazol arasındaki sinerjik etkinin küflenmeyi engellediği ortaya çıkmıştır.

1.4. Odun Su İlişkilerini ve Su Alımını Azaltmayı Sağlayan Yöntemler

1.4.1. Odun Su İlişkileri ve Odunun Çalışması

Geniş ölçüde gözenekli yapıya sahip olan odun, bu özelliği ile bünyesinde su tutabilmektedir. Su odundaki bu gözenekli yapı içinde, serbest su, bağlı su ve su buharı olmak üzere üç şekilde bulunmaktadır. Şekil 2’de de gösterildiği gibi hücre boşluğu ya da lümeninde tutulan su “serbest su”; hücre çeperi içinde fibriller ve miseller arası boşluklarda tutulan su ise “bağlı su” olarak adlandırılmaktadır (Örs, 1986; Yıldız, 1988). Su buharı ise, hücre lümeni ve hücre çeperindeki boşluklarda yer almaktadır (Koski, 2008).



Şekil 2. Odundaki rutubet değişimi (Koski, 2008).

Hücre çeper polimerleri, hidrojen bağlarıyla rutubeti çeken hidroksil grupları ve diğer oksijen içeren gruplardan oluştuğundan, odun rutubetinin değişmesiyle boyutlarını değiştirir. Taze halde oldukça fazla miktarda su ihtiva eden odun, kurumaya bırakıldığında, bünyesinden öncelikle serbest su buharlaşmaktadır. Odunda serbest suyun tamamen buharlaştığı ve sadece hücre çeperi içerisindeki bağlı suyun bulunduğu duruma odunun “lif doygunluk noktası” (LDN) denilmekte ve bu noktadaki ortalama rutubet derecesi %28 olarak kabul edilmektedir. Odun %0 rutubet derecesi, yani tam kuru hal ile lif doygunluk noktası adı verilen %28 rutubet derecesi arasında, bünyesine su alarak genişleyebilmekte

veya bünyesinden su vererek daralabilmektedir. Boyutlarda ve hacimde meydana gelen bu daralma ve genişlemeye “odunun çalması” denilmektedir (Berkel, 1970).

Selüloz, hemiselüloz ve ligninin su sorpsiyon miktarları farklıdır. Hemiselüloz selülozdan, selüloz da ligninden daha higroskopiktir (Rowell ve Rowell, 1988). Hücre çeperinin ultramikroskopik yapısında mikrofibrillerin kristal ve amorf kısımları vardır. Kristal kısımlarda bitişik selüloz moleküllerinin serbest hidroksil (OH) grupları karşılıklı ya da enine bağlanmış durumdadır. Bu nedenle kristal bölge içinde su tutacak herhangi bir kısım bulunmamaktadır. Amorf kısımlardaki hidroksil grupları ise su adsorpsiyonu için uygundur (Bozkurt ve Erdin, 1997). Odunun su alarak şişmesi, suyun boşluklardan içeri girip kristal ve amorf bölgelerdeki serbest OH gruplarını etkileyerek monomoleküler tabakalar oluşturması ve daha sonra mikrofibriller arasındaki boşlukları genişletmesi sonucu meydana gelir (Berkel, 1970).

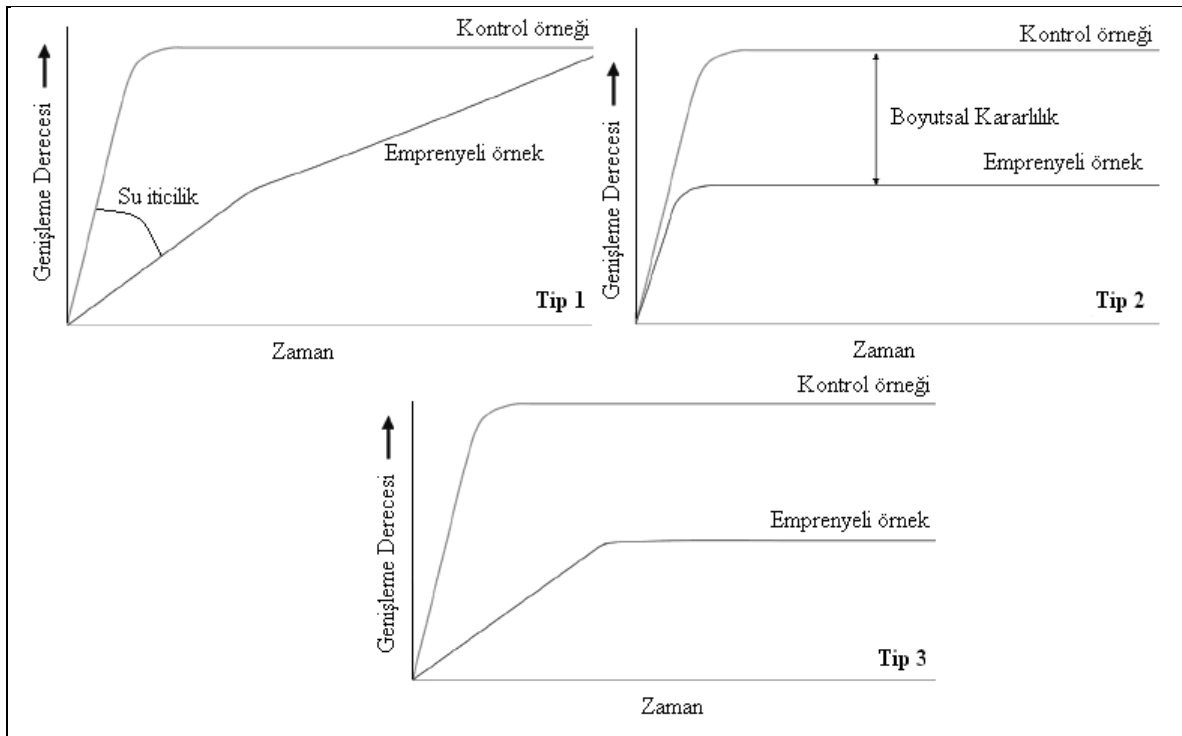
Odunun su miktarı belirli sınırlar arasında direnç özellikleri, elastikiyet modülü, sertlik, eskime direnci, işleme kabiliyeti, ısı değeri, termik iletkenlik, selüloz randımanı ve kalitesi ile odunun çürümeye karşı dayanıklılığı üzerinde etkili olmaktadır. Su miktarı kurutma, emprenye, cilalama ve bükme işlemlerinde de önemlidir (Örs, 1986; Bozkurt ve Göker, 1996). Odun tahripçisi mantarların odundaki tahribatı özellikle LDN (%26-32) üstündeki rutubet derecelerinde olmaktadır. Bu rutubet miktarı taze haldeki odunda ya da doğrudan suya maruz kalma ile meydana gelebilmektedir. Mantar saldırılarına karşı, odunu LDN altındaki rutubet derecelerinde tutmak ve malzemede kullanım yerine uygun tedbirleri almak gerekir. Eğer uygun rutubet dereceleri sağlanamıyor ise, yüzey kaplayıcılar ya da su itici maddeler ile emprenye etmek gerekli olacaktır (Koski, 2008).

1.4.2. Odunun Su Alımını Azaltmayı Sağlayan Yöntemler

Odunun kullanım süresini arttırmak için, onu rutubetli koşullardan korumak gerekmektedir. Birçok yapısal ve kimyasal yöntem bu teoriye dayanmaktadır (Koski, 2008). Rowell ve Blanks (1985), bu yöntemleri su iticilik sağlayan, boyutsal kararlılık sağlayan ve hem su iticilik hem de boyutsal kararlılık sağlayan yöntemler şeklinde üç öbekte toplanmıştır.

Su iticilik bir oranı ifade ederken; boyutsal kararlılık bir denge durumunu nitelendirir. Su iticilik sağlayan muameleler, odunun su alımını kontrol etmeye veya önlemeye yöneliktir. Su itici maddeler ile muamelede, odunun hücre çeperinin kimyasal

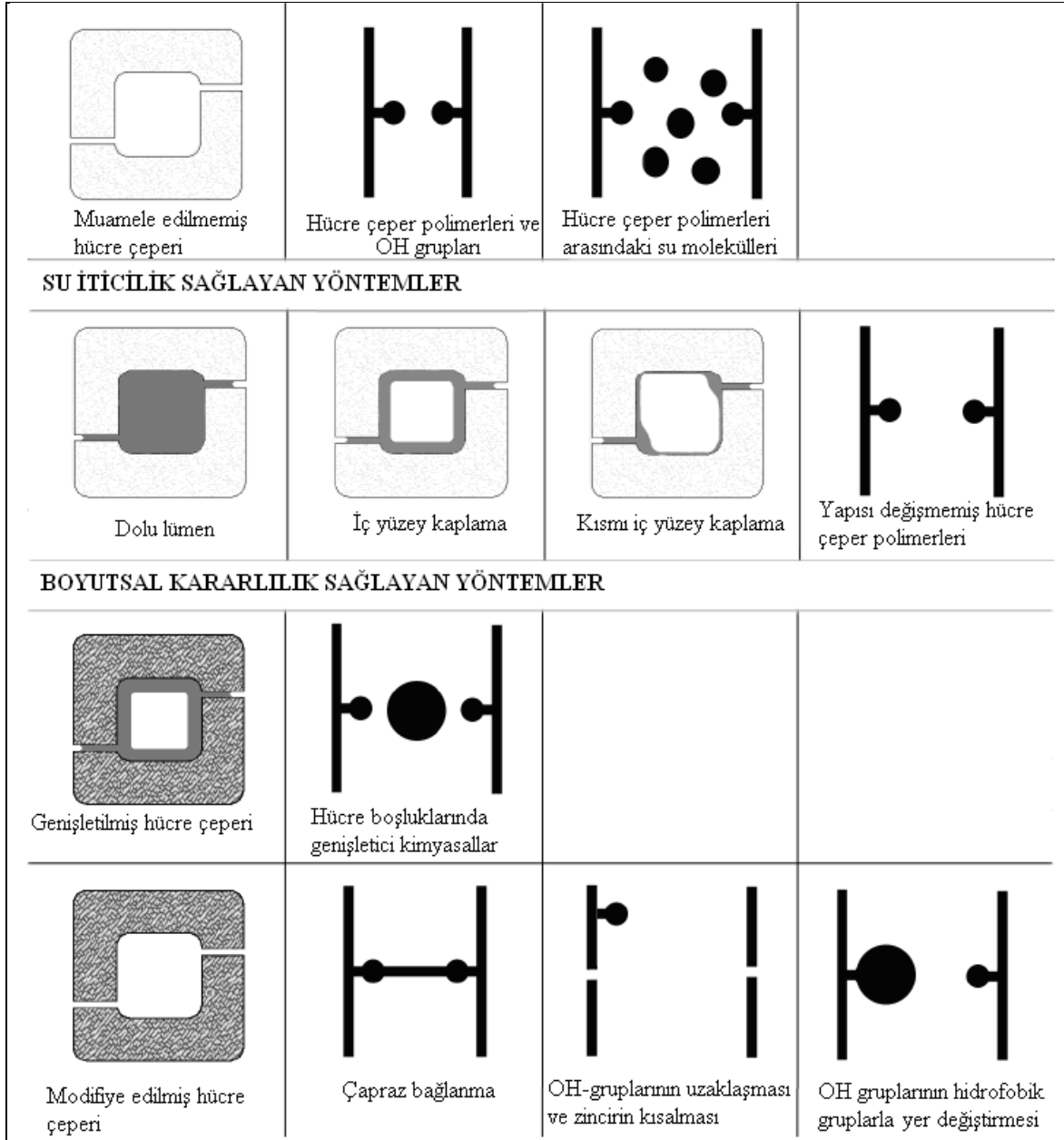
yapılaşımını değiştirmeye veya odunu en genişlemiş haline getirmeye yönelik bir yaklaşım sözkonusu olmadığından, odunun nihai genişleme derecesi normal odunla aynı kalmakta; ancak, bu nihai genişleme derecesine ulaşmak için geçmesi gereken zaman artmaktadır. Boyutsal kararlılık sağlayan yöntemler ise odunda rutubet hareketi dolayısıyla oluşan genişleme ve daralmayı azaltmaya yönelik ve daha ziyade kimyasal yönden etkili yöntemlerdir (Rowell ve Blanks, 1985; Yıldız, 2002; Dizman, 2005). Bazı yöntemlerde odunun su alması ile birlikte odunun genişlemesi de azaltılabilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Odunun su almasını azaltan muamele yöntemlerinin hipotezi: Su iticilik sağlayan yöntemler (Tip 1), boyutsal kararlılık sağlayan yöntemler (Tip 2), su iticilik ve boyutsal kararlılık sağlayan yöntemler (Tip 3) (Rowell ve Blanks, 1985).

Su iticiliğin ifade edildiği Tip 1'de odunun su alma miktarı azaltılmış, ancak odunun genişlemesi normal odunla aynı kalmıştır. Böyle bir yönteme örnek olarak vaks, silikon ya da yağ muameleleri verilebilir; bunlar oduna su iticilik kazandırmaktadır. Boyutsal kararlılığın ifade edildiği Tip 2'de odunun genişleme miktarı azaltılmış, ancak odunun su alma miktarı azaltılmamıştır. Asetillendirme ve ısıl işlem boyutsal kararlılık sağlayan yöntemler içinde en çok çalışılan ve araştırılan yöntemlerdir. Su iticilik ve boyutsal kararlılığın birlikte ifade edildiği Tip 3'de ise hem su alma miktarı hem de genişleme

azaltılmıştır. Böyle bir yöntemle örnek olarak MMA, PEG ve bütülen oksit muameleleri verilebilir (Rowell ve Blanks, 1985). Emprenye edilmiş odunla edilmemiş odun arasındaki odun-su ilişkileri hücre çeperi ve boşlukları baz alınarak Şekil 4’te gösterilmektedir.



Şekil 4. Odun-su ilişkilerini azaltıcı yöntemlerin mekanizması (Koski, 2008).

1.4.2.1. Boyutsal Kararlılık Sağlayan Yöntemler

Odundaki boyutsal değişimi kontrol etmenin, odun türü ve geometrik şekil seçiminden çeşitli kimyasal maddelerin kullanımına kadar pek çok yolu vardır (Rowell ve Blanks, 1985). Kimyasal modifikasyon yöntemleri bu konuda belki de en etkili çözümü sağlamaktadır. Kimyasal modifikasyon, hücre çeper bileşenleri ile katalizörlü ya da katalizörsüz bir kimyasal madde arasında kararlı bir kovalent bağın olduğu kimyasal reaksiyonu ifade etmekte (Rowell vd., 1988) ve odunda boyutsal kararlılığı, biyolojik dayanım ile akustik özellikleri arttırmayı, denge rutubet miktarını azaltmayı, dış hava koşullarına karşı dayanımı iyileştirmeyi hedeflemektedir (Suttie ve Thompson, 2001). Ancak bu yöntemlerde asit ya da baz esaslı kimyasal maddeler kullanıldığı için odunda bir miktar yıkımlanma meydana gelmektedir. Odun modifikasyonunda pek çok kimyasal madde/teknik kullanılmıştır (kimyasal çapraz bağlanma sağlayan maddeler, asetillendirme, furfurulasyon, silikon bileşikleri, ısıl işlem, vb). Ancak en çok araştırılan ve özellikle Avrupa'da endüstrileşen kimyasal modifikasyon yöntemleri asetillendirme, furfurulasyon ve ısıl işlem olmuştur. Isıl işlem Finlandiya, Hollanda, Fransa ve Almanya'da; asetillendirme Hollanda ve İsveç'te; furfurulasyon ise Norveç'te endüstrileşmiştir (Hill, 2006).

1.4.2.2. Su İticilik Sağlayan Yöntemler

Odunda su itici bir engel oluşturularak, su alma oranı önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Kullanılan maddelere ve miktarlarına bağlı olarak, su itici maddeler hücre boşluklarını doldurmakta, dış yüzeylerde ve kısmi olarak iç yüzeylerde depolanmaktadır (Şekil 4); böylece odun yüzeyi hidrofobik özellik göstermekte ve su alma oranı azaltılmaktadır (Koski, 2008). Su itici maddeler ile emprenye edilen örnekler, su ile temasa maruz kaldıklarında zamanla muamele edilmemiş odun gibi su alıp şişecektir. Ancak, normal oduna göre genişleme süresi 5-6 defa daha uzamaktadır (Yıldız, 1988). Sıvı fazda su içeren sistemlerde, temas açısının (Θ°) 90° 'den küçük olduğu yüzeyler hidrofilik (suyu seven), buna karşılık bu açının 90° 'den büyük olduğu yüzeyler hidrofobik (suyu sevmeyen) veya su itici olarak ifade edilir (Rowell ve Blanks, 1985). Her ne kadar su itici maddeler tam anlamıyla su alımını azaltmasa da, odunun dış hava koşullarında kullanılmasında en etkili maddelerden biridir. Su itici maddeler, odunda mantar ve

mikroorganizmaların gelişimi için ihtiyaç duyduğu rutubet miktarını düşürerek, mantarlara ve renkllemelere karşı odunu korurlar (Williams ve Feist, 1999). Su itici maddelerin odun içindeki derin nüfuzu daha uzun ve etkili bir koruma sağlamaktadır. Vaks, yağ, doğal veya sentetik reçineler gibi su itici maddeler odunda genellikle kimyasal bir bağ oluşturmamaktadır. Hücre çeperi ile bağ oluşmuşsa bile bunlar zayıf Van der Waals bağlarıdır. Bu maddeler genellikle daldırma veya vakumlu emprenye ile oduna uygulanabilmektedir. Su itici etkinlikte zamanla meydana gelen azalmaların nedeni; hücre çeperi ile depolanan kimyasallar arasındaki Van der Waals bağlarının zamanla zayıflaması ve bunun yerine daha güçlü odun-su hidrojen bağlarının oluşması ve odun yüzeyinde oluşan yıkımlamadır (Koski, 2008). Odun koruma alanında yaygın olarak kullanılan fungusit maddeler ile su itici maddelerin birleştirilmesi ile boyutsal kararlılığa sahip ve biyolojik organizmalar ile çatlamalara karşı dayanıklı ürünler elde edilebilir (Archer ve Cui, 1997; Cui ve Archer, 1997). Özellikle son yıllarda yağlar ile birlikte biyosit kullanımı üzerine yapılan çalışmalar yoğunluk kazanmıştır (Palanti ve Susco, 2004; Venmalar ve Nagaveni, 2005; Lyon vd., 2007a, b; Temiz vd., 2006a, 2008a, b; Podgorski vd., 2008; Palanti vd., 2011). Mourant vd. (2007, 2008), suda çözünen emprenye maddeleri ile pirolitik yağ reçinesi içeren fenolformaldehit muamelesinin odunun retensiyon, biyolojik ve mekanik özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Yine Temiz vd. (2008d), piroliz yağı ile muamele edilen odunun, bezir yağı, tall yağı, kanola yağı gibi diğer yağların etkinliğine benzer şekilde su alımını azalttığını ve mekanik bir engel oluşturarak suyun odun içine girişini engellediğini rapor etmiştir. Royal sisteminde suda çözünen bir emprenye maddesi ile emprenye işlemini takiben yağ ile emprenye işlemi yapılmaktadır (Treu vd., 2001). Bu şekildeki bir sistemin diğer bir yararı zehirli maddelerin çevreye yıkanmasının azaltılabilmesidir (Treu vd., 2004).

1.4.2.3. Çevre Dostu, Biyolojik Olarak Bozunabilen Su İtici

Birçok su itici madde klasik odun koruyucu maddeler gibi, çevreye karşı zararlı etki göstermektedir. Son yıllarda artan çevresel baskılar, yenilenebilir kaynaklar ile çevre dostu ve atıl hale geldiklerinde biyolojik olarak bozunabilir kimyasalların kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Bu kimyasalların kullanılmasıyla mantar ve termit saldırılarına karşı biyolojik dayanımın sağlandığı ve odunun su almasının önemli ölçüde azaltıldığı çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bunlar genel olarak doğal yağların (Sailer vd., 1998; Venmalar ve Nagaveni,

2005; Wang ve Cooper, 2005a, 2007; Nakayama ve Osbrink, 2010); yağ esansının (Voda vd., 2003; Kartal vd., 2006c; Yang ve Clausen, 2007; Li vd., 2008; Singh ve Chittenden, 2008); vaksların (Lesar vd., 2009a, b, 2011b; Scholz vd., 2010; Palanti vd., 2011); silikonların (Schulte vd., 2004; Donath vd., 2007; Temiz vd., 2008a); doğal reçinenin (Voulgaridis, 1988; Van Acker vd., 1999; Schultz vd., 2007; Rassam ve Jamnani, 2009); ağaç ve bitki ekstraktiflerinin ve reçine asitlerinin (Huang vd., 2004; Maoz vd., 2007; Freeman vd., 2007; Dahlen vd., 2008; Şen vd., 2008; Singh ve Singh, 2010) kullanıldığı çalışmalardır. Biyolojik olarak bozunabilen maddeler genellikle çevre dostu olarak kabul edilen ve doğal süreçlerde (bakteri, mantar ya da diğer basit organizmalarla) parçalanabilen maddelerdir. Ancak, biyolojik olarak bozunabilen her madde de çevre dostu olarak kabul edilmemelidir. Örneğin zehirli bir madde olarak bilinen dikloro difenol trikloreten (DDT), biyolojik olarak bozunabilmektedir ancak bu bozunma hızı çok yavaş olmakta ve 1,1-diklor-2,2-bis(*p*-klorfenil)etan (DDD) ve 1,1-diklor-2,2-bis(*p*-klorfenil)etilen (DDE) gibi DDT'den daha zehirli olan ürünlere dönüşmektedir. Doğal yağların ve reçinelerin odunda su alımını azaltıcı etkinlik gösterdiği ve rutubeti %20'lerin altında tuttuğu ve böylece biyolojik dayanım sağladığı belirlenmiştir. Bu açıdan doğal yağlar ve reçineler odun koruma alanında umut verici maddeler olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, doymamış yağlar (kuruyan yağlar) havadaki oksijenle okside olabilmekte ve odun yüzeyinde daha etkili bir tabaka oluşturmaktadır. En yaygın olarak kullanılan doğal yağlar, tall ve bezir yağıdır. Ancak, bu yağlar odunun doğrudan toprakla ya da su ile temas ettiği kullanım yerlerinde (tehlike sınıfı 4), odun koruma endüstrisinde kullanılan geleneksel emprenye maddeleri kadar iyi bir koruma sağlayamamaktadır (Koski, 2008).

Ekonomik önemi olan bazı bitkisel yağların, dünya çapında üretim miktarları ülkeler bazında kıyaslamalı olarak Tablo 8'de verilmiştir (USDA, 2011). Tabloda ayrıca ton başına düşen fiyatlar da (ABD \$ olarak) gösterilmiştir. Türkiye'de 2009 yılındaki ayçiçek, pamuk ve soya yağ üretimi 750.000 ton olmuştur; 2010 yılındaki yağ üretiminin ise 795.000 ton olması öngörülmektedir. Bu yağlara ilaveten kanola yağı 2009 yılında 75.000 ton civarında üretilmiştir (USDA, 2010). Rafine yağ üretiminde ayçiçek yağı ilk sıralarda bulunmakta olup, son yıllarda iç talebin artmasıyla soya ve mısır yağları üretiminde de artış olmuştur. Ancak, ülkemizde bitkisel yağ sanayisinde hammadde teşkil eden yağlı tohumların üretimi yeterli olmadığından yağ açığı ithalat yoluyla karşılanmaya çalışılmaktadır (Göksu, 2011). Bitkisel sıvı yağ tüketim oranlarında %71'lik pay ile

ayçiçek ilk sırada gelmekte; bunu sırasıyla mısır %11, kanola %8, fındık %4, pamuk %4 ve soya %2'lik pay ile takip etmektedir (URL-5, 2011).

Tablo 8. Ekonomik önemi olan bazı bitkisel yağların dünya çapında üretim miktarları (Milyon ton) (USDA, 2011).

Üretim miktarları	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12 (Mayıs)
Hindistancevizi yağı	3,22	3,53	3,53	3,62	3,68	3,68
Pamuk Yağı	5,13	5,21	4,78	4,64	4,98	5,27
Zeytin Yağı	2,83	2,78	2,78	3,05	3,01	3,02
Palm yağı	37,33	41,08	43,99	45,86	47,26	50,26
Palm çekirdeği yağı	4,44	4,88	5,17	5,50	5,65	5,66
Yerfıstığı Yağı	4,49	4,86	5,02	4,68	5,03	5,06
Kolza (Kanola yağı)	17,13	18,42	20,47	22,31	22,97	23,14
Soya Yağı	36,53	37,83	35,89	38,89	41,84	43,27
Ayçiçek Yağı	10,7	10,03	12	11,66	11,38	12,18
Toplam	121,78	128,61	133,64	140,20	145,80	151,53
Ülkeler	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12 (Mayıs)
Endonezya	19,37	20,98	23,69	25,59	27,30	29,10
Malezya	17,20	19,73	19,43	19,94	19,71	20,62
Çin	14,27	14,69	16,11	17,88	19,03	19,92
AB-27	13,71	14,49	15,48	16,71	16,64	16,69
A.B.D.	10,46	10,55	9,67	10,05	9,89	9,79
Arjantin	7,71	8,49	7,39	7,72	8,69	8,92
Brazilya	6,60	6,85	6,78	7,14	7,61	7,90
Diğer	32,47	32,84	35,11	35,18	36,93	38,59
Toplam	121,78	128,61	133,64	140,20	145,80	151,53
Fiyat (her ton için \$)	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12 (Mayıs)
Soya yağı (US)	684	1,147	709	793	1,140	Belirtilmemiş
Pamuk yağı (US)	787	1,622	820	888	1,190	Belirtilmemiş
Ayçiçek yağı (US)	1,279	2,010	1,108	1,164	1,700	Belirtilmemiş
Yerfıstığı yağı (US)	1,253	2,225	1,539	1,353	1,702	Belirtilmemiş
Palm yağı (Malay)	655	1,058	633	793	1,172	Belirtilmemiş
Kanola yağı (Rott)	852	1,410	868	927	1,359	Belirtilmemiş
Hind.cevizi yağı (Rott)	812	1,306	735	921	1,850	Belirtilmemiş
Mısır yağı (US)	701	1,529	722	866	1,284	Belirtilmemiş

Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği kapsamında; bitkisel ham yağ rafine sanayinden çıkan posalı atık, tank dibi tortusu, kullanılmış kızartmalık yağlar, çeşitli tesislerin yağ tutucularından çıkan yağlar ve kullanım süresi geçmiş olan bitkisel yağlar, bitkisel atık yağ olarak tanımlanmaktadır (URL-5, 2011). Artan çevre bilinci, her alanda olduğu gibi kullanım ömrünü tamamlamış atık yağların yeniden değerlendirilmesi

konusunda bazı yasak ve sınırlandırmaları beraberinde getirmiştir. Atık yağlar, kullanılmamış yağlara göre daha yüksek oranda serbest yağ asidi ve su, daha düşük oranda trigliserid içermektedir. Kullanılmış atık yağın tipik bir yağ asidi profili %53 oranında linoleik asit, %28 oranında oleik asit ve %11,7 oranında palmitik asitten oluşmaktadır (Cheng ve Timilsina, 2010). Özellikle atık mutfak yağlarında polimerik, dimerik asitlerin ve gliserinin oluşması yağı daha akamaz (viskoz) ve daha koyu renkli hale getirir. Yağın moleküler ağırlığı ve iyot değeri azalırken, sabunlaşması ve yoğunluğu artar (Çanakçı ve Özsezen, 2005). Örneğin kızartma yağında 400'den fazla farklı bozunma ürünü belirlenmiştir. Ancak, tüm bu bozunma ürünlerinin ortak özellikleri kimyasal yapılarının polar karakterli olmasıdır. Kızartma sırasında atık yağda meydana gelen reaksiyonlar aşağıda belirtilmektedir (URL-5, 2011; Demir, 2011):

Reaksiyon	Neden olan etken	Reaksiyon ürünleri
1. Hidroliz	Gıdanın içerdiği su	-Yağ asitleri -Digliseridler -Monogliseridler
2. Oksidasyon	Hava	-Oksitlenmiş monomerik, dimerik ve oligomerik trigliseridler -Uçucu maddeler(aldehydler, ketonlar, alkoller, hidrokarbonlar)
3. Isıl Bozunma	Sıcaklık	-Halkalı monomerik trigliseridler, -Nonpolar dimerik ve oligomerik trigliseridler, akrilamidler, PAH'lar, PCB'lar, furan, dioksin

Atık bitkisel yağlar; hayvansal yem, sabun, kozmetik ürünler, biyodizel yakıt, elektrik enerjisi elde edilmesinde, endüstriyel yağ yapımında ve kaçak olarak gıda sektöründe kullanılmaktadır. Ancak, Avrupa Birliği atık yağların hayvansal yem, sabun, kozmetik ürünler eldesinde kullanımını yasaklanmıştır. Çevre ve Orman Bakanlığının 19.04.2005 tarih ve 25791 sayılı Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği ile atık bitkisel yağların biyodizel ve elektrik enerjisi elde edilmesinde ve endüstriyel yağ yapımında kullanılması öngörülmüştür. Ülkemizde atık yağların toplanmasına 2005 yılında iş yerlerinde (lokantalar, sanayi mutfakları, oteller, tatil köyleri, motel ve yemekhaneler,

hazır yemek üretimi yapan firmalar ile diğer iş yerleri), 2008 yılında konutlarda başlanmıştır. Özellikle 2008 yılından bu yana işyerlerinde atık yağ kullanımına ilişkin ciddi yaptırımlar söz konusudur (URL-6, 2011). 2007 yılında dünya genelinde toplanan atık yağ miktarı 15 milyon ton olup, bunun 10 milyonu ABD'den toplanmıştır (Cheng ve Timilsina, 2010). İspanya'da her yıl yaklaşık 74.000 ton atık zeytinyağı toplanmakta, bu değerden çok daha fazlası da kanalizasyon şebekesine atık olarak dökülmektedir, toplanan kullanılmış kızartmalık yağ miktarı ise yıllık 67.000 tondur. Fransa'da toplanan kullanılmış kızartmalık yağ miktarı yıllık 35.000 ton; Belçika'da ise bu miktar 50.000 tondur ve bunun hepsi ihraç edilmektedir. Avrupa'da yıllık toplanan miktar 350.000 ton olup, Avrupa ülkeleri 700.000-1.000.000 ton atık yağ toplama potansiyeline sahiptir. Bu miktar Kanada'da yıllık 120.000 ton'dur. Japonya'nın yıllık 40.000-60.000 arasında atık mutfak yağına sahip olduğu belirtilmiştir (Çanakçı ve Özsezen, 2005; Türkay, 2011). Türkiye ise yıllık 350.000 ton bitkisel atık yağ potansiyeline sahiptir, ancak 2008 yılında 6300 ton atık yağ toplanmış olup, 2009 yılında bunun 10.000 ton üzerinde olması öngörülmektedir (URL-6, 2011). Atık yağların insan sağlığını tehdit eden kanserojen etkilerinin yanı sıra çevreye de olumsuz etkileri vardır. Yapılan araştırmalarda atık su kirliliğinin %25'ini kullanılmış bitkisel ve hayvansal yağların oluşturduğu bulunmuştur. Kanalizasyon sistemlerinde ve atık su arıtma tesislerinde tıkanıklıklara ve kirlilik yükünün artmasına neden olarak işletim ve bakım maliyetini arttırmakta, toprağa döküldüğünde kirlenmelere neden olmaktadır (URL-5, 2011). Atık yağların toplanması ile insan ve çevre sağlığı korunabilecek ve geri kazanımı ile ekonomik değeri olan ürünler üretilerek dünya ekonomisine katkı sağlanacak; çevresel bir sorun çevresel bir yarara dönüştürülebilecektir.

1.4.2.4. Yağların Odun Koruma Endüstrisinde Kullanılabilirliği

Yağlar odunda traheid lümenleri ve özışınlarına yerleşerek su iticilik sağlamaktadırlar (Ulvcrona, 2006). Doğal yağlar kuruyan, yarı-kuruyan ve kurumayan yağlar olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Bezir yağı gibi kuruyan yağlar hava ile elastik bir film tabakası oluşturmakta; tall yağı gibi yarı-kuruyan yağlar kuruyan yağlara göre daha yavaş okside olmakta ve polimerleşmekte, ancak yağ yapışkan bir hal almaktadır. Kurumayan yağlar ise film tabakası oluşturmamaktadır. Yağın doymuşluk derecesi onun kuruma karakteri hakkında bilgi vermekte ve bu iyot sayısı ile belirlenmektedir. İyot sayısı bir yağdaki çifte bağların doyurulması için gereken iyot miktarıdır (I_2 g/100 g yağ).

Yüksek iyot sayısı (>140) kuruyan yağları, düşük iyot sayısı ise (<125) kurumayan yağları, bu iki değer arasındaki iyot sayısı ise yarı-kuruyan yağları temsil etmektedir (Koski, 2008).

Odun koruma amaçlı uygulamalarda en yaygın kullanılan ve çalışılan yağlar bezir yağı ile kağıt fabrikası atıklarından tall yağı olmuştur. Tall yağı ile emprenye edilen odunun 5 yıllık arazi testleri sonrasında dayanımı CCA ya da kreozota eşdeğer bulunmuştur (Jermer vd., 1987). Bunun yanı sıra palm, soya, kanola, ayçiçeği, koko ve hindistancevizi gibi bitkisel yağların kullanıldığı ve su itici etkinliğin sağlandığı çalışmalar da mevcuttur (Ulvcrona, 2006; Temiz vd., 2008a). Bitkisel yağlar, çevreye karşı zehirli etkilerinin olmaması, dünya genelinde geniş boyutlarda üretilebilir ve kısmen ekonomik olması gibi yararlarına sahiptir (Temiz vd., 2008a; Panov vd., 2010).

Sailer vd. (1998), kenevir ve bezir yağı ile emprenye edilen odun örneklerinin %25'den daha az rutubet derecesinde olduklarını ve böylece mantar aktivitesine karşı dayanım kazandıklarını, yüzeydeki yağsı tabaka nedeniyle mantar kolonizasyonunun odunda zor olduğunu, ancak yağ işlemlerinin odunu daha uzun vadede tam anlamıyla koruyamadığını belirlemişlerdir. Yine Ritschkoff vd. (1999), bitkisel yağların odundaki enzimatik hidrolizi önemli ölçüde engellemediğini, mantar saldırılarına neden olan şeker (glikoz, arabinoz, galaktoz, ksiloz ve mannoz) ayrılmasının reçine işlemlerine göre daha yüksek seviyede kaldığını bulmuşlardır.

Bezir yağı kullanılarak sarıçam ve ladin odununda gerçekleştirilen yağlı ısıl işlemlerde, odunun biyolojik dayanımı artmış ve hava ortamında gerçekleştirilen ısıl işleme göre mekanik direnç özellikleri daha az etkilenmiş, ayrıca odunun boyutsal kararlılığı iyileşmiştir. İşlem, basınç uygulanmadan batırma yöntemleriyle basit bir şekilde gerçekleştirilebilir olması nedeniyle önemli bir yarara sahiptir. Yağ ile muamele sonrasında odunda meydana gelen ağırlık artışı değerleri %50-70 arasında olmuştur (Sailer vd., 2000).

Olsson vd. (2001), sarıçam odununu bezir yağı ile %25, %75 ve %105 ağırlık artışı verecek şekilde emprenye etmiş; %25 ağırlık artışında, mekanik direnç özelliklerinde azalmalar olmadığını tersine çok az artış olduğunu; bunun da traheid lümenlerine yerleşen yağın hidrolitik direnci nedeniyle olabileceğini belirtmişlerdir. %75 ve %105 ağırlık artışı değerlerinde mekanik dirençte azalmalar olduğu ve mikro yapısal değişmelerin meydana geldiği belirtilmiştir. Bu yüklemelerde traheid hücre çeperinde çatlaklar olduğu gözlenmiştir. Bunun da nedeni hücre çeperine uygulanan mekanik yağ yüklemesi ile hücre çeperinde iç basıncın artmasıdır. Bu basınç hücre çeper tabakalarında mikro çatlaklara

neden olmaktadır. S1 tabakasındaki mikro çatlaklar dirençte azalmalarına sebebiyet vermektedir.

Pajaanen ve Ritschkoff (2002) tall, bezir ve kanola yağının *Coniophora puteana*, *Poria placenta* ve *Coriolus versicolor* mantarlarının tam olarak büyümelerini ve gelişimini engellemediğini; ancak odunda bir ağırlık kaybının olmamasını, odunun su almasını önemli ölçüde azaltmalarına ve odunun hidrofobikliğini arttırmalarına atfetmişlerdir.

Smith vd. (2003), kanola yağı ile emprenye edilen örneklerin sadece ısıl işlemlerle örneklerle kıyasla termitlere karşı daha iyi bir dayanım sağladığını bulmuştur. Nunes vd. (2006), yine kanola yağı ile emprenye ettikleri odunun termitlere karşı etkinliğinin, yağın zehirliliğinden kaynaklanmadığını, bunun odundaki rutubet miktarının düşmesi ile ilgili olabileceğini belirtmişlerdir.

Palanti ve Susco (2004) ve Palanti vd. (2011), bitkisel-mineral yağ ve propikanazol/tebukonazol karışımı ile emprenye edilen odunun biyolojik dayanımını araştırmışlar ve mantar çürüklüğüne karşı yağ için eşik değerin 500 kg/m^3 'den daha yüksek olduğunu gözlemişlerdir. Bitkisel-mineral yağ + propikanazol/tebukonazol karışımı ile vaks muamelesi örneklerin arazi testlerinde de (ENV 12037 ve EN 252) dayanımını arttırmış ve dayanıklılık bakır bazlı klasik emprenye maddeleri ile kıyaslanabilir düzeyde çıkmıştır.

Bezir yağından modifiye edilen ve UZA reçine şeklinde adlandırılan bir bileşik ile kanola ve bezir yağının mantar çürüklüğüne karşı etkinlikleri incelenmiştir. 200°C 'de gerçekleştirilen yağ işleminde UZA çok düşük ağırlık kaybı verirken, bu oranlar diğer yağlarda daha fazla olmuştur. Reçinenin polimerleşmesinin mantar çürüklüğünü engellediği düşünülmektedir (Spear vd., 2006).

Schulte vd. (2004), %10 propikonazol ile emprenye ettikleri odun örneklerini ardından modifiye edilmiş bezir yağı ile 80°C 'de ikinci kez muamele etmiş ve bu örnekleri dış hava koşullarına maruz bırakmışlardır. Yağ ile muamele edilen örneklerin yüzeylerinde çatlama ve rutubet miktarı azaltılmış, boyutsal kararlılık sağlanmıştır.

Treu vd. (2004), dış hava koşullarına karşı en iyi dayanımın maleiklendirilmiş ve polimerleştirilmiş bezir yağından elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Odundaki çatlama ve renklenmeler azaltılmış, ayrıca esmer çürüklük ve mavi renk mantarlarına karşı etkinlik de artmıştır. Özellikle maleiklendirilmiş bezir yağı odun koruyucu emprenye maddesi olarak bir potansiyel taşımaktadır.

Alfredsen vd. (2004), odun örneklerini 4 farklı bileşime sahip tall yağı ile emprenye etmiş ve mantara karşı etkinliğin, yağın hidrofobik etkisi nedeniyle meydana geldiğini ve tek başına tall yağının %3'den daha fazla ağırlık kaybı verdiğini bulmuştur.

Tesbih ağacı yağı + bakır naftenat ile basınçlı ve batırma yöntemlerine göre emprenye edilen örneklerin mantar çürüklüğüne karşı çok iyi dayanım özellikleri sergilediği; yalnız yağ işleminin kontrole göre biyolojik direnci arttırdığı, ancak tam anlamıyla koruma sağlayamadığı Venmalar ve Nagaveni (2005) tarafından belirlenmiştir.

Wang ve Cooper (2005a) soya, palm ve vaks ile yağlı ısıtılma tabii tutulan örneklerin azalan rutubet miktarını ve su alma oranını incelemiş ve soya yağının odunda bağ yapabileceğini belirtmişlerdir. Yağ işlemlerinin etkinliği, yağın özelliklerine, absorbe edilen yağ miktarına ve yağın odundan yıkanmasına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Yine Wang ve Cooper (2005b), soya yağının odunla oluşturabileceği olası bir bağlanmayı araştırmıştır. Emprenye edilen örneklerin ekstraksiyona tabii tutulduktan sonra, odunla bağ yapabildiğini ve düşük çözünürlük özelliği sergilediğini bulmuşlardır. Wang ve Cooper (2007), soya yağı ve vaks ile yağlı ısıtılma tabii tutulan örneklerin odunun yanma direncini çok fazla etkilemediğini, bunun da odunun temel bileşenlerinde olan değişmelere bağlı olarak meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Ulvcrona vd. (2006), ladin odununun bezir yağı ile emprenyesini etkileyen etmenler olarak rutubet ile anatomik özellikleri incelemişlerdir. Odundaki rutubetin %150 bulunması %30 rutubete göre yağ alımını altı kez daha arttırmıştır. Hem yaz odunu hem de ilkbahar odunu yüksek oranlarda yağ ile dolmuş, ancak ilkbahar odununda bazı kısımlara yağ girmemiştir. Odunda herhangi bir hücrel zarar gözlenmemiştir. Rosenqvist (2000) ise bezir yağının yaz odunu hücrelerinin lümenlerine tamamen ya da kısmen yerleştiğini bulmuştur.

CIRAD tarafından geliştirilen odunun yağ ile muamelesi tekniğinde, taze haldeki kütükler ya da odun örnekleri önce 110-210°C'deki sıcak yağın içine kısa süreliğine batırılmakta; hemen ardından örnekler içinde 10-90°C'de yağ bulunduran ikinci tanka aktarılmaktadır. Burada sıcaklık değişimi yoluyla meydana gelen basınç farklılığından yararlanılarak emprenye maddesinin malzeme içine derin bir şekilde nüfuz etmesi sağlanmaktadır (Berard vd., 2006).

Biyosit emprenyesini takiben gerçekleştirilen bezir yağı muamesinin; odunun biyolojik ve yanma özelliklerini iyileştirdiğini, yağ işleminin tek başına odunu mantar,

termit ve böcek saldırılarına karşı koruyamadığını, ayrıca odunun yanma eğilimini arttırdığını Podgorski vd. (2008) belirlemişlerdir.

Temiz vd. (2008a) çeşitli biyositler (PBA, formik asit, BA, mandalik asit) ile bezir yağı ve tall yağı birleşiminin, lümenlerin yağ ile kaplanması nedeniyle odunun su alma oranını azalttığını ve biyolojik dayanımını arttırdığını bulmuşlardır. Hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrasında, bezir ve tall yağı işlemlerinin odunun hücre boşlukları ve çeperinin yağ ile dolması ve suyun buralara girişinin engellenmesi nedeniyle, odundaki hemiselüloz yıkımlanmasının kısmen önlendiği bulunmuştur. Ancak lignin ve selüloz yıkımlanması ise önlenememiştir (Temiz vd., 2007).

Fipronil ve TMB katkılı bezir yağı ile emprenye edilen örnekler 4 yıllık arazi testlerinde mantar ve termit saldırılarına karşı odunu iyi bir şekilde korumuş ve bunların tehlike sınıfı 3 ve 4 olan yerlerde kullanılması önerilmiştir. Bezir yağı örneklerde bir film tabakası oluşturarak tropik arazi koşullarında biyolojik bozunmalara karşı koruma sağlamıştır (Ahmed vd., 2008).

Islanabilirlik deneyleri, saf tall yağı ile emprenye edilen odunun hidrofobik özellik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Tall yağı ile emprenye edilen odunda kapılar su alımı azaltılmakta, odun yüzeyine hidrofobik özellik kazandırılmaktadır. Bu da ortalama rutubet miktarını düşürmekte ve odunun ıslanması/rutubet alması için gereken zamanı uzatmakta ve böylece mantar saldırılarını yavaşlatmaktadır (Koski, 2008).

Fındık yağının %27 ve üstü konsantrasyonda odun ile muamelesinde formosan termitlerine karşı etkinlik sağlanmıştır (Nakayama ve Osbrink, 2010).

Atık ayçiçek yağının buharı ile muamele edilen MDF örneklerinin artan boyutsal kararlılık ile azalan mekanik direnç ve termal iletkenlik özellikleri Çavdar vd. (2010) tarafından araştırılmıştır.

Bazyar vd. (2010), karakavak örneklerinin bezir yağı ile yapılan sıcak yağ işleminde %80-106 ağırlık artışı ile önemli ölçüde azalan rutubet miktarı ve düşük su alma oranları bulmuşlardır.

Panov vd. (2010), odun tarafından absorbe edilen yağ miktarı artışı ile azalan su alma oranı arasında ($r^2=0,93$) önemli bir korelasyon olduğunu, ancak odun tarafından absorbe edilen yağ ile daralmayı önleyici etkinlik (DÖE) arasında bir korelasyon olmadığını belirtmişlerdir. Bezir yağı, mekanik olarak hücre boşluklarına suyun girişini engellemekte ve odun hücre çeperi bileşenleri ile bir bağ oluşturmamaktadır.

Van Eckevelde vd. (2011), sarıçam odunu örneklerini bezir yağı, odun yağı (kuruyan yağlar), hindistancevizi yağı (doymuş yağ) ve 3 tip tall yağı ile muamele etmiş; 96 saatlik su alma deneylerinde %66-89 arasında su itici etkinlik sağlanmıştır. Kuruyan yağlar, kuruma özellikleri nedeniyle odunda suyun girişini engelleyen bir bariyer oluşturmuş, katı yağlar ise odundaki boşlukları doldurmaları nedeniyle etkinlik sağlamışlardır.

1.4.2.5. Yağların Odun Koruma Alanında Kullanılmasında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Belirtilen yararlarına rağmen yağların odun koruma endüstrisinde kullanılabilirliğini sınırlandıran sakıncaları da vardır. Bunlardan biri, iyi bir etkinlik için yüksek oranlarda yağa ihtiyaç duyulması, diğeri yağın zamanla odundan dışarıya çıkma (kanama) eğilimidir. Diri odunda tam bir geçme derinliği sağlanması için gereken yağ miktarı çok yüksek olmalıdır. Odundaki yağ miktarı arttıkça, odunun mevcut ağırlığı artmakta, bu da yöntemi pahalı ve pratik uygulamalardan uzak kılmaktadır. Retensiyon değeri arttıkça yağın zamanla geri çıkma eğilimi olmakta ve böylece odun içine oksijen girişi engellenmekte; bu da yağın polimerleşmesini ve oksidasyonunu önlemektedir. Polimerleşmemiş yağ odun yüzeyinde ıslak ve kötü bir görünüme ve zamanla etkinlik kaybına neden olmaktadır (Koski, 2008). Olsson vd. (2001), yüksek yağ absorpsiyonu ile odun traheidlerinde yıkımlanmalar olduğunu ve böylece mekanik direncin olumsuz yönde etkilendiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca, yüksek yağ retensiyonu üst yüzey işlemlerini de zorlaştırmaktadır.

Van Eckevelde vd. (2001) yağda çapraz bağlanma oluşturmuş ve böylelikle odunun sürekli ıslatılması ve kurutulması işlemlerinde su itici etkinliğin arttırıldığını bulmuştur. Sonuç olarak, uygun muamele yöntemleri ve teknikleri kullanılarak, odun yüzeyindeki yağ miktarının azaltılması ve böylece yağın dışarıya doğru kanaması ve yağsı yüzey oluşumunu engellemek mümkündür. Ancak, bu durumda yöntemle ilgili olarak su itici etkinlikte bir miktar azalmalar gözlenmektedir. Benzer yaklaşımlar, yani yağın kurumasının hızlandırılması için maleik anhidrit ile muamele edilmesi; yağ asitlerinin sayısının kontrolü; yağ kurutucu maddelerin katılması; kalsiyum ya da alüminyum sabunları oluşturarak yağın viskozitesinin arttırılması ve kuruyucu/katalizör kullanılarak yağ asitlerinde oksidatif çapraz-bağlanma oluşturulması ile denenmiş ve bu konularda pek çok patent girişi olmuştur (Koski, 2008).

SHR laboratuvarında yürütülen bir projede maleik anhidritle modifiye edilmiş bezir yağı kullanılmıştır (Van Acker, 2001). Bu kimyasalın odun modifikasyonu alanında kullanımı DSM Reçine tarafından patent altına alınmıştır (Dekker, 2001). Yöntem, oduna yüksek biyolojik dayanım ve yüksek boyutsal kararlılığı, direnç kaybı olmaksızın sağlamaktadır. Sistemin endüstriyel yapılabirliği ve satışa sunulması planlanmaktadır (Homan ve Jorissen, 2004).

Menz yöntemlerinde, odunun yağlı ısıl işleminde modifiye edilmiş bezir yağının 180-220°C'de kullanılması ve biyolojik dayanımın artırılması sağlanmaktadır. Bu işlem ile dirençte yaklaşık %30 civarında azalmalar bulunmuştur. Boyutsal kararlılık ise %40 civarındadır (Treu vd, 2001; Homan ve Jorissen, 2004).

Royal yönteminde, odunun önce bakır içerikli suda çözünen bir emprenye maddesi ile dolu hücre yöntemine göre emprenyesi, ardından modifiye edilmiş doğal yağlar ile emprenyesi yapılmaktadır. Bu işlem Avrupa'nın bazı ülkelerinde uygulanmaktadır. Norveç'te 2 tesis, Danimarka'da 1 tesis ve Almanya'da 1 tesis bulunmaktadır. 65 ay sonrasında odundaki rutubet yaklaşık %60 oranında azaltılmıştır (Treu vd., 2001).

Modifiye edilen bezir yağı reçinesi (UZA) ve kanola yağı birleşimi ile ilgili araştırmalar SHR, BRE, DSM ve UWB ortaklığında Ecotan projesinde incelenmiştir. Bu şekilde bir madde ile emprenye edilen odunun, bahçe mobilyası, pencere doğramaları, çit direkleri gibi kullanım yerlerinde dayanıklılığının sağlandığı bildirilmiştir. Yöntem şu anda pilot uygulama aşamasındadır (Ecotan Project, 2011). Emprenye edilen örnekler maksimum %20 ağırlık artışı verecek şekilde muamele edilmektedir. UZA ile emprenyede örneklerin 36 ay süreyle dış koşullarda toprakla temas halinde bırakılmasında ağırlık kayıpları oldukça düşük çıkmıştır (< %3). Mantar çürüklük testleri ise yine çok başarılı çıkmıştır. Eğilmede elastikiyet modülünde de iyileşmeler gözlenirken, eğilme direncinde yaklaşık %10 civarında azalmalar olmuştur (Tjeersama vd., 2011).

Panov vd. (2010), OsO₄ kullanarak bezir yağını epoksitlendirerek odun hücre çeperi bileşenleri ile bağ yapmasını sağlamış ve 90-200 kg/m³ gibi düşük retensiyon değerlerinde odunun hidrofobikliğı arttırılmıştır.

Yine Linogard olarak adlandırılan, odun içine penetre olan ve kuruyan bir bezir yağı türevinin Linotech yöntemiyle oduna verildiğinde, odunu hidrofobik hale getirdiğı ve su alımını engellediğı bildirilmektedir. Yöntem İsveç'te geliştirilmiş ve ürünler pazara sunulmuştur (URL-7, 2011).

Odunun absorbe ettiği yağ miktarını azaltan diğer bir yöntem ise yağ/su emülsiyonlarının kullanımınıdır. Çünkü retensiyon değerleri muamele teknikleri (yöntem, süresi, basınç ve sıcaklık) ve sıvı özellikleri (viskozite, konsantrasyon) ile kontrol edilebilir. Hyvönen vd. (2006) kullanılacak yağın seyreltilmesi, yani yağ/su emülsiyon sistemleri kullanarak yapılan emprenye işleminin etkinliğini incelemiştir. Çalışmada retensiyon değerleri yarı yarıya azaltılmış, su itici etkinlik değerleri ham yağ ile emprenye edilen örneklerle hemen hemen eş değerde olmuştur. Ayrıca, emülsiyon sistemi ile odunun yüzeyi düzgün bir görünüm almış, boya ya da vernik gibi üst yüzey işlemlerine uygunluk sağlanmıştır. Hyvönen vd. (2007a; 2007b) yine su- yağ emülsiyonu ile oduna verilen yağın odun içinde kurummasını hızlandırmak için metal iyonlarından faydalanmış ve bu amaçla da demir (Fe^{+3}) iyonunu kullanmış ve başarılı sonuçlar rapor etmişlerdir.

Emülsiyon sistemleri gelecekte önemli bir yer teşkil edecektir. Mikroemülsiyonlar farklı biyositlerin etkili bir şekilde birleşimi ile oluşmakta ve böylece daha az emprenye maddesine gereksinim duyulabilmektedir.

Emülsiyonlar, birbiriyle karışmayan iki sıvının birbiri içinde dağılmasından oluşmuş, homojen görünümlü heterojen sistemlerdir. Termodinamik olarak dayanıklı değildirler. Sıvılardan, dağılmış damlacıkları (globüller) içeren karışımın iç fazını, diğeri ise, dış fazını (sürekli faz) oluşturmaktadır. Sıvıların birbiri içinde homojen karışmalarını ve dağılmalarını sağlamak ve yüzey gerilimini azaltmak için yüzey aktif maddeleri adı verilen emülgatörler veya surfaktanlar ilave edilir. Yüzey aktif maddeleri emülsiyondaki yağ ve suyun ara yüzeyinde moleküller tabaka oluşturur ve yüzey gerilimi düşürerek emülsiyonun kararlılığını artırırlar. Yüzey aktif maddeleri hem hidrofilik hem de hidrofobik kısımları içeren moleküller olarak tanımlanabilirler (Crowley, 2005; Çelebi, 2011). Bir surfaktant maddenin içerdiği hidrofilik ve lipofilik grupların miktarı ve birbirlerine oranı “Hidrofilik-Lipofilik Denge” (HLB) olarak ifade edilmektedir. HLB değeri 8-16 arasında olan surfaktantlar kararlı yağ/su emülsiyonları için; 3-8 arasında olanlar kararlı su/yağ emülsiyonlarının hazırlanmasında tercih edilir (Crowley, 2005). Emülsiyonlar kullanılan surfaktantların yanı sıra, iki fazın birbirine ilave edilme sırası, sıcaklık, karıştırma şiddeti ve süresine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. S/Y tipi emülsiyonları suyun yağa, Y/S emülsiyonları ise yağın su fazına ilavesi ile hazırlanabilir (Çelebi, 2011).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Deneme Materyali

Deneysel çalışmalar sırasında kullanılan hammadde ve kimyasallar aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.1.1. Ağaç Malzeme

Çalışmada yapraklı ağaç türlerinden doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve iğne yapraklı ağaç türlerinden sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) kullanılmıştır.

2.1.1.1. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)

Değişik iklim şartları altında yetişen sarıçam bir çok alt tür, varyete ve formlara sahip karmaşık bir türdür. Coğrafi ırkların varyasyonları esas alınarak sarıçam 5 alt türe ayrılmıştır (Anşin ve Özkan, 1993):

1. *P. sylvestris* L. ssp. *sylvestris* (Batı Avrupa, Rusya'nın Avrupa kısmı, Kırım ve Kafkasya)
2. *P. sylvestris* L. ssp. *hamata* (Steven) Fomin (Kırım, Kafkasya, Anadolu)
3. *P. sylvestris* L. ssp. *lapponica* Fries (Avrupa ve Asya'nın kuzeyi, 62° kuzey enleminin kuzeyi)
4. *P. sylvestris* L. ssp. *sibirica* Ledeb. (Asya 62-52° kuzey enlemleri arası)
5. *P. sylvestris* L. ssp. *kulundensis* Sukaczew (52° kuzey enleminin güneyi; Asya'da, Rusya steplerine geçiş zonları)

Yetiştirme muhitine göre 20-40 m boy yapabilen, narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı veya dolgun gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı bir yeşil ağaçtır (Anşin ve Özkan, 1993). Genç gövdelerde, yaşlı ağaçların yukarı kısımlarında ve kalın dallarda tilki sarısı rengindeki kabuk gayet ince levhalar halinde ayrılır. Yaşlı gövdelerde ise gri kahverengi, kalın ve çatlaklıdır. Genç sürgünler yeşilimsi bir renktedir. İkinci yıldan itibaren bu renk gri kahverengine dönüşür. Kozalak saplıdır, aşağıya sarkar. 2,5-7 cm uzunluğundaki olgun

kozalağın dip tarafı asimetriktir. Sarıçam yeknesak bir kabuk yapısına sahip değildir. Hatta bazı araştırmacılar, kabuk görünüşlerine göre sarıçamı muhtelif varyetelere ayırmaktadır.

Mevcut çam türleri içerisinde en geniş coğrafi yayılışa sahip olan sarıçam, Avrupa ve Asya'da yaklaşık 3.700 km eninde ve 14.700 km uzunluğunda çok geniş bir alanda doğal yayılış gösterir. Avrupa'nın ve kuzey Asya'nın büyük kısmında yaygın olan sarıçam, ülkemizde de güneye doğru Kayseri, Pınarbaşı, kuzeyde Ayancık, doğuda Kağızman, batıda Orhaneli mıntikasında bulunmaktadır. Kuzey, Kuzeydoğu, Kuzeybatı ve Orta Anadolu sarıçamın esas yayılış bölgeleridir, fakat en yoğun yayılışını Kuzey Anadolu'nun iç mıntıklarında yapar ve bu mıntıklardan Orta Anadolu'ya sarkar. Orta Anadolu'da Akdağ, Çamlıbel dağı, Yozgat, Tokat, Sivas, Eskişehir, Afyonkarahisar ve çevresindeki dağlık mıntıklar başlıca yayılış sahalarıdır. Ülkemizde toplam 738.192 ha (hektar) yayılış alanına sahip olup, toplam orman alanının %5,5'ini teşkil etmektedir. Türkiye'deki iğne yapraklılar içinde kapladığı alan bakımından kızılçam ve karaçamdan sonra üçüncü sırada gelmektedir. Dikili ağaç serveti olarak da tüm iğne yapraklılara katılım oranı %18'dir.

Diri odun genişliği yetiştirme muhiti şartları ve ağaç yaşı ile değişmekle birlikte ortalama 5-10 cm olup, sarımsı beyaz renktedir. Yetiştirme muhitine bağlı olarak yıllık halkalar dar veya geniş olabilir. Yaz odunu parlak kahverengi olup, radyal kesitte birbirine paralel şeritler halinde görülür, teğet kesitte geniş sarımsı şeritler oluşturur. Yaz odununun yıllık halka içindeki katılım oranı %2-73 arasında değişmektedir. Öz ışınları zengin ve dar olup çıplak gözle görülmemektedir. Sadece yaz odununda belirgin olabilir. Radyal kesitte enine, ince bantlar teşkil ederler. Boyuna paranzimleri yoktur. Çok sayıdaki reçine kanalları genellikle geniş olup, enine kesitte yaz odununda açık, ilkbahar odununda koyu lekeler şeklinde görülür. Radyal ve teğet kesitte ise boyuna çizikler halindedir. Özodun sınırı belirgin olup, genellikle yuvarlaktır, bazı ağaçlarda diri odun içerisine diller şeklinde girintiler yapar. Kırmızımsı sarı ve kırmızımsı kahverengindedir. Kesimden sonra daha koyulaşır. Yıllık halka sınırları belirgin ve hafif dalgalıdır. Yaz odunu traheidleri radyal yönde yassılaştırmış, kalın çeperli, dar lümenlidir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş oldukça hızlıdır, ilkbahar odunu traheidlerinin radyal çeperlerinde kenarlı geçitler büyük ve tek sıralıdır. Çeşitli yetiştirme muhitlerinde 1 mm²'deki traheid sayısı 796-1.402 adet arasında bulunmuştur. Öz ışınları tek sıralı, reçine kanalı bulunan öz ışınları orta kısımda 2-5 sıralıdır. Öz ışınları yüksekliği çoğunlukla 1-12 hücre, bazen 15 hücreden fazladır. Heterojen yapıdadır. Öz ışını traheidleri her iki tarafta 1-3 sıralı, bazen de öz ışını

içerisinde bulunmaktadır. Bunların çeperleri kaba dişlidir. Öz ışını paranzim hücrelerinin çeperleri ince olup, enine ve uç çeperlerde geçitler az sayıdadır (Dündar, 2005).

Sarıçam odununun bazı teknolojik özellikleri aşağıdaki gibidir (Bozkurt ve Erdin, 1997; Örs ve Keskin, 2001).

Özellik	Birimi	Ortalama Değer
Tam kuru yoğunluğu	g/cm ³	0,49
// Basınç Direnci	kg/cm ²	550
Eğilme Direnci	kg/cm ²	1000
// Elastikiyet Modülü	kg/cm ²	120000
⊥ Basınç direnci	kg/cm ²	77
Makaslama Direnci	kg/cm ²	100

Sarıçam binalarda iç ve dış dekorasyonda, pencere ve kapı doğramalarında, emprenye edildiğinde toprak ve su tahkimatında, maden direği, tel direği, çit kazıkları ve travers olarak, mobilya yapımında, kaplama levha, kontrplak, lif levha ve yonga levha ile kâğıt endüstrisinde kullanılmaktadır (Anşın ve Özkan, 1993; Bozkurt ve Erdin, 1997).

2.1.1.2. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.)

30–40 m’ye kadar boy, 1 m’ye kadar çap yapabilen, dolgun ve düzgün gövdeli birinci sınıf orman ağaçlarımızdandır. Kabuğu açık kül renginde olup, ince ve düzgün yapıdadır. Genç sürgünler kırmızımsı kahverengi renkte ve tüylüdür. Yapraklar elips veya ters yumurta biçiminde olup, kenarları tam veya hafif dalgalıdır. Yaprak uçları, sivri uzun veya kısa olup, körpe iken kenarları kirpiklidir. Alt yüzünde damar boyunca ipek gibi tüylü, üst yüzü ise çıplaktır. Yaprak sapı 0,5-10,5 cm uzunluğunda ve tüylüdür.

Kupula yaklaşık 2 cm boyunda, dip kısmında yer alan pullar ise geniş şerit biçiminde ve üst kısımdakiler kaşık gibi yassıdır. Kadehin sapı yaklaşık 2-2,5 cm uzunlukta olup, tüylüdür. Doğu kayınında yapraklar Avrupa kayınına göre daha büyük ve sert, meyveyi örten kupulanın pul yapısı da daha değişiktir. Erkek çiçeklerde yaprak koltuklarından çıkıp, küresel başçıklar şeklinde aşağıya sarkarlar. Meyve üç köşeli kahverengi yumurtamsı biçimde tek tohum taşıyan bir nustur. Meyvesinin tohumu yağlıdır.

Çiçeklenme nisan ayında olup, yapraklanma ile aynı zamana rastlar (Anşin ve Özkan, 1993; Malkoçoğlu, 1994).

Traheler yıllık halka içinde dağınık biçimde genel olarak düzensiz dizilmişlerse de yetiştirme yerine göre ve bazen genç yaşlarda yarı düzenli (yarı halkalı traheli), yer yer düzenli (halkalı traheli) bir konum gösterirler. Dağınık konumda çoğunlukla ilkbahar odunu içinde geniş çaplı ve ince çeperlidirler. Doğu kayını odununun dağınık traheli olması nedeniyle ilkbahar ve yaz odunu arasında kesin bir sınır görülmez. Trahelerin mm^2 'deki sayısal dağılımı hem ilkbahar hem de yaz odununda oldukça farklılıklar gösterir. Öz ışınları tek sıralı (üniseri) ve çok sıralı (multiseri) homoselülerdir. Ancak, değişik yapıdaki hücre tiplerine de rastlanır. Enine kesitte genişliği fazla olan özışınları yıllık halka sınırında genişleyerek bir yay çizer. Genel dağılım içinde tek sıralı özışını oranı diğer iki ve çok sıralı tüm özışınları toplamının yarısına yakın bir orandadır (Malkoçoğlu, 1994; Yıldız, 2002).

Doğu kayının genel coğrafi yayılışı, Bulgaristan, Türkiye, Kafkasya ve İran'dır. Batıda Balkan yarımadasından başlar, Trakya'nın kuzey ve güney dağları ile bağlantı kurarak İstanbul mintikası üzerinden Batı Anadolu'ya geçer. Oradan Kuzey Anadolu kenar dağları boyunca Kafkasya ve Kırım'a kadar uzanır. Ülkemizde en geniş yayılışını ve en iyi gelişimini Karadeniz bölgesinde yapar. Demirköy'den Hopa'ya kadar Karadeniz sahiline paralel uzanan dağların orta ve yüksek kısımlarında, kuzeye yönelik yamaçlarda saf ve karışık ormanlar kurar. Güney Anadolu'da Adana'nın Post dağlarında ve Kahramanmaraş'ın Andırın yöresinde lokal olarak bulunur (Anşin ve Özkan, 1993; Yıldız, 2002).

Doğu kayını odununun bazı teknolojik özellikleri aşağıdaki gibidir (Bozkurt ve Erdin, 1997; Örs ve Keskin, 2001).

Özellik	Birimi	Ortalama Değer
Tam kuru yoğunluğu	g/cm^3	0,59-0,63
// Basınç direnci	kg/cm^2	620-763
Eğilme Direnci	kg/cm^2	1052
// Elastikiyet Modülü	kg/cm^2	125000
// Brinell Sertlik	kg/cm^2	7,2
Makaslama Direnci	kg/cm^2	150

Geniş bir kullanım alanına sahip doğu kayını özellikle masif mobilya, parke ve dekorasyon ürünleri ile bükme mobilya, tornacılık, kontrplak, kaplama levha, fiçı, karoseri yapımında ve kâğıt sanayisinde kullanılmaktadır. Emprenye edildiği taktirde travers yapımında da kullanılabilir.

2.1.2. Emprenye Maddeleri

Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler ve bitkisel yağlar aşağıda sıralanmıştır.

2.1.2.1. Borik Asit

Denemelerde kullanılan borik asit Merck marka olup renksiz, kokusuz ve beyaz kristaller halinde inorganik bileşiktir. Kimyasal formülü H_3BO_3 , moleköl ağırlığı 61,832 g/mol, yoğunluğu $1,435g/cm^3$, erime noktası $170^\circ C$ ve kaynama noktası $300^\circ C$ 'dir. $20^\circ C$ 'de sudaki çözünürlüğu 4-5 g/100 ml'dir.

Borik asit, ısıya dayanıklı borosilikat camı ve aynı zamanda cam elyafı üretiminde, metalurjide kaynak ve bakırın pirinçle kaplanmasında, ağaç malzemeyi dış ortama karşı korumada, kumaşları ateşe dayanıklı hale getirmede, göz damlasında, ağız gargarasında ve kozmetikte kullanılır. Borik asit haricen hafif antiseptik olarak kullanılır. Suların sertliğini gidermekte de faydalıdır (URL-8, 2010).

2.1.2.2. Boraks

Denemelerde kullanılan boraks (sodyum borat) Eti-Bor'dan temin edilmiş renksiz, kokusuz ve beyaz kristaller halinde, zayıf bazik bir inorganik bor bileşiğidir. Kimyasal formülü $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ moleköl ağırlığı 381,4 g/mol, yoğunluğu $1,73 g/cm^3$, erime noktası $741^\circ C$ ve kaynama noktası $1575^\circ C$ 'dir. $20^\circ C$ 'de sudaki çözünürlüğu 4-5 g/100 ml'dir.

Sodyum borat, tuzlu göl sularının buharlaştırılıp kristallendirilmesinden, laboratuarda borik asit ile susuz sodyum karbonatın reaksiyona sokulmasından elde edilir. Sodyum borat dayanıklı ve kırılmaz borsilikat camının imalatında, porselen minelemekte, boyalarda, kola ve tutkallarda, deterjanlarda, tekstil boyacılığında, odun koruma amaçlı,

matbaacılıkta, donmayı geciktirmek için antifiriz olarak ve bitki öldürme ilacı olarak kullanılır. Ayrıca, boraks suyun sertliğini gidermek için çamaşır ağartmasında, kaynakta eritici ve pas önleyici olarak değerlendirilir. Topraktaki verimsizliği gidermek için toprağa boraks ilave edilir. Borakstan analitik belirteç olarak da faydalanılabilir (URL-9, 2010; URL-10, 2010).

2.1.2.3. Tarımbor

Tarımbor bileşiği Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) tarafından geliştirilen ve patent altında tutulan yeni bir bor bileşiğidir. Kimyasal adı disodyum pentaborat dekahidrat olup, kapalı kimyasal formülü $\text{Na}_2\text{O}\cdot 5\text{B}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ biçimindedir. Ayrıca, tarımbor adı verilen ürünün öncelikli kullanım alanı tarımda mikrobeseleyici bir gübre olarak ortaya çıkmaktadır. Tarımbor içeriğinde bor oranı (%B) yaklaşık %18; borik oksit oranı ($\%\text{B}_2\text{O}_3$) ise yaklaşık %59 ve dökme yoğunluğu 750 kg/m^3 'dür. Aynı oranlar, borik asit için %17 ve %56; boraks dekahidrat için %11 ve %37'dir. Dolayısıyla tarımbor içinde bor miktarı daha fazla olmaktadır.

Tarımborun bir diğer avantajlı yönü sudaki çözünürlüğünün yüksek olmasıdır. Örneğin 20°C 'de boraks dekahidratın ve borik asidin çözünürlüğü sırasıyla 2 g/100 ml ve 4 g/200 ml su olarak gerçekleşirken; tarımbor da bu değer 13 g/100 ml su olmaktadır (URL-11, 2009; Yıldız vd., 2009).

2.1.2.4. Bitkisel Yağlar

Denemelerde kullanılan fındık, mısır, ayçiçeği, kanola ve soya yağı Ordu-Yağ Sanayi A.Ş.'den (Altaş Gıda) temin edilmiştir. Kullanılan yağlara ait Ordu Yağ Sanayi A.Ş. laboratuvar analiz sonuçları Tablo 9'da gösterilmiştir (URL-12, 2010).

Tablo 9. Bitkisel yağların bileşimleri ve fiziksel özellikleri

Özellikler	Fındık Yağı	Soya Yağı	Mısır Yağı	Ayç. Yağı	Kanola Yağı
Bağıl Yoğunluk (200°C)	0,911	0,921	0,922	0,918	0,914-0,92
Kırılma indisi (200°C)	1,47	1,467	1,466	1,466	1,465-1,467
Uçucu maddeler %(m/m)	0	0	0	0	0,2
Eterde çözünmeyen yabancı madde ve kül miktarı (%) (m/m)	0	0	0	0	0,05
İyot sayısı –wijs (100 gram yağ için gerekli İyot, g.)	90	129	124	140	105-126
Sabunlaşma sayısı	192	192	190	192	182- 193
Sabunlaşmayan madde (%) (m/m), en çok	0,32	0,02	1,8	6,6	20
Serbest Yağ Asitleri (oleik asit cinsinden), % (m/m), en çok	0,05	0,05	0,05	0,05	0,3
Miristik Asit (C14: 0)	0,03	0,07	0,04	0,06	0,2
Palmitik Asit(C16:0)	5,34	10,1	11,21	5,94	2,5-7
Palmitoleik Asit (C16:1)	0,18	0,1	0,16	0,11	0,6
Margarik Asit (C17:0)	-	-	-	-	0,3
Heptadesenoik Asit (C17:1)	0,07	0,05	0,04	0,03	0,3
Stearik Asit (C18:0)	2,61	4,07	1,89	3,77	0,8-3
Oleik Asit (C18:1)	81,62	23,26	30,08	29,81	51-70
Linoleik Asit (C18:2)	9,71	54,09	54,42	58,78	15-30
Linolenik Asit (C18:3)	0,09	7,18	1,02	0,13	5-14
Araşidik Asit (C20:0)	0,12	0,31	0,41	0,25	0,2-1,2
Gadoleik Asit (C20:1)	0,17	-	-	0,16	0,1-4,3
Behenik Asit (C22:0)	0,02	0,37	0,14	0,65	0,6
Erusik Asit (C22:1)	-	-	-	-	2
Lignoserik asit (C24:0)	-	0,12	0,2	0,26	0,3
Nervonik asit (C24:1)	-	-	-	-	0,4
Demir miktarı (1 kg yağda, mg) en çok	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	1,5
Bakır miktarı (1 kg yağda, mg) en çok	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Yanma derecesi	230°C	185°C	185°C	178°C	210°C

2.1.2.5. Atık Yağ

Denemelerde kullanılan atık yağ, Ezici Yağ Sanayi Biodizel ve Enerji Üretimi Pazarlama Laboratuar Hizmetleri A.Ş.-Trabzon atık yağ toplama biriminden temin edilmiştir. Atık yağın Ordu Yağ Sanayi A.Ş. Laboratuarındaki Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisinde (HPLC) yapılan analiz sonuçları Tablo 10’da gösterilmiştir. Kullanılan atık yağın Trabzon Tarım ve Köy İşleri İl Müdürlüğü Kontrol Laboratuarında TS 4961 EN ISO 3961 standardına göre belirlenen iyot sayısı ise 135,49’dur.

Tablo 10. Atık yağın bileşimleri ve fiziksel özellikleri

Özellikler	Değerler
Renk	21.0R 70.0Y 0B
Serbest yağ asitliği (oleik asit) % (m/m)	0,49
Rutubet miktarı	0
Sabun miktarı	0
Kaprilik asit (C8:0)	0,09
Miristik Asit (C14:0)	0,08
Palmitik Asit (C16:0)	7,02
Palmitoleik Asit (C16:1)	0,11
Stearik Asit (C18:0)	3,36
Oleik Asit (C18:1)	34,85
Linoleik Asit (C18:2)	52,19
Linolenik Asit (C18:3)	1,05
Araşidik Asit (C20:0)	0,21
Behenik Asit (C22:0)	0,49
Lignoserik asit (C24:0)	0,16
Nervonik asit (C24:1)	0,03

2.1.2.6. Kollicoat - IR

Su/yağ ve yağ/su emülsiyonlarının hazırlanmasında yüzey aktif maddesi ve stabilizatör olarak kullanılan Kollicoat-IR (KC), BASF-Türk Kimya Şirketi, İstanbul'dan temin edilmiştir.

Kollicoat-IR, beyaz toz görünümlü polivinil alkol (%75)-polietilen glikol (%25) graft kopolimer olup, sudaki çözünürlüğü oldukça yüksektir. Bileşiminde ayrıca %0,3 kollodial silika bulunmaktadır (URL-13, 2011). Genellikle ilaç tabletlerinin film tabakasında ve yüzey kaplamalarda kullanılmaktadır. Bileşiğin ayrıca yağ/su emülsiyonlarında polimerik bir stabilizatör olduğu ve uzun süreli kararlı emülsiyonların hazırlanmasında kullanılabileceği belirtilmiştir (Ahmed vd., 2009).

2.1.2.7. Sodyum Dodesil Sülfat (SDS)

Yağ/su emülsiyonlarının hazırlanmasında yüzey aktif maddesi olarak kullanılan beyaz toz halindeki sodyum dodesil sülfat (SDS) Merck firmasından temin edilmiştir. Anyonik bir surfaktant olup, kimyasal formülü $C_{12}H_{25}OSO_3Na$, molekül ağırlığı 288,37 g/mol'dür. Hidrofilik-lipofilik denge (HLB) değeri 40 civarındadır. Emülsiyonların yanı sıra genellikle temizlik ve hijyen ürünlerinde, sabun ve deterjanlar ile diş macunu, şampuan ve köpüklerde kullanılmaktadır (URL-14, 2011).

2.1.2.8. Epoksi Reçine

Isıya, suya ve dış koşullara karşı dayanıklı Moravia marka epoksi reçine, Moravia Boya ve Kimya Sanayi Tic. Ltd. Şti.'nin ürünü olup, sertleştiricisi ile birlikte hazırlanıp odun örneklerinin enine kesitlerinin kapatılması amacıyla kullanılmıştır.

2.2. Araştırma Yöntemi

Bu araştırma, borlu bileşiklerin odundan yıkanmasının azaltılmasında en basit ve en ucuz yöntem olarak tanımlanan hidrofobik maddeler ya da yüzey kaplama maddeleri ile odun yüzeylerinin kapatılması temel mantığına dayanmaktadır. Buna yönelik olarak, bitkisel yağlar ile odunda hidrofobik bir tabaka oluşturularak suyun absorbe edilmesinin azaltılması ve borun odundan yıkanmasının geciktirilmesi/azaltılması amaçlanmıştır. Benzer şekilde borlu bileşiklerin empenye işlemi ile; biyolojik ve ısıl bozunmalara karşı odunu tam anlamıyla koruyamayan bitkisel yağ işleminin etkinliğinin de iyileştirmesi hedeflenmiştir. Bu amaçlar doğrultusunda tez çalışması üç ayrı bölümde ele alınmıştır. Her bölümde gerçekleştirilen testler sonrasında en iyi sonuçları veren varyasyonlar seçilmiş ve o bölümde karşılaşılan sorunları bertaraf etmesi düşünülen çalışmalar, en iyi sonucu veren varyasyonlar ile bir sonraki bölümde gerçekleştirilmiştir.

İlk bölümde sarıçam ve kayın odun örnekleri borik asit, boraks ve tarımbor bileşikleri ile %1, %2 ve %5 konsantrasyonlarda empenye edilmiştir. Örnekler ardından beş çeşit bitkisel yağ (ayçiçeği, soya, kanola, mısır ve fındık) ve atık yağ ile muamele edilerek bor yıkanması, biyolojik ve ısıl bozunma özelliklerinde öngörülen sinerjik etkiler incelenmiştir. Odunun mekanik özelliklerinde meydana gelen değişiklikler, liflere paralel basınç direnci (LPBD); kimyasal yapısındaki değişmeler, fourier transform infrared-fotoakustik spektroskopi (FTIR-PAS); ısıl bozunma karakteristikleri, termogravimetrik analiz (TGA); biyolojik dayanım, mantar çürüklük testleri; odun-su ilişkisi, su alma ve su itici etkinlik deneyleri ile incelenmiş, ileriki çalışmalar için en iyi sonucu veren yağ ve bor bileşiği belirlenmeye çalışılmıştır. Deneme deseni aşağıda belirtilmiş olup, her bir ağaç türü için toplam 1837 adet örnek ile çalışılmıştır (Tablo 11).

Tablo 11. Birinci bölümde yapılan çalışmaların deneme deseni

Varyasyonlar	Ö. Boyutu (mm)	Tekrar Say.*	δ_0 - δ_{drm}	SAO-SİE-DÖE	LPBD	Renk Ölç.	Bor Analizi	TGA	FTIR	Yıkanma	Mantar Çür.
Sadece borlu bileşikler ile emprenye	30x 30 x 15	10		✓			✓	✓	✓		
	20 x 20 x 30	7	✓		✓	✓					
	15 x 5x 15	24								✓	✓
Sadece yağlar ile emprenye	30x 30 x 15	10		✓				✓	✓		
	20 x 20 x 30	7	✓		✓	✓					
	15 x 5x 15	24								✓	✓
Borlu bileşik + yağ ile emprenye	30x 30 x 15	10		✓			✓	✓	✓		
	20 x 20 x 30	7	✓		✓	✓					
	15 x 5x 15	24								✓	✓
Kontrol	30x 30 x 15	20		✓				✓	✓		
	20 x 20 x 30	20	✓		✓	✓					
	15 x 5x 15	24								✓	✓

*Tekrar sayısı: Denemelerde kullanılan varyasyonların her biri için kullanılan örnek sayısını ifade etmektedir.

İkinci bölümde; %3 borik asit içeren, 1/4 ve 2/3 oranlarında su/yağ ve yağ/su emülsiyonları hazırlanmış ve bu emülsiyonların odundaki etkinliği su alma oranı, su itici etkinlik ve bor analizleri ile değerlendirilmiştir. Bu kısımdaki çalışmalar; odunun yağ retensiyonunu azaltmak, odundaki borun yağ ile muamele sırasında yağa olan yıkanmasını ortadan kaldırmak ve birinci bölümde önce borlu bileşikler ardından yağ ile gerçekleştirilen iki kademeli emprenye işlemini tek bir işlemle gerçekleştirebilmek için planlanmıştır. Borik asit doğrudan yağ içinde çözünmediğinden, önce sulu çözeltisi hazırlanmış ve bu çözelti ile yağın uygun yüzey aktif maddelerinin katkısı ile emülsiyonu hazırlanmıştır. Bu kısımdaki denemelerde birinci bölümde en iyi sonuç veren atık yağ ve ayçiçeği yağı ile borik asit seçilmiş; emülsiyonların hazırlanmasında yüzey aktif maddesi olarak SDS ve KC kullanılmıştır. Deneme deseni Tablo 12’de gösterilmiş olup, sarıçam odun örnekleriyle toplam 160 adet örnek kullanılmıştır.

Tablo 12. İkinci bölümde yapılan çalışmaların deneme deseni

Varyasyonlar	Ör. Boyutu (mm)	Tekrar Sayısı	SAO- SİE	Bor Analizi
Sadece borik asit ile emprenye	15 x 25 x 50	10	✓	✓
Yağ/su emülsiyonu ile emprenye	15 x 25 x 50	10	✓	✓
Su/yağ emülsiyonu ile emprenye	15 x 25 x 50	10	✓	✓
Kontrol	15 x 25 x 50	10	✓	

Üçüncü bölümde ise, birinci bölümde yağ ile emprenye sırasında gözlenen bor yıkanmasını engellemek amacıyla borik asit emprenyesini takiben örneklerin enine kesitleri epoksi reçineyle kapatılmış ve ardından ayçiçek ve atık yağ ile 70°C’de emprenye işlemi gerçekleştirilmiştir. Her iki sistem ile emprenye edilen örneklerin performansının belirlenmesi için yoğunluk, denge rutubet miktarı, liflere paralel basınç direnci, bor analizi, su alma ve su itici etkinlik ve mantar çürüklük testleri gerçekleştirilmiştir. Deneme deseni Tablo 13’de gösterilmiş olup, her bir ağaç türü için toplam 2360 adet örnek kullanılmıştır.

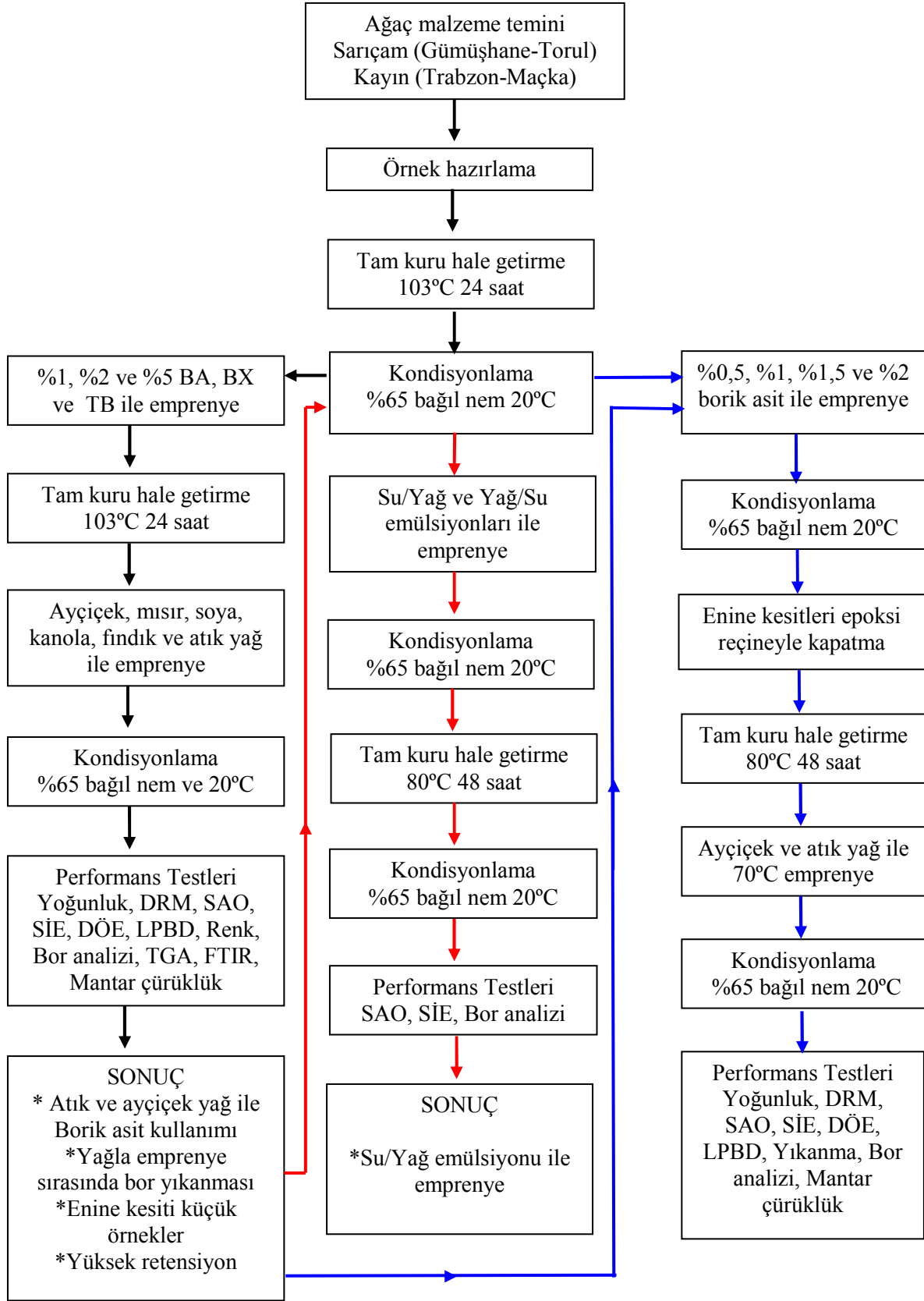
Uygulanan laboratuvar iş akışı şeması Şekil 5’de verilmiştir.

Tablo 13. Üçüncü bölümde yapılan çalışmaların deneme deseni

Vary.	Ör. Boyutu (mm)	Tekrar Sayısı	δ_0 - δ_{drm} DRM	SAO-SİE-DÖE	LPBD	Yıkanma	Bor Analizi	Mantar Çür.
Sadece borik asitle emprenye	20 x 20 x 30	15	✓		✓			
	19 x 19 x 19	27		✓		✓	✓	
	15 x 5 x 30	20				✓		✓
Sadece yağlar ile emprenye	20 x 20 x 30	15	✓		✓			
	19 x 19 x 19	27		✓				
	15 x 5 x 30	20				✓		✓
BA + yağlar ile emprenye	20 x 20 x 30	15	✓		✓			
	19 x 19 x 19	27		✓		✓	✓	
	15 x 5 x 30	20				✓		✓
Kontrol	20 x 20 x 30	15	✓		✓			
	19 x 19 x 19	15		✓				
	15 x 5 x 30	20				✓		✓

2.2.1. Örnek Ağaçların Seçimi ve Deney Örneklerinin Hazırlanması

Sarıçam, Gümüşhane-Torul Orman İşletme Karanlıkdere Şefliği 700 rakımlı 182 nolu bölmesinden; doğu kayını ise Maçka Orman İşletme Şefliğinden yön, meyil, çap, yükselti, sıklık vb. yetiştirme ortamı özellikleri göz önüne alınarak seçilmiştir. Her ağaçta kuzey yönü işaretlenmiş 1,30 m'deki göğüs çapı, taç tabanı genişliği ve ağaç boyu belirlendikten sonra ağaç gövdesinin kökten itibaren 2-4 m arasındaki 2 metrelik kısmı kesilerek ayrılmıştır. 30-40 cm çapındaki her bir ağaç türünden 5 adet tomruk KTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Biçme Atölyesinde radyal kesit verecek şekilde biçilmiştir. Daha sonra kesilen parçaların enine kesitlerine mavi renklenmeye karşı %2,5'lük mavi renklenmeyi önleyici madde (anti-blue çözeltilisi) sürülerek doğal kuruma için istifeye alınmıştır. Doğal kurumaya bırakılan kerestelerin rutubetleri kontrol edilerek lif doygunluğu noktasına (LDN) gelmeleri beklenmiştir. LDN'ye ulaştıktan sonra, odun örnekleri, planya, kalınlık ve daire testere makinalarında işlenerek her deney için söz konusu testin standartlarında hazırlanmıştır.



Şekil 5. Tez çalışmasında uygulanan laboratuvar iş akışı şeması

2.2.2. Birinci Bölümde Yapılan Çalışmalar

2.2.2.1. Borlu Bileşikler ile Emprenye Yöntemi

Örneklerin emprenye işlemi KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Koruma Laboratuvarında yapılmıştır. Hava kurusu hale getirilmiş örnekler %1, %2 ve %5 konsantrasyonlarda hazırlanan borik asit, boraks ve tarımbor çözeltisi ile ASTM D 1413-76 standardının ön gördüğü şekilde 60 dk vakum ardından, 60 dk çözelti içinde bırakılarak emprenye edilmişlerdir. Örneklerin emprenye öncesi tartımları yapılarak (M_{e0}) kaydedilmiş olup, emprenye sonrası örnekler üzerinde kalan fazla çözelti yavaşça silinerek tekrar tartımları yapılmış ve M_{es} olarak kaydedilmiştir. Retensiyon miktarları aşağıda belirtilen (1) nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Ardından örnekler, 20°C ve %65 bağıl nemdeki iklimlendirme dolabında 1 hafta bekletilerek kondüsyonlanmıştır.

$$\text{Ret (kg/m}^3\text{)} = [(G.C)/V].10 \quad (1)$$

Eşitlikte;

G: $M_{es}-M_{e0}$ (Emprenye sonrası ağırlık - emprenye öncesi ağırlık) (g)

C: Çözelti konsantrasyonu (%)

V: Numune hacmini (cm^3) ifade etmektedir.

2.2.2.2. Yağlı Isıl İşlem Yöntemi

Sıcak yağ işlemi Lyon vd. (2007a) ve Podgorski vd. (2008) tarafından daha önce belirtildiği gibi atmosferik şartlar altında 2 aşamalı yağ banyolarında gerçekleştirilmiştir. Odun örnekleri ilk önce 160°C'de 30 dk sıcak yağ banyosunda, sonra 20°C'de 30 dk soğuk yağ banyosunda bekletilmiştir. Örneklerin enine kesitlerinde oluşabilecek çatlamları önlemek için, doğrudan sıcak yağ içine atmak yerine, yağ ile birlikte 160°C'ye çıkarılması tercih edilmiştir. Sıcaklık farkı nedeniyle odun içinde oluşan vakum yağın odun içinde girmesini sağlamıştır. Bu yöntemin çok basit ve atmosferik şartlarda gerçekleştirilebilmesi, rutubetli haldeki odunun kurutma işlemine gerek duyulmadan emprenyenin gerçekleştirilebilmesi ve böylece ekonomik olması, iyi bir nüfuz derinliğinin

sağlanabilmesi, işlem ekipmanının basit ve ucuz olması ayrıca kullanılan yağın tekrar tekrar kullanılabilmesi gibi birçok avantajı vardır (Podgorski vd., 2008).

Ağırlık artışı değerleri (AAD), başlangıçtaki tam kuru ağırlık (M_0) ve yağ işlemi sonrasındaki ağırlık değerleri (M_{ys}) ile aşağıdaki eşitliğe (2) göre hesaplanmıştır.

$$AAD (\%) = [(M_{ys}-M_0)/M_0].100 \quad (2)$$

Yağ retensiyon değerleri başlangıçtaki tam kuru hacim (V_0) baz alınarak aşağıdaki eşitliğe (3) göre hesaplanmıştır (Spear vd., 2006),

$$\text{Yağ Retensiyonu (kg/m}^3\text{)} = (M_{ys}-M_0)/V_0 \quad (3)$$

Yağ ile emprenye sonrasında örnekler 4 hafta 20°C ve %65 bağıl nemdeki iklimlendirme odasında bekletilerek kondüsyonlanmıştır.

2.2.2.3. Test Yöntemleri

Emprenyeli örnekler ile bunların kontrol örneklerine uygulanan fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik test yöntemleri aşağıda ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

2.2.2.3.1. Örneklerin Denge Rutubet Miktarı ve Denge Rutubet Miktarındaki Yoğunlukları

20 x 20 x 30 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutlarındaki test ve kontrol örneklerinin tam kuru ağırlıkları belirlendikten sonra 16 hafta boyunca $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de %65 bağıl nemde kondüsyonlanmıştır. Yoğunlukları eşitlik (4)'e göre; denge rutubet miktarı (DRM) ise eşitlik (5)'e göre belirlenmiştir.

$$\delta_{dm} (\text{g/cm}^3) = M/V \quad (4)$$

Bu eşitlikte;

M: Denge rutubet miktarındaki ağırlık (g),

V: Denge rutubet miktarındaki hacim (cm^3)

$$\text{DRM (\%)} = [(M_r - M_o) / M_o] \cdot 100 \quad (5)$$

Eşitlikte;

Mr: İklimlendirme odası şartlarında ulaşılan ve değişmeyen rutubetli ağırlık (g),

Mo: Tam kuru ağırlık (g) değerlerini ifade etmektedir.

2.2.2.3.2. Su Alma Oranı, Su İtici Etkinlik ve Daralmayı Önleyici Etkinlik

Su alma oranı (SAO, %), su itici etkinlik (SİE, %) ve daralmayı önleyici etkinlik (DÖE, %) değerlerinin belirlenmesinde kullanılan örnekler her bir varyasyon için 30 x 30 x 15 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutlarında 6 adet test ve 20 adet kontrol olmak üzere hazırlanmıştır. Bu örnekler ayrıca bor analizinde yıkanmış örnek olarak da değerlendirilmiştir. Örneklerin tam radyal ve teğet yönleri içermesine dikkat edilmiştir. Emprenye edilen örnekler 80°C’de değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve tam kuru haldeki ağırlık ve boyutlar tespit edilmiştir. Daha sonra belirli miktardaki su içerisine üstlerine bir ağırlık konulmak suretiyle bırakılmıştır. 6, 24, 48 saat ve 48 saat aralıklar ile toplam 14 gün deney ve kontrol örneklerinin aldığı su miktarı ile boyutları ölçülmüştür. Bunun için her periyot sonunda sudan alınan örneklerin üzerindeki su silinmiş ve aynı duyarlılıkta ölçümler yapılmıştır. Başlangıçtaki tam kuru ağırlık değerleri kullanılarak SAO (%), her deney ve kontrol örneği için ayrı ayrı olmak üzere hesaplanmıştır. Kontrol örneklerine kıyasla emprenyeli test örneklerinin su alma oranlarında meydana gelen azalma olarak ifade edilebilecek SİE (%) değerleri her deney örneği için belirlenmiştir. SAO (6), SİE (7) ve DÖE (8) nolu eşitliklere göre hesaplanmıştır.

$$\text{SAO (\%)} = [(M_2 - M_o) / M_o] \cdot 100 \quad (6)$$

$$\text{SİE (\%)} = [(SAO_k - SAO_t) / SAO_k] \cdot 100 \quad (7)$$

$$\text{DÖE (\%)} = [(S_k - S_t) / S_k] \cdot 100 \quad (8)$$

Eşitliklerde;

M_0 : Başlangıçtaki tam kuru ağırlık (g), M_2 : Her periyot sonrasında sudan çıkarılan örneğin ağırlığı (g),

SAO_t : Test örneklerinin su alma oranı, SAO_k : Kontrol örneklerinin su alma oranı,

S_t : Test örneklerinin hacimsel genişleme katsayısı, S_k : Kontrol örneklerinin hacimsel genişleme katsayısını ifade etmektedir.

2.2.2.3.3. Liflere Paralel Basınç Direnci

Liflere paralel basınç direnci (LPBD), TS 2595'e göre Helsinki Teknoloji Üniversitesi, Odun Teknolojisi Bölümü laboratuvarındaki Zwick Universal test cihazında yürütülmüştür. Her bir varyasyon için 20 x 20 x 30 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutlarında 7 adet test ve 20 adet kontrol örneği kullanılmıştır. Deneysel öncesi denge rutubetine getirilen örneklerin enine kesit boyutları ölçüm sırasında makine programına girilmiş ve liflere paralel basınç direnci otomatik olarak hesaplanmıştır.

2.2.2.3.4. Renk Ölçümü

Renk ölçüm deneyleri, Helsinki Teknoloji Üniversitesi, Odun Teknolojisi Bölümü laboratuvarlarındaki Minolta CM-2600d-Japan spektrometresi ile CIE L^*a^*b renk parametreleri belirlenerek yapılmıştır. L^* açık renklilik, a^* ve b^* ise kromatik koordinatları göstermektedir. Her varyasyon 5 tekrarlı olacak şekilde 20 x 20 x 30 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutundaki örneklerin teğet yüzeylerinde gerçekleştirilmiştir. Toplam renk değişimi (ΔE^*) (9, 10, 11 ve 12) nolu eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır. ΔE^* değerinin az çıkması renk değişiminin o örneklerde az olduğunu göstermektedir.

$$\Delta L^* = L_s^* - L_i^* \quad (9)$$

$$\Delta a^* = a_s^* - a_i^* \quad (10)$$

$$\Delta b^* = b_s^* - b_i^* \quad (11)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (12)$$

Burada,

ΔL^* , Δa^* , Δb^* başlangıç (i) ve emprenye sonrasında (s) meydana gelen renk değişikliklerini (ΔE^*) belirtmektedir (Ustaömer, 2008).

2.2.2.3.5. Odun Örneklerindeki Bor Analizi

Odunun bor analizi için yakılma işlemi AWP A7-93 standardında öngörülen nitrik asit yöntemine göre yapılmıştır. Yıkama testine tabi tutulan 6 adet ve yıkanmamış 4 adet odun örneği laboratuvar tipi Wiley öğütme değirmeninde (IKA MF10, IKA-Werke, Staufen, Almanya) 0,5 mm çaplı elek aralığından geçirilerek öğütülmüş ve tam kuru hale getirilmiştir. Her bir varyasyona ait 2 g tam kuru öğütülmüş örnek bir behere alınmış, üzerine 32,3 ml (%65'lik-Merck) nitrik asit ilave edilmiştir. Beherler ısıtıcının üzerine koyulmuş ve örneklerden çıkan kahverengi dumanların bitmesini takiben 14,25 ml hidrojen peroksit (%35'lik-Merck) ilave edilmiştir ve bir süre daha ocakta bekletilmiştir. Asit ile yakma işlemi sonrasında çözeltiler Whatman # 4 nolu filtre kâğıdından geçirilerek süzölmüş, ardından 50 ya da 100 kat oranlarında saf su ile seyreltilmişlerdir. Örneklerde kalan ve yıkanan bor miktarı KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ICP laboratuvarında, ICP (Spectro-Genesis Inductively Coupled Plasma) cihazında belirlenmiştir. 1000 ppm'lik ICP bor standardından (Merck) 0,5 ppm aralıklı 0,25-10 ppm arasında standart numuneler hazırlanmış ve bu standartlar makinada okutularak ölçümlerin regresyon eğrisi çıkarılmıştır. Deney örneklerinin reel bor miktarları bu regresyon modeline aktarılmış ve hesaplanan değerler kaydedilmiştir. Bu değerlerden yıkanmış ve yıkanmamış örneklerin retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3) ile odunda kalan borlu bileşik miktarı (%) hesaplanmıştır.

2.2.2.3.6. Termogravimetrik Analiz (TGA)

Termogravimetrik analiz (TGA), Helsinki Teknoloji Üniversitesi, Odun Teknolojisi Bölümü, lif ve kağıt laboratuvarındaki Perkin–Elmer TGA-7'de belirlenmiştir. TGA testleri bir odun örneği ısı kaynağına maruz kalırken o örnekte yapılan ağırlık ölçümlerini temel

alan enstrümental yöntemlerdendir. Bu yöntemde malzemenin termal bozunması incelenmektedir (Ustaömer, 2008). Analizde kullanılan örnekler aynı zamanda bor ve FTIR-PAS analizinde kullanılan yıkanmamış örneklerdir. TGA eğrileri 50 mL/min azot gazı akışında 10.0°C/min tarama oranı ile elde edilmiştir. 10 mg odun tozu, cihaz panı içine koyularak 35-800°C arasında ana kütledeki ağırlık kayıpları zamanın ve sıcaklığın fonksiyonu olarak kaydedilmiştir. TGA, atık ve ayçiçeği yağı ile emprenye edilen varyasyonlar ile %5 borik asit çözeltisinin 6 çeşit yağ ile kombine edildiği varyasyonlarda incelenmiştir.

2.2.2.3.7. FTIR Analizi

FTIR spektraları Helsinki Teknoloji Üniversitesi, Odun Teknolojisi Bölümü laboratuvarlarındaki Rad 6000 spektrometresi ile fotoakustik (PA) yöntemine göre odun tozları kullanılarak elde edilmiştir. Örneklerin spektrası 768-2002 cm^{-1} dalga boyunda, 300 tarama ile 8 cm^{-1} çözünürlükte elde edilmiştir. Her varyasyon için alınan 2 spektranın ortalaması elde edilmiştir. FTIR analizi, atık ve ayçiçeği yağı ile emprenye edilen varyasyonlar ile %5 borik asit çözeltisinin 6 çeşit yağ ile kombine edildiği varyasyonlarda incelenmiştir.

2.2.2.3.8. Mantar Çürüklük Testi

Modifiye edilmiş CEN prENV 807 (2005) çürüklük testi, 10 x 5 x 30 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutlarındaki örneklerin boyuna yönde yarı yarıya kesilmesiyle yani, 10 x 5 x 15 mm boyutundaki örneklerin kullanılmasıyla Finlandiya VTT Mikrobiyoloji laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Açılan kesiti bertaraf etmek amacıyla o kesit sıcaklığa dayanıklı epoksi yapıştırıcı ile kaplanmıştır. Deney öncesi örneklerin tam kuru ağırlıkları (Ç_0) belirlenmiştir. Çürüklük testi yıkanmış/yıkanmamış test örneklerine ve kontrol örneklerine 8 tekrarlı olmak üzere vermikulit ortamında uygulanmıştır. Sarıçam odunu örnekleri için esmer çürüklük mantarı *Coniophora puteana*, kayın odunu için beyaz çürüklük mantarı *Coriolus versicolor* kullanılmıştır. Ayrıca her varyasyon için 4 emprenyeli ve 15 emprenyesiz kontrol örneği mantar çürüklük sonrasında mantar saldırısı nedeniyle oluşan ağırlık kaybının hesaplanmasında düzeltme faktörü (C) olarak teste dâhil

edilmiştir. Vermikulitin su tutma kapasitesi CEN prENV 807 (2005) yönteminde belirtildiği gibi hesaplanmıştır. Plastik kapların her birine 25 g ticari vermiculit doldurulmuş ardından %5'lik malt agar çözeltisi kaplara ilave edilmiş ve iyice karıştırılmıştır. Daha sonra kaplar 120°C ve 0.1 MPa basınçtaki otoklavda, odun örnekleri ise kuru hava otoklavında 125°C'de 55 dakika sterilize edilmiştir. Soğuduktan sonra her bir kaba 3 test ve 3 kontrol örneği yerleştirilmiş, sarıçam örnekleri için *Coniophora puteana*, kayın örnekleri için *Coriolus versicolor* mantarı aşılantmıştır. 60 gün 25°C ve %65 bağıl nemli bir odada mantar saldırısına bırakılan örneklerin deney sonrasında da tam kuru ağırlıkları (Ç_s) belirlenerek ağırlık kayıpları (%) eşitlik (13); örneklerde mantar saldırısı nedeniyle oluşan ağırlık kayıpları (AK_m) ise düzeltme faktörü göz önüne alınarak, eşitlik (14) yardımıyla hesaplanmış ve biyolojik dayanım özellikleri değerlendirilmiştir. Mantar çürüklük testi, hangi yağın daha iyi sonuç verdiğinin belirlenmesi amacıyla %5 borik asit çözeltisinin 6 çeşit yağ ile kombine edildiği varyasyonlarda incelenmiştir.

$$\text{AK} (\%) = [(\text{Ç}_0 - \text{Ç}_s) / \text{Ç}_0] \cdot 100 \quad (13)$$

$$\text{AK}_m (\%) = \text{AK} - C \quad (14)$$

2.2.3. İkinci Bölümde Yapılan Çalışmalar

2.2.3.1. Yağ/Su ve Su/Yağ Emülsiyonlarının Hazırlanması ve Emprenye İşlemi

Yağ/su emülsiyonları 1/4 ve 2/3 (ağırlık/ağırlık) oranlarında atık ve ayçiçek yağı ile hazırlanmıştır. Her iki oranda hazırlanan emülsiyon toplamda %3 borik asit içermektedir. Yüzey aktif maddesi olarak SDS ve KC, yağ/su oranına bağılı olarak sırasıyla %1 ve %2 oranlarında katılmışlardır.

Su/yağ emülsiyonları ise yine toplamda %3 borik asit içerecek şekilde, 1/4 ve 2/3 oranlarında sadece atık yağ ile hazırlanmıştır. Yüzey aktif maddesi olarak KC %2 oranında kullanılmıştır. SDS'nin yüksek bir hidrofilik-lipofilik denge (HLB, yaklaşık 40) değerine sahip olması, dolayısı ile daha çok yağ/su emülsiyonlarında tercih ediliyor olması ve su/yağ emülsiyonlarında kararlılığı sağlayamaması nedeniyle kullanılamamıştır. Emülsiyonun hazırlanmasında önce yağ ile yüzey aktif maddesi blender tip karıştırıcı ile (3000 rpm) iyice karıştırılmış, ardından saf su ile hazırlanan borik asit çözeltisi yavaş

yavaş karışıma ilave edilerek karıştırmaya devam edilmiştir. Ardından hazırlanan emülsiyon 12 saat boyunca bir çalkalayıcıda karıştırılmaya devam edilmiştir.

Örneklerin emprenye işlemi KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Koruma Laboratuvarında yapılmıştır. Hava kurusu hale getirilen ve başlangıç tam kuru ağırlıkları ve boyutları bilinen 15 x 25 x 50 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutundaki sarıçam örnekleri 30 dk 600 mmHg vakum, ardından 1 saat boyunca 6 barlık basınç altında emülsiyon çözeltileri ile emprenye edilmişlerdir. Yağ/su emülsiyonları ile emprenye işlemi oda sıcaklığında yapılıyor iken; su/yağ emülsiyonları ile emprenye işleminde oda sıcaklığının yanı sıra 100°C’de denemeler gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık uygulanan denemelerde, emprenye silindirinin içindeki çözeltinin sıcaklığı emprenye sisteminin dışından bir termokupl yardımıyla ayarlanmış ve emprenye süresince takip edilerek sıcaklığın sabit kalması sağlanmıştır. Çözeltinin belirtilen sıcaklık derecelerine ulaştığında vakum ve ardından basınç işlemi başlatılmıştır. Emprenye sonrası örnekler üzerinde kalan fazla çözelti yavaşça silinerek tekrar tartımları yapılmıştır. Retensiyon ve absorpsiyon miktarları aşağıda belirtilen (15) ve (16) nolu eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (Koski, 2008). Örnekler emprenye işleminin ikinci günün sonrasında 80°C’de tam kuru hale getirilmiştir. Ardından örnekler oda koşullarında kondüsyonlanmaya bırakılmıştır. Sadece yağ, su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen örneklere ait bir görüntü Şekil 6’da kıyaslamalı olarak gösterilmektedir.

$$A \text{ (kg/m}^3\text{)} = (M_{es}-M_{eö})/V \quad (15)$$

Eşitlikte;

M_{es} : Örneklerin emprenye sonrası ağırlığı (kg)

$M_{eö}$: Örneklerin emprenye öncesi ağırlığı (kg)

V : Örneklerin hacmi (m^3)

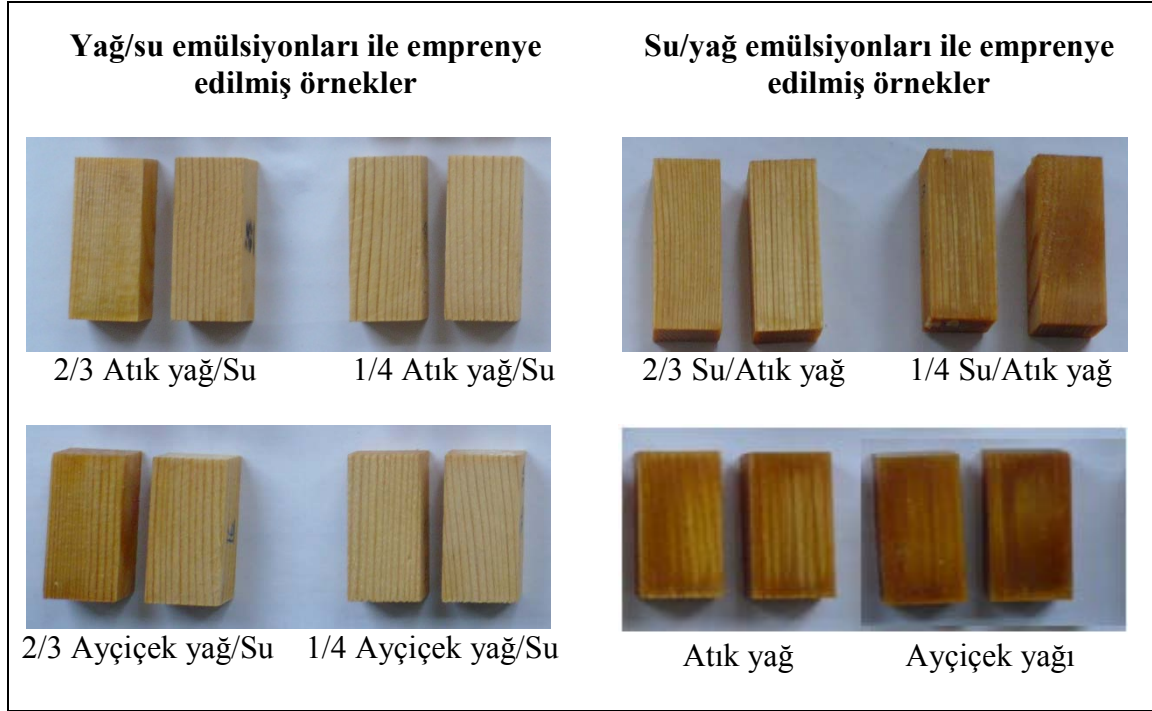
$$R \text{ (kg/m}^3\text{)} = (M_{os}-M_{oö})/V \quad (16)$$

Eşitlikte;

M_{os} : Örneklerin emprenye sonrası tam kuru ağırlığı (kg)

$M_{oö}$: Örneklerin emprenye öncesi tam kuru ağırlığı (kg)

V : Örneklerin hacmini (m^3) ifade etmektedir.



Şekil 6. Sadece yağ, su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile empenye edilen örneklere ait görüntüler

2.2.3.2. Test Yöntemleri

Emprenyeli örnekler ile bunların kontrol örneklerine uygulanan su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerinin belirlenmesi ile odunda kalan bor miktarının belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen analizler 2.2.2.3.2 ve 2.2.2.3.5 nolu başlıklarda ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

2.2.4. Üçüncü Bölümde Yapılan Çalışmalar

2.2.4.1. Borik Asit Çözeltisi ile Emprenye İşlemi

Tam kuru ağırlıkları ve boyutları bilinen hava kurusu hale getirilmiş sarıçam ve kayın örnekleri %0,5, %1, %1,5 ve %2 konsantrasyonlarda hazırlanan borik asit çözeltisi ile 30 dk 600 mmHg vakum, ardından 1 saat boyunca 6 barlık basınç altında empenye edilmiştir. Örneklerin empenye öncesi tartımları yapılarak (M_{e0}) kaydedilmiş olup, empenye sonrası örnekler üzerinde kalan fazla çözelti yavaşça silinerek tekrar tartımları yapılmış ve M_{es} olarak kaydedilmiştir. Retensiyon miktarları daha önce belirtilen (1) nolu

eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Ardından örnekler, 20°C ve %65 bağıl nemdeki iklimlendirme dolabında 1 hafta bekletilerek kondüsyonlanmıştır.

2.2.4.2. Enine Kesitlerin Epoksi Reçine ile Kapatılması ve Yağ ile Emprenye İşlemi

Borik asit ile emprenye edilmiş örneklerin ve bunların kontrol gruplarının enine kesitleri bir spatula yardımıyla epoksi reçineyle kapatılmış ve kurumasını takiben tam kuru hale getirilmiştir. Borik asit ile emprenye edilmiş ve enine kesiti kaplanmış/kaplanmamış örnekler atık ve ayçiçek yağı ile 30 dk 600 mmHg vakum ve 1 saat boyunca 6 barlık basınç altında 70°C’de emprenye edilmiştir. Emprenye sonrası örnekler üzerinde kalan fazla çözelti yavaşça silinerek tekrar tartımları yapılmıştır. Ağırlık artışı değerleri ve retensiyon miktarları daha önce belirtilen (2) ve (3) nolu eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır. Ardından, örnekler oda sıcaklığında kondüsyonlamaya bırakılmıştır.

2.2.4.3. Test Yöntemleri

2.2.4.3.1. Denge Rutubet Miktarındaki Yoğunluk ve Denge Rutubet Miktarı

20 x 20 x 30 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutlarındaki test ve kontrol örneklerinin tam kuru ağırlıkları belirlendikten sonra, bunlar 16 hafta boyunca oda şartlarında kondüsyonlanmıştır. Örneklerin denge rutubet miktarındaki yoğunlukları (δ_{dm}) ve denge rutubet miktarları (DRM) daha önce bahsedilen eşitlik (4) ve (5)’e göre belirlenmiştir.

2.2.4.3.2. Su Alma Oranı, Su İtici Etkinlik ve Daralmayı Önleyici Etkinlik

Su alma oranı (SAO, %), su itici etkinlik (SİE, %) ve daralmayı önleyici etkinlik (DÖE, %) değerlerinin belirlenmesinde kullanılan örnekler her bir varyasyon için 19 x 19 x 19 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutlarında 15 adet test ve 20 adet kontrol olmak üzere hazırlanmıştır. Örneklerin tam radyal ve tam teğet yönleri içermesine dikkat edilmiştir. Emprenye edilen örnekler 80°C’de değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve tam kuru haldeki ağırlık ve boyutlar tespit edilmiştir. Daha sonra belirli miktardaki su içerisine

üstlerine bir ağırlık konulmak suretiyle bırakılmıştır. 2, 4, 8, 24, 48, 72 ve 96 saat ile 1 ve 2 hafta süreli periyotlar sonunda deney ve kontrol örneklerinin aldığı su miktarı ölçülmüştür. Bunun için her periyot sonunda sudan alınan örneklerin üzerindeki su silinmiş ve aynı duyarlılıkta ölçümler yapılmıştır. SAO (%), SİE (%) ve DÖE (%) daha önce bahsedilen (6), (7) ve (8) nolu eşitliklere göre hesaplanmıştır.

2.2.4.3.3. Liflere Paralel Basınç Direnci

Liflere paralel basınç direnci (LPBD) deneyleri TS 2595'e göre yürütülmüştür. 20 x 20 x 30 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutlarındaki her bir varyasyon için 15 adet test ve 20 adet kontrol örneği hazırlanmıştır. Deney KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği FİMAT Laboratuvarındaki üniversal test makinesinde yapılmıştır. Deneyler öncesi denge rutubetine getirilen örneklerin enine kesit boyutları (a x b) belirlenmiştir. Deney hızı örnekler makinde 1,5–2 dakikada kırılacak şekilde ayarlanmış olup, 2000'lik alandaki kırılma anındaki kuvvet (F_{max}) ölçülmüştür. LPBD aşağıdaki eşitlik (17) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$LPBD (N/mm^2) = F_{max}/(a.b) \quad (17)$$

2.2.4.3.4. Yıkanma Deneyi

Yıkanma deneyleri AWWA E11-97'e göre, 6 adet 19 x 19 x 19 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutundaki bor analizi için kullanılacak örnekler ile 10 adet 15 x 5 x 30 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutundaki mantar çürüklük testi örneklerine uygulanmıştır. Örnekler vakum desikatöründe 400 mmHg'lık vakum ile 20 dk boyunca saf su ile emprenye edilmiştir. 6, 24, 48 saat ve sonrasındaki her 48 saatte toplam 14 gün boyunca kaplar içindeki su yenisiyle değiştirilmiştir. Yıkanma deneyinde karıştırma işlemi uygulanmamıştır. İki hafta sonra örnekler sudan çıkarılmış ve oda şartlarında kurumaları sağlanmıştır.

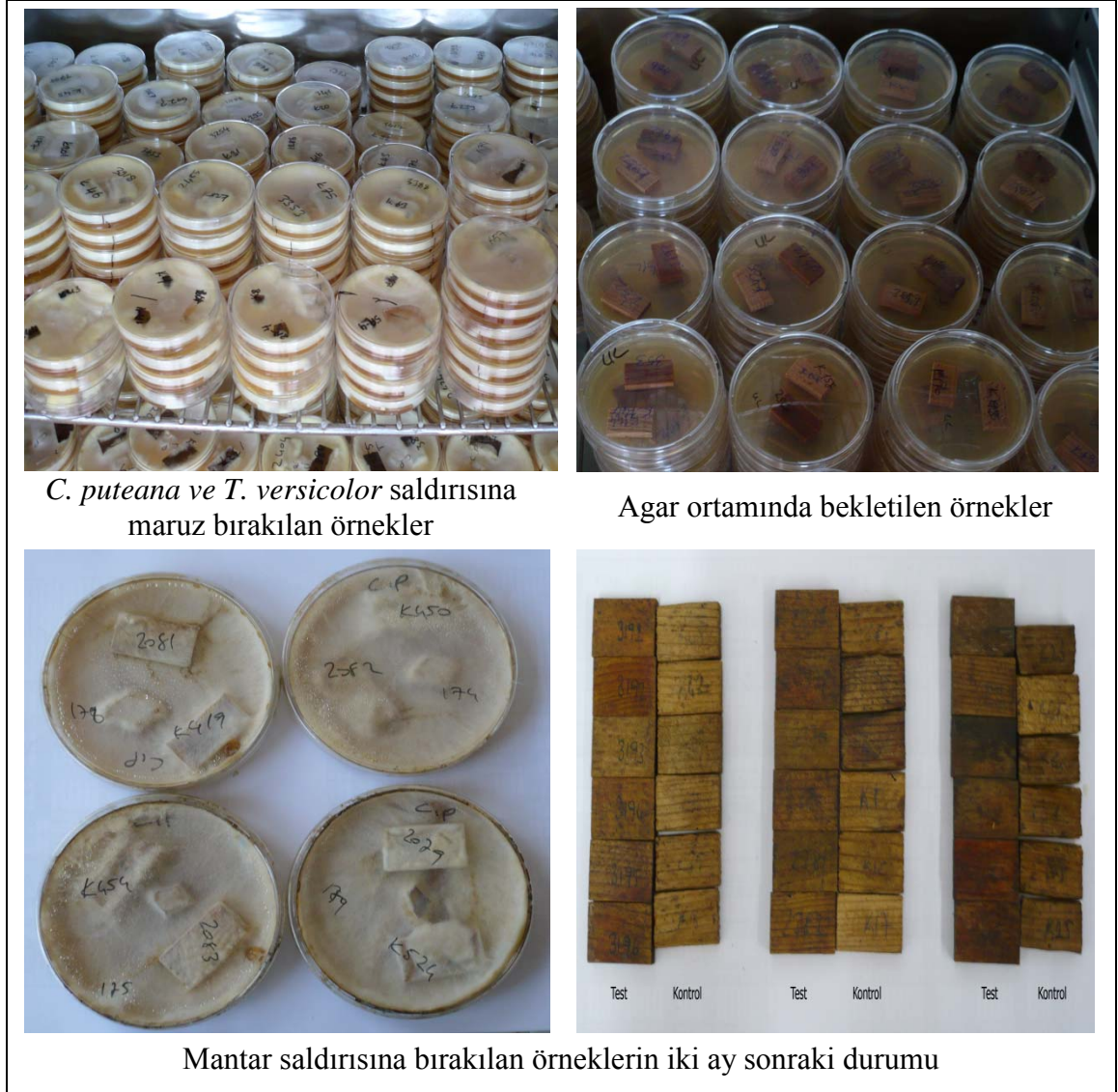
2.2.4.3.5. Odun Örneklerinde Bor Analizi

Odunda kalan bor miktarının belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen analizler 2.2.2.3.5 nolu kısımda ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

2.2.4.3.6. Mantar Çürüklük Testi

Modifiye edilmiş EN 113 (1980) çürüklük testi, 5 x 15 x 30 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutlarındaki örneklerin kullanılmasıyla KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Mikoloji laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deney öncesi örnekler 80°C’de değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiş ve tam kuru ağırlıkları (Ç_6) belirlenmiştir. Çürüklük testi yıkanmış, yıkanmamış test ve kontrol örneklerine 6 tekrarlı olmak üzere agar ortamında uygulanmıştır (Şekil 7). Sarıçam ve kayın odunu örnekleri için sırasıyla esmer çürüklük mantarı *Coniophora puteana* ve beyaz çürüklük mantarı *Trametes versicolor* kullanılmıştır. Ayrıca, her varyasyon için 4 emprenyeli ve 4 emprenyesiz kontrol örneği mantar miseli aşılınmamış agar üzerine konularak, mantar çürüklük sonrasında mantar saldırısı nedeniyle oluşan ağırlık kaybının hesaplanmasında düzeltme faktörü olarak teste dahil edilmiştir.

1 lt saf suya 48 g malt ekstrakt-agar konularak hazırlanan çözeltinin homojen bir şekilde karışması için manyetik karıştırıcıda 5 dakika karıştırılmıştır. Çözeltiyi sterilize etmek için 1 lt lik erlenlerin ağızları alüminyum folyo ile kaplanarak 121°C’deki bir otoklavda 30 dk bekletilmiş ve süre sonunda otoklavdan çıkarılarak UV ışığı altında steril kabinde soğumaya bırakılmışlardır. Agar çözeltisinin dökme kıvamına gelmesiyle her steril plastik petri kabına bir miktar agar aktarılmış ve 1 gün boyunca UV kabininde bekletilmişlerdir. Agar çözeltilerinin iyice donması sağlandıktan sonra petrilere mantar miselleri aşılınmıştır. Misellerin petrilere iyice sarması için 20°C ve %65 bağıl nem koşullarındaki iklim dolabında bir hafta bekletilmiştir. Daha sonra örnekler yine otoklavda 120°C’de 40 dakika sterilize edilmişlerdir. Soğuduktan sonra her bir petriye 1 test ve 1 kontrol örneği yerleştirilmiştir. 60 gün 20°C ve %65 bağıl nemli bir odada mantar saldırısına bırakılan örneklerin, deney sonrasında tam kuru ağırlıkları (Ç_s) belirlenerek ağırlık kayıpları (%) (13 ve 14) nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmış ve biyolojik dayanım özellikleri değerlendirilmiştir.



Şekil 7. EN 113 mantar çürüklük testinin uygulanışı

2.3. İstatistiksel Yöntemler

Veriler SPSS 13.0 istatistik paket programı kullanılarak ve % 95 güven düzeyi esas alınarak analiz edilmiştir. Test örnekleri ile bunlara ait kontrol örneklerinin arasında, araştırılan odun özelliklerine ilişkin olarak istatistiksel anlamda bir farklılık olup olmadığı basit varyans analizi (BVA) ile belirlenmiştir. Anlamlı değişkenlerin ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin incelenen parametreyi ne ölçüde etkilediği ise çoğul varyans analizi (ÇVA) ile irdelenmiştir. Etkilemenin anlamlı çıkması halinde ortalama değerler hem BVA hem de ÇVA için “Duncan” homojenlik grupları ile karşılaştırılmıştır.

Birinci bölümde yapılan çalışmaların istatistiksel analizlerinde sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen odun örneklerinin performans testleri, ÇVA; sadece yağ ile emprenyeli örneklerin performans testleri BVA; borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen örneklerin performans testleri yine ÇVA ile irdelenmiş ve anlamlı farklılıklar “Duncan” homojenlik grupları ile belirlenmiştir.

İkinci bölümde yapılan çalışmalar ÇVA ile irdelenmiş, yine anlamlı farklılıklar “Duncan” homojenlik grupları ile tespit edilmiştir.

Üçüncü bölümde sadece borlu bileşikler ve sadece yağ ile emprenye edilen odun örneklerinin performans testleri hem enine kesiti kapatılan hem de kapatılmayan varyasyonlar için ayrı ayrı BVA ile; BA + yağ ile emprenye edilen örneklerin performans testleri yine ÇVA ile irdelenmiş ve anlamlı farklılıklar “Duncan” homojenlik grupları ile belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Çalışma sonucu elde edilen bulgular, “Yapılan Çalışmalar” bölümünde belirtilen üç ana başlık altında sunulmuştur. İlk bölümde önce borlu bileşikler, ardından bitkisel yağlar ile emprenye edilen kayın ve sarıçam örneklerinin bazı fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin incelendiği analizlere ait bulgular; ikinci bölümde, su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen örneklerin su alma oranı, su itici etkinlik ve bor analizlerine ait bulgular; üçüncü bölümde ise, epoksi reçine ile enine kesitleri kapatılan/kapatılmayan ve ardından yağ ile muamele edilen örneklerin bazı fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik özelliklerine ait bulgular yer almaktadır.

3.1. Birinci Bölümde Yapılan Çalışmalara İlişkin Bulgular

3.1.1. Denge Rutubet Miktarına İlişkin Bulgular

Denge rutubet miktarı, yoğunluk ve liflere paralel basınç direncinin değerlendirilmesinde 20 x 20 x 30 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutundaki örnekler kullanılmış olup, bu örneklerin emprenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyonlarına (R, kg/m³) ait aritmetik ortalama (X) ve standart sapma (S.s) değerleri Tablo 14 ve Tablo 15’de sırasıyla sarıçam (SÇ) ve kayın (KA) için özetlenmiştir. Denge rutubet miktarlarına (DRM, %) ait aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri ise sarıçam ve kayın odunu örnekleri için karşılaştırmalı olarak Tablo 16’da gösterilmiştir.

Tablo 14. Sarıçam test örneklerinin ortalama ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyon değerleri (R, kg/m³)

Borlu bileşikler ve konsantrasyon			Deneme Varyasyonları						
			Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	AAD	X	-	140,029	154,890	128,875	134,091	143,656	137,052
		S.s	-	7,159	6,363	5,688	7,703	6,467	11,320
	R	X	5,57	574,183	617,905	530,947	559,508	598,615	582,047
		S.s	0,097	14,680	13,958	37,967	33,243	6,098	26,291
%2 BA	AAD	X	-	143,054	112,574	130,237	107,829	123,276	134,512
		S.s	-	5,227	8,940	6,462	7,905	16,326	13,697
	R	X	11,414	594,502	477,329	576,799	462,324	531,045	573,492
		S.s	0,219	6,883	28,878	23,323	49,893	51,364	26,284
%5 BA	AAD	X	-	130,704	125,036	119,659	95,336	111,036	105,019
		S.s	-	13,153	11,133	4,001	12,872	5,484	13,900
	R	X	34,744	566,944	546,667	551,282	498,503	554,303	546,406
		S.s	0,823	39,763	13,902	19,260	34,551	41,520	40,083
%1 TB	AAD	X	-	112,959	103,751	114,085	109,817	99,085	111,160
		S.s	-	4,809	2,457	3,664	24,110	3,132	9,156
	R	X	6,108	523,044	459,347	539,688	463,131	499,545	515,120
		S.s	0,083	18,552	45,836	6,216	82,949	11,767	23,641
%2 TB	AAD	X	-	96,425	87,529	97,628	99,217	115,505	98,991
		S.s	-	6,977	6,726	4,961	7,780	15,993	7,043
	R	X	12,812	476,243	428,272	461,568	485,654	529,515	493,386
		S.s	0,326	25,410	41,292	30,829	24,206	16,217	20,845
%5 TB	AAD	X	-	108,607	105,679	101,541	104,565	106,773	112,842
		S.s	-	6,136	9,138	5,689	0,457	7,847	8,070
	R	X	29,474	536,795	534,550	509,131	504,055	549,439	553,634
		S.s	0,659	29,682	28,301	14,776	0,989	17,785	16,678
%1 BX	AAD	X	-	122,449	117,149	126,923	114,475	127,329	130,886
		S.s	-	13,652	13,179	2,523	9,450	0,131	2,478
	R	X	4,91	518,739	488,385	555,729	500,559	578,173	581,367
		S.s	0,154	17,557	25,826	6,324	36,367	12,739	16,076
%2 BX	AAD	X	-	121,548	96,796	110,486	108,889	130,568	121,992
		S.s	-	6,405	6,175	4,861	6,313	2,772	4,913
	R	X	11,141	546,420	444,128	499,079	479,439	575,417	556,168
		S.s	0,183	27,427	29,924	29,350	13,400	14,730	30,501
%5 BX	AAD	X	-	114,025	93,648	114,961	100,449	119,777	127,272
		S.s	-	7,965	5,453	6,235	7,906	6,316	5,816
	R	X	33,63	568,754	464,755	568,606	502,904	582,640	557,402
		S.s	0,397	19,534	30,909	24,334	22,913	25,623	18,904
-	AAD	X	-	138,955	119,374	131,594	108,639	132,810	113,482
		S.s	-	8,252	9,263	12,062	11,117	10,726	11,677
	R	X	-	597,710	510,873	590,361	462,538	583,575	521,495
		S.s	-	10,978	40,862	13,903	33,351	26,516	48,976

Tablo 15. Kayın test örneklerinin ortalama ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyon değerleri (R, kg/m³)

Borlu bileşikler ve konsantrasyon			Deneme Varyasyonları						
			Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1	AAD	X	-	59,881	59,907	60,697	52,227	58,600	59,521
		S.s	-	3,905	4,808	5,558	4,556	3,113	3,550
BA	R	X	4,430	382,482	379,692	385,796	324,404	375,419	383,180
		S.s	0,138	13,672	18,361	25,264	23,097	11,797	15,200
%2	AAD	X	-	66,699	62,933	65,928	63,502	66,153	63,214
		S.s	-	4,927	5,146	7,859	0,014	4,822	3,692
BA	R	X	8,759	423,817	403,063	419,021	393,732	417,713	408,992
		S.s	0,307	23,754	20,240	34,248	14,183	21,254	3,103
%5	AAD	X	-	70,328	53,740	49,527	48,952	50,777	49,252
		S.s	-	5,291	1,720	3,705	4,550	4,737	4,843
BA	R	X	31,121	441,840	368,442	344,243	339,577	350,216	348,239
		S.s	0,560	30,526	7,417	28,741	26,932	25,068	30,111
%1	AAD	X	-	54,275	48,028	58,547	52,907	59,897	57,790
		S.s	-	3,616	2,111	1,635	2,739	5,490	6,533
TB	R	X	5,156	353,879	319,171	369,314	360,220	395,330	370,622
		S.s	0,99	7,785	26,765	28,379	13,377	23,551	30,998
%2	AAD	X	-	57,503	55,607	53,285	57,755	63,969	63,150
		S.s	-	4,979	6,125	3,896	5,784	5,682	2,791
TB	R	X	11,310	373,674	363,820	353,879	378,820	413,004	409,647
		S.s	0,167	22,522	28,441	22,910	25,098	29,858	11,511
%5	AAD	X	-	48,926	49,311	46,615	43,501	50,783	51,781
		S.s	-	3,939	4,455	3,656	2,172	2,401	2,323
TB	R	X	21,130	340,624	337,659	323,008	306,308	347,775	356,669
		S.s	0,860	21,579	24,614	25,136	20,257	14,295	11,861
%1	AAD	X	-	50,082	62,129	54,188	53,637	59,337	51,361
		S.s	-	3,441	2,212	4,317	4,560	4,151	2,845
BX	R	X	4,411	344,025	386,556	357,890	361,030	393,296	351,263
		S.s	0,184	9,460	12,706	24,219	15,242	20,838	11,360
%2	AAD	X	-	59,340	44,865	50,911	44,369	51,157	49,811
		S.s	-	2,038	3,945	4,331	3,900	0,751	3,880
BX	R	X	8,867	391,028	308,489	351,437	309,143	351,786	350,914
		S.s	0,340	7,567	18,937	16,299	24,130	4,515	20,734
%5	AAD	X	-	50,588	42,197	48,533	39,718	49,138	50,515
		S.s	-	2,536	4,367	3,175	3,316	1,319	4,207
BX	R	X	20,570	354,053	295,408	341,147	278,359	346,902	352,484
		S.s	1,065	12,379	21,258	19,851	22,785	8,620	23,877
-	AAD	X	-	54,863	53,538	50,799	45,496	57,708	51,858
		S.s	-	5,785	5,629	7,211	4,381	5,384	4,272
-	R	X	-	374,983	362,992	343,734	306,381	380,389	356,960
		S.s	-	27,485	23,175	26,338	18,139	17,478	20,832

Tablo 16. Sarıçam ve kayın odunu test ile kontrol örneklerine ait DRM (%) değerleri

Borlu bileşikler ve konsant.	Ağaç Türü	Deneme Varyasyonları							
		Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı	
%1 BA	SÇ	X	12,407	2,415	3,085	3,300	3,135	3,258	2,821
		S.s	1,127	0,304	0,882	0,851	0,396	0,860	0,462
	KA	X	10,345	5,474	4,504	5,323	4,653	5,312	6,207
		S.s	0,070	0,369	0,128	0,119	1,013	0,449	0,183
%2 BA	SÇ	X	12,314	2,542	4,222	3,664	3,488	3,586	3,615
		S.s	0,642	0,464	0,431	0,369	0,463	0,954	0,538
	KA	X	10,707	5,074	5,442	5,435	5,119	5,680	5,316
		S.s	0,086	0,216	0,068	1,536	0,602	0,627	0,369
%5 BA	SÇ	X	13,130	3,435	4,328	3,362	3,444	3,603	3,570
		S.s	0,350	0,351	1,394	0,649	0,370	0,324	0,355
	KA	X	11,400	4,314	6,003	4,894	4,718	5,456	4,660
		S.s	0,063	0,366	0,361	0,150	0,468	0,038	0,381
%1 TB	SÇ	X	12,537	2,595	4,491	3,443	3,547	2,984	3,571
		S.s	0,857	0,269	0,665	0,317	0,294	0,525	0,306
	KA	X	10,499	5,425	5,733	5,228	5,244	4,973	5,634
		S.s	0,088	0,251	0,675	0,132	0,432	0,500	0,366
%2 TB	SÇ	X	12,232	3,118	3,945	3,454	3,568	3,348	3,819
		S.s	1,201	0,916	0,587	0,349	0,395	0,229	0,480
	KA	X	10,269	4,873	5,826	5,143	5,106	5,740	4,928
		S.s	0,080	0,312	0,568	0,221	0,344	0,529	0,752
%5 TB	SÇ	X	13,316	3,537	4,166	4,531	4,020	3,845	3,863
		S.s	0,624	0,285	0,423	0,975	0,558	0,681	0,528
	KA	X	10,891	4,958	4,522	5,684	4,966	5,820	5,551
		S.s	0,144	0,562	0,336	0,205	0,543	0,113	0,560
%1 BX	SÇ	X	12,515	2,435	4,290	3,554	3,502	3,429	3,546
		S.s	0,630	0,285	1,494	1,423	0,617	0,232	0,289
	KA	X	10,264	5,919	6,547	4,928	5,230	6,088	5,623
		S.s	0,126	0,295	0,187	0,335	0,359	0,491	0,556
%2 BX	SÇ	X	12,618	2,836	4,226	3,410	3,700	3,409	3,686
		S.s	0,601	0,517	0,545	0,456	0,325	0,831	0,812
	KA	X	10,322	5,201	6,284	5,117	5,156	6,097	5,800
		S.s	0,151	0,314	0,650	0,207	0,037	0,179	0,066
%5 BX	SÇ	X	13,299	2,997	4,546	3,505	3,661	3,516	3,722
		S.s	0,404	0,594	0,059	0,865	0,611	0,390	0,592
	KA	X	10,829	5,566	6,559	5,124	5,097	6,052	5,907
		S.s	0,047	0,182	0,317	0,258	0,737	0,242	0,251
-	SÇ	X	-	2,322	3,136	3,053	3,066	2,950	3,003
		S.s	-	0,319	0,425	0,411	0,536	0,520	0,558
	KA	X	-	4,680	3,696	4,631	4,387	4,642	4,821
		S.s	-	0,167	0,119	0,359	0,422	0,236	0,204
SÇ - Kontrol	X	12,145							
	S.s	0,494							
KA - Kontrol	X	10,155							
	S.s	0,464							

3.1.2. Tam Kuru Hal ile Denge Rutubet Miktarındaki Yoğunluğa İlişkin Bulgular

Sarıçam ve kayın odunu test ve kontrol örneklerine ait tam kuru haldeki ortalama yoğunluk (δ_0 , g/cm³) ile denge rutubet miktarındaki ortalama yoğunluk (δ_{drm} , g/cm³) değerleri Tablo 17 ve Tablo 18'de standart sapmalarıyla birlikte karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 17. Sarıçam test ve kontrol örneklerinin tam kuru haldeki yoğunluk (δ_0 , g/cm³) ile denge rutubet miktarındaki yoğunluk (δ_{drm} , g/cm³) değerleri

Borlu bileşimler ve konsant.		Deneme Varyasyonları						
		Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1	δ_0 X	0,429	0,998	1,018	0,956	0,990	1,008	1,022
	S.s	0,007	0,010	0,030	0,062	0,041	0,056	0,016
BA	δ_{drm} X	0,471	1,022	1,049	0,986	1,021	1,039	1,050
	S.s	0,023	0,008	0,022	0,056	0,039	0,052	0,012
%2	δ_0 X	0,490	1,024	0,914	1,034	0,903	0,976	1,016
	S.s	0,012	0,010	0,025	0,030	0,073	0,043	0,008
BA	δ_{drm} X	0,522	1,050	0,952	1,071	0,934	1,011	1,052
	S.s	0,061	0,011	0,022	0,030	0,072	0,036	0,013
%5	δ_0 X	0,444	1,015	0,923	1,026	0,998	0,987	1,029
	S.s	0,048	0,026	0,140	0,035	0,069	0,120	0,076
BA	δ_{drm} X	0,502	1,050	0,961	1,060	1,031	1,022	1,065
	S.s	0,055	0,023	0,142	0,033	0,068	0,125	0,076
%1	δ_0 X	0,467	1,042	0,896	0,957	0,919	0,975	0,993
	S.s	0,016	0,059	0,082	0,096	0,078	0,055	0,029
TB	δ_{drm} X	0,517	1,068	0,936	0,989	0,951	1,004	1,028
	S.s	0,007	0,062	0,090	0,102	0,079	0,059	0,030
%2	δ_0 X	0,448	0,984	0,917	0,912	0,989	0,994	1,006
	S.s	0,029	0,022	0,055	0,061	0,021	0,038	0,015
TB	δ_{drm} X	0,495	1,014	0,952	0,943	1,024	1,027	1,044
	S.s	0,030	0,025	0,055	0,064	0,018	0,039	0,018
%5	δ_0 X	0,429	1,034	1,056	1,025	0,932	1,079	1,059
	S.s	0,020	0,040	0,019	0,027	0,068	0,004	0,007
TB	δ_{drm} X	0,486	1,069	1,099	1,071	0,969	1,121	1,100
	S.s	0,020	0,043	0,020	0,022	0,071	0,010	0,011
%1	δ_0 X	0,460	0,960	0,863	0,974	0,934	1,046	1,012
	S.s	0,008	0,035	0,052	0,066	0,048	0,024	0,060
BX	δ_{drm} X	0,515	0,983	0,899	1,003	0,966	1,081	1,047
	S.s	0,007	0,037	0,045	0,062	0,048	0,021	0,063
%2	δ_0 X	0,438	0,974	0,896	0,964	0,922	1,030	0,971
	S.s	0,010	0,084	0,057	0,042	0,026	0,020	0,114
BX	δ_{drm} X	0,492	1,001	0,933	0,996	0,954	1,061	1,004
	S.s	0,010	0,085	0,062	0,040	0,024	0,017	0,110
%5	δ_0 X	0,442	1,083	0,967	1,078	1,006	1,084	1,010
	S.s	0,015	0,013	0,044	0,022	0,030	0,032	0,038
BX	δ_{drm} X	0,501	1,115	1,010	1,115	1,043	1,122	1,046
	S.s	0,017	0,013	0,046	0,013	0,032	0,036	0,034

Tablo 17'nin devamı

Borlu bileşikler ve konsant.	Deneme Varyasyonları								
	Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı		
δ_0	X	-	1,043	0,952	1,056	0,894	1,038	0,991	
	S.s	-	0,016	0,049	0,021	0,029	0,020	0,062	
-	δ_{drm}	X	-	1,067	0,981	1,087	0,921	1,068	1,021
		S.s	-	0,019	0,051	0,023	0,031	0,016	0,061
Kontrol			δ_0	X	0,428	δ_{drm}	X	0,483	
			S.s	0,016	S.s		0,016		

Tablo 18. Kayın test ve kontrol örneklerinin tam kuru haldeki yoğunluk (δ_0 , g/cm³) ile denge rutubet miktarındaki yoğunluk (δ_{drm} , g/cm³) değerleri

Borlu bileşikler ve konsant.	Deneme Varyasyonları								
	Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı		
%1	δ_0	X	0,610	0,926	0,978	0,927	0,855	0,936	0,910
		S.s	0,020	0,017	0,021	0,010	0,041	0,020	0,013
BA	δ_{drm}	X	0,675	0,964	1,013	0,968	0,886	0,993	0,957
		S.s	0,022	0,024	0,005	0,018	0,034	0,005	0,018
%2	δ_0	X	0,616	0,969	0,964	0,937	0,860	0,959	0,945
		S.s	0,022	0,025	0,015	0,027	0,059	0,022	0,020
BA	δ_{drm}	X	0,678	1,010	1,009	0,977	0,895	1,005	0,987
		S.s	0,024	0,021	0,012	0,042	0,063	0,015	0,030
%5	δ_0	X	0,664	0,997	0,984	0,961	0,983	0,976	0,977
		S.s	0,019	0,021	0,008	0,032	0,020	0,021	0,023
BA	δ_{drm}	X	0,739	1,030	1,034	1,000	1,029	1,024	1,021
		S.s	0,021	0,009	0,022	0,041	0,020	0,014	0,021
%1	δ_0	X	0,624	0,925	0,928	0,922	0,861	0,985	0,911
		S.s	0,019	0,033	0,078	0,063	0,035	0,017	0,028
TB	δ_{drm}	X	0,689	0,975	0,971	0,963	0,900	1,026	0,955
		S.s	0,021	0,036	0,064	0,073	0,038	0,009	0,024
%2	δ_0	X	0,663	0,952	0,966	0,925	0,958	0,958	0,955
		S.s	0,017	0,031	0,021	0,031	0,017	0,024	0,028
TB	δ_{drm}	X	0,730	0,988	1,022	0,966	1,007	1,005	0,993
		S.s	0,019	0,021	0,019	0,028	0,020	0,014	0,023
%5	δ_0	X	0,687	0,959	0,991	0,937	0,946	0,954	0,959
		S.s	0,014	0,025	0,028	0,026	0,025	0,017	0,019
TB	δ_{drm}	X	0,756	1,007	1,028	0,983	0,992	1,009	1,004
		S.s	0,009	0,022	0,019	0,015	0,022	0,019	0,006
%1	δ_0	X	0,629	0,932	0,911	0,937	0,944	0,966	0,930
		S.s	0,008	0,043	0,034	0,033	0,056	0,039	0,034
BX	δ_{drm}	X	0,694	0,986	0,964	0,976	0,984	1,017	0,974
		S.s	0,010	0,047	0,023	0,026	0,052	0,028	0,026
%2	δ_0	X	0,649	0,954	0,956	0,952	0,947	0,945	0,965
		S.s	0,022	0,027	0,045	0,031	0,036	0,024	0,042
BX	δ_{drm}	X	0,710	0,996	1,009	1,000	0,988	0,995	1,013
		S.s	0,013	0,014	0,041	0,034	0,024	0,010	0,033
%5	δ_0	X	0,670	0,965	0,943	0,967	0,932	0,978	0,959
		S.s	0,022	0,033	0,078	0,023	0,048	0,024	0,027
BX	δ_{drm}	X	0,737	1,011	0,990	1,009	0,971	1,030	1,009
		S.s	0,017	0,021	0,070	0,009	0,033	0,008	0,015

Tablo 18'in devamı

Borlu bileşikler ve konsant.	Deneme Varyasyonları								
	Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı		
δ_0	X	-	0,982	1,011	0,970	0,922	0,990	0,986	
	S.s	-	0,028	0,022	0,056	0,049	0,046	0,022	
-	δ_{drm}	X	-	1,022	1,044	1,010	0,957	1,026	1,027
		S.s	-	0,020	0,013	0,050	0,040	0,038	0,011
Kontrol			δ_0	X	0,618		δ_{drm}	X	0,677
			S.s	0,018	S.s			0,014	

3.1.3. Su Alma Oranı, Su İtici Etkinlik ve Daralmayı Önleyici Etkinlik Değerlerine İlişkin Bulgular

Su alma oranı (SAO) ve su itici etkinlik (SİE) değerlerinin hesaplanmasında 30 x 30 x 15 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutundaki örnekler kullanılmış olup, bu örneklerin empenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyon (R, kg/m³) değerleri Tablo 19 ve Tablo 20'de sırasıyla sarıçam ve kayın için verilmiştir. Tablo 21-30'da gösterilen veriler, borlu bileşikler ve yağlar ile empenye edilen sarıçam odunu örneklerinin ortalama su alma oranları (%) ile su itici etkinlik değerlerine (%) aittir. Tablo 31-40'da özetlenen veriler ise, borlu bileşikler ve yağlar ile empenye edilen kayın odunu örneklerinin ortalama su alma oranları (%) ile su itici etkinlik değerlerini (%) göstermektedir. Örneklerin daralmayı önleyici etkinlik değerleri (%) sarıçam ve kayın odunu örnekleri için Ek Tablo 15-21 arasında verilmiştir.

Tablo 19. Sarıçam test örneklerine ait ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyon değerleri (R, kg/m³)

Borlu bileşikler ve konsant.			Deneme Varyasyonları						
			Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1	AAD	X	-	134,644	130,444	136,187	138,844	138,887	134,801
		S.s	-	9,192	14,479	6,178	4,575	10,831	8,142
BA	R	X	5,804	551,241	524,963	568,056	562,741	561,148	560,556
		S.s	0,12	26,014	48,748	7,06	4,464	29,067	14,728
%2	AAD	X	-	135,53	117,784	134,846	114,853	134,041	132,682
		S.s	-	5,142	7,309	6,94	12,972	4,172	9,545
BA	R	X	11,828	554,833	490,741	562,778	478,481	552,926	547,037
		S.s	0,24	2,299	34,969	17,896	39,004	11,384	19,918
%5	AAD	X	-	127,495	114,044	120,376	114,592	119,64	120,783
		S.s	-	5,393	8,458	15,401	0,406	12,601	2,804
BA	R	X	36,514	552,148	490,574	555,926	517,815	569,951	574,889
		S.s	0,950	12,977	31,217	36,777	17,442	24,701	7,634
%1	AAD	X	-	136,779	122,512	131,584	132,06	132,433	127,903
		S.s	-	10,956	8,718	9,361	10,4	12,375	6,672
TB	R	X	6,201	586,333	526,241	580,407	562,296	584,704	578,864
		S.s	0,121	24,794	30,171	23,694	6,032	17,32	11,1
%2	AAD	X	-	122,565	114,182	108,693	117,401	117,873	111,804
		S.s	-	6,671	4,22	9,377	8,715	5,472	7,055
TB	R	X	12,915	562,981	529,827	503,87	560,568	563,833	557,907
		S.s	0,351	14,325	13,185	33,358	28,401	7,974	21,493
%5	AAD	X	-	115,119	114,016	105,781	92,307	118,816	112,575
		S.s	-	5,349	4,202	7,166	0,955	3,775	6,026
TB	R	X	30,714	570,259	564,185	519,389	466,333	570,889	556,148
		S.s	1,571	14,595	13,836	21,52	6,757	9,749	17,763
%1	AAD	X	-	109,903	100,262	129,327	114,998	122,979	119,243
		S.s	-	7,789	2,135	6,082	5,434	7,057	9,196
BX	R	X	5,035	478,519	428,815	562,722	505,352	532,722	532,074
		S.s	0,079	30,571	1,257	17,759	31,483	10,784	35,786
%2	AAD	X	-	122,993	99,476	111,804	115,843	116,662	115,106
		S.s	-	10,468	2,598	3,794	7,039	2,273	12,727
BX	R	X	11,717	529,111	431,704	494,815	507,815	511,093	509,778
		S.s	0,221	31,498	3,981	22,724	31,777	6,155	50,766
%5	AAD	X	-	113,904	86,004	111,815	96,404	110,763	113,547
		S.s	-	2,829	5,301	1,145	5,471	5,378	7,949
BX	R	X	34,821	511,136	379,086	499,667	436	492,222	514,037
		S.s	1,081	20,723	24,481	8,073	22,285	21,58	36,412
-	AAD	X	-	129,905	122,178	124,191	101,735	128,818	115,845
		S.s	-	2,406	2,749	5,774	7,315	6,279	9,757
-	R	X	-	573,348	538,326	550,104	446,919	572,193	506,87
		S.s	-	12,896	13,228	21,132	31,13	10,775	31,994

Tablo 20. Kayın test örneklerine ait ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyon değerleri (R, kg/m³)

Borlu bileşikler ve konsantrasyon			Deneme Varyasyonları						
			Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1	AAD	X	-	61,243	61,740	62,761	55,596	63,947	61,503
		S.s	-	4,018	3,662	6,229	4,981	4,381	5,120
BA	R	X	4,321	383,852	386,519	392,444	348,148	393,926	384,593
		S.s	0,191	14,772	11,635	23,450	26,467	13,399	15,708
%2	AAD	X	-	65,962	67,598	65,522	64,778	64,079	62,353
		S.s	-	4,856	7,126	4,685	5,975	6,217	5,045
BA	R	X	8,819	411,852	405,556	405,926	396,296	398,815	392,000
		S.s	0,258	15,440	23,303	13,136	23,035	21,504	17,850
%5	AAD	X	-	62,958	62,570	61,946	62,742	73,972	68,948
		S.s	-	2,682	3,476	3,988	3,042	8,195	3,975
BA	R	X	29,104	404,000	400,000	400,148	404,074	439,259	414,938
		S.s	1,078	10,678	6,415	17,773	10,861	27,828	20,503
%1	AAD	X	-	59,856	56,147	67,206	55,861	64,151	59,831
		S.s	-	4,881	6,479	1,642	5,377	7,022	7,439
TB	R	X	5,181	378,963	344,444	406,074	347,259	396,593	373,778
		S.s	0,456	16,766	35,633	7,543	18,932	22,913	25,855
%2	AAD	X	-	68,102	64,573	61,426	63,952	58,105	61,178
		S.s	-	4,504	2,906	2,154	1,007	7,656	3,363
TB	R	X	11,428	407,111	393,037	388,593	388,889	373,704	382,815
		S.s	0,463	17,821	14,283	5,558	3,395	27,427	8,305
%5	AAD	X	-	58,056	58,753	60,488	55,240	58,223	61,597
		S.s	-	2,643	1,734	5,646	5,193	4,535	6,839
TB	R	X	21,418	373,481	379,704	382,370	359,556	380,296	384,593
		S.s	0,606	8,708	9,552	19,026	22,416	15,150	27,394
%1	AAD	X	-	51,289	58,138	64,599	58,274	63,605	59,898
		S.s	-	4,087	5,716	6,404	3,086	8,155	7,928
BX	R	X	4,528	335,259	371,259	388,333	359,852	390,000	375,556
		S.s	0,166	26,082	21,208	27,844	8,205	27,487	26,646
%2	AAD	X	-	62,284	52,536	60,406	54,726	67,402	59,056
		S.s	-	7,095	1,180	5,698	5,294	4,881	2,829
BX	R	X	8,328	389,259	320,370	376,111	334,630	397,778	367,704
		S.s	0,174	23,984	7,757	24,241	12,192	17,317	13,695
%5	AAD	X	-	62,963	55,489	59,635	53,971	65,331	60,601
		S.s	-	8,011	5,508	7,731	3,625	5,514	5,739
BX	R	X	22,641	388,333	356,296	370,963	338,815	394,667	378,963
		S.s	0,495	30,960	22,413	23,844	19,700	16,054	24,981
-	AAD	X	-	58,747	52,245	50,197	48,453	51,660	49,621
		S.s	-	6,742	3,704	2,895	4,514	2,204	2,926
-	R	X	-	373,333	343,981	335,802	325,062	345,062	334,180
		S.s	-	26,189	12,981	16,870	28,072	12,434	14,161

Tablo 21. %1 Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%1 BA	X	76,298	88,188	97,392	118,889	132,051	139,691	146,922	156,60
	S.s	1,380	1,297	1,129	1,287	2,855	2,664	2,459	3,375
%1 BA + Fındık Yağı	X	5,025	10,424	13,208	15,961	17,238	17,883	18,226	18,562
	S.s	1,064	1,637	1,628	1,656	1,736	2,057	1,963	1,952
%1 BA + Atık Yağı	X	3,986	8,850	11,426	15,030	18,012	19,085	20,085	20,842
	S.s	1,123	2,688	3,359	4,108	4,609	4,809	5,392	5,322
%1 BA + Soya Yağı	X	3,589	7,969	10,742	13,842	14,894	15,730	16,144	16,223
	S.s	0,096	0,436	0,702	0,680	0,607	0,705	0,592	1,023
%1 BA + Mısır Yağı	X	4,594	9,264	12,056	14,711	15,634	16,760	16,328	16,798
	S.s	0,591	0,539	0,543	0,649	0,846	0,833	0,826	0,884
%1 BA + Ayçiçek Yağı	X	4,036	8,230	11,929	14,953	16,072	16,099	16,603	16,928
	S.s	0,875	1,976	3,119	2,864	1,689	2,528	2,495	2,502
%1 BA + Kanola Yağı	X	5,227	9,809	12,809	15,559	16,429	16,429	17,294	17,455
	S.s	0,678	0,831	1,238	0,508	0,512	0,989	0,860	0,591
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%1 BA + Fındık Yağı	X	92,597	87,538	86,678	86,465	85,149	85,065	84,673	84,423
	S.s	1,567	1,342	1,532	2,125	1,496	1,571	1,590	1,920
%1 BA + Atık Yağı	X	94,128	88,510	86,525	86,267	85,568	84,645	84,474	84,482
	S.s	1,654	3,490	3,962	3,687	3,945	3,869	3,964	3,971
%1 BA + Soya Yağı	X	94,712	89,654	88,908	88,282	87,331	87,168	87,011	86,708
	S.s	0,141	0,566	0,699	0,525	0,828	0,523	0,477	0,653
%1 BA + Mısır Yağı	X	93,231	88,514	87,972	87,837	86,531	86,515	85,873	85,781
	S.s	0,871	0,604	0,700	0,615	0,729	0,670	0,623	0,641
%1 BA + Ayçiçek Yağı	X	94,053	89,315	89,011	87,632	86,380	86,130	85,931	85,642
	S.s	1,289	2,565	1,155	1,859	2,013	2,178	3,679	2,750
%1 BA + Kanola Yağı	X	92,299	88,175	87,761	87,265	85,957	85,845	85,059	84,893
	S.s	0,999	0,588	0,737	1,079	0,475	0,441	0,488	1,460

Tablo 22. %2 Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%2 BA	X	73,570	85,623	92,911	114,457	124,495	131,323	138,250	146,20
	S.s	0,939	0,483	0,745	2,371	0,821	1,171	1,481	1,721
%2 BA + Fındık Yağı	X	3,686	8,189	10,791	13,394	14,884	15,424	15,852	16,201
	S.s	0,483	0,697	1,077	0,787	0,585	0,385	0,419	0,577
%2 BA + Atık Yağı	X	6,476	13,324	16,234	18,541	23,004	25,444	25,859	26,013
	S.s	1,317	2,971	3,632	3,122	3,848	4,587	4,789	4,946
%2 BA + Soya Yağı	X	4,008	8,185	11,251	13,125	14,651	15,492	15,638	16,284
	S.s	0,251	0,805	2,607	1,209	1,134	1,345	1,281	1,682
%2 BA + Mısır Yağı	X	8,756	15,400	19,056	23,038	25,369	26,910	27,005	28,122
	S.s	1,783	2,806	3,289	3,867	4,459	5,172	5,388	5,904
%2 BA + Ayçiçek Yağı	X	4,484	8,742	11,148	14,577	16,298	16,690	16,879	17,526
	S.s	0,524	0,788	0,711	0,909	0,890	0,894	0,849	0,909
%2 BA + Kanola Yağı	X	3,997	8,389	10,671	13,685	14,620	15,433	15,571	15,779
	S.s	0,660	1,882	2,213	2,235	0,746	0,775	2,801	1,087
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%2 BA + Fındık Yağı	X	94,570	89,367	88,923	88,510	87,273	87,246	87,177	87,139
	S.s	0,712	0,906	0,395	0,287	1,270	0,337	0,504	0,756
%2 BA + Atık Yağı	X	90,458	82,701	82,213	82,196	80,854	80,737	80,181	79,528
	S.s	1,941	3,858	3,382	2,998	4,283	3,567	3,316	3,690
%2 BA + Soya Yağı	X	94,095	89,373	88,865	88,460	87,418	87,397	87,378	86,730
	S.s	0,369	1,045	1,150	1,002	1,030	1,161	0,977	3,075
%2 BA + Mısır Yağı	X	87,099	80,771	80,005	79,883	78,349	78,143	77,878	77,526
	S.s	2,627	4,037	3,644	4,013	4,161	3,842	3,713	3,879
%2 BA + Ayçiçek Yağı	X	93,394	88,649	88,016	87,567	86,853	86,419	86,002	85,958
	S.s	0,772	1,023	0,621	0,666	0,838	0,683	0,873	0,767
%2 BA + Kanola Yağı	X	94,111	89,211	89,107	88,401	87,583	87,415	87,404	86,859
	S.s	0,973	0,743	2,443	2,087	0,623	2,610	0,643	2,146

Tablo 23. %5 Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%5 BA	X	73,472	79,607	83,728	99,351	107,374	113,000	118,076	126,532
	S.s	3,056	4,031	4,496	6,214	6,504	6,761	7,585	7,712
%5 BA + Fındık Yağ	X	2,595	5,129	10,994	11,738	12,231	12,436	12,884	13,696
	S.s	0,405	1,910	0,829	0,908	1,055	0,275	0,614	0,552
%5 BA + Atık Yağ	X	5,405	13,064	17,723	19,563	20,659	22,063	22,246	23,383
	S.s	1,195	4,050	3,256	4,449	4,081	3,974	4,162	4,228
%5 BA + Soya Yağ	X	3,748	5,819	6,792	11,782	13,528	13,960	14,557	14,562
	S.s	0,695	2,978	0,649	0,655	0,522	0,487	0,270	0,491
%5 BA + Mısır Yağı	X	6,584	12,544	18,045	20,814	21,283	23,367	23,479	24,150
	S.s	1,534	2,671	2,719	7,668	3,569	4,290	4,631	4,526
%5 BA + Ayçiçek Yağ	X	1,866	2,952	3,900	7,390	9,109	9,781	10,429	10,507
	S.s	0,629	0,964	0,756	1,005	1,080	0,878	0,965	0,890
%5 BA + Kanola Yağ	X	1,860	1,661	3,898	7,757	9,724	9,809	11,069	11,147
	S.s	0,212	0,887	0,129	0,460	0,497	0,907	0,418	0,329
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%5 BA + Fındık Yağ	X	96,177	93,341	90,736	90,635	89,887	89,634	89,443	85,575
	S.s	0,597	2,480	0,205	0,377	0,783	0,494	0,796	1,245
%5 BA + Atık Yağ	X	92,036	84,012	83,565	83,038	82,981	82,202	82,102	76,928
	S.s	1,761	2,891	2,960	5,258	3,127	3,516	3,348	5,247
%5 BA + Soya Yağ	X	94,478	93,137	91,181	90,046	89,601	88,686	88,345	88,284
	S.s	1,024	3,513	0,842	0,184	0,363	0,629	0,450	0,395
%5 BA + Mısır Yağı	X	90,299	83,713	83,487	82,672	82,510	81,664	81,200	75,452
	S.s	2,261	3,467	3,095	2,611	3,450	3,075	3,452	9,044
%5 BA + Ayçiçek Yağı	X	97,251	96,519	94,937	92,904	92,816	92,714	91,609	92,152
	S.s	0,926	1,136	0,982	0,965	0,608	0,654	0,776	0,931
%5 BA + Kanola Yağı	X	98,041	97,260	94,939	92,693	92,551	92,431	91,622	91,031
	S.s	1,046	0,313	0,168	0,676	0,442	0,286	0,428	0,265

Tablo 24. %1 Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%1 TB	X	74,825	85,035	85,110	109,678	113,583	121,250	131,390	137,428
	S.s	15,382	15,979	5,828	14,763	14,665	15,618	15,152	16,266
%1 TB + Fındık Yağ	X	2,923	6,024	7,588	10,183	11,937	12,247	13,230	13,430
	S.s	0,250	0,177	0,377	0,380	0,423	0,696	0,566	0,424
%1 TB + Atık Yağ	X	5,560	10,715	12,985	14,565	16,447	17,933	18,289	19,017
	S.s	0,701	2,453	3,140	1,859	1,747	2,050	1,852	2,158
%1 TB + Soya Yağ	X	2,888	7,259	7,860	11,697	12,364	13,592	13,869	14,753
	S.s	1,250	2,327	1,182	2,673	1,203	1,397	2,533	2,489
%1 TB + Mısır Yağı	X	6,084	11,482	14,617	16,450	19,851	20,096	20,950	21,146
	S.s	1,994	3,205	3,867	3,520	4,233	4,546	4,434	4,703
%1 TB + Ayçiçek Yağ	X	2,943	6,267	8,064	11,112	13,067	13,454	14,382	14,417
	S.s	0,150	0,156	0,301	0,444	0,623	0,688	0,623	0,670
%1 TB + Kanola Yağı	X	2,648	6,110	7,941	10,951	12,350	12,787	13,908	14,003
	S.s	0,294	0,152	0,211	0,384	1,223	0,438	0,759	0,709
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%1 TB + Fındık Yağ	X	95,693	92,178	91,051	90,954	90,877	90,222	89,716	89,195
	S.s	0,368	0,229	0,444	0,387	0,518	0,365	0,365	0,341
%1 TB + Atık Yağ	X	91,808	86,997	86,641	86,088	86,014	85,830	85,285	84,686
	S.s	1,033	1,476	1,527	3,185	1,785	1,505	1,490	3,703
%1 TB + Soya Yağ	X	95,745	90,730	90,575	89,913	89,669	89,348	89,065	88,768
	S.s	1,842	1,394	3,021	1,702	1,887	1,036	1,124	2,567
%1 TB + Mısır Yağı	X	91,035	85,541	85,092	85,030	84,204	83,144	82,897	82,761
	S.s	2,939	3,216	4,162	3,386	3,381	3,568	3,647	4,561
%1 TB + Ayçiçek Yağı	X	95,663	91,863	90,489	90,142	89,978	89,330	88,742	88,429
	S.s	0,221	0,203	0,355	0,458	0,512	0,426	0,536	0,501
%1 TB + Kanola Yağı	X	96,099	92,067	90,800	90,635	90,490	89,485	88,984	88,733
	S.s	0,433	0,197	0,911	0,249	0,519	0,369	0,377	0,570

Tablo 25. %2 Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%2 TB	X	71,055	79,179	84,709	104,592	111,402	118,055	120,479	126,52
	S.s	8,714	8,359	8,099	6,954	6,494	5,919	5,615	5,238
%2 TB + Fındık Yağ	X	3,137	6,781	8,183	11,185	12,486	13,047	13,203	13,246
	S.s	0,304	0,950	0,290	0,374	0,906	1,563	0,715	0,665
%2 TB + Atık Yağ	X	6,222	11,687	13,355	16,313	18,146	18,709	19,655	19,762
	S.s	1,675	3,084	0,500	0,541	0,846	0,794	0,823	0,889
%2 TB + Soya Yağ	X	7,675	13,021	16,563	19,487	21,078	21,409	21,508	22,428
	S.s	0,828	2,804	3,065	3,159	3,567	3,722	4,035	3,857
%2 TB + Mısır Yağı	X	3,842	8,131	10,819	13,595	14,119	14,447	15,128	15,286
	S.s	1,251	2,431	3,341	3,615	3,788	3,611	3,757	3,735
%2 TB + Ayçiçek Yağ	X	2,899	6,235	8,463	10,648	11,246	11,659	12,299	12,574
	S.s	0,371	0,521	0,639	0,473	0,300	0,280	0,385	0,393
%2 TB + Kanola Yağı	X	2,596	6,205	8,963	11,356	11,806	12,722	13,508	13,535
	S.s	0,452	0,593	0,832	0,931	1,443	1,196	1,315	1,323
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%2 TB + Fındık Yağ	X	95,378	91,196	90,973	90,698	90,349	89,342	89,260	88,759
	S.s	0,447	1,234	0,489	0,675	0,342	0,535	0,359	1,347
%2 TB + Atık Yağ	X	90,832	86,560	86,063	84,826	84,366	84,335	84,249	84,100
	S.s	2,468	0,562	0,591	4,004	0,728	0,520	0,590	0,715
%2 TB + Soya Yağ	X	88,692	85,362	83,978	83,093	81,955	81,840	81,288	80,465
	S.s	1,220	2,545	3,006	3,641	3,103	3,073	3,034	3,615
%2 TB + Mısır Yağı	X	94,339	89,548	89,482	89,443	87,828	87,553	87,240	86,945
	S.s	1,843	2,554	2,822	3,157	3,023	3,111	3,941	3,471
%2 TB + Ayçiçek Yağı	X	95,728	91,904	91,623	91,402	90,104	90,019	89,955	89,775
	S.s	0,546	0,676	0,224	0,268	0,309	0,754	0,241	0,454
%2 TB + Kanola Yağı	X	96,175	91,944	91,205	90,764	89,429	89,110	89,095	89,039
	S.s	0,667	0,770	1,075	0,899	0,982	1,065	0,894	1,030

Tablo 26. %5 Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%5 TB	X	75,391	81,854	85,496	99,610	106,821	113,928	116,524	124,78
	S.s	7,136	6,850	6,961	5,529	2,118	2,034	2,439	2,215
%5 TB + Fındık Yağ	X	2,670	5,920	9,096	12,225	12,281	12,517	12,731	12,773
	S.s	0,226	0,576	1,204	1,333	1,584	1,633	1,700	1,665
%5 TB + Atık Yağ	X	2,492	4,788	6,680	10,185	11,355	12,216	12,614	12,731
	S.s	0,220	0,442	0,605	0,897	1,082	1,134	1,163	1,110
%5 TB + Soya Yağ	X	5,000	8,858	11,731	15,083	15,546	15,725	15,758	15,756
	S.s	0,799	1,289	1,591	1,613	1,585	1,552	1,571	1,529
%5 TB + Mısır Yağı	X	9,693	13,002	20,743	23,874	24,342	24,412	24,660	26,367
	S.s	3,591	1,165	5,924	1,432	1,498	1,206	1,156	5,696
%5 TB + Ayçiçek Yağ	X	3,195	5,449	6,898	10,523	11,989	12,605	12,702	12,707
	S.s	0,274	0,535	1,062	1,103	1,233	0,841	0,913	1,344
%5 TB + Kanola Yağı	X	3,540	5,963	8,472	12,143	12,626	12,708	12,752	12,808
	S.s	0,361	0,504	0,619	0,109	0,343	0,533	0,483	0,480
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%5 TB + Fındık Yağ	X	96,066	92,314	91,266	90,516	89,929	89,468	89,273	88,207
	S.s	0,333	0,748	1,138	1,266	1,314	1,149	1,421	1,521
%5 TB + Atık Yağ	X	96,328	93,783	92,122	91,295	90,607	90,604	90,220	90,217
	S.s	0,324	0,574	0,714	0,759	0,327	0,866	0,861	0,932
%5 TB + Soya Yağ	X	92,633	89,227	88,499	88,286	87,322	86,607	86,164	85,517
	S.s	1,178	1,045	1,674	1,156	1,264	1,366	1,876	1,548
%5 TB + Mısır Yağı	X	85,718	83,308	83,118	81,630	80,415	79,432	78,536	77,681
	S.s	5,291	0,825	1,512	0,861	1,205	1,234	6,987	5,469
%5 TB + Ayçiçek Yağı	X	95,292	92,925	91,865	90,610	91,315	89,896	89,777	89,671
	S.s	0,403	0,694	1,253	0,627	0,624	1,059	1,081	1,062
%5 TB + Kanola Yağı	X	94,784	92,258	91,311	90,459	90,008	89,740	89,122	88,340
	S.s	0,532	0,655	0,364	0,357	0,730	0,389	0,295	0,105

Tablo 27. %1 Boraks ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%1 BX	X	76,122	85,662	94,467	112,728	120,745	130,450	133,548	143,588
	S.s	2,568	4,491	1,733	7,472	2,976	3,485	3,411	3,968
%1 BX + Fındık Yağ	X	7,178	12,337	17,173	22,321	24,505	25,324	26,381	26,806
	S.s	1,187	1,811	1,206	1,709	1,837	1,776	3,076	3,851
%1 BX + Atık Yağ	X	10,221	17,485	23,313	31,079	35,070	36,636	36,713	37,200
	S.s	1,163	2,461	2,411	3,133	3,712	3,983	3,470	0,806
%1 BX + Soya Yağ	X	4,006	7,160	10,511	15,036	16,866	17,027	17,366	17,600
	S.s	0,389	0,718	1,151	1,450	1,511	1,470	1,660	1,712
%1 BX + Mısır Yağı	X	6,839	11,833	15,960	21,025	23,433	23,888	24,841	25,421
	S.s	1,905	3,188	3,848	4,293	4,430	4,454	4,888	5,106
%1 BX + Ayçiçek Yağı	X	5,634	9,525	12,792	17,156	19,201	19,702	20,396	20,611
	S.s	0,464	0,889	1,364	1,546	1,387	1,304	1,268	1,368
%1 BX + Kanola Yağı	X	5,066	8,898	12,528	16,944	19,105	19,534	20,103	20,367
	S.s	1,257	2,429	3,080	3,184	3,217	3,305	3,456	3,772
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%1 BX + Fındık Yağ	X	89,424	83,982	82,684	80,348	79,747	79,442	78,566	78,432
	S.s	1,749	2,351	1,214	2,291	1,422	1,779	1,641	3,098
%1 BX + Atık Yağ	X	84,941	77,298	74,564	72,651	72,505	70,524	70,157	69,785
	S.s	1,714	3,195	0,551	2,585	2,844	3,205	3,009	3,198
%1 BX + Soya Yağ	X	94,098	90,704	87,603	85,562	86,069	86,301	87,063	87,966
	S.s	0,572	0,932	1,358	1,393	0,620	1,183	1,237	1,170
%1 BX + Mısır Yağı	X	89,923	84,637	84,165	81,495	81,177	80,780	79,811	79,812
	S.s	2,807	4,139	1,979	3,641	4,538	3,583	4,122	3,816
%1 BX + Ayçiçek Yağı	X	91,699	87,633	85,907	84,913	84,806	84,148	83,526	83,457
	S.s	0,684	1,154	0,936	1,608	0,945	1,049	1,484	1,195
%1 BX + Kanola Yağı	X	92,536	88,447	86,074	85,224	85,024	84,284	83,730	83,540
	S.s	1,853	3,154	2,579	3,632	2,575	2,659	3,057	2,772

Tablo 28. %2 Boraks ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar	SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)								
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%2 BX	X	79,648	90,462	96,487	117,285	121,724	130,571	133,045	142,61
	S.s	1,678	2,274	1,637	3,251	3,622	4,639	4,954	5,958
%2 BX + Fındık Yağ	X	5,840	11,156	13,215	17,651	21,026	21,818	23,119	23,664
	S.s	0,662	2,094	0,123	0,069	2,626	3,095	3,823	4,084
%2 BX + Atık Yağ	X	9,648	17,640	22,878	28,447	32,231	34,573	35,413	35,423
	S.s	0,998	2,049	2,298	2,270	3,009	3,006	2,829	1,018
%2 BX + Soya Yağ	X	9,228	14,899	19,272	25,080	26,240	27,579	28,742	28,845
	S.s	2,015	2,943	3,070	3,289	3,504	4,581	4,828	5,006
%2 BX + Mısır Yağı	X	6,781	12,062	16,679	22,386	23,962	24,407	25,264	25,533
	S.s	1,655	2,949	3,600	4,073	4,153	4,286	4,417	4,606
%2 BX + Ayçiçek Yağ	X	6,787	11,750	15,804	20,908	22,604	23,070	23,695	24,052
	S.s	0,345	0,606	0,852	0,948	1,003	0,987	0,981	1,003
%2 BX + Kanola Yağı	X	6,480	8,347	12,009	16,271	18,037	18,335	18,965	19,212
	S.s	2,241	0,471	0,498	0,634	0,483	0,477	0,461	0,602
Varyasyonlar	SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)								
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%2 BX + Fındık Yağ	X	91,396	85,515	84,415	83,820	83,051	82,778	82,446	81,885
	S.s	0,975	2,719	0,145	2,792	0,066	2,848	2,490	2,262
%2 BX + Atık Yağ	X	85,784	77,096	75,779	73,620	73,017	72,684	72,231	72,183
	S.s	1,471	2,661	0,696	2,108	2,710	2,180	2,592	2,419
%2 BX + Soya Yağ	X	86,403	80,655	80,277	78,589	78,392	77,811	77,270	75,764
	S.s	2,969	3,822	3,423	3,596	2,834	3,686	3,621	3,365
%2 BX + Mısır Yağı	X	90,008	84,339	82,542	81,180	80,363	80,329	79,356	78,504
	S.s	2,438	3,829	3,149	3,290	3,448	4,246	3,578	3,911
%2 BX + Ayçiçek Yağı	X	90,000	84,744	83,554	82,349	81,438	81,360	80,525	79,923
	S.s	0,508	0,786	0,686	0,731	0,794	1,005	0,864	0,910
%2 BX + Kanola Yağı	X	90,452	89,162	86,863	85,872	85,837	85,248	84,460	84,376
	S.s	3,301	0,611	0,412	0,344	0,587	0,384	0,416	0,609

Tablo 29. %5 Boraks ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%5 BX	X	72,961	82,116	89,118	107,901	120,902	129,517	131,392	135,95
	S.s	6,318	7,299	7,383	7,827	1,701	2,141	1,955	9,963
%5 BX + Fındık Yağ	X	6,427	13,494	18,616	24,290	26,514	27,388	27,971	30,611
	S.s	1,715	3,174	3,329	6,261	7,201	8,171	8,876	8,554
%5 BX + Atık Yağ	X	13,708	23,568	29,239	34,678	37,680	38,530	39,399	40,772
	S.s	1,185	2,407	2,307	2,360	1,902	2,061	1,538	3,098
%5 BX + Soya Yağ	X	7,450	12,972	17,873	24,968	25,557	25,679	25,887	26,090
	S.s	0,710	6,045	6,689	1,868	0,218	0,453	0,285	0,390
%5 BX + Mısır Yağı	X	11,301	20,503	26,663	30,338	33,320	34,240	35,119	35,325
	S.s	1,273	4,016	3,823	3,537	1,788	1,934	1,977	2,026
%5 BX + Ayçiçek Yağ	X	10,255	20,823	26,041	30,019	30,863	32,126	33,586	34,798
	S.s	2,488	10,008	7,098	11,423	7,358	7,805	8,445	9,182
%5 BX + Kanola Yağı	X	5,625	11,867	15,119	18,582	22,014	23,144	23,676	23,317
	S.s	1,849	4,133	1,174	0,739	2,270	3,590	3,544	3,534
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%5 BX + Fındık Yağ	X	90,531	82,479	79,163	79,070	78,045	77,964	77,157	76,675
	S.s	2,527	4,121	6,612	5,849	3,926	6,574	6,204	6,012
%5 BX + Atık Yağ	X	79,803	69,400	69,387	69,000	68,415	67,537	66,701	65,516
	S.s	1,746	3,125	2,119	1,658	1,146	1,639	2,266	2,721
%5 BX + Soya Yağ	X	89,023	83,158	82,442	80,564	79,172	78,921	77,982	76,024
	S.s	1,045	7,848	0,310	0,291	0,229	7,889	0,187	1,794
%5 BX + Mısır Yağı	X	83,349	75,846	73,839	73,380	72,452	71,293	70,868	68,554
	S.s	1,876	1,385	1,473	5,215	1,556	1,540	3,397	4,508
%5 BX + Ayçiçek Yağı	X	84,890	76,206	74,981	74,152	73,410	72,964	71,174	69,288
	S.s	3,667	6,278	6,291	6,279	6,339	12,994	10,968	8,371
%5 BX + Kanola Yağı	X	91,712	84,592	84,057	82,363	82,169	82,157	81,379	81,034
	S.s	2,725	5,366	2,417	2,640	1,385	0,710	2,889	1,956

Tablo 30. Sadece yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
Fındık Yağ	X	3,941	7,655	11,935	14,994	15,800	16,167	16,751	16,873
	S.s	0,448	1,034	1,118	0,690	0,747	0,849	0,630	0,581
Atık Yağ	X	4,678	7,916	11,034	15,139	17,462	19,071	20,381	21,466
	S.s	0,557	1,058	1,251	1,095	1,490	1,382	1,760	2,163
Soya Yağ	X	5,188	9,254	13,021	17,057	17,791	17,990	18,454	18,724
	S.s	0,723	0,846	0,719	1,177	1,226	1,315	1,367	1,362
Mısır Yağı	X	9,762	16,893	21,956	26,543	29,625	30,990	32,377	33,532
	S.s	1,218	1,777	1,709	5,474	2,273	2,522	3,038	3,730
Ayçiçek Yağı	X	4,144	7,564	11,421	15,445	16,581	16,978	17,251	17,395
	S.s	0,231	0,365	0,598	0,361	0,353	0,268	0,924	0,299
Kanola Yağı	X	7,729	13,016	17,502	22,391	24,864	25,707	26,829	28,204
	S.s	2,403	3,398	3,459	3,915	4,851	5,448	6,063	6,766
Kontrol	X	67,874	77,018	84,794	104,143	116,069	124,291	134,239	146,24
	S.s	7,491	8,996	3,486	8,548	13,802	14,825	11,710	11,652
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
Fındık Yağ	X	94,194	90,061	88,463	87,522	86,992	86,387	85,924	85,602
	S.s	0,660	1,342	0,397	0,470	0,683	0,644	1,318	0,662
Atık Yağ	X	93,108	89,722	86,986	85,463	85,322	84,955	84,817	84,656
	S.s	0,820	1,374	1,476	1,051	1,479	1,284	1,311	1,112
Soya Yağ	X	92,355	87,985	87,198	86,253	85,526	84,672	84,643	83,621
	S.s	1,066	1,098	0,931	1,019	1,058	1,056	0,848	1,130
Mısır Yağı	X	85,617	78,067	77,072	75,882	75,067	74,512	74,476	74,105
	S.s	1,795	2,308	2,550	2,263	2,029	5,257	1,958	2,015
Ayçiçek Yağı	X	93,894	90,179	88,205	87,042	86,530	86,340	85,715	85,169
	S.s	0,341	0,474	0,632	0,223	0,705	0,216	0,304	0,346
Kanola Yağı	X	88,612	83,101	80,715	80,014	79,359	79,317	78,579	78,499
	S.s	3,540	4,412	4,626	4,516	4,079	4,383	4,179	3,760

Tablo 31. %1 Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%1 BA	X	60,503	65,626	66,480	74,775	76,911	83,650	85,950	91,172
	S.s	2,966	2,741	2,559	2,660	2,579	2,844	3,007	3,364
%1 BA + Fındık Yağ	X	3,990	10,219	13,778	18,239	21,775	24,370	25,459	27,538
	S.s	0,245	1,673	1,211	1,611	2,042	2,057	1,997	2,101
%1 BA + Atık Yağ	X	2,607	5,598	7,978	11,547	15,504	18,735	20,188	21,876
	S.s	0,070	0,090	0,502	0,127	0,480	0,380	0,513	0,584
%1 BA + Soya Yağ	X	4,296	8,425	12,468	18,994	21,701	24,157	25,265	27,461
	S.s	1,114	1,513	2,987	2,361	1,854	1,457	1,436	1,251
%1 BA + Mısır Yağı	X	11,478	18,543	22,253	26,187	28,761	30,821	32,280	34,282
	S.s	2,793	3,196	3,255	2,791	2,525	2,613	2,562	2,659
%1 BA + Ayçiçek Yağı	X	3,041	6,495	8,728	14,462	18,148	20,209	21,400	23,239
	S.s	0,801	1,268	1,443	1,279	1,129	1,357	1,460	1,934
%1 BA + Kanola Yağı	X	5,942	11,728	15,405	19,948	23,185	25,145	26,467	28,760
	S.s	1,604	3,229	3,288	2,415	1,857	1,576	1,598	1,433
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%1 BA + Fındık Yağ	X	92,750	83,592	79,159	76,176	73,161	72,398	72,041	71,442
	S.s	0,445	2,686	1,831	2,105	2,517	2,330	2,193	2,179
%1 BA + Atık Yağ	X	95,263	91,011	87,933	84,917	80,890	78,780	77,830	77,314
	S.s	0,128	0,144	0,759	0,166	0,591	0,430	0,563	0,605
%1 BA + Soya Yağ	X	92,193	86,473	81,141	75,191	73,252	72,639	72,255	71,522
	S.s	2,025	2,429	4,518	3,083	2,286	1,651	1,577	1,298
%1 BA + Mısır Yağı	X	79,141	70,226	66,340	65,796	65,092	64,549	64,551	64,449
	S.s	5,076	5,132	4,923	3,645	2,960	3,112	2,813	2,757
%1 BA + Ayçiçek Yağı	X	94,474	93,399	89,571	81,111	77,631	77,111	76,499	75,900
	S.s	1,455	7,726	2,036	1,671	1,391	1,537	1,604	2,010
%1 BA + Kanola Yağı	X	89,202	81,169	76,698	73,945	71,520	71,423	70,934	70,176
	S.s	2,915	5,184	4,974	3,154	1,785	2,288	1,754	1,487

Tablo 32. %2 Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%2 BA	X	64,447	68,338	69,072	78,902	81,884	85,996	88,685	94,413
	S.s	2,806	3,671	3,214	4,033	3,105	2,719	3,447	3,103
%2 BA + Fındık Yağ	X	5,783	15,362	18,484	21,575	23,529	25,722	26,400	28,307
	S.s	1,383	2,107	2,024	1,305	0,937	0,835	0,757	0,691
%2 BA + Atık Yağ	X	3,616	7,087	11,390	14,829	18,587	20,764	21,663	23,766
	S.s	1,552	0,462	2,297	1,337	2,235	2,215	2,252	2,057
%2 BA + Soya Yağ	X	4,151	8,733	12,381	19,554	22,136	23,977	24,756	26,663
	S.s	0,148	0,438	0,454	2,133	1,533	1,304	1,189	1,173
%2 BA + Mısır Yağı	X	6,849	12,514	15,995	19,731	22,115	23,892	24,577	26,401
	S.s	1,092	2,068	1,916	1,461	1,091	1,023	0,996	0,612
%2 BA + Ayçiçek Yağı	X	3,673	7,171	10,118	14,939	18,243	20,256	21,216	23,244
	S.s	0,308	0,419	0,427	0,568	0,629	0,621	0,564	0,931
%2 BA + Kanola Yağı	X	4,545	10,422	12,034	18,386	21,955	23,990	25,049	27,513
	S.s	0,521	3,573	1,645	2,441	1,555	1,482	1,481	1,872
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%2 BA + Fındık Yağ	X	89,492	75,334	72,040	71,819	70,998	71,008	70,866	70,645
	S.s	2,514	3,384	3,061	1,705	1,155	0,832	0,946	0,717
%2 BA + Atık Yağ	X	93,429	88,621	82,771	80,631	77,090	76,482	76,211	75,354
	S.s	2,820	0,742	3,474	1,746	2,755	2,509	2,473	2,134
%2 BA + Soya Yağ	X	92,457	85,978	81,272	74,460	72,843	72,814	72,716	72,349
	S.s	0,269	0,703	0,687	2,786	1,477	1,306	1,889	1,217
%2 BA + Mısır Yağı	X	87,554	79,906	75,806	74,228	73,010	72,939	72,741	72,622
	S.s	1,985	3,321	2,899	1,908	1,094	1,159	1,345	0,634
%2 BA + Ayçiçek Yağı	X	93,326	88,486	84,695	80,487	77,514	77,057	76,701	75,895
	S.s	0,560	0,673	0,646	0,741	0,776	0,703	0,619	0,965
%2 BA + Kanola Yağı	X	91,740	83,266	81,797	75,985	72,938	72,828	72,492	71,469
	S.s	0,947	5,737	2,489	3,188	1,917	1,678	1,626	1,942

Tablo 33. %5 Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%5 BA	X	46,917	60,402	60,989	70,594	73,919	80,083	84,267	88,372
	S.s	5,634	1,534	1,316	2,093	1,750	2,690	7,739	3,910
%5 BA + Fındık Yağ	X	3,288	6,788	9,597	14,211	17,586	20,099	21,277	23,127
	S.s	0,901	1,962	2,668	3,706	3,156	2,571	2,377	2,566
%5 BA + Atık Yağ	X	3,497	6,713	9,113	13,862	17,522	20,861	22,196	24,253
	S.s	0,522	0,568	0,575	0,493	0,655	0,581	0,556	0,773
%5 BA + Soya Yağ	X	3,828	8,308	11,897	16,484	19,361	21,523	22,512	24,177
	S.s	1,377	1,045	1,091	1,524	1,645	1,695	1,501	1,066
%5 BA + Mısır Yağı	X	3,576	7,154	9,967	14,556	17,706	19,956	20,985	22,228
	S.s	0,214	0,494	0,707	0,588	0,496	0,526	0,595	0,767
%5 BA + Ayçiçek Yağı	X	4,627	6,338	9,884	14,273	17,255	19,398	20,417	21,015
	S.s	1,452	1,530	2,160	2,342	2,906	3,166	3,154	3,147
%5 BA + Kanola Yağı	X	1,171	3,951	6,276	12,031	14,116	16,423	17,415	19,101
	S.s	1,002	0,798	0,281	3,078	0,938	0,977	0,971	1,010
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%5 BA + Fındık Yağ	X	94,025	89,101	85,483	81,438	78,324	77,235	76,634	76,017
	S.s	1,638	3,149	4,035	4,841	3,890	2,912	2,611	2,661
%5 BA + Atık Yağ	X	93,646	89,222	86,216	81,894	78,402	76,372	75,625	74,849
	S.s	0,948	0,912	0,869	0,644	0,808	0,658	0,611	0,801
%5 BA + Soya Yağ	X	93,044	86,660	82,004	78,469	76,135	75,622	75,278	74,928
	S.s	2,502	1,678	1,650	1,991	2,027	1,919	1,649	1,106
%5 BA + Mısır Yağı	X	93,502	88,514	84,924	80,987	78,175	77,398	76,955	76,949
	S.s	0,389	0,794	1,069	0,769	0,611	0,596	0,654	0,795
%5 BA + Ayçiçek Yağı	X	91,593	89,823	85,049	81,357	78,732	78,207	78,029	77,579
	S.s	2,639	2,457	3,267	3,059	3,582	3,263	3,585	3,464
%5 BA + Kanola Yağı	X	97,872	93,656	90,507	84,286	82,601	81,398	80,876	80,192
	S.s	1,820	1,281	0,424	4,021	1,156	1,106	1,067	1,047

Tablo 34. %1 Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%1 TB	X	69,057	67,798	73,004	80,718	82,402	87,865	92,441	96,764
	S.s	10,070	13,519	14,781	14,048	14,110	13,706	16,272	13,680
%1 TB + Fındık Yağ	X	6,709	13,839	18,102	22,269	24,543	26,807	27,435	29,220
	S.s	2,586	3,452	4,463	5,081	5,265	5,398	5,545	5,815
%1 TB + Atık Yağ	X	3,197	7,246	11,530	16,134	18,943	24,194	25,106	25,690
	S.s	0,287	1,965	2,720	3,290	3,255	6,201	6,301	4,134
%1 TB + Soya Yağ	X	8,262	15,358	19,334	23,384	25,661	27,863	28,351	30,756
	S.s	1,746	2,564	2,353	1,954	1,772	1,879	1,770	1,978
%1 TB + Mısır Yağı	X	10,125	14,778	19,605	20,015	24,374	25,722	24,947	26,801
	S.s	5,016	0,669	2,558	7,980	8,749	7,791	1,123	7,635
%1 TB + Ayçiçek Yağı	X	4,374	10,794	14,222	19,707	23,367	23,262	24,059	25,743
	S.s	1,459	2,898	3,346	4,564	5,038	3,874	3,851	3,639
%1 TB + Kanola Yağı	X	7,685	13,621	16,801	21,898	25,629	27,429	28,568	30,815
	S.s	0,827	1,245	1,488	2,187	3,289	3,251	3,493	3,781
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%1 TB + Fındık Yağ	X	87,808	77,780	75,013	72,619	70,913	69,749	69,698	69,638
	S.s	4,700	5,543	2,096	6,751	6,636	6,489	6,030	6,114
%1 TB + Atık Yağ	X	94,191	88,365	82,564	78,926	76,651	75,834	75,735	75,509
	S.s	0,521	3,156	4,115	4,297	4,012	0,033	3,862	3,858
%1 TB + Soya Yağ	X	84,987	75,340	70,755	69,457	68,866	68,441	68,370	68,106
	S.s	3,172	4,117	3,559	2,552	1,943	2,128	2,184	2,052
%1 TB + Mısır Yağı	X	83,743	75,835	74,129	71,950	70,866	70,568	69,724	68,164
	S.s	8,054	3,153	1,165	10,490	8,824	8,385	12,071	11,427
%1 TB + Ayçiçek Yağı	X	92,051	82,668	78,488	74,260	73,653	73,578	73,304	71,198
	S.s	2,651	4,653	5,061	5,961	4,388	4,229	3,774	6,210
%1 TB + Kanola Yağı	X	86,034	78,129	74,586	72,408	68,933	68,627	68,409	68,044
	S.s	1,502	2,000	2,250	2,471	3,683	3,836	4,054	3,921

Tablo 35. %2 Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%2 TB	X	63,579	68,578	72,798	80,285	82,726	88,190	91,260	96,777
	S.s	1,585	1,925	1,996	1,825	1,256	1,906	4,484	2,470
%2 TB + Fındık Yağ	X	7,396	18,282	21,997	24,911	26,269	27,073	27,092	28,494
	S.s	0,296	2,627	1,349	0,560	0,460	0,657	0,662	1,045
%2 TB + Atık Yağ	X	5,425	12,323	17,538	22,401	24,238	25,762	26,101	28,243
	S.s	0,926	1,081	1,452	1,008	0,798	0,720	0,841	0,584
%2 TB + Soya Yağ	X	11,369	20,000	24,871	28,785	30,260	31,379	31,692	32,672
	S.s	4,614	5,596	6,020	6,256	6,040	5,959	6,207	5,640
%2 TB + Mısır Yağı	X	6,030	13,432	17,764	22,755	25,402	27,012	27,314	28,328
	S.s	2,414	3,136	3,433	2,787	2,530	2,416	2,278	1,992
%2 TB + Ayçiçek Yağı	X	4,932	12,169	16,592	22,863	24,904	28,112	28,302	28,435
	S.s	0,822	3,470	4,134	3,477	2,185	2,985	2,237	3,061
%2 TB + Kanola Yağı	X	6,733	13,931	18,602	24,275	27,486	28,794	29,033	29,797
	S.s	1,113	0,610	1,597	0,842	0,836	1,258	1,188	0,941
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%2 TB + Fındık Yağ	X	86,560	70,645	70,452	70,248	69,336	67,622	67,462	66,727
	S.s	0,538	4,217	1,084	0,727	0,744	0,567	0,732	2,040
%2 TB + Atık Yağ	X	90,141	80,214	73,471	71,336	70,822	70,740	70,712	70,124
	S.s	1,682	1,735	2,197	0,923	0,815	1,316	0,606	0,984
%2 TB + Soya Yağ	X	79,340	67,886	66,119	65,541	64,105	62,701	62,401	62,379
	S.s	8,384	8,984	5,849	6,544	7,031	7,445	8,172	9,106
%2 TB + Mısır Yağı	X	89,043	78,433	73,130	70,623	70,278	70,004	69,405	68,690
	S.s	4,388	5,035	5,193	2,066	3,641	2,502	2,737	3,118
%2 TB + Ayçiçek Yağı	X	91,038	80,461	74,902	70,650	70,138	69,304	68,773	68,160
	S.s	1,494	5,572	6,254	2,320	4,541	2,694	3,362	3,381
%2 TB + Kanola Yağı	X	87,764	77,631	71,862	69,100	68,292	68,116	67,387	66,121
	S.s	2,022	0,979	2,416	0,976	1,100	1,305	1,425	1,030

Tablo 36. %5 Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%5 TB	X	55,353	64,989	69,557	77,519	81,265	85,916	86,544	93,559
	S.s	4,778	2,255	2,480	3,395	2,935	3,209	11,617	3,648
%5 TB + Fındık Yağ	X	3,846	10,158	18,307	24,140	27,537	28,606	29,812	29,988
	S.s	0,607	1,485	2,895	2,478	1,844	2,027	2,086	0,342
%5 TB + Atık Yağ	X	2,634	5,997	10,118	17,959	22,059	23,809	25,524	26,580
	S.s	0,381	0,779	1,897	2,632	2,545	2,578	2,210	2,035
%5 TB + Soya Yağ	X	5,216	11,695	20,917	26,319	29,410	30,037	31,079	31,665
	S.s	0,499	0,982	0,928	0,622	0,778	0,783	0,511	3,620
%5 TB + Mısır Yağı	X	4,031	8,373	15,943	23,634	27,036	27,827	28,805	30,075
	S.s	0,833	0,583	0,820	1,529	0,078	1,777	1,586	1,509
%5 TB + Ayçiçek Yağı	X	3,272	6,776	12,426	19,355	23,489	24,898	26,830	28,177
	S.s	0,584	1,702	2,428	1,307	0,716	0,622	0,596	0,843
%5 TB + Kanola Yağı	X	4,489	11,942	18,352	25,060	28,483	29,362	30,289	30,796
	S.s	0,548	3,812	4,010	3,046	2,754	2,864	2,634	2,642
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%5 TB + Fındık Yağ	X	93,012	83,690	74,084	68,902	68,469	67,600	67,261	66,058
	S.s	1,103	2,384	3,141	0,355	3,236	2,296	2,291	2,273
%5 TB + Atık Yağ	X	95,213	90,371	84,695	76,543	73,033	72,811	72,436	71,971
	S.s	0,693	1,251	2,869	3,438	2,920	3,136	2,111	2,427
%5 TB + Soya Yağ	X	90,521	81,222	68,360	67,162	65,979	65,870	65,623	63,749
	S.s	0,906	1,577	1,404	3,754	0,887	0,561	0,812	0,959
%5 TB + Mısır Yağı	X	92,674	86,557	75,885	69,131	68,812	68,483	68,367	66,676
	S.s	1,514	0,935	1,241	1,997	1,565	2,012	1,742	0,096
%5 TB + Ayçiçek Yağı	X	94,054	89,120	81,203	74,719	71,799	71,048	70,780	70,536
	S.s	1,062	2,733	3,673	1,707	0,704	0,882	0,874	0,654
%5 TB + Kanola Yağı	X	91,843	80,826	72,240	68,064	67,267	66,744	66,737	64,893
	S.s	0,997	6,121	6,065	2,740	3,979	3,244	2,893	3,394

Tablo 37. %1 Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%1 BX	X	55,561	66,106	70,331	77,118	78,446	82,735	84,361	88,757
	S.s	7,821	2,258	3,278	4,363	4,190	4,943	11,218	5,826
%1 BX + Fındık Yağ	X	3,939	10,110	19,522	28,915	29,148	30,971	31,739	32,797
	S.s	0,601	0,518	4,405	4,200	6,394	3,842	6,368	6,584
%1 BX + Atık Yağ	X	3,700	6,520	11,369	18,315	23,250	25,054	26,567	28,628
	S.s	1,452	0,724	1,364	1,535	2,544	2,597	2,575	2,808
%1 BX + Soya Yağ	X	6,840	14,383	20,869	25,849	28,456	29,560	31,200	32,695
	S.s	1,767	2,129	2,263	1,793	1,795	2,050	2,076	2,144
%1 BX + Mısır Yağı	X	9,832	17,555	23,470	28,833	31,930	32,483	35,453	37,402
	S.s	2,641	4,143	3,422	2,929	3,281	2,677	3,037	3,177
%1 BX + Ayçiçek Yağı	X	3,730	9,780	18,520	28,010	28,950	31,000	31,740	32,500
	S.s	0,520	0,780	2,500	2,840	2,360	2,540	3,100	2,750
%1 BX + Kanola Yağı	X	5,834	13,253	21,569	28,847	32,467	33,181	35,149	37,175
	S.s	1,097	1,050	1,704	4,311	5,069	4,902	5,208	5,352
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%1 BX + Fındık Yağ	X	92,841	83,766	70,470	70,014	65,988	62,853	61,928	60,878
	S.s	1,091	0,832	6,663	2,540	4,220	7,457	8,352	7,849
%1 BX + Atık Yağ	X	93,276	89,532	82,803	76,077	71,624	71,342	70,825	70,312
	S.s	2,638	1,163	2,063	2,005	2,941	3,136	2,828	2,912
%1 BX + Soya Yağ	X	87,571	76,906	68,433	66,520	66,237	66,094	65,737	64,926
	S.s	3,212	3,418	3,422	2,322	2,342	2,223	2,280	2,213
%1 BX + Mısır Yağı	X	82,133	71,812	64,498	62,340	63,208	61,213	61,066	60,644
	S.s	4,799	6,653	5,177	3,826	3,032	3,295	3,335	4,044
%1 BX + Ayçiçek Yağı	X	92,500	83,260	70,010	69,470	65,990	62,850	60,930	59,880
	S.s	4,520	3,560	3,890	3,570	4,250	2,350	3,690	3,780
%1 BX + Kanola Yağı	X	89,398	78,720	67,374	62,418	62,320	61,448	61,400	59,982
	S.s	1,994	1,686	2,578	5,553	5,630	5,550	5,719	6,249

Tablo 38. %2 Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%2 BX	X	79,120	64,470	68,746	77,431	80,222	84,811	89,654	93,247
	S.s	2,794	5,011	5,132	6,938	7,366	7,406	15,410	9,938
%2 BX + Fındık Yağ	X	4,854	11,328	20,839	25,977	28,237	29,315	31,381	33,528
	S.s	0,900	0,774	4,121	3,415	3,191	3,192	3,090	3,363
%2 BX + Atık Yağ	X	5,105	14,144	20,829	27,029	29,620	31,111	33,238	36,457
	S.s	0,465	0,906	1,181	1,301	1,375	1,383	1,694	1,072
%2 BX + Soya Yağ	X	5,084	12,992	20,478	26,230	29,204	30,714	32,472	34,408
	S.s	0,653	1,640	1,721	0,934	0,740	0,611	0,447	0,827
%2 BX + Mısır Yağı	X	5,093	12,262	18,427	24,268	26,658	28,202	29,816	32,120
	S.s	1,474	2,639	2,010	1,921	1,891	2,184	2,000	2,073
%2 BX + Ayçiçek Yağı	X	4,401	9,594	15,263	21,054	23,879	25,690	26,978	29,062
	S.s	0,483	0,994	1,663	2,042	1,932	2,065	2,008	2,157
%2 BX + Kanola Yağı	X	5,986	11,910	17,963	24,184	27,437	29,103	30,628	32,353
	S.s	1,024	1,833	1,735	1,739	1,104	1,363	1,226	1,233
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%2 BX + Fındık Yağ	X	91,179	81,811	68,479	66,797	66,070	65,538	65,231	65,195
	S.s	1,635	1,243	6,234	3,616	4,461	3,394	3,488	3,933
%2 BX + Atık Yağ	X	90,723	77,290	68,494	64,763	64,696	63,490	63,499	62,194
	S.s	0,846	1,454	1,786	1,567	1,700	1,694	1,860	1,112
%2 BX + Soya Yağ	X	90,761	79,139	69,024	65,739	65,213	64,340	64,318	64,004
	S.s	1,187	2,633	2,604	1,220	0,692	0,490	0,857	0,912
%2 BX + Mısır Yağı	X	90,745	80,311	72,127	68,302	68,058	67,257	67,141	66,690
	S.s	2,678	4,237	3,041	2,509	2,474	2,196	2,331	2,149
%2 BX + Ayçiçek Yağı	X	92,002	84,596	76,912	72,501	70,902	70,567	70,374	69,862
	S.s	0,878	1,595	2,515	2,667	2,339	2,381	2,205	2,237
%2 BX + Kanola Yağı	X	89,122	80,876	72,829	68,411	67,037	66,449	66,365	66,182
	S.s	1,861	2,943	2,625	2,271	1,544	1,278	1,346	1,360

Tablo 39. %5 Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%5 BX	X	48,134	63,908	68,022	73,635	78,225	81,678	81,729	85,579
	S.s	2,606	1,313	1,322	1,919	2,507	3,043	2,645	3,257
%5 BX + Fındık Yağ	X	6,640	16,820	25,062	29,114	31,300	32,570	33,767	34,557
	S.s	1,095	2,801	1,563	1,387	1,790	2,257	2,620	3,020
%5 BX + Atık Yağ	X	4,293	10,460	17,385	23,675	26,086	27,616	29,088	29,960
	S.s	1,069	2,358	1,863	1,321	1,372	1,490	1,538	1,495
%5 BX + Soya Yağ	X	4,776	13,654	22,331	27,009	28,930	30,082	30,762	31,537
	S.s	0,676	3,432	1,979	1,566	1,713	1,986	1,844	2,297
%5 BX + Mısır Yağı	X	6,279	14,329	22,047	28,616	31,465	32,023	32,702	33,318
	S.s	0,388	1,089	1,067	1,426	1,395	1,234	1,282	1,300
%5 BX + Ayçiçek Yağı	X	5,021	9,796	16,924	23,668	27,314	28,707	29,931	31,118
	S.s	0,284	0,303	1,330	2,020	2,223	2,258	1,955	1,690
%5 BX + Kanola Yağı	X	6,288	13,965	21,790	28,461	31,623	32,407	33,120	34,124
	S.s	1,190	2,241	2,375	2,277	2,570	2,542	2,308	2,655
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
%5 BX + Fındık Yağ	X	87,934	72,993	64,164	63,111	62,918	62,091	61,973	61,420
	S.s	1,989	4,498	3,132	2,556	2,877	2,364	1,812	2,206
%5 BX + Atık Yağ	X	92,199	85,029	73,703	69,077	68,931	68,722	68,056	67,847
	S.s	1,943	1,234	2,818	1,725	1,550	1,688	1,689	1,691
%5 BX + Soya Yağ	X	91,322	80,785	67,295	66,222	66,218	65,928	64,721	64,342
	S.s	1,229	1,227	2,382	2,994	2,025	2,250	2,045	2,111
%5 BX + Mısır Yağı	X	88,589	76,993	66,651	65,449	64,087	63,729	62,623	61,216
	S.s	0,705	1,749	1,614	1,348	1,408	1,398	1,863	1,720
%5 BX + Ayçiçek Yağı	X	90,875	84,271	74,400	69,085	67,730	67,485	67,131	66,333
	S.s	0,516	0,486	2,012	2,639	1,752	2,558	2,147	2,740
%5 BX + Kanola Yağı	X	88,574	77,577	67,039	64,612	63,629	63,295	62,825	61,022
	S.s	2,163	3,598	3,592	2,754	2,535	2,879	2,974	3,168

Tablo 40. Sadece yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı ve su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
Fındık Yağ	X	4,104	9,569	18,351	23,004	25,089	25,953	27,279	29,160
	S.s	0,861	2,315	3,599	2,561	2,594	2,556	2,700	2,722
Atık Yağ	X	2,803	6,052	9,632	15,553	19,098	21,444	23,663	25,914
	S.s	0,206	0,688	1,032	0,899	0,818	0,862	0,881	1,164
Soya Yağ	X	4,420	10,216	19,138	24,450	26,867	28,393	29,838	31,585
	S.s	1,171	2,609	0,949	0,764	0,844	0,784	0,946	0,713
Mısır Yağı	X	3,448	6,611	16,189	24,251	26,605	26,800	29,311	30,906
	S.s	0,989	1,517	1,972	3,112	3,129	2,600	3,419	3,359
Ayçiçek Yağı	X	3,104	6,089	10,101	18,001	21,442	23,226	24,741	27,936
	S.s	0,153	0,155	0,881	2,326	1,990	1,560	1,469	3,095
Kanola Yağı	X	4,153	9,020	17,550	23,295	25,690	26,887	28,183	30,469
	S.s	0,748	0,755	3,211	2,289	2,082	2,290	2,244	2,183
Kontrol	X	55,027	62,284	66,112	76,564	81,129	88,291	91,064	96,425
	S.s	3,725	2,749	4,040	5,195	5,343	5,694	5,319	5,795
Varyasyonlar		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	144 sa	192 sa	240 sa	336 sa
Fındık Yağ	X	92,542	84,636	72,242	70,605	70,043	69,952	69,760	69,075
	S.s	1,565	3,325	5,444	2,895	2,965	3,345	2,822	3,197
Atık Yağ	X	94,906	90,282	85,430	79,686	76,460	75,712	74,014	73,127
	S.s	0,375	1,105	1,562	1,174	1,009	0,976	0,968	1,207
Soya Yağ	X	91,969	83,597	71,051	68,065	67,841	67,246	67,233	66,884
	S.s	1,843	3,628	1,436	0,998	0,888	0,740	1,039	1,040
Mısır Yağı	X	93,734	89,385	75,512	69,646	68,325	67,950	67,812	67,207
	S.s	1,797	1,723	2,109	2,551	4,065	3,483	3,755	3,857
Ayçiçek Yağı	X	94,359	90,223	84,722	76,488	73,571	73,694	72,830	71,029
	S.s	0,240	0,216	1,154	2,631	2,124	1,531	1,397	3,210
Kanola Yağı	X	92,453	85,518	73,453	69,572	69,547	69,050	68,403	68,335
	S.s	1,177	1,050	4,858	2,990	2,593	2,465	2,264	2,567

3.1.4. Liflere Paralel Basınç Direncine İlişkin Bulgular

Denge rutubet miktarına getirilen test örneklerinin liflere paralel basınç direncine (N/mm^2) ait aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri sarıçam örnekleri için Tablo 41'de; kayın örnekleri için Tablo 42'de gösterilmektedir.

Tablo 41. Sarıçam örneklerine ait ortalama liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm²)

Borlu bileşikler ve konsant.		Deneme varyasyonları						
		Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağ	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	X	42,933	41,540	43,125	44,180	42,360	39,925	45,325
	S.s	1,793	2,597	5,527	4,662	1,750	3,931	4,802
%2 BA	X	40,275	38,660	44,060	49,660	43,475	42,700	45,350
	S.s	3,641	2,201	2,713	3,449	4,472	3,991	4,820
%5 BA	X	38,400	40,040	47,933	41,080	45,350	50,880	49,100
	S.s	3,937	4,031	4,952	3,306	1,261	3,754	3,150
%1 TB	X	47,425	58,825	59,750	53,250	44,350	59,150	55,475
	S.s	6,667	0,877	2,369	6,728	8,127	4,055	2,095
%2 TB	X	45,600	62,600	62,125	55,833	60,975	60,900	60,780
	S.s	1,982	0,693	2,090	2,631	0,846	2,157	1,322
%5 TB	X	46,250	56,450	60,560	56,060	54,300	57,667	58,680
	S.s	7,931	3,786	5,220	3,390	2,521	2,219	3,016
%1 BX	X	46,600	47,620	48,800	49,380	49,380	46,100	50,960
	S.s	2,186	3,587	4,649	1,145	1,134	0,458	2,008
%2 BX	X	44,325	51,175	50,580	50,880	49,800	50,060	49,760
	S.s	2,793	4,201	2,632	3,334	2,517	1,210	0,754
%5 BX	X	48,733	52,960	52,133	53,280	49,975	47,960	51,880
	S.s	3,921	4,178	5,279	1,112	4,101	5,190	3,263
-	X	-	49,950	48,937	45,860	50,733	50,320	47,533
	S.s	-	2,289	3,667	2,048	1,490	3,785	3,632
Kontrol	X	48,625						
	S.s	3,140						

Tablo 42. Kayın örneklerine ait ortalama liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm²)

Borlu bileşikler ve konsant.		Deneme varyasyonları						
		Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağ	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	X	70,220	68,560	70,740	70,040	69,300	69,940	68,720
	S.s	3,224	2,472	3,356	2,309	2,831	1,787	2,205
%2 BA	X	68,400	66,820	66,075	64,300	64,140	62,440	66,625
	S.s	1,439	2,137	3,838	3,560	2,977	3,518	1,727
%5 BA	X	65,400	63,375	65,720	67,580	68,320	69,725	65,300
	S.s	1,437	5,348	5,273	4,471	2,840	2,254	3,753
%1 TB	X	70,400	62,720	62,900	60,500	63,020	58,580	63,760
	S.s	2,892	4,931	3,592	3,025	6,555	3,128	2,054
%2 TB	X	73,500	62,940	65,320	64,520	63,280	59,800	66,250
	S.s	3,536	3,549	1,618	2,320	4,730	4,429	4,041
%5 TB	X	73,550	72,360	73,980	68,480	69,820	71,650	70,900
	S.s	3,256	3,194	2,325	4,119	4,235	4,665	4,059
%1 BX	X	71,450	65,150	67,980	62,800	68,450	63,540	67,920
	S.s	1,485	5,449	3,975	3,478	0,751	3,909	1,574
%2 BX	X	73,700	67,640	68,475	69,540	70,960	70,980	69,600
	S.s	2,516	2,789	7,072	5,089	2,428	2,826	2,811
%5 BX	X	72,833	75,220	73,350	73,060	75,480	73,600	71,720
	S.s	2,312	3,497	4,692	2,258	3,566	4,548	1,561
-	X	-	67,850	65,571	68,167	66,900	66,000	68,217
	S.s	-	4,716	4,727	2,440	2,954	1,876	3,563
Kontrol	X	66,514						
	S.s	1,759						

3.1.5. Renk Ölçümlerine İlişkin Bulgular

Test ve kontrol örneklerinde CIELab sistemine göre belirlenen L (ışık yoğunluğu), a ve b kromotografik koordinatları (+a* kırmızı, -a yeşil, +b sarı ve -b mavi) kullanılarak hesaplanan toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerine ait aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri sarıçam örnekleri için Tablo 43'de; kayın örnekleri için Tablo 44'de gösterilmektedir.

Tablo 43. Borlu bileşikler ve yağlar ile empenye edilen sarıçam örneklerine ait toplam renk değişimi (ΔE^*) değerleri

Borlu bileşikler ve konsant.		Deneme varyasyonları						
		Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	X	2,294	25,377	26,736	23,782	26,343	23,460	24,068
	S.s	1,155	3,338	3,113	3,426	4,595	5,778	2,306
%2 BA	X	2,414	29,673	29,072	29,613	29,013	27,176	29,369
	S.s	1,347	5,010	4,423	1,077	5,235	5,143	5,314
%5 BA	X	3,486	40,670	39,095	37,847	35,222	36,199	36,458
	S.s	1,635	2,585	1,371	3,879	2,041	1,153	3,516
%1 TB	X	4,668	26,760	23,712	25,837	26,589	26,986	23,996
	S.s	3,169	1,951	4,640	2,670	4,116	3,719	4,167
%2 TB	X	5,380	29,082	25,413	27,119	29,256	29,890	30,910
	S.s	3,926	2,594	2,415	2,326	1,768	4,219	1,527
%5 TB	X	5,473	34,937	33,832	35,027	34,003	33,533	34,462
	S.s	2,851	4,272	3,923	4,203	4,256	3,127	1,301
%1 BX	X	5,250	23,805	24,511	25,213	22,330	23,424	25,423
	S.s	1,765	3,075	2,523	2,749	1,113	1,894	2,758
%2 BX	X	5,665	26,823	25,853	28,271	26,166	25,439	24,357
	S.s	1,808	4,300	3,128	3,347	3,145	3,762	4,068
%5 BX	X	7,711	33,310	31,006	32,729	31,433	31,744	32,725
	S.s	1,212	2,089	2,551	2,906	1,380	3,017	1,974
-	X	-	23,153	22,270	23,738	21,490	23,718	21,584
	S.s	-	4,407	1,980	1,191	1,294	2,999	2,623

Tablo 44. Borlu bileşikler ve yağlar ile emprenye edilen kayın örneklerine ait toplam renk değişimi (ΔE^*) değerleri

Borlu bileşikler ve konsant.		Deneme varyasyonları						
		Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağ	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	X	2,329	22,293	23,920	23,969	24,418	22,169	20,714
	S.s	1,987	0,817	2,320	1,030	2,184	2,696	1,540
%2 BA	X	2,598	26,399	27,120	25,897	24,205	24,391	24,602
	S.s	0,821	1,280	1,612	3,162	1,928	2,130	2,076
%5 BA	X	4,948	30,576	29,211	27,653	27,363	27,507	28,947
	S.s	0,623	1,651	0,952	1,745	1,629	1,460	4,225
%1 TB	X	3,762	22,058	22,149	21,102	22,676	21,944	21,903
	S.s	1,346	0,926	3,213	0,943	2,051	2,144	2,535
%2 TB	X	3,805	25,955	24,485	24,326	24,721	25,210	25,348
	S.s	1,194	2,613	2,442	1,056	1,789	2,224	2,336
%5 TB	X	4,322	29,051	25,332	24,725	28,243	28,066	26,309
	S.s	1,217	1,496	1,436	0,773	0,898	0,898	1,177
%1 BX	X	2,874	23,936	23,781	24,736	24,619	22,644	23,177
	S.s	1,893	2,534	1,964	2,056	2,136	3,203	1,988
%2 BX	X	2,987	25,283	26,240	26,503	26,910	26,911	23,484
	S.s	0,586	3,523	2,783	1,331	1,762	2,058	1,429
%5 BX	X	4,235	29,604	29,067	30,317	28,181	27,070	25,710
	S.s	0,751	1,833	1,951	1,411	1,891	0,950	1,573
-	X	-	23,781	22,937	22,231	21,884	20,496	21,802
	S.s	-	2,706	1,767	1,838	1,050	2,428	1,937

3.1.6. Bor Analizine İlişkin Bulgular

Yıkanmamış ve yıkanmış sarıçam ve kayın örneklerinde bulunan borlu bileşiklerin borik asit eşdeğer retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3) sırasıyla Tablo 45 ve 46'da gösterilmiştir. Yıkanmış ve yıkanmamış örneklerdeki borlu bileşik miktarlarının kıyaslanması ile hesaplanan, yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan borlu bileşik miktarı (%) Tablo 47'de sarıçam ve kayın için özetlenmiştir. Kıyaslamada borlu bileşik ve yağ ile birlikte emprenye edilen yıkanmış örnekler ile yağ işlemi uygulanmayan sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen yıkanmamış örnekler kullanılmıştır. Böylece uygulanan tüm işlemler sonrasındaki odundaki kalan borlu bileşik miktarı (%) belirlenmiştir. Ayrıca, her varyasyonun yıkanmamış ve yıkanmış örneklerinde bulunan borlu bileşiklerin miktarları kıyaslanmış ve yıkanma işlemi sonrasında odunda kalan (%) borlu bileşik miktarları belirlenmiştir. Nihai ürüne ait son durumu gösteren bu veriler ise Tablo 48'de verilmiştir.

Tablo 45. Yıkanmış ve yıkanmamış sarıçam örneklerinde bulunan borlu bileşiklerin retensiyon (BAE, kg/m³) değerleri

Borlu bileşikler ve konsant.	Yıkanmamış örneklerdeki retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³)						
	Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	5,340	2,757	2,695	2,488	2,025	2,488	2,020
%2 BA	11,330	5,404	5,614	5,389	4,725	5,561	5,297
%5 BA	36,528	18,626	18,227	15,719	13,258	16,029	15,769
%1 TB	5,911	1,333	2,373	1,293	1,779	1,337	1,980
%2 TB	12,570	4,518	5,338	4,435	4,401	3,734	5,962
%5 TB	30,559	11,768	18,422	11,782	16,470	11,542	17,284
%1 BX	7,840	3,004	3,516	2,901	3,039	2,846	3,405
%2 BX	18,104	8,143	8,083	6,986	6,560	6,442	6,890
%5 BX	53,695	23,276	22,317	21,153	15,540	20,482	19,756
Borlu bileşikler ve konsant.	Yıkanmış örneklerdeki retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³)						
	Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	0,093	0,410	0,830	0,475	0,396	0,485	0,474
%2 BA	0,152	1,383	2,167	1,577	1,286	1,536	1,393
%5 BA	0,754	5,969	8,281	5,684	5,036	6,419	5,560
%1 TB	0,061	0,186	0,268	0,140	0,171	0,241	0,183
%2 TB	0,209	0,746	0,997	0,566	0,512	0,799	0,739
%5 TB	0,300	2,261	3,980	1,867	2,526	3,090	2,724
%1 BX	0,104	0,360	0,601	0,429	0,463	0,491	0,534
%2 BX	0,269	1,590	2,137	1,869	1,786	1,907	1,735
%5 BX	0,961	6,266	8,452	6,794	5,516	7,833	6,553

Tablo 46. Yıkanmış ve yıkanmamış kayın örneklerinde bulunan borlu bileşiklerin retensiyon (BAE, kg/m³) değerleri

Borlu bileşikler ve konsant.	Yıkanmamış örneklerdeki retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³)						
	Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	4,340	3,121	2,895	2,581	2,268	2,561	3,228
%2 BA	8,842	5,427	5,517	5,199	4,988	6,008	5,890
%5 BA	28,965	17,644	19,734	14,221	14,652	20,068	17,439
%1 TB	4,968	1,806	1,784	1,468	1,323	1,790	1,410
%2 TB	11,051	3,633	5,228	5,169	4,955	3,690	4,864
%5 TB	20,625	8,117	10,351	8,248	10,394	9,153	9,900
%1 BX	6,999	1,780	1,728	2,321	1,695	1,782	2,838
%2 BX	12,817	5,691	5,350	5,508	6,387	5,634	6,229
%5 BX	34,810	18,141	18,459	18,347	16,823	20,415	17,840
Borlu bileşikler ve konsant.	Yıkanmış örneklerdeki retensiyon değerleri (BAE, kg/m ³)						
	Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	0,065	0,407	0,711	0,518	0,457	0,553	0,454
%2 BA	0,104	1,386	1,682	1,327	1,300	1,619	1,222
%5 BA	0,607	5,325	6,772	4,498	4,500	6,460	5,355
%1 TB	0,061	0,228	0,291	0,180	0,190	0,345	0,209
%2 TB	0,159	0,681	1,132	0,778	0,874	0,905	0,896
%5 TB	0,329	1,910	3,081	1,892	2,409	2,780	2,298
%1 BX	0,092	0,356	0,445	0,473	0,369	0,468	0,579
%2 BX	0,200	1,385	1,737	1,293	1,618	1,943	1,443
%5 BX	0,608	5,512	6,135	5,571	5,109	7,398	5,441

Tablo 47. Borlu bileşik ve yağ ile emprenye edilen sarıçam ve kayın örneklerinde yıkanma deneyi sonrasında başlangıç miktarına göre kalan (%) borlu bileşik miktarları

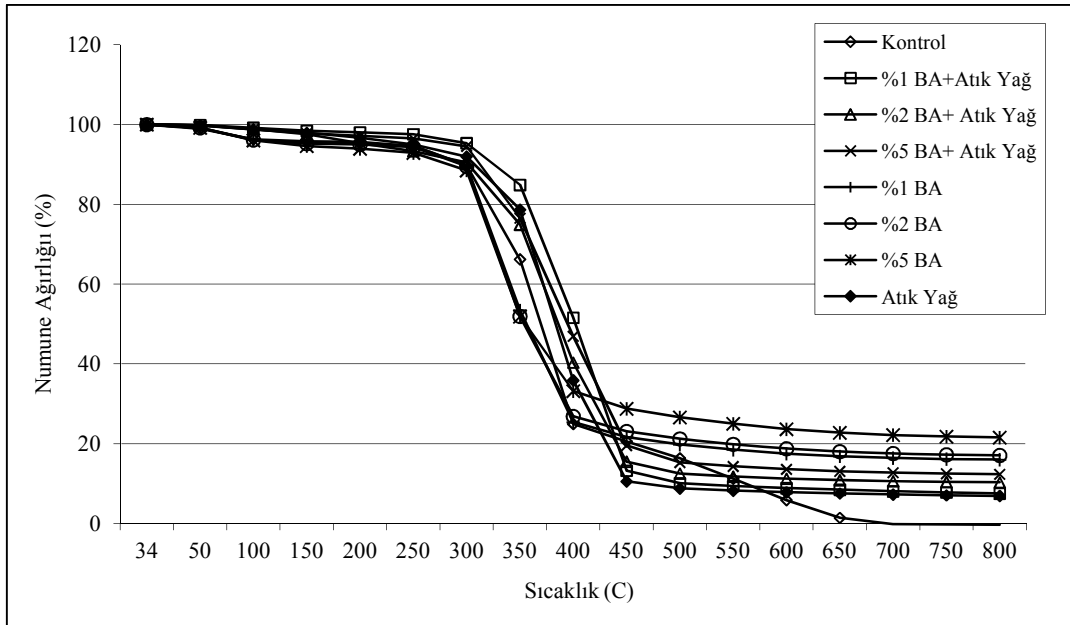
Borlu bileşikler ve konsant.	Odunda kalan borlu bileşik miktarı (%) - Sarıçam						
	Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	1,734	7,683	15,539	8,898	7,408	9,089	8,882
%2 BA	1,340	12,206	19,126	13,922	11,346	13,557	12,293
%5 BA	2,064	16,342	22,671	15,562	13,788	17,573	15,220
%1 TB	1,040	3,139	4,535	2,374	2,885	4,084	3,095
%2 TB	1,659	5,931	7,934	4,500	4,073	6,357	5,877
%5 TB	0,983	7,398	13,024	6,110	8,267	10,111	8,915
%1 BX	1,325	4,590	7,671	5,478	5,911	6,257	6,810
%2 BX	1,485	8,783	11,806	10,321	9,864	10,534	9,584
%5 BX	1,790	11,670	15,741	12,652	10,273	14,588	12,204
Borlu bileşikler ve konsant.	Odunda kalan borlu bileşik miktarı (%) - Kayın						
	Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	1,499	9,382	16,373	11,931	10,526	12,753	10,471
%2 BA	1,174	15,67	19,027	15,005	14,703	18,312	13,822
%5 BA	2,097	18,384	23,381	15,53	15,535	22,302	18,487
%1 TB	1,227	4,598	5,863	3,631	3,823	6,936	4,203
%2 TB	1,441	6,163	10,244	7,042	7,908	8,187	8,112
%5 TB	1,596	9,261	14,94	9,175	11,682	13,477	11,14
%1 BX	1,317	5,093	6,351	6,755	5,275	6,684	8,267
%2 BX	1,564	10,808	13,552	10,09	12,622	15,159	11,256
%5 BX	1,746	15,834	17,624	16,005	14,676	21,251	15,63

Tablo 48. Sarıçam ve kayın odunu örnekleri için nihai üründe kalan (%) borlu bileşik miktarları

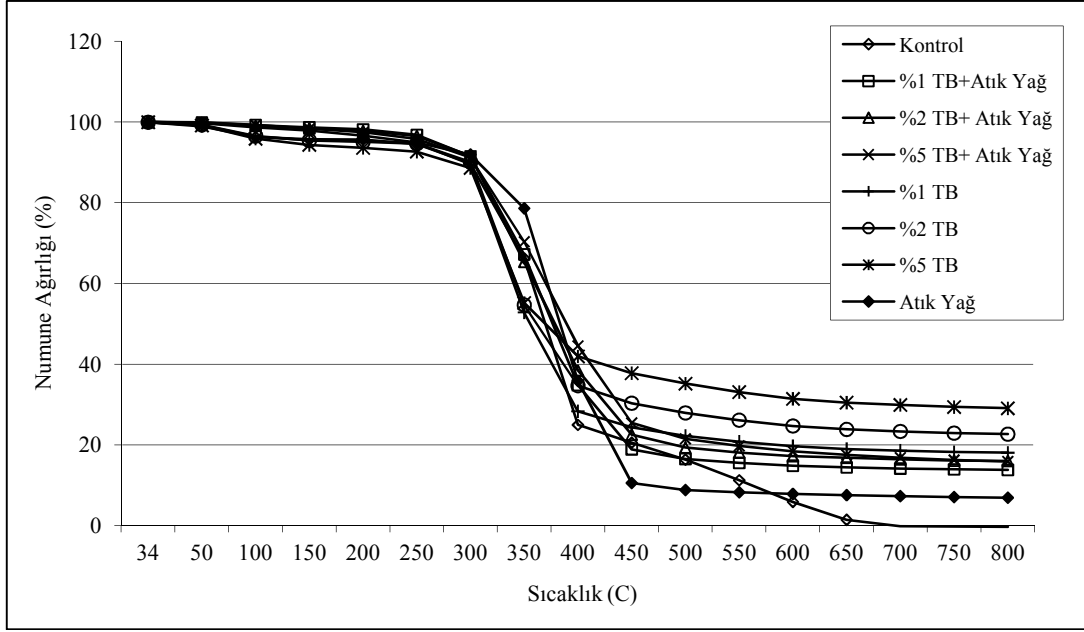
Borlu bileşikler ve konsant.	Nihai üründe kalan borlu bileşik miktarı (%) - Sarıçam						
	Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	1,734	14,882	30,786	19,1	19,536	19,511	23,478
%2 BA	1,34	25,589	38,597	29,269	27,207	27,622	26,294
%5 BA	2,064	32,049	45,433	36,163	37,989	40,046	35,257
%1 TB	1,04	13,924	11,295	10,855	9,585	18,052	9,24
%2 TB	1,659	16,502	18,682	12,754	11,634	21,403	12,391
%5 TB	0,983	19,211	21,605	15,847	15,339	26,771	15,762
%1 BX	1,325	11,978	17,106	14,806	15,251	17,239	15,679
%2 BX	1,485	19,526	26,442	26,746	27,223	29,602	25,184
%5 BX	1,79	26,921	37,874	32,116	35,496	38,244	33,17
Borlu bileşikler ve konsant.	Nihai üründe kalan borlu bileşik miktarı (%) - Kayın						
	Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayçiçek yağı	Kanola yağı
%1 BA	1,499	13,048	24,546	20,065	20,146	21,609	14,077
%2 BA	1,174	25,53	30,492	25,521	26,063	26,95	20,749
%5 BA	2,097	30,18	34,318	31,632	30,71	32,19	30,705
%1 TB	1,227	12,648	16,332	12,292	14,354	19,253	14,805
%2 TB	1,441	18,746	21,654	15,055	17,638	24,52	18,43
%5 TB	1,596	23,533	29,769	22,943	23,182	30,369	23,209
%1 BX	1,317	20,031	25,718	20,371	21,787	26,252	20,39
%2 BX	1,564	24,342	32,468	23,482	25,329	34,485	23,16
%5 BX	1,746	30,383	33,236	30,366	30,367	36,236	30,498

3.1.7. Termogravimetrik Analize İlişkin Bulgular

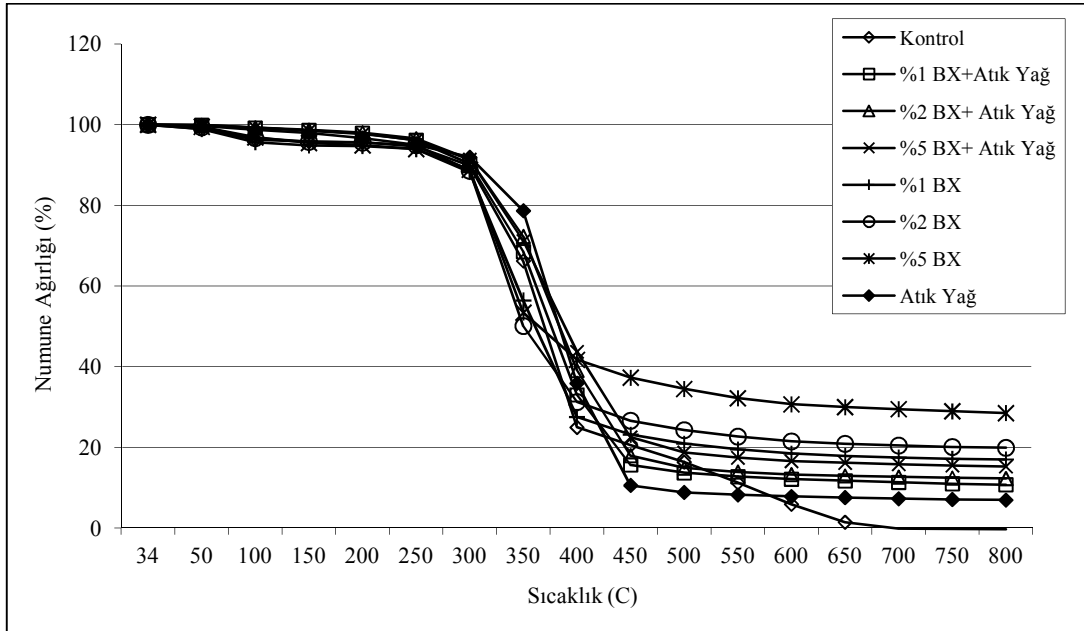
Termogravimetrik analiz (TGA), atık ve ayçiçek yağı kullanıldığı varyasyonlar ile gerçekleştirilmiştir. 34-800°C arasındaki sıcaklık uygulaması ile numune ağırlığındaki kaybın yüzdesi, sıcaklığın bir fonksiyonu olarak değişimi atık yağı kullanıldığı sarıçam örnekleri için Şekil 8-10; kayın örnekleri için Şekil 11-13’de gösterilmektedir. Numune ağırlığındaki kaybın yüzde değişimi, ayçiçek yağının kullanıldığı sarıçam örnekleri için Şekil 14-16’da; kayın örnekleri için Şekil 17-19’da gösterilmektedir. Ayrıca %5 borik asidin diğer yağlar ile kombine edildiği sarıçam ve kayın örneklerine ait sıcaklığın bir fonksiyonu olarak numune ağırlığındaki kayıp yüzdesi, sırasıyla Şekil 20 ve 21’de gösterilmiştir. 800°C sonrasında başlangıç numunesinde kalan ağırlık oranları (%) Tablo 49 ve 50’de verilmiştir.



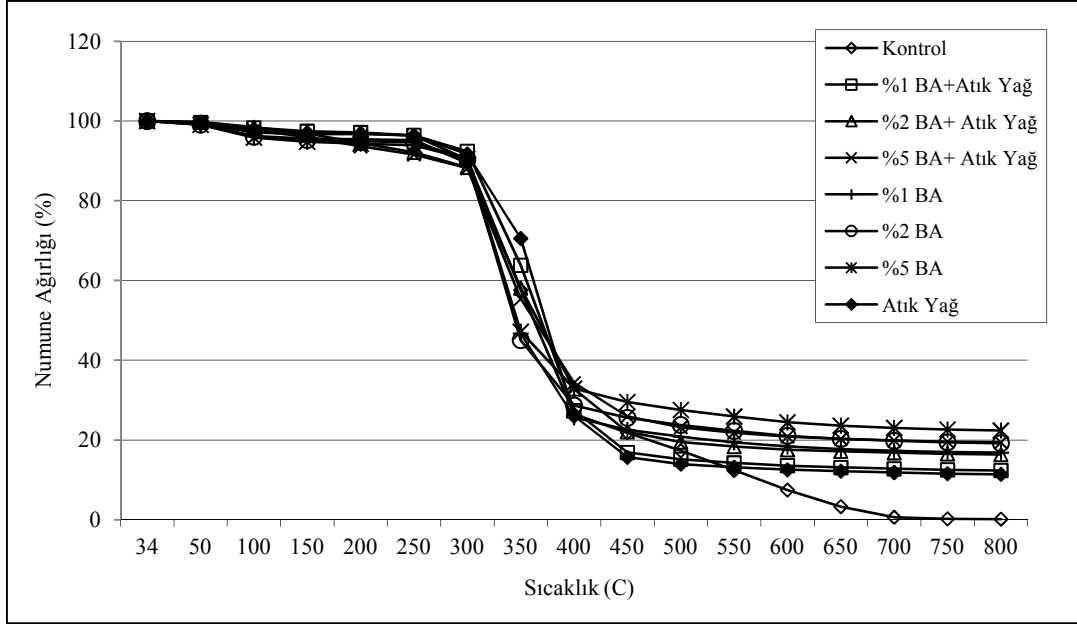
Şekil 8. Borik asit ve atık yağ ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi



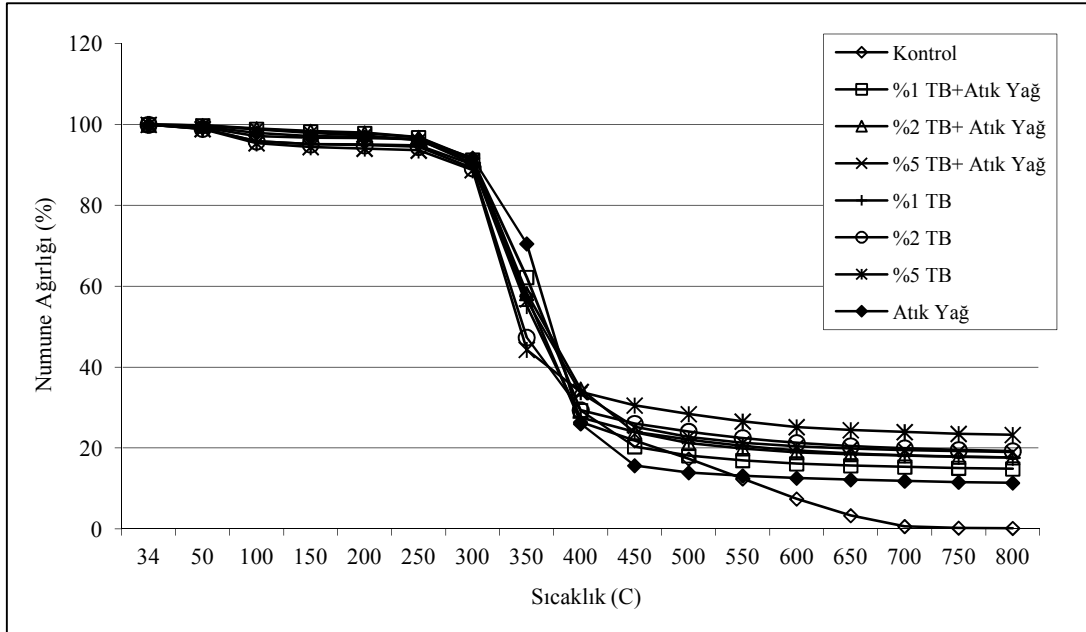
Şekil 9. Tarımbor ve atık yağ ile empenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi



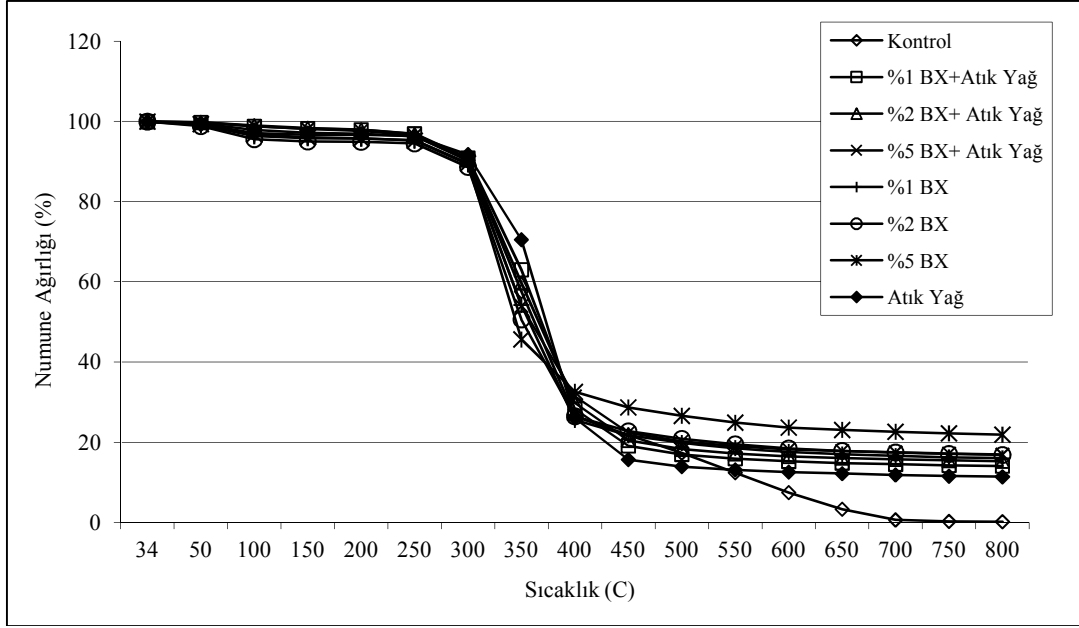
Şekil 10. Boraks ve atık yağ ile empenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi



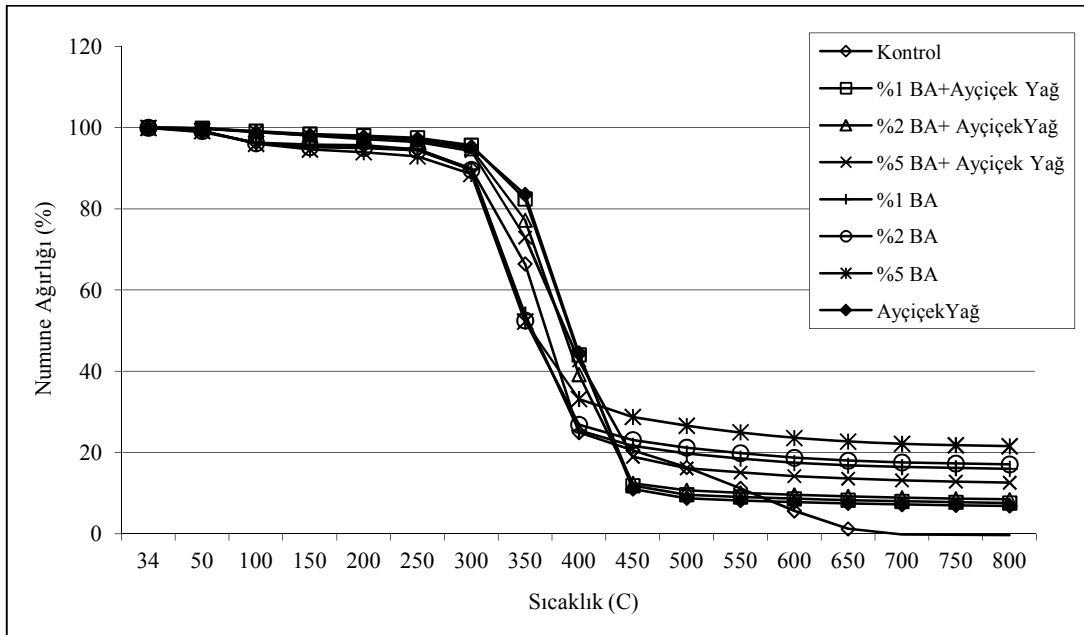
Şekil 11. Borik asit ve atık yağ ile empenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi



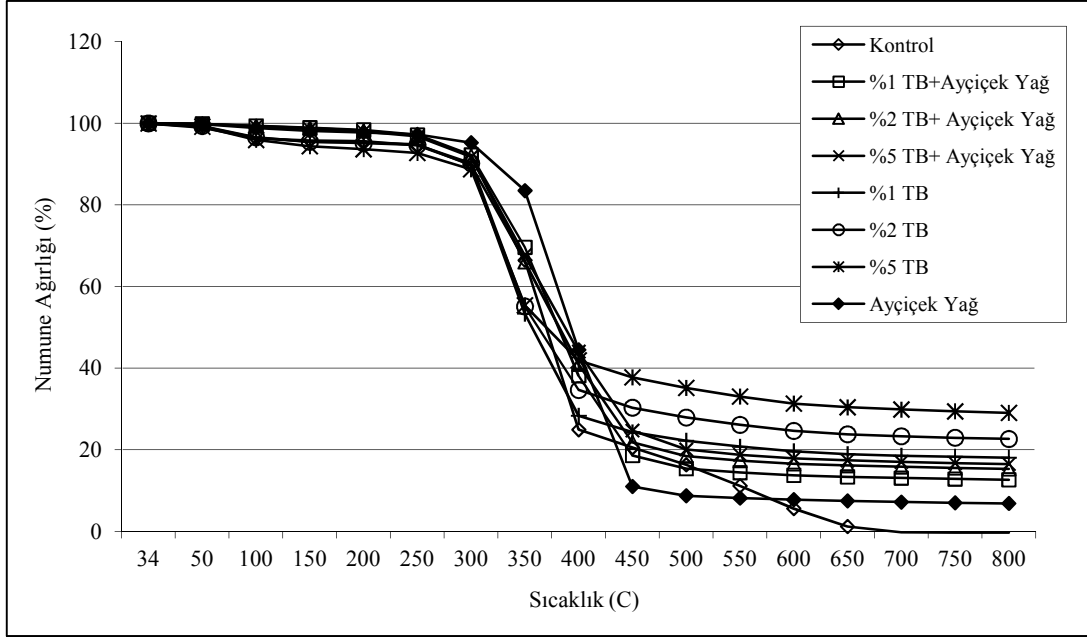
Şekil 12. Tarımbor ve atık yağ ile empenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi



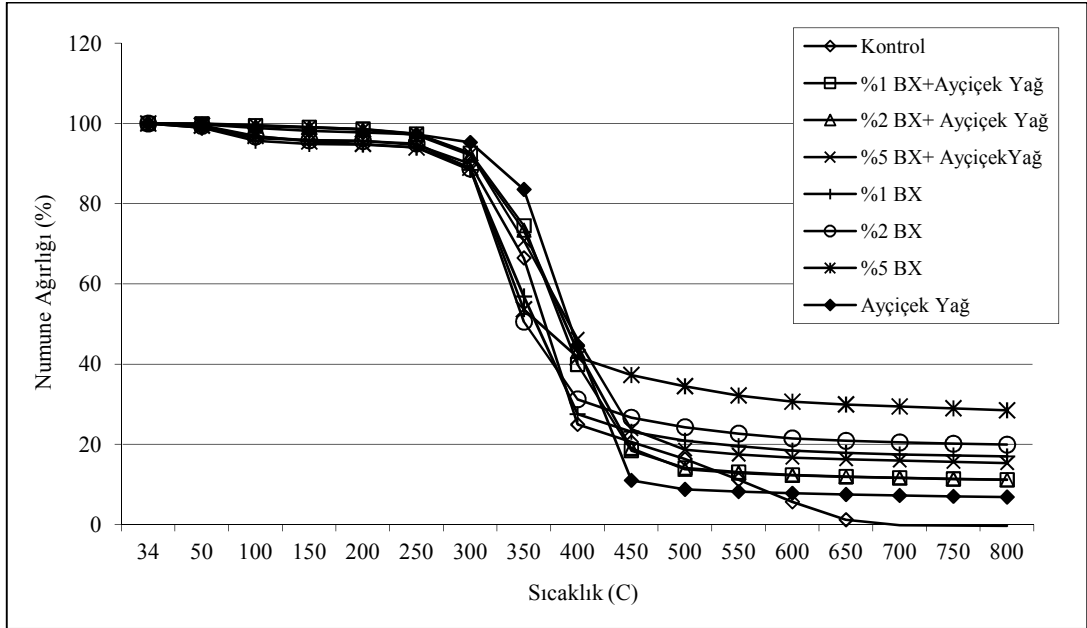
Şekil 13. Boraks ve atık yağ ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi



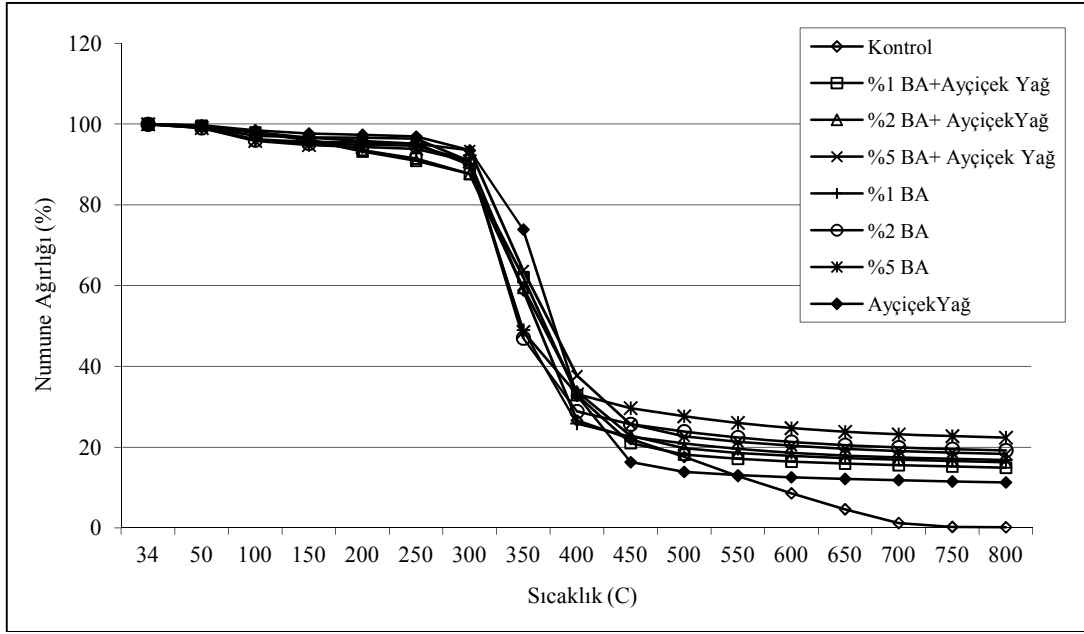
Şekil 14. Borik asit ve ayçiçek yağ ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi



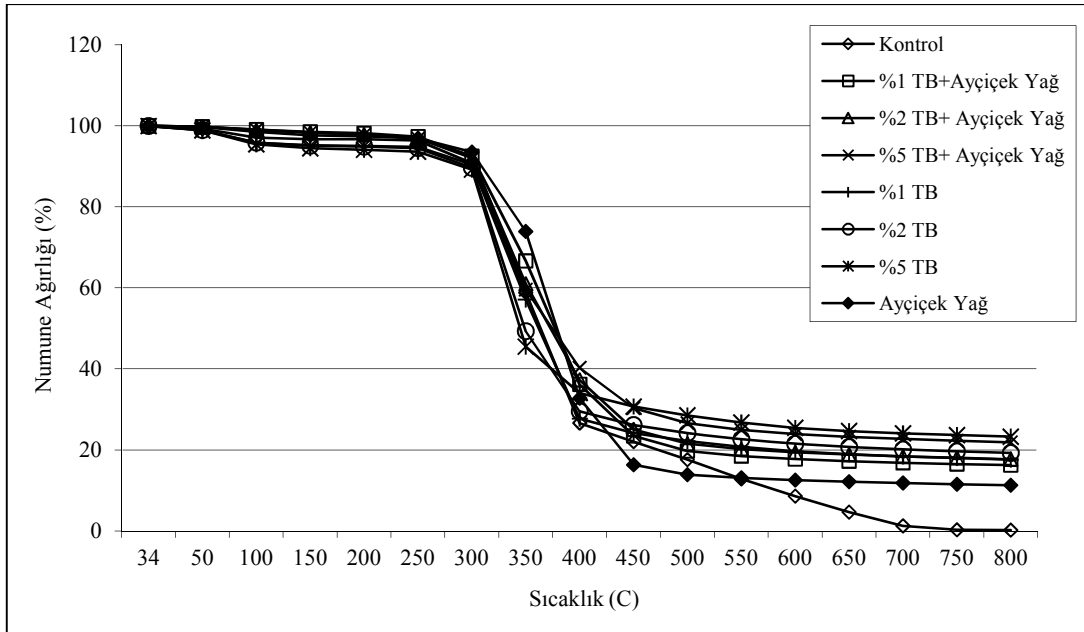
Şekil 15. Tarımbor ve ayçiçek yağ ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi



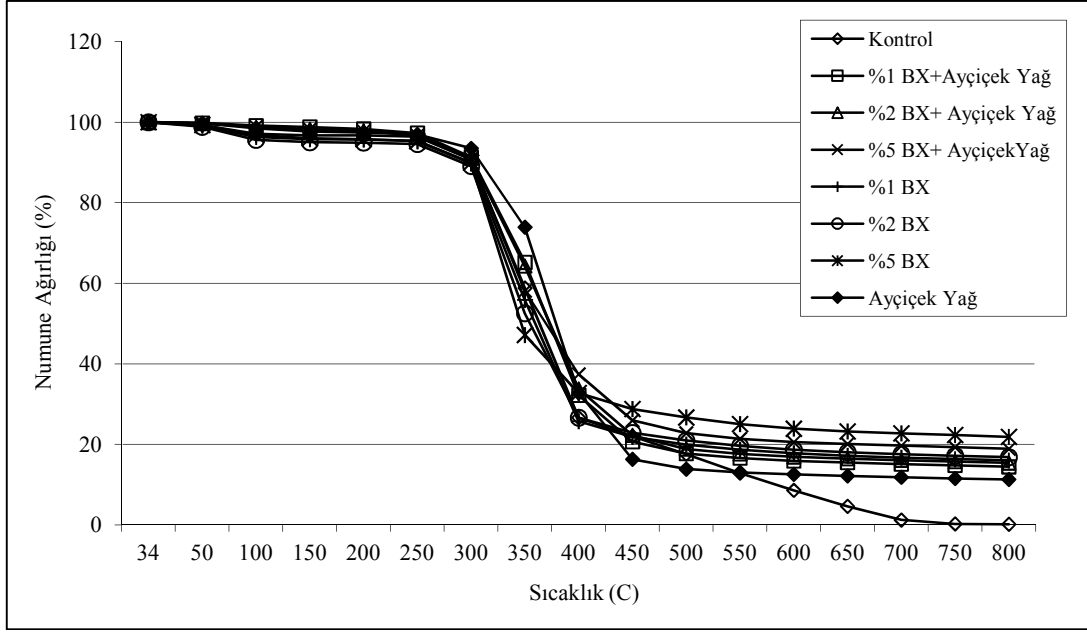
Şekil 16. Boraks ve ayçiçek yağ ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi



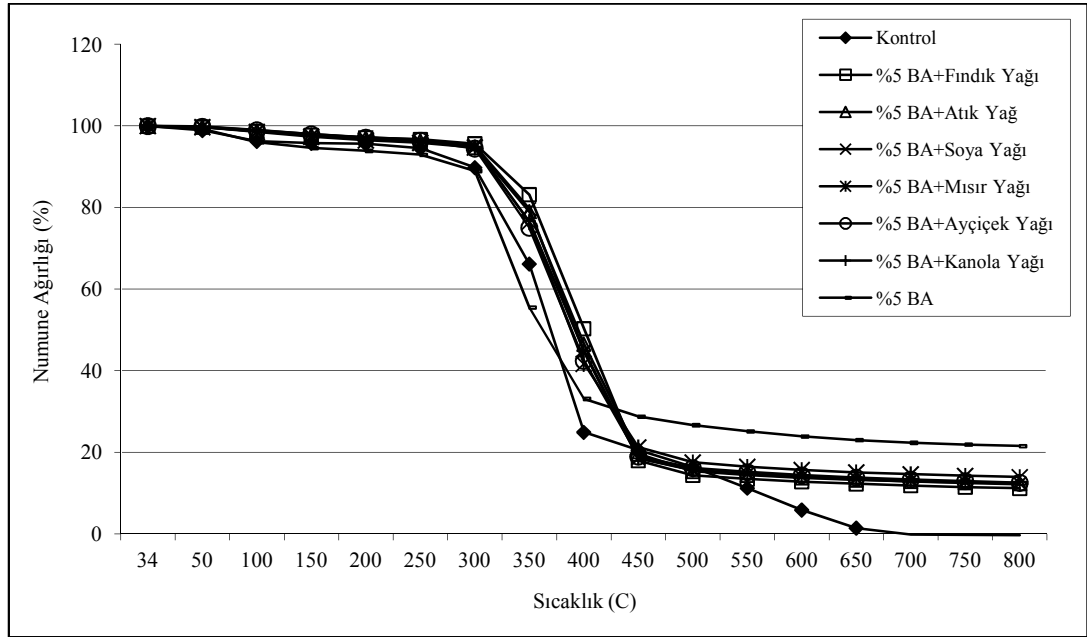
Şekil 17. Borik asit ve ayçiçek yağ ile empenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi



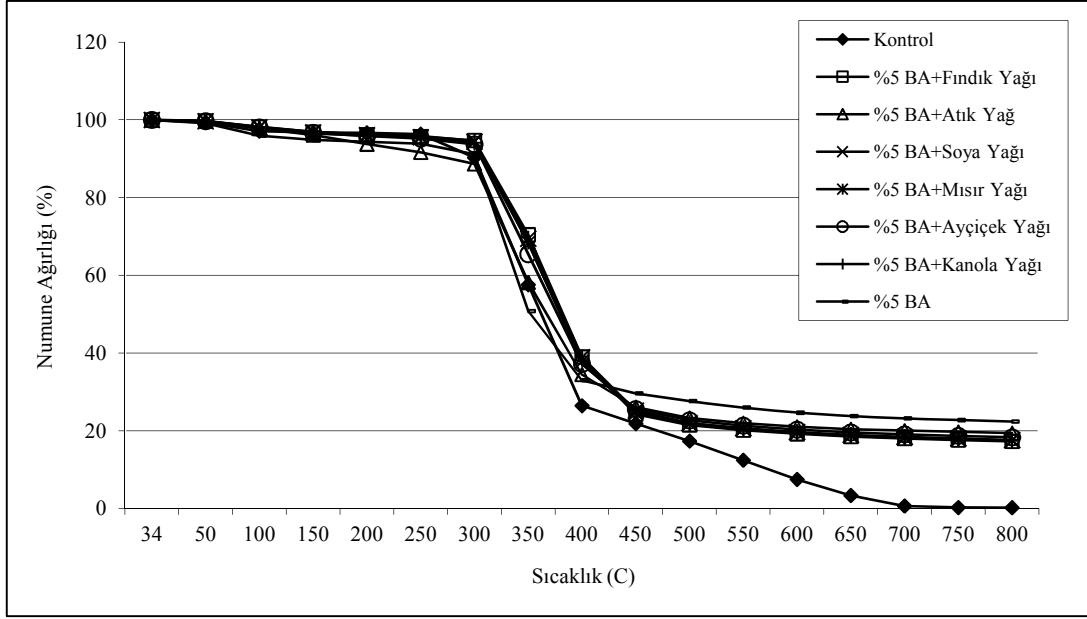
Şekil 18. Tarımbor ve ayçiçek yağ ile empenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi



Şekil 19. Boraks ve ayçiçek yağ ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi



Şekil 20. %5 BA ve bitkisel yağlar emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin TGA eğrisi



Şekil 21. %5 BA ve bitkisel yağlar empenye edilen kayın odunu örneklerinin TGA eğrisi

Tablo 49. Atık ve ayçiçek yağları ile empenye edilen varyasyonlara ait örneklerin 800°C sonrasında kalan ağırlık miktarları (%)

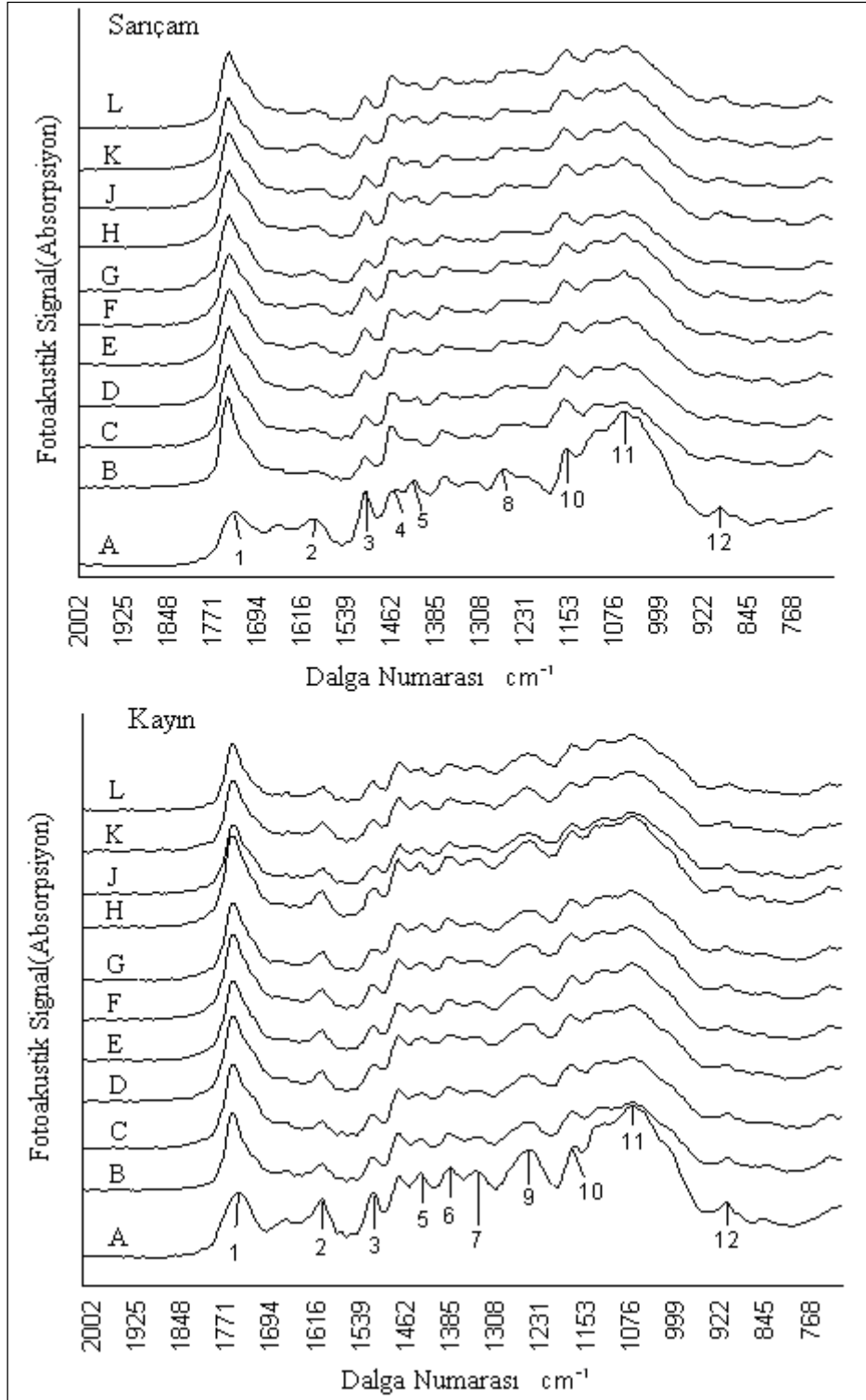
Borlu bileşikler ve konsantrasyon	Ağaç Türü	Sadece Bor	Atık Yağ	Ayçiçek Yağ
%1 BA	Sarıçam	16,01	7,53	7,58
	Kayın	16,82	12,35	14,92
%2 BA	Sarıçam	17,09	10,33	8,47
	Kayın	19,20	16,36	16,25
%5 BA	Sarıçam	21,55	12,37	12,58
	Kayın	22,36	19,40	18,30
%1 TB	Sarıçam	18,06	13,82	12,68
	Kayın	17,62	14,90	16,22
%2 TB	Sarıçam	22,68	16,05	15,36
	Kayın	19,25	17,61	17,70
%5 TB	Sarıçam	29,08	15,90	16,54
	Kayın	23,24	19,00	21,87
%1 BX	Sarıçam	17,00	10,74	11,17
	Kayın	16,01	14,07	14,43
%2 BX	Sarıçam	19,90	12,29	11,14
	Kayın	16,82	15,28	15,38
%5 BX	Sarıçam	28,50	15,27	15,29
	Kayın	21,88	16,94	18,86
-	Sarıçam	-	6,95	6,86
	Kayın	-	11,39	11,28
Kontrol	Sarıçam	-0,308		
	Kayın	0,180		

Tablo 50. %5 BA ve yağlar ile emprenye edilen varyasyonlara ait örneklerin 800°C sonrasında kalan ağırlık miktarları (%)

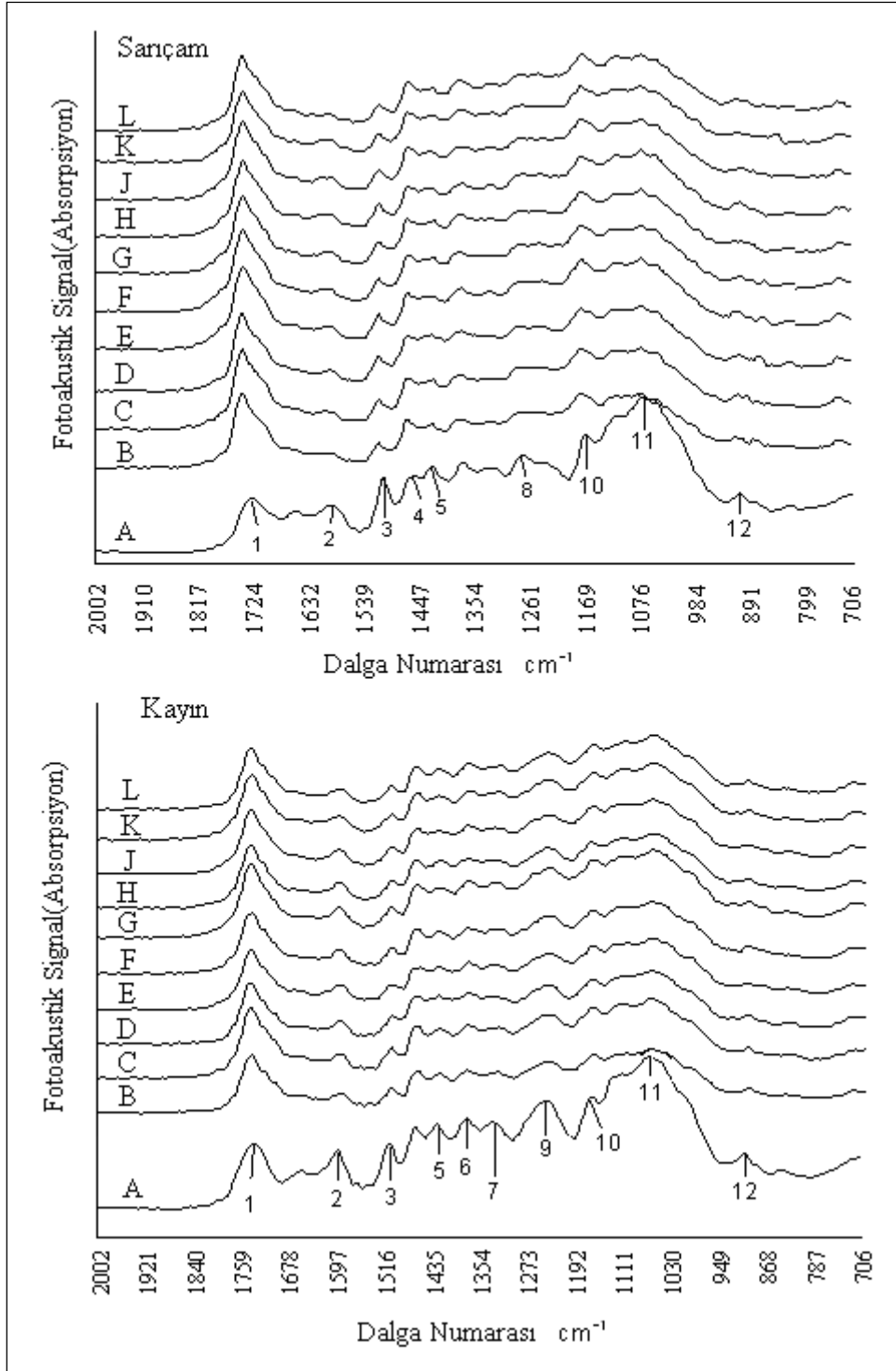
Varyasyonlar	Ağaç Türü	Kalan miktar (%)
%5 BA + Fındık Yağı	Sarıçam	11,21
	Kayın	17,23
%5 BA + Atık Yağ	Sarıçam	12,37
	Kayın	19,40
%5 BA + Soya Yağı	Sarıçam	12,44
	Kayın	17,51
%5 BA + Mısır Yağı	Sarıçam	13,95
	Kayın	17,61
%5 BA + Ayçiçek Yağı	Sarıçam	12,58
	Kayın	18,29
%5 BA + Kanola Yağı	Sarıçam	12,15
	Kayın	17,43

3.1.8. FTIR Analizine İlişkin Bulgular

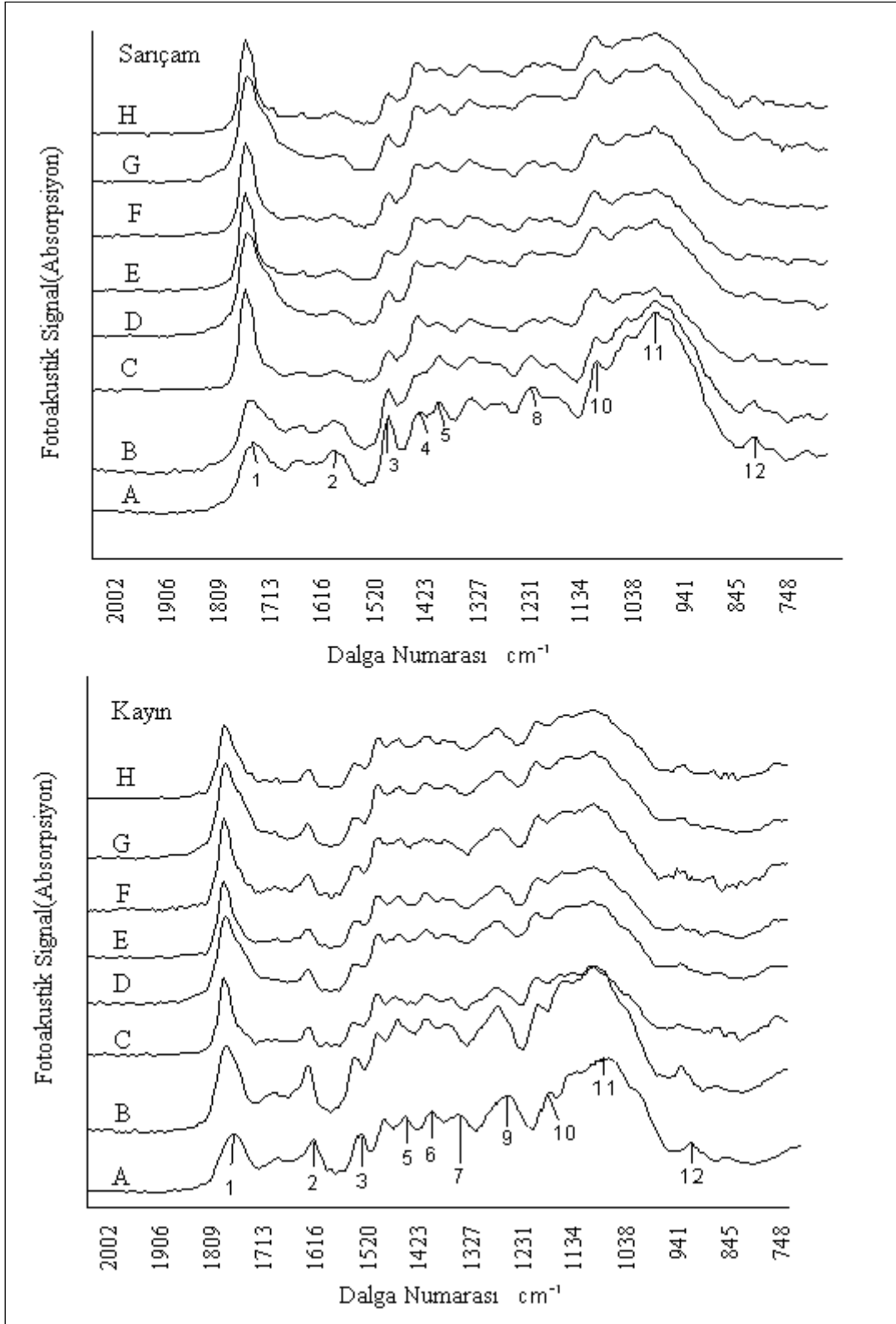
160°C’de sıcak yağ işlemine tabi tutulan sarıçam ve kayın örneklerinin kimyasal yapısında meydana gelen değişimleri ve olası bozunmaları belirlemek amacıyla atık ve ayçiçek yağları ile emprenye edilen varyasyonlar ile %5 BA ve diğer yağlar ile emprenye edilen varyasyonlara ait örneklerin FTIR-PAS spektrumları elde edilmiştir. Atık yağ ve ayçiçek yağ ile emprenye edilen sarıçam ve kayın örneklerine ait FTIR-PAS spektrumları Şekil 22 ve 23’de; %5 BA ve yağlar ile emprenye edilen örneklere ait FTIR-PAS spektrumları Şekil 24’de gösterilmektedir.



Şekil 22. Atık yağ ve borlu bileşikler ile emprenye edilen sarıçam ve kayın odunu örneklerine ait FTIR spektrumu (A: Kontrol; B: %1 BA + Atık yağ; C: %2 BA + Atık yağ; D: %5 BA + Atık yağ; E: %1 TB + Atık yağ; F: %2 TB + Atık yağ; G: %5 TB + Atık yağ; H: %1 BX + Atık yağ; J: %2 BX + Atık yağ; K: %5 BX + Atık yağ; L: Atık yağ).



Şekil 23. Ayçiçek yağ ve borlu bileşikler ile emprenye edilen sarıçam ve kayın odunu örneklerine ait FTIR spektrumu (A: Kontrol; B: %1 BA + Ayçiçek yağ; C: %2 BA + Ayçiçek yağ; D: %5 BA + Ayçiçek yağ; E: %1 TB + Ayçiçek yağ; F: %2 TB + Ayçiçek yağ; G: %5 TB + Ayçiçek yağ; H: %1 BX + Ayçiçek yağ; J: %2 BX + Ayçiçek yağ; K: %5 BX + Ayçiçek yağ; L: Ayçiçek yağ).



Şekil 24. Yağlar ve %5 BA ile emprenye edilen sarıçam ve kayın odunu örneklerine ait FTIR spektrumu (A: Kontrol; B: %5 BA; C: %5 BA + Fındık yağ; D: %5 BA + Atık yağ; E: %5 BA + Soya yağ; F: %5 BA + Mısır yağ; G: %5 BA + Ayçiçek yağ; H: %5 BA + Kanola yağ).

3.1.9. Mantar Çürüklük Testlerine İlişkin Bulgular

Sarıçam ve kayın test (T) ve kontrol (K) örnekleri *Coniophora puteana* ve *Coriolus versicolor* mantar türleriyle 8 hafta çürüklük testine tabi tutulmuşlardır. Mantar çürüklük deneyinde kullanılan örneklerin ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyon değerleri (R, kg/m³) Tablo 51’de verilmiştir. Örneklerin yıkanma deneyi, karıştırma işlemi olmaksızın AWWA E11-97’ye göre yapılmıştır. Yıkanmamış (UL) kayın kontrol örneklerinde mantar saldırısı nedeniyle oluşan ağırlık kayıpları %30,42; yıkanmış (L) örneklerde %27,55; yıkanmamış sarıçam kontrol örneklerinde %52,39; yıkanmış sarıçam örneklerinde %56,87 olmuştur. Rutubet değerleri ise sırasıyla %42,58, %37,50; %68,61, %72,77 şeklinde bulunmuştur. Bütün varyasyonlarda kontrol örneklerindeki ağırlık kayıpları %20’nin üstünde olduğu için testin geçerliliği sağlanmıştır. Deney sonrasında test örnekleri ile bunlara ait kontrol örneklerinde mantar saldırısı ile oluşan ağırlık kayıpları ve dayanıklılık sınıflarına ait sonuçlar Tablo 52’de özetlenmiştir. Test ve kontrol örneklerinin deney sonrasındaki rutubet miktarları Ek Tablo 30’da, EN 350-1 standardına göre ağırlık kaybı değerlerini baz alan dayanıklılık sınıflarındaki kriterler (Van Acker vd., 2003) ise Ek Tablo 31’de gösterilmiştir.

Tablo 51. Sarıçam ve kayın test örneklerine ait ağırlık artışı (AAD, %) ve retensiyon değerleri (R, kg/m³)

Borlu bileşikler ve konsantrasyonu		Deneme Varyasyonları							
		Sadece bor	Fındık yağı	Atık yağı	Soya yağı	Mısır yağı	Ayç. yağı	Kanola yağı	
%5 BA	SÇ	AAD X	-	136,014	135,985	147,06	130,312	145,662	148,954
		S.s	-	11,457	7,797	5,99	4,838	12,462	9,46
	R	X	37,924	546,065	537,088	593,728	516,207	569,443	571,536
		S.s	1,347	24,05	33,71	13,503	28,676	37,333	36,781
-	SÇ	AAD X	-	144,284	131,43	142,761	130,138	140,804	138,477
		S.s	-	7,966	7,771	4,564	7,195	9,428	9,676
	R	X	-	575,048	523,725	564,76	508,015	549,602	545,689
		S.s	-	18,334	29,265	26,766	34,236	26,49	27,304
%5 BA	KA	AAD X	-	58,550	58,483	58,246	60,251	56,727	56,795
		S.s	-	4,757	7,125	3,903	2,466	7,540	5,618
	R	X	29,036	390,909	382,727	379,167	381,364	377,917	374,167
		S.s	1,291	24,271	28,492	25,480	30,667	29,730	21,933
-	KA	AAD X	-	50,204	54,459	52,021	55,549	54,890	54,466
		S.s	-	5,970	2,918	5,595	3,317	3,996	4,486
	R	X	-	344,500	365,909	354,605	377,379	370,500	368,500
		S.s	-	21,141	13,382	28,686	16,274	21,009	21,088

Tablo 52. *C. puteana* ve *C. versicolor* saldırısına maruz bırakılan sarıçam ve kayın örneklerinde meydana gelen ağırlık kayıpları (%) ve dayanıklılık sınıfları

Deneme Varyasyonları	Sarıçam Örnekleri - <i>C. puteana</i>				Kayın Örnekleri - <i>C. versicolor</i>				
	T-UL	K-UL	T-L	K-L	T-UL	K-UL	T-L	K-L	
%5 BA	X	0,59	55,88	45,98	48,80	0,51	31,40	28,49	27,60
	S.s	0,37	4,22	3,34	6,86	0,24	2,21	7,34	4,51
		Ç.D.	D.sız	D.sız	D.sız	Ç.D.	D.sız	A.D.	A.D.
%5 BA + Fındık Yağı	X	0,82	53,12	1,29	45,82	0,44	37,71	7,54	27,28
	S.s	0,42	4,24	1,0	5,44	0,29	4,96	1,75	2,29
		Ç.D.	D.sız	Ç.D.	D.sız	Ç.D.	D.sız	D.	A.D.
%5 BA + Atık yağ	X	1,28	51,99	3,20	43,62	0,88	30,78	5,33	27,48
	S.s	0,85	4,11	1,57	6,09	0,57	3,06	2,12	2,18
		Ç.D.	D.sız	Ç.D.	D.sız	Ç.D.	D.sız	Ç.D.	A.D.
%5 BA + Soya Yağı	X	1,00	53,45	2,25	35,39	0,95	30,33	10,66	27,45
	S.s	0,33	1,83	1,88	8,59	0,51	5,16	2,69	4,16
		Ç.D.	D.sız	Ç.D.	D.sız	Ç.D.	A.D.	K.D.	A.D.
%5 BA + Mısır Yağı	X	1,83	54,80	2,68	43,68	0,95	36,81	13,28	25,61
	S.s	0,65	3,75	1,33	7,98	0,55	5,72	4,34	1,87
		Ç.D.	D.sız	Ç.D.	D.sız	Ç.D.	D.sız	K.D.	A.D.
%5 BA + Ayç. Yağı	X	1,51	50,72	3,89	38,30	0,36	28,70	5,32	24,14
	S.s	0,2	2,72	0,86	6,99	0,29	3,82	1,72	6,24
		Ç.D.	D.sız	Ç.D.	D.sız	Ç.D.	A.D.	Ç.D.	A.D.
%5 BA + Kanola Yağı	X	1,72	53,43	4,05	32,71	1,34	32,81	4,67	28,95
	S.s	0,8	4,03	2,18	3,36	0,63	3,7	2,91	4,51
		Ç.D.	D.sız	Ç.D.	D.sız	Ç.D.	D.sız	Ç.D.	A.D.
Fındık Yağı	X	12,90	52,92	14,54	47,64	7,28	34,51	13,48	28,08
	S.s	1,96	3,03	2,52	8,74	2,89	6,1	4,29	0,9
		K.D.	D.sız	K.D.	D.sız	D.	D.sız	K.D.	A.D.
Atık Yağ	X	7,15	52,55	12,54	46,60	8,46	34,78	10,39	24,33
	S.s	1,14	3,41	4,47	7,57	1,03	4,02	1,87	6,62
		D.	D.sız	K.D.	D.sız	D.	D.sız	D.	A.D.
Soya Yağı	X	11,68	55,90	11,53	54,65	14,02	30,36	20,12	28,20
	S.s	2,83	4,02	2,3	4,22	2,02	4,38	1,44	3,44
		K.D.	D.sız	K.D.	D.sız	K.D.	A.D.	A.D.	A.D.
Mısır Yağı	X	10,0	51,82	12,56	44,64	10,82	32,67	16,77	26,84
	S.s	1,43	3,45	2,5	7,63	2,81	4,46	1,94	3,66
		D.	D.sız	K.D.	D.sız	K.D.	D.sız	A.D.	A.D.
Ayçiçek Yağı	X	7,08	51,53	9,567	46,09	14,19	33,89	14,93	30,45
	S.s	2,99	3,69	1,70	4,64	2,07	5,94	2,77	3,67
		D.	D.sız	D.	D.sız	K.D.	D.sız	K.D.	A.D.
Kanola Yağı	X	11,43	54,41	15,57	42,35	9,74	32,95	14,31	26,63
	S.s	2,83	3,62	4,48	8,37	3,24	3,34	5,62	4,77
		K.D.	D.sız	A.D.	D.sız	D.	D.sız	K.D.	A.D.

3.2. İkinci Bölümde Yapılan Çalışmalara İlişkin Bulgular

3.2.1. Yağ/Su ve Su/Yağ Emülsiyonları ile Emprenye Edilen Örneklerin Absorpsiyon ve Retensiyon Değerlerine İlişkin Bulgular

Bu bölümde gerçekleştirilen çalışmalarda 25 x 15 x 50 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutundaki sarıçam örnekleri kullanılmıştır. Örneklerin 1/4 ve 2/3 oranlarında yağ/su ve su/yağ emülsiyonlarıyla emprenye sonrasındaki absorpsiyon (A, kg/m³) ve retensiyonlarına (R, kg/m³) ait aritmetik ortalama (X) ve standart sapma (S.s) değerleri karşılaştırmalı olarak Tablo 53’de özetlenmiştir.

Tablo 53. Yağ/su ve su/yağ emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerine ait retensiyon (R, kg/m³) ve absorpsiyon değerleri (A, kg/m³)

Varyasyonlar		SDS*		KC**	
		R	A	R	A
%3 BA + 1/4 (Atık yağ /Su)	X	23,217	603,111	51,328	234,210
	S.s	2,076	11,416	2,827	11,168
%3 BA + 2/3 (Atık yağ/Su)	X	88,231	503,162	60,247	263,787
	S.s	6,532	11,093	6,725	7,051
%3 BA + 1/4 (Ayçiçek yağ/Su)	X	32,242	640,444	55,523	235,413
	S.s	4,114	10,937	17,552	9,634
%3 BA + 2/3 (Ayçiçek yağ/Su)	X	57,065	616,640	58,904	187,911
	S.s	5,163	10,116	5,188	7,341
%3 BA + 1/4 (Su/Atık Yağ) - 20°C	X	-	-	346,642	379,400
	S.s	-	-	4,545	11,908
%3 BA + 2/3 (Su/Atık Yağ) - 20°C	X	-	-	244,990	462,133
	S.s	-	-	24,325	28,578
%3 BA + 1/4 (Su/Atık Yağ) - 100°C	X	-	-	351,200	407,644
	S.s	-	-	34,318	29,466
%3 BA + 2/3 (Su/Atık Yağ) - 100°C	X	-	-	273,244	487,111
	S.s	-	-	57,818	4,038
			R		A
%3 BA	X		16,742		-
	S.s		0,489		-
Atık yağ - 20°C	X		455,45		488,640
	S.s		15,364		19,080
Ayçiçek yağ - 20°C	X		472,364		483,947
	S.s		15,247		20,962
Atık yağ - 100°C	X		500,124		536,458
	S.s		24,568		13,581
Ayçiçek yağ - 100°C	X		510,365		520,194
	S.s		21,364		24,578

*SDS: Sodyum dodesil sülfat, **KC: Kollicoat-IR

3.2.2. Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik Değerlerine İlişkin Bulgular

Örneklerin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı (%) ve su itici etkinlik değerleri (%) standart sapmalarıyla birlikte sırasıyla Tablo 54 ve Tablo 55’de gösterilmiştir.

Tablo 54. Emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı değerleri (%)

Varyasyonlar		SAO- Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	168 sa	216 sa	264 sa	336 sa
%3 BA	X	41,456	54,837	64,165	71,559	85,993	92,724	91,265	114,48
	S.s	3,254	2,970	2,382	1,648	1,428	1,685	4,899	1,433
%3 BA + 1/4 (Atık yağ /Su) SDS	X	24,465	36,775	48,529	58,618	60,879	63,267	64,167	68,533
	S.s	2,369	2,014	2,283	3,773	2,242	2,327	2,329	2,419
%3 BA + 2/3 (Atık yağ/Su) SDS	X	30,769	39,730	52,124	61,487	65,321	67,627	68,711	73,811
	S.s	5,482	1,600	1,260	2,041	2,264	2,440	2,508	2,976
%3 BA + 1/4 (Ayçiçek yağ/Su) SDS	X	23,352	36,725	51,604	59,520	65,144	68,262	69,973	71,014
	S.s	2,347	4,918	6,585	5,747	7,374	8,230	8,517	10,163
%3 BA + 2/3 (Ayçiçek yağ/Su) SDS	X	31,852	42,796	55,410	64,351	70,281	73,503	75,477	82,044
	S.s	4,127	2,309	2,866	2,701	2,675	2,558	2,501	2,792
%3 BA + 1/4 (Atık yağ /Su) KC	X	26,436	37,632	48,844	59,590	69,084	72,475	76,649	84,819
	S.s	1,457	1,776	1,920	2,617	3,497	3,216	3,262	3,684
%3 BA + 2/3 (Atık yağ/Su) KC	X	28,496	39,852	51,474	63,330	72,296	76,380	80,887	89,301
	S.s	2,214	1,920	2,560	3,044	3,353	3,530	3,655	3,893
%3 BA + 1/4 (Ayçiçek yağ/Su) KC	X	29,332	41,463	52,224	62,350	69,837	73,761	77,415	84,284
	S.s	2,459	2,101	2,201	2,172	1,783	1,670	1,459	0,567
%3 BA + 2/3 (Ayçiçek yağ/Su) KC	X	22,031	31,444	40,958	48,790	54,821	57,504	60,059	65,353
	S.s	2,487	0,560	0,611	0,996	1,509	1,747	2,038	2,482
%3 BA + 1/4 (Su/Atık Yağ)	X	7,594	12,677	19,398	23,841	26,774	28,601	29,771	31,132
	S.s	0,412	1,188	1,688	0,693	0,754	0,793	0,768	0,819
%3 BA + 2/3 (Su/Atık Yağ)	X	14,714	22,081	31,264	37,603	41,650	44,222	46,063	48,342
	S.s	1,934	2,571	2,110	2,737	3,446	3,884	4,250	4,890
%3 BA + 1/4 (Su/Atık Yağ) - 100°C	X	3,614	5,961	9,704	15,659	18,678	19,901	20,716	21,682
	S.s	0,824	1,660	2,341	3,142	2,228	1,903	1,735	1,660
%3 BA + 2/3 (Su/Atık Yağ) - 100°C	X	14,689	24,005	27,622	35,322	43,998	46,860	49,094	52,156
	S.s	2,761	6,420	1,066	0,855	5,629	6,021	6,293	6,801
Atık yağ	X	5,406	5,917	7,171	10,756	15,614	18,214	19,796	24,101
	S.s	0,520	0,621	0,678	1,503	2,204	2,294	2,307	1,661
Ayçiçek yağ	X	4,637	5,896	7,378	10,723	15,396	17,971	19,984	22,936
	S.s	0,612	0,647	0,880	1,289	1,487	1,700	1,598	1,974
Atık yağ -100°C	X	2,987	3,945	4,883	7,974	11,411	13,945	16,241	17,523
	S.s	0,401	0,421	1,121	1,831	1,204	1,699	1,899	3,387
Ayçiçek yağ - 100°C	X	2,699	3,941	5,011	8,301	11,597	13,913	15,211	17,864
	S.s	0,280	0,521	0,801	1,867	1,945	2,043	1,901	1,878
Kontrol	X	44,987	58,004	60,967	67,998	80,679	87,863	96,046	109,18
	S.s	2,472	2,922	3,835	2,980	2,487	2,804	3,343	4,528

Tablo 55. Emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su itici etkinlik değerleri (%)

Varyasyonlar		SİE- Suda Bekletme Süreleri (saat)							
		6 sa	24 sa	48 sa	96 sa	168 sa	216 sa	264 sa	336 sa
%3 BA + 1/4 (Atık yağ /Su) SDS	X	45,618	36,595	20,444	15,949	24,534	27,991	33,159	37,126
	S.s	3,612	3,472	3,743	3,189	2,780	2,649	2,426	2,220
%3 BA + 2/3 (Atık yağ/Su) SDS	X	36,050	31,500	14,550	9,578	19,027	23,028	28,426	32,283
	S.s	2,036	2,758	2,066	3,002	2,806	2,777	2,612	2,730
%3 BA + 1/4 (Ayçiçek yağ/Su) SDS	X	48,092	36,680	22,301	17,914	21,483	27,943	27,112	34,850
	S.s	5,269	8,480	7,375	5,601	8,835	7,478	8,872	9,324
%3 BA + 2/3 (Ayçiçek yağ/Su) SDS	X	29,197	26,213	10,510	6,611	14,004	16,340	21,378	24,731
	S.s	3,612	3,981	4,164	3,275	2,492	2,911	2,605	2,562
%3 BA + 1/4 (Atık yağ /Su) KC	X	41,236	35,118	19,928	13,626	15,767	17,511	20,157	22,184
	S.s	2,347	3,063	3,147	3,030	3,450	3,660	3,398	3,380
%3 BA + 2/3 (Atık yağ/Su) KC	X	36,657	31,290	15,616	11,688	10,381	13,066	15,743	18,072
	S.s	3,012	3,311	4,197	0,806	4,156	4,018	3,807	3,572
%3 BA + 1/4 (Ayçiçek yağ/Su) KC	X	34,799	28,512	14,387	8,310	13,428	16,047	19,360	22,675
	S.s	3,761	3,623	3,608	3,194	2,210	1,901	1,520	0,520
%3 BA + 2/3 (Ayçiçek yağ/Su) KC	X	51,028	45,786	32,856	28,249	32,043	34,550	37,438	40,043
	S.s	2,479	0,965	1,001	1,465	1,870	1,988	2,123	2,277
%3 BA + 1/4 (Su/Atık Yağ)	X	83,120	78,144	68,200	64,939	66,946	67,499	68,989	71,438
	S.s	2,403	2,048	2,767	1,020	0,931	0,901	0,800	0,751
%3 BA + 2/3 (Su/Atık Yağ)	X	67,293	61,930	48,748	46,516	48,581	49,748	52,017	55,650
	S.s	3,407	4,434	3,459	2,127	4,255	4,413	4,427	4,487
%3 BA + 1/4 (Su/Atık Yağ) - 100°C	X	91,967	89,723	84,092	76,972	76,941	77,385	78,420	80,109
	S.s	2,471	2,862	3,838	4,620	2,751	2,162	1,807	1,523
%3 BA + 2/3 (Su/Atık Yağ) - 100°C	X	67,348	64,933	54,719	48,056	45,682	46,750	48,861	52,150
	S.s	2,569	2,298	1,747	1,258	6,949	6,842	6,556	6,240
Atık yağ	X	87,983	89,799	88,238	84,182	80,647	79,270	79,389	77,925
	S.s	0,823	0,842	1,211	1,982	2,654	2,398	2,241	1,455
Ayçiçek yağ	X	89,693	89,835	87,898	84,230	80,917	79,547	79,193	78,992
	S.s	3,581	3,678	4,587	6,879	4,587	1,254	1,471	2,458
Atık yağ - 100°C	X	93,360	93,199	91,991	88,273	85,856	84,129	83,090	83,950
	S.s	2,698	2,415	3,014	6,789	6,123	5,874	6,301	6,478
Ayçiçek yağ - 100°C	X	94,000	93,206	91,781	87,792	85,626	84,165	84,163	83,638
	S.s	4,587	5,067	6,784	1,258	7,452	4,120	1,023	3,471

3.2.3. Bor Analizine İlişkin Bulgular

Yıkanmış ve yıkanmamış örneklerdeki borik asit retensiyon değerleri (BAE, kg/m³) ile, yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı değerleri (%) Tablo 56'da özetlenmiştir.

Tablo 56. Yağ/su ve su/yağ emülsiyonları ile emprenye edilen sarıçam örneklerindeki retensiyon değerleri (BAE, kg/m³) ve yıkanma deneyi sonrasında kalan (%) BA miktarı değerleri

Varyasyonlar	Yıkanmamış Ret. (BAE, kg/m ³)		Yıkanmış Ret. (BAE, kg/m ³)		Odunda kalan BA (%)	
	SDS	KC	SDS	KC	SDS	KC
%3 BA + 1/4 (Atık yağ /Su)	11,675	9,585	0,530	1,425	4,526	14,863
%3 BA + 2/3 (Atık yağ/Su)	13,006	8,508	1,257	0,998	9,663	11,736
%3 BA + 1/4 (Ayçiçek yağ/Su)	10,590	9,457	0,947	0,913	8,942	9,657
%3 BA + 2/3 (Ayçiçek yağ/Su)	11,956	9,428	0,782	0,682	6,539	7,237
%3 BA + 1/4 (Su/Atık Yağ) - 20°C	-	5,144	-	1,795	-	34,904
%3 BA + 2/3 (Su/Atık Yağ) - 20°C	-	7,141	-	1,808	-	25,319
%3 BA + 1/4 (Su/Atık Yağ) - 100°C	-	5,899	-	1,339	-	22,698
%3 BA + 2/3 (Su/Atık Yağ) - 100°C	-	6,877	-	1,017	-	14,751
%3 BA	16,742		0,99		5,933	

3.3. Üçüncü Bölümde Yapılan Çalışmalara İlişkin Bulgular

3.3.1. Emprenye Edilen Örneklerin Ağırlık Artışı ve Retensiyon Değerlerine İlişkin Bulgular

Bu bölümde gerçekleştirilen çalışmalarda 20 x 20 x 30 mm ve 20 x 20 x 20 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutundaki sarıçam ve kayın odunu örnekleri kullanılmıştır. Enine kesiti (EK) epoksi reçine ile kaplanmış/kaplanmamış sarıçam ve kayın örneklerine ait retensiyon (R, kg/m³) ve yüzde ağırlık artışı (AAD, %) değerleri Tablo 57 ve Tablo 58'de gösterilmektedir.

Tablo 57. Enine kesiti kapatılmış ve kapatılmamış sarıçam örneklerinin yağ ile empenyesi sonrasındaki retensiyon (R, kg/m³) ve ağırlık artışı değerleri (AAD, %)

Deneme Varyasyonları	BA-Ret. (kg/m ³)	Yağ - AAD (%)		Yağ - Retensiyon (kg/m ³)		
		EK kapatılmış	EK kapatılmamış	EK kapatılmış	EK kapatılmamış	
%0,5 BA	X	3,248	-	-	-	
	S.s	0,109	-	-	-	
%1 BA	X	6,281	-	-	-	
	S.s	0,318	-	-	-	
%1,5 BA	X	9,444	-	-	-	
	S.s	0,628	-	-	-	
%2 BA	X	13,341	-	-	-	
	S.s	0,818	-	-	-	
Atık Yağ	X	-	79,922	139,542	471,637	
	S.s	-	7,785	6,694	34,716	
Ayçiçek Yağ	X	-	83,760	142,502	476,819	
	S.s	-	9,075	7,232	33,946	
Atık Yağ	%0,5 BA	X	3,281	89,270	112,129	510,127
		S.s	0,547	3,424	14,899	9,106
	%1 BA	X	6,429	84,973	115,968	485,601
		S.s	0,619	7,927	12,497	25,279
	%1,5 BA	X	9,325	82,271	126,943	489,142
		S.s	0,448	7,303	17,200	30,814
%2 BA	X	13,105	78,744	130,544	476,701	
	S.s	0,105	10,610	20,118	28,098	
Ayçiçek Yağ	%0,5 BA	X	3,281	88,210	134,708	501,521
		S.s	0,818	6,526	8,875	23,162
	%1 BA	X	6,481	90,421	132,523	505,587
		S.s	0,525	5,476	16,241	14,172
	%1,5 BA	X	9,106	83,165	130,869	496,083
		S.s	0,825	5,171	15,913	29,666
%2 BA	X	12,681	98,624	132,902	498,149	
	S.s	0,727	10,382	13,300	15,201	

Tablo 58. Enine kesiti kapatılmış ve kapatılmamış kayın örneklerinin yağ ile empenyesi sonrasındaki retensiyon (R, kg/m³) ve ağırlık artışı değerleri (AAD, %)

Deneme Varyasyonları	BA-Ret. (kg/m ³)	Yağ - AAD (%)		Yağ - Retensiyon (kg/m ³)		
		EK kapatılmış	EK kapatılmamış	EK kapatılmış	EK kapatılmamış	
%0,5 BA	X	2,628	-	-	-	
	S.s	0,187	-	-	-	
%1 BA	X	5,221	-	-	-	
	S.s	0,677	-	-	-	
%1,5 BA	X	8,102	-	-	-	
	S.s	0,250	-	-	-	
%2 BA	X	10,405	-	-	-	
	S.s	0,207	-	-	-	
Atık Yağ	X	-	28,236	69,498	192,829	
	S.s	-	2,852	5,015	21,077	
Ayçiçek Yağ	X	-	26,271	65,364	197,262	
	S.s	-	5,267	5,673	30,708	
Atık Yağ	%0,5 BA	X	2,686	20,528	62,853	144,210
		S.s	0,115	3,127	7,400	8,554
	%1 BA	X	5,896	24,610	58,530	148,387
		S.s	0,368	5,066	4,718	15,670
	%1,5 BA	X	7,891	20,795	60,316	141,129
		S.s	0,384	3,019	5,623	19,402
%2 BA	X	10,501	18,460	58,447	135,484	
	S.s	0,285	2,030	5,107	6,089	
Ayçiçek Yağ	%0,5 BA	X	2,714	21,217	61,294	154,354
		S.s	0,162	3,841	4,448	22,489
	%1 BA	X	5,261	20,631	61,089	148,594
		S.s	0,801	3,845	6,113	25,711
	%1,5 BA	X	8,208	20,896	62,585	142,394
		S.s	0,548	6,215	5,957	24,981
%2 BA	X	10,851	20,005	59,190	140,881	
	S.s	0,843	4,807	6,147	25,836	

3.3.2. Denge Rutubet Miktarı, Tam Kuru ve Denge Rutubet Miktarındaki Yoğunluk Değerlerine İlişkin Bulgular

Epoksi reçine ile enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış odun örneklerinin yağ ile empenye sonrasındaki ortalama denge rutubet miktarı (DRM, %), tam kuru (δ_0 , g/cm³) ve denge rutubet miktarındaki yoğunluk (δ_{drm} , g/cm³) değerleri, standart sapmalarıyla birlikte Tablo 59 ve 60'da sarıçam ve kayın için özetlenmiştir.

Tablo 59. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli sarıçam örneklerine ait denge rutubet miktarı (DRM, %), tam kuru (δ_0 , g/cm³) ve denge rutubet miktarındaki yoğunluk (δ_{drm} , g/cm³) değerleri

Deneme Varyasyonları	DRM		δ_0		δ_{drm}				
	EKK*	EKKY**	EKK	EKKY	EKK	EKKY			
%0,5 BA	X	8,721	10,627	0,514	0,445	0,542	0,475		
	S.s	0,285	0,109	0,010	0,012	0,017	0,002		
%1 BA	X	8,872	10,915	0,491	0,455	0,512	0,482		
	S.s	0,196	0,126	0,013	0,023	0,014	0,028		
%1,5 BA	X	8,616	10,958	0,481	0,440	0,512	0,469		
	S.s	0,272	0,203	0,024	0,003	0,024	0,008		
%2 BA	X	8,365	10,905	0,522	0,448	0,555	0,483		
	S.s	0,554	0,095	0,016	0,002	0,014	0,009		
Atık Yağ	X	4,088	6,294	0,925	0,964	0,972	0,994		
	S.s	0,782	1,150	0,087	0,027	0,017	0,013		
Ayçiçek Yağ	X	4,125	5,371	0,881	0,967	0,953	1,000		
	S.s	1,436	1,295	0,022	0,070	0,014	0,013		
Atık Yağ	%0,5	X	5,249	6,471	0,899	0,966	0,954	1,003	
		BA S.s	1,358	3,040	0,130	0,023	0,113	0,046	
	%1	X	6,528	8,519	0,929	0,930	0,962	0,965	
		BA S.s	1,905	1,538	0,032	0,016	0,044	0,021	
	%1,5	X	7,833	8,523	0,834	0,956	0,930	0,987	
		BA S.s	0,632	0,585	0,016	0,022	0,019	0,025	
	%2	X	8,065	8,559	0,838	0,945	0,886	0,967	
		BA S.s	2,503	0,429	0,066	0,007	0,071	0,024	
	Ayçiçek Yağ	%0,5	X	5,703	6,736	0,927	0,944	0,971	0,970
			BA S.s	0,820	0,898	0,096	0,035	0,073	0,027
%1		X	5,142	8,753	0,939	0,946	0,989	0,976	
		BA S.s	0,397	0,523	0,020	0,041	0,018	0,002	
%1,5		X	5,302	5,544	0,978	0,990	1,025	1,012	
		BA S.s	2,517	0,936	0,027	0,010	0,010	0,018	
%2		X	5,363	5,618	0,933	0,958	0,956	0,984	
		BA S.s	0,900	0,810	0,027	0,033	0,026	0,026	
Kontrol		X	8,903	10,039	0,465	0,462	0,478	0,492	
		S.s	1,991	0,444	0,012	0,027	0,015	0,025	

*EKK: Enine kesitleri kapatılmış örnekler, **EKKY: Enine kesitleri kapatılmamış örnekler

Tablo 60. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli kayın örneklerine ait denge rutubet miktarı (DRM, %), tam kuru (δ_0 , g/cm³) ve denge rutubet miktarındaki yoğunluk (δ_{drm} , g/cm³) değerleri

Deneme Varyasyonları	DRM		δ_0		δ_{drm}				
	EKK	EKKY	EKK	EKKY	EKK	EKKY			
%0,5 BA	X	8,993	10,982	0,702	0,669	0,745	0,707		
	S.s	0,11	0,11	0,035	0,050	0,017	0,056		
%1 BA	X	9,028	11,278	0,688	0,682	0,751	0,726		
	S.s	0,186	0,091	0,02	0,032	0,027	0,012		
%1,5 BA	X	9,412	11,342	0,695	0,663	0,746	0,726		
	S.s	0,193	0,179	0,018	0,013	0,024	0,024		
%2 BA	X	9,31	12,107	0,707	0,689	0,772	0,716		
	S.s	0,143	2,131	0,004	0,027	0,049	0,03		
Atık Yağ	X	5,125	6,436	0,828	1,076	0,871	1,164		
	S.s	0,929	0,379	0,026	0,026	0,007	0,031		
Ayçiçek Yağ	X	5,781	7,087	0,957	1,041	1,001	1,138		
	S.s	0,256	0,622	0,032	0,045	0,024	0,031		
Atık Yağ	%0,5	X	6,456	7,065	0,778	0,999	0,826	1,055	
		BA S.s	1,01	0,264	0,033	0,003	0,035	0,029	
	%1	X	5,409	6,658	0,799	1,004	0,849	1,043	
		BA S.s	1,078	0,176	0,023	0,036	0,028	0,026	
	%1,5	X	6,409	6,811	0,797	1,025	0,828	1,075	
		BA S.s	0,222	0,448	0,016	0,018	0,015	0,025	
	%2	X	6,835	6,753	0,792	0,971	0,829	0,996	
		BA S.s	0,219	0,154	0,024	0,008	0,008	0,004	
	Ayçiçek Yağ	%0,5	X	7,127	6,756	0,858	0,975	0,897	1,009
			BA S.s	0,513	0,49	0,011	0,024	0,007	0,049
%1		X	6,066	7,028	0,868	0,95	0,9	0,987	
		BA S.s	0,321	0,414	0,022	0,012	0,022	0,038	
%1,5		X	6,713	6,31	0,943	1,031	1,022	1,056	
		BA S.s	0,35	0,73	0,078	0,008	0,014	0,009	
%2		X	7,054	8,61	0,899	0,99	0,931	1,015	
		BA S.s	0,106	1,11	0,006	0,024	0,003	0,01	
Kontrol		X	9,65	10,728	0,706	0,67	0,747	0,693	
		S.s	0,291	0,13	0,002	0,016	0,035	0,017	

3.3.3. Su Alma Oranı, Su İtici Etkinlik ve Daralmayı Önleyici Etkinlik Değerlerine İlişkin Bulgular

Su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerinin hesaplanmasında 20 x 20 x 20 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutundaki örnekler kullanılmış olup, bu örneklerin ortalama su alma oranları (%) ile su itici etkinlik (%) değerleri Tablo 61-64'de sarıçam için, Tablo 65-68'de kayın odunu için özetlenmiştir. Örneklerin daralmayı önleyici etkinlik değerleri (%) ise Ek Tablo 48-51'de gösterilmiştir.

Tablo 61. Enine kesiti kapatılmamış emprenyeli sarıçam örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı değerleri (%)

Deneme	Varyasyonları	SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)									
		2 sa	4 sa	8 sa	24 sa	48 sa	72 sa	96 sa	168 sa	336 sa	
%0,5 BA	X	62,659	64,449	65,970	70,934	79,064	83,116	88,668	107,764	118,678	
	S.s	1,875	2,296	1,276	2,593	1,265	2,886	2,873	2,228	3,963	
%1 BA	X	61,288	63,572	63,242	67,988	74,827	79,445	83,562	103,838	116,663	
	S.s	1,691	2,651	2,064	2,416	2,881	3,892	4,456	1,892	3,920	
%1,5 BA	X	58,563	59,860	62,485	69,290	77,988	82,231	89,064	107,973	125,869	
	S.s	1,866	2,891	3,766	2,367	2,109	2,837	2,170	1,693	1,898	
%2 BA	X	58,751	60,026	61,464	69,990	76,363	83,197	88,596	103,472	124,486	
	S.s	1,458	2,472	2,402	1,779	2,106	2,092	2,361	2,607	2,540	
Atık Yağ	X	2,946	3,872	4,663	7,959	11,368	13,937	16,145	17,516	21,325	
	S.s	0,359	0,380	1,002	1,766	1,161	1,688	1,939	3,415	2,646	
Ayçiçek Yağ	X	2,718	3,934	5,009	8,144	11,587	13,907	15,168	17,847	20,079	
	S.s	0,276	0,515	0,777	1,510	1,970	2,042	1,878	1,843	2,240	
Atık Yağ	%0,5 BA	X	2,628	3,792	4,293	6,499	9,126	11,520	13,099	15,442	17,028
		S.s	0,349	0,492	0,383	0,647	1,004	1,264	1,563	1,744	1,692
	%1 BA	X	3,394	4,124	5,625	7,846	10,788	12,382	12,418	15,322	17,780
		S.s	0,959	1,132	1,564	2,497	3,487	4,032	3,417	3,994	4,286
	%1,5 BA	X	2,097	2,900	3,474	5,654	7,469	9,919	10,928	12,641	15,544
		S.s	0,479	0,571	0,674	0,717	0,771	1,736	1,956	1,319	1,863
	%2 BA	X	3,415	4,057	5,000	8,395	12,416	14,743	16,567	18,714	22,240
		S.s	0,431	1,921	0,517	1,071	1,708	2,098	2,160	2,091	2,249
Ayçiçek Yağ	%0,5 BA	X	4,616	5,216	5,731	8,360	11,447	14,135	16,345	18,630	19,680
		S.s	0,701	0,609	0,616	0,827	1,110	1,386	1,663	1,793	1,647
	%1 BA	X	4,824	6,400	6,557	9,969	13,629	17,285	19,353	20,875	21,074
		S.s	1,643	2,206	1,971	3,554	4,374	5,256	5,707	5,845	5,781
	%1,5 BA	X	2,192	2,876	3,476	5,319	7,096	8,008	9,544	11,534	13,723
		S.s	0,276	0,374	0,258	0,727	0,614	0,696	0,860	1,054	1,215
	%2 BA	X	3,860	4,339	5,063	8,158	11,329	13,378	15,073	17,275	19,476
		S.s	0,470	0,516	0,574	0,912	0,773	1,245	1,393	1,480	1,652
Kontrol	X	66,871	69,445	70,964	76,041	85,424	94,860	103,37	113,909	130,832	
	S.s	4,419	4,592	4,515	4,329	6,293	5,617	5,340	7,291	6,185	

Tablo 62. Enine kesiti kapatılmamış emprenyeli sarıçam örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su itici etkinlik değerleri (%)

Deneme	Varyasyonları	SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)									
		2 sa	4 sa	8 sa	24 sa	48 sa	72 sa	96 sa	168 sa	336 sa	
Atık Yağ	X	95,595	94,424	93,429	89,534	86,691	85,308	84,623	84,381	83,700	
	S.s	0,537	0,548	1,412	2,323	1,359	1,780	2,998	1,876	2,022	
Ayçiçek Yağ	X	95,935	94,334	92,941	89,289	86,435	85,340	85,327	84,653	84,332	
	S.s	0,412	0,742	1,095	1,986	2,306	2,153	1,816	1,712	1,618	
Atık Yağ	%0,5 BA	X	96,070	94,539	93,950	91,453	89,316	87,856	87,328	86,985	86,444
		S.s	0,522	0,709	0,540	0,851	1,175	1,333	1,512	1,293	1,531
	%1 BA	X	94,924	94,061	92,073	89,682	87,986	87,371	86,947	86,549	86,410
		S.s	1,434	1,630	2,204	3,283	3,306	4,082	4,251	3,507	3,276
	%1,5 BA	X	96,863	95,824	95,104	92,564	91,256	89,544	89,429	88,903	88,119
		S.s	0,716	0,822	0,950	0,943	0,903	1,830	1,892	1,158	1,424
	%2 BA	X	94,893	94,158	92,954	88,960	85,464	84,459	83,973	83,572	83,001
		S.s	0,645	2,767	0,728	1,409	1,999	2,212	2,089	1,835	1,719

Tablo 62'nin devamı

Deneme		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)								
Varyasyonları		2 sa	4 sa	8 sa	24 sa	48 sa	72 sa	96 sa	168 sa	336 sa
Ayçiçek Yağ	%0,5 X	93,097	92,489	91,924	89,005	86,599	85,099	84,957	84,187	83,645
	BA S.s	1,049	0,877	0,868	1,088	1,300	1,461	1,259	1,609	1,574
	%1 X	92,786	90,784	90,759	86,890	84,044	84,044	81,779	81,499	81,278
	BA S.s	2,457	3,177	2,778	4,674	5,120	4,468	5,541	5,075	5,521
	%1,5 X	96,722	95,858	95,102	93,005	91,692	91,558	90,767	89,875	89,511
	BA S.s	0,413	0,539	0,364	0,957	0,719	0,734	0,832	0,926	0,929
	%2 X	94,228	93,752	92,865	89,271	86,737	85,897	85,419	85,113	84,835
	BA S.s	0,703	0,743	0,809	1,200	0,905	1,313	1,348	1,263	1,299

Tablo 63. Enine kesiti kapatılmış emprenyeli sarıçam örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı değerleri (%)

Deneme		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)								
Varyasyonları		2 sa	4 sa	8 sa	24 sa	48 sa	72 sa	96 sa	168 sa	336 sa
%0,5 BA	X	12,576	17,956	20,810	27,638	33,290	37,375	36,978	48,943	56,434
	S.s	1,699	0,975	1,238	1,235	0,881	2,368	2,669	2,319	2,588
%1 BA	X	8,865	15,055	18,390	24,998	29,880	30,557	37,071	39,148	52,675
	S.s	2,225	1,638	1,691	1,680	1,628	0,887	2,148	3,658	3,694
%1,5 BA	X	8,339	10,337	12,870	19,237	26,105	32,967	38,698	45,519	56,050
	S.s	0,612	0,744	0,866	1,203	1,318	1,632	1,679	2,144	1,535
%2 BA	X	7,682	9,906	11,520	17,255	25,056	31,360	36,496	41,468	53,954
	S.s	0,939	1,185	1,216	1,595	1,402	1,990	1,989	3,009	3,373
Atık Yağ	X	1,474	2,976	2,842	4,883	6,878	8,978	9,769	13,137	18,560
	S.s	0,232	0,346	0,537	0,594	0,974	1,135	1,421	1,962	2,553
Ayçiçek Yağ	X	0,104	0,052	0,346	2,006	3,795	4,361	5,389	7,198	10,326
	S.s	0,954	1,143	1,121	1,200	1,281	1,340	1,998	1,453	1,478
Atık Yağ	%0,5 X	0,348	0,761	1,070	2,727	4,437	5,799	6,694	9,383	13,328
	BA S.s	0,198	0,507	0,574	1,106	1,371	1,423	1,584	2,072	2,769
	%1 X	0,410	1,036	1,514	2,927	4,755	5,412	5,805	7,776	10,338
	BA S.s	2,862	0,787	0,267	0,659	0,868	1,212	0,513	1,385	1,196
	%1,5 X	1,510	1,628	1,750	3,460	5,176	6,365	6,884	8,592	10,954
	BA S.s	0,463	0,486	0,546	0,788	1,082	1,556	1,290	1,514	1,348
	%2 X	1,026	1,160	1,785	3,390	5,407	5,908	6,637	8,445	10,705
	BA S.s	0,455	0,560	0,632	0,681	1,095	1,259	1,178	1,227	1,005
Ayçiçek Yağ	%0,5 X	0,997	1,321	1,739	2,996	4,410	4,788	5,501	7,217	9,377
	BA S.s	0,201	0,218	0,201	0,320	0,471	0,596	0,682	0,931	1,280
	%1 X	1,062	1,242	1,569	3,039	3,869	4,733	5,826	7,134	9,534
	BA S.s	0,370	0,475	0,411	0,466	0,502	0,570	0,529	1,168	0,712
	%1,5 X	0,743	1,217	1,620	2,942	4,089	5,008	5,952	7,404	10,077
	BA S.s	0,360	0,379	0,363	0,516	0,602	0,739	0,806	0,957	1,449
	%2 X	0,895	2,256	2,767	3,093	4,754	6,053	7,100	9,601	13,163
	BA S.s	0,583	4,206	4,137	0,750	0,870	1,086	1,114	1,281	1,488
Kontrol	X	17,041	21,295	25,091	33,164	37,890	44,267	46,258	56,175	63,909
	S.s	3,435	2,782	3,878	4,613	3,754	4,079	3,843	4,687	4,116

Tablo 64. Enine kesiti kapatılmış emprenyeli sarıçam örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su itici etkinlik değerleri (%)

Deneme		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)									
Varyasyonları		2 sa	4 sa	8 sa	24 sa	48 sa	72 sa	96 sa	168 sa	336 sa	
Atık Yağ	X	91,348	86,029	88,674	85,273	81,848	79,720	78,883	76,612	70,959	
	S.s	1,362	1,625	2,139	1,791	2,571	2,565	3,072	3,493	3,995	
Ayçiçek Yağ	X	99,391	99,757	98,622	93,952	89,985	90,149	88,352	87,185	83,844	
	S.s	5,599	5,368	4,467	3,619	3,381	3,027	4,320	2,586	2,313	
Atık Yağ	%0,5	X	97,957	96,428	95,736	91,776	88,289	86,901	85,529	83,296	79,145
	BA	S.s	1,160	2,378	2,289	3,336	3,617	3,214	3,423	3,690	4,332
	%1	X	93,919	98,073	93,968	91,172	87,774	87,449	87,451	86,156	83,824
	BA	S.s	4,621	13,436	1,064	1,988	2,737	2,291	1,109	2,465	1,871
	%1,5	X	91,141	92,358	93,025	89,567	86,339	85,623	85,120	84,703	82,861
	BA	S.s	2,715	2,282	2,177	2,377	2,857	3,514	2,790	2,696	2,109
	%2	X	94,552	93,981	92,887	89,778	86,655	85,730	85,654	84,966	83,249
	BA	S.s	2,629	2,670	2,518	2,055	2,843	2,891	2,546	2,184	1,572
	%0,5	X	94,147	93,797	93,068	90,964	89,185	88,361	88,109	87,151	85,328
	BA	S.s	1,179	1,022	0,802	0,964	1,346	1,243	1,474	1,658	2,003
Ayçiçek Yağ	%1	X	94,170	93,769	93,746	90,835	89,790	89,309	87,405	87,300	85,082
	BA	S.s	2,231	2,169	1,638	1,407	1,325	1,287	1,143	2,079	1,114
	%1,5	X	95,641	94,285	93,545	91,129	89,207	88,688	87,133	86,819	84,233
	BA	S.s	2,114	1,779	1,447	1,556	1,589	1,670	1,742	1,704	2,267
	%2	X	95,060	94,745	93,679	90,674	87,453	86,326	84,653	82,907	79,404
	BA	S.s	2,730	3,419	2,543	2,263	2,296	2,453	2,409	2,280	2,328

Tablo 65. Enine kesiti kapatılmamış emprenyeli kayın örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı değerleri (%)

Deneme		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)									
Varyasyonları		2 sa	4 sa	8 sa	24 sa	48 sa	72 sa	96 sa	168 sa	336 sa	
%0,5 BA	X	26,812	34,328	42,966	54,219	59,214	59,976	60,275	71,511	78,657	
	S.s	2,532	2,862	1,460	2,869	1,729	1,894	1,856	1,190	2,522	
%1 BA	X	27,610	34,070	53,162	57,710	58,147	58,748	60,865	70,673	78,671	
	S.s	0,928	0,973	1,621	0,579	1,932	1,511	1,762	1,522	2,136	
%1,5 BA	X	28,759	34,578	44,297	56,153	58,743	59,617	60,342	69,610	76,174	
	S.s	1,480	1,229	1,060	2,723	2,887	2,785	1,723	1,892	1,914	
%2 BA	X	30,682	40,004	49,608	54,688	59,801	60,317	61,342	69,522	78,233	
	S.s	1,030	1,509	1,416	0,627	2,050	1,908	1,554	1,664	2,392	
Atık Yağ	X	2,962	4,822	5,446	9,144	12,892	15,582	17,675	21,288	26,345	
	S.s	0,472	0,642	0,671	1,008	1,193	1,253	1,224	1,028	1,132	
Ayçiçek Yağ	X	2,314	3,556	3,943	7,264	21,230	22,834	24,003	25,124	28,805	
	S.s	0,467	0,699	0,806	1,013	0,571	1,801	1,617	2,988	2,382	
Atık Yağ	%0,5	X	2,989	4,119	5,480	9,263	13,031	16,133	18,841	22,540	25,091
	BA	S.s	0,316	0,339	0,399	0,694	1,021	1,271	1,279	0,749	0,827
	%1	X	3,347	4,575	6,186	6,357	12,786	16,632	19,943	23,712	27,776
	BA	S.s	0,393	0,470	0,892	0,782	0,916	1,082	1,359	2,884	1,324
	%1,5	X	1,457	2,402	3,006	6,961	10,715	13,725	16,534	20,780	22,929
	BA	S.s	0,372	0,460	0,436	0,877	0,980	0,999	0,865	0,459	0,731
	%2	X	2,850	4,543	5,429	11,099	16,889	20,702	23,537	26,713	30,347
	BA	S.s	0,249	0,309	0,369	0,474	0,776	0,904	0,897	0,574	1,218

Tablo 65'in devamı

Deneme		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)									
Varyasyonları		2 sa	4 sa	8 sa	24 sa	48 sa	72 sa	96 sa	168 sa	336 sa	
Ayçiçek Yağ	%0,5	X	5,151	6,244	8,169	13,160	17,446	20,889	23,892	28,758	31,955
	BA	S.s	0,635	0,819	1,005	1,599	1,660	1,895	1,742	2,811	1,638
	%1	X	4,620	6,032	7,815	14,007	16,352	19,253	24,343	29,759	31,164
	BA	S.s	0,874	1,040	1,476	2,657	2,686	2,525	4,001	4,411	3,873
	%1,5	X	2,110	3,097	3,371	6,685	10,298	13,276	15,850	20,096	23,288
	BA	S.s	0,272	0,365	0,398	0,750	0,690	1,048	1,288	1,396	1,462
	%2	X	3,212	4,758	5,468	9,908	15,921	19,071	21,564	24,965	27,515
	BA	S.s	0,420	0,599	0,719	1,144	2,014	2,054	1,956	1,637	1,775
Kontrol	X	25,206	37,938	47,615	56,219	67,779	68,280	69,144	77,317	87,672	
	S.s	4,642	3,948	2,709	3,089	2,385	1,957	1,564	4,780	4,560	

Tablo 66. Enine kesiti kapatılmamış emprenyeli kayın örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su itici etkinlik değerleri (%)

Deneme		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)									
Varyasyonları		2 sa	4 sa	8 sa	24 sa	48 sa	72 sa	96 sa	168 sa	336 sa	
Atık Yağ	X	88,564	88,251	87,290	83,735	80,980	77,180	74,436	72,468	69,950	
	S.s	1,409	1,874	1,693	1,792	1,760	1,835	1,770	1,330	1,291	
Ayçiçek Yağ	X	91,720	90,821	90,627	87,079	68,678	67,507	67,144	66,558	65,283	
	S.s	1,692	1,853	1,843	1,802	0,843	3,864	2,716	2,637	2,339	
Atık Yağ	%0,5	X	89,142	88,493	88,142	83,524	80,775	76,372	72,749	71,380	70,848
	BA	S.s	0,893	0,837	1,253	1,234	1,506	1,862	1,849	0,944	0,968
	%1	X	88,997	87,942	86,723	86,651	81,136	75,642	71,155	69,333	68,318
	BA	S.s	1,587	1,238	1,561	1,643	1,352	1,585	1,966	3,729	1,510
	%1,5	X	94,219	93,669	93,688	87,618	84,192	79,899	76,086	73,125	73,846
	BA	S.s	1,475	1,213	0,916	1,561	1,446	1,464	1,252	0,593	0,834
	%2	X	88,695	88,599	88,027	80,258	75,082	69,680	65,957	65,451	65,385
	BA	S.s	0,988	0,774	0,815	0,842	1,145	1,324	1,297	0,742	1,389
Ayçiçek Yağ	%0,5	X	83,543	82,846	79,567	76,591	74,261	69,407	65,444	63,551	62,806
	BA	S.s	2,159	2,110	2,520	2,844	2,449	2,775	2,520	1,868	3,635
	%1	X	84,102	83,589	81,676	75,085	75,875	71,803	64,792	64,453	61,512
	BA	S.s	2,742	3,101	3,468	4,726	3,963	3,698	5,787	4,418	5,704
	%1,5	X	92,921	91,838	91,632	88,109	84,806	80,556	77,076	74,010	73,437
	BA	S.s	0,836	0,961	1,078	1,335	1,018	1,534	1,863	1,805	1,667
	%2	X	88,517	87,459	87,259	82,377	76,511	72,069	68,812	68,616	67,712
	BA	S.s	1,510	1,579	1,666	2,035	2,971	3,008	2,830	2,025	2,118

Tablo 67. Enine kesiti kapatılmış emprenyeli kayın örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su alma oranı değerleri (%)

Deneme Varyasyonları		SAO - Suda Bekletme Süreleri (saat)								
		2 sa	4 sa	8 sa	24 sa	48 sa	72 sa	96 sa	168 sa	336 sa
%0,5 BA	X	5,455	8,975	11,414	18,010	27,309	30,662	35,806	44,622	55,203
	S.s	0,299	0,172	0,180	0,306	1,009	0,814	1,076	0,793	1,153
%1 BA	X	6,432	8,899	12,002	18,042	24,005	29,964	34,565	42,765	49,337
	S.s	0,028	0,195	0,404	0,417	0,364	0,922	1,201	1,020	1,178
%1,5 BA	X	7,075	6,658	11,504	18,365	25,643	28,895	34,041	40,230	46,488
	S.s	0,198	0,980	0,276	0,411	0,411	0,932	1,542	1,019	1,644
%2 BA	X	6,693	8,435	10,446	18,682	27,359	34,881	37,340	44,047	51,093
	S.s	0,136	0,361	0,193	0,410	0,788	1,084	1,529	1,237	1,466
Atık Yağ	X	1,913	3,045	3,314	7,870	16,154	17,112	20,939	22,260	26,205
	S.s	0,141	0,658	0,280	0,313	2,142	1,627	3,039	3,233	2,857
Ayçiçek Yağ	X	2,218	3,128	3,391	6,846	9,655	12,330	14,539	19,403	25,368
	S.s	0,441	0,448	0,437	0,714	1,082	0,871	0,896	1,112	1,240
Atık Yağ	%0,5 X	1,634	2,653	2,860	7,453	11,204	14,113	16,618	21,554	27,502
	BA S.s	0,306	0,675	0,673	0,902	0,882	1,099	1,283	2,587	2,565
	%1 X	2,084	3,442	3,654	7,848	12,054	14,814	17,676	22,674	29,045
	BA S.s	0,184	0,273	0,353	0,572	0,739	0,911	1,001	1,407	1,628
	%1,5 X	2,773	4,419	4,631	8,594	12,523	15,674	18,872	23,253	30,989
	BA S.s	0,243	0,303	0,378	0,718	0,908	1,021	1,291	1,426	1,171
Ayçiçek Yağ	%2 X	1,793	2,847	3,131	6,682	11,208	13,476	16,272	20,922	27,444
	BA S.s	0,231	0,307	0,297	0,629	0,977	0,696	1,227	0,917	2,032
	%0,5 X	2,131	3,491	4,031	7,413	11,416	14,061	16,359	21,120	26,513
	BA S.s	0,386	0,356	0,444	0,694	0,974	1,174	1,523	1,824	2,257
	%1 X	2,719	4,314	4,736	7,669	11,018	13,160	15,727	19,821	24,698
	BA S.s	0,461	0,619	0,663	0,798	0,875	0,961	1,286	1,255	1,622
Ayçiçek Yağ	%1,5 X	2,769	3,528	4,886	7,683	11,522	14,193	16,337	20,717	26,911
	BA S.s	0,200	0,244	0,292	0,552	0,610	0,962	1,230	1,377	1,516
	%2 X	2,536	4,048	4,275	8,316	11,831	14,634	17,095	21,794	27,840
	BA S.s	0,195	0,450	0,337	0,750	0,704	0,899	0,893	1,072	1,512
Kontrol	X	6,578	9,409	11,020	17,282	24,767	33,163	39,010	46,415	54,010
	S.s	0,757	2,476	1,397	1,774	2,577	3,315	3,590	3,504	3,207

Tablo 68. Enine kesiti kapatılmış emprenyeli kayın örneklerine farklı suda bekletme sürelerine ait ortalama su itici etkinlik değerleri (%)

Deneme		SİE - Suda Bekletme Süreleri (saat)									
Varyasyonları		2 sa	4 sa	8 sa	24 sa	48 sa	72 sa	96 sa	168 sa	336 sa	
Atık Yağ	X	70,930	69,929	67,641	58,785	54,455	51,284	46,324	43,537	30,917	
	S.s	2,137	2,536	6,989	5,986	1,812	6,459	7,791	6,156	6,570	
Ayçiçek Yağ	X	69,233	66,754	66,297	62,817	62,731	61,020	60,383	58,192	53,030	
	S.s	3,968	4,765	6,709	2,626	2,297	4,370	4,129	2,396	2,297	
Atık Yağ	%0,5	X	75,162	72,121	69,735	57,439	57,402	56,867	54,766	51,917	49,079
	BA	S.s	4,645	3,511	5,248	3,315	3,290	5,218	3,559	3,691	4,750
	%1	X	68,328	66,839	63,417	55,325	54,688	54,582	51,336	51,143	46,223
	BA	S.s	2,800	3,206	2,905	2,749	2,567	3,309	2,983	3,031	3,015
	%1,5	X	57,980	57,857	53,038	52,732	51,623	50,266	49,897	49,444	42,624
	BA	S.s	3,428	3,693	3,224	3,079	3,309	4,154	3,073	3,664	2,169
	%2	X	72,749	71,587	69,746	61,331	59,362	58,287	54,919	54,753	49,186
	BA	S.s	3,510	2,695	3,266	3,640	2,100	3,145	1,976	3,944	3,762
	%0,5	X	67,621	63,425	62,897	58,065	57,595	57,100	54,493	53,913	50,910
	BA	S.s	5,872	4,026	3,783	3,905	3,541	4,018	3,931	3,931	4,180
Ayçiçek Yağ	%1	X	60,315	59,685	58,676	57,293	57,021	55,617	55,520	54,271	54,153
	BA	S.s	2,898	3,297	7,008	2,704	6,019	4,617	3,533	3,003	6,577
	%1,5	X	62,510	58,121	57,923	57,199	55,662	55,537	55,362	53,485	50,174
	BA	S.s	2,598	3,153	3,043	2,901	2,652	3,196	2,968	2,464	2,808
	%2	X	61,465	61,210	56,984	56,178	55,868	53,041	52,238	51,877	48,453
	BA	S.s	2,969	3,061	4,780	2,288	2,710	2,310	2,840	4,342	2,800

3.3.4. Liflere Paralel Basınç Direnci Değerlerine İlişkin Bulgular

Denge rutubet miktarına getirilen test ve kontrol örneklerinin liflere paralel basınç direncine (N/mm^2) ait aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri sarıçam ve kayın örnekleri için kıyaslamalı olarak Tablo 69'da gösterilmektedir.

Tablo 69. Enine kesiti kapatılmış ve kapatılmamış emprenyeli sarıçam ve kayın örneklerine ait ortalama liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm²)

Deneme Varyasyonları		Sarıçam		Kayın		
		EK kapatılmış	EK kapatılmamış	EK kapatılmış	EK kapatılmamış	
%0,5 BA	X	34,863	49,694	57,150	58,953	
	S.s	2,895	2,861	2,461	2,171	
%1 BA	X	37,988	45,551	57,355	59,239	
	S.s	2,247	2,866	3,291	2,259	
%1,5 BA	X	36,544	44,461	59,734	61,078	
	S.s	2,489	2,948	3,158	3,640	
%2 BA	X	33,767	48,797	59,085	61,981	
	S.s	1,646	2,212	5,008	5,152	
Atık Yağ	X	35,679	51,468	58,819	65,190	
	S.s	1,953	3,025	1,543	2,895	
Ayçiçek Yağ	X	34,324	54,407	65,403	66,149	
	S.s	2,831	2,036	2,478	4,074	
Atık Yağ	%0,5 BA	X	31,787	49,321	61,688	63,744
		S.s	2,717	2,819	2,874	2,222
	%1 BA	X	36,131	50,506	55,777	65,008
		S.s	3,706	2,503	2,408	4,501
	%1,5 BA	X	27,104	50,106	60,415	64,086
		S.s	2,067	1,859	1,804	2,655
	%2 BA	X	31,061	50,229	58,178	69,633
		S.s	1,549	2,274	2,840	2,896
Ayçiçek Yağ	%0,5 BA	X	35,536	49,432	62,891	64,736
		S.s	2,527	2,105	1,933	1,807
	%1 BA	X	29,125	51,296	60,562	65,410
		S.s	1,252	1,548	3,730	3,167
	%1,5 BA	X	32,367	48,800	60,180	63,767
		S.s	2,108	1,947	3,076	2,625
	%2 BA	X	32,387	53,864	64,130	69,437
		S.s	2,024	1,882	4,803	5,746
Kontrol	X	36,315	53,126	63,025	66,427	
	S.s	2,903	1,436	5,018	1,502	

3.3.5. Bor Analizine İlişkin Bulgular

Enine kesiti kaplanmış/kaplanmamış örneklerin yıkanmış ve yıkanmamış gruplarındaki borik asit retensiyon değerleri (BAE, kg/m³) ile yıkanma deneyi sonrasında örneklerde kalan (%) BA miktarı değerleri ise Tablo 70'de gösterilmiştir. Ayrıca, kıyaslamada BA ve yağ ile birlikte emprenye edilen yıkanmış örnekler ile yağ işlemi uygulanmayan sadece BA ile emprenye edilen yıkanmamış örnekler de kullanılmıştır. Böylece uygulanan tüm işlemler sonrasındaki odunda kalan (%) BA miktarı belirlenmiştir. Bu veriler de Tablo 71'da sarıçam ve kayın için verilmiştir.

Tablo 70. Yıkanmış ve yıkanmamış sarıçam ve kayın örneklerinde bulunan BA retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3) ve yıkanma deneyi sonrasında örneklerde kalan BA miktarı değerleri (%)

Varyasyonlar		Sarıçam				Kayın				
		EK kapatılmış		EK kapatılmamış		EK kapatılmış		EK kapatılmamış		
		BA-Ret (kg/m^3)	Kalan BA (%)	BA-Ret (kg/m^3)	Kalan BA (%)	BA-Ret (kg/m^3)	Kalan BA (%)	BA-Ret (kg/m^3)	Kalan BA (%)	
%0,5 BA	UL	3,174	7,229	3,174	1,905	2,562	6,935	2,562	0,341	
	L	0,229		0,060		0,178		0,009		
%1 BA	UL	6,075	8,168	6,075	1,279	5,066	7,731	5,066	0,602	
	L	0,496		0,078		0,392		0,030		
%1,5 BA	UL	9,314	10,173	9,314	0,457	7,994	9,867	7,994	1,095	
	L	0,948		0,043		0,789		0,088		
%2 BA	UL	12,741	9,227	12,741	0,833	10,298	9,606	10,298	1,126	
	L	1,176		0,106		0,989		0,116		
Atık Yağ	%0,5 BA	UL	2,217	26,542	1,402	17,588	1,895	22,639	1,408	16,689
		L	0,588		0,247		0,429		0,235	
	%1 BA	UL	4,572	25,302	2,881	18,373	4,402	24,803	3,450	20,545
		L	1,157		0,529		1,092		0,709	
%1,5 BA	UL	6,888	28,941	4,075	20,645	6,051	27,042	4,373	21,394	
	L	1,994		0,841		1,636		0,936		
%2 BA	UL	9,403	30,324	6,174	24,348	7,978	28,884	6,300	25,151	
	L	2,851		1,503		2,304		1,585		
Ayçiçek Yağ	%0,5 BA	UL	2,084	25,740	1,315	14,405	2,087	19,375	1,577	15,579
		L	0,536		0,189		0,404		0,246	
	%1 BA	UL	4,807	24,556	3,290	19,435	4,064	20,477	2,979	17,934
		L	1,181		0,639		0,832		0,534	
%1,5 BA	UL	6,279	26,066	4,665	19,159	6,776	26,505	4,468	22,334	
	L	1,637		0,894		1,796		0,998		
%2 BA	UL	9,014	31,842	6,329	22,703	8,421	30,322	5,899	21,743	
	L	2,870		1,437		2,554		1,283		

Tablo 71. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli sarıçam ve kayın örneklerinde başlangıç BA miktarına göre yıkanma testi sonrasında kalan BA miktarı değerleri (%)

Varyasyonlar		Sarıçam		Kayın	
		EK kapatılmış	EK kapatılmamış	EK kapatılmış	EK kapatılmamış
%0,5 BA		7,229	1,905	6,935	0,341
%1 BA		8,168	1,279	7,731	0,602
%1,5 BA		10,173	0,457	9,867	1,095
%2 BA		9,227	0,833	9,606	1,126
Atık Yağ	%0,5 BA	18,536	7,768	16,745	9,174
	%1 BA	19,040	8,714	21,553	13,989
	%1,5 BA	21,404	9,032	20,469	11,703
	%2 BA	22,380	11,799	22,377	15,387
Ayçiçek Yağ	%0,5 BA	16,899	5,966	15,783	9,590
	%1 BA	19,433	10,527	16,429	10,545
	%1,5 BA	17,573	9,597	22,468	12,484
	%2 BA	22,528	11,277	24,796	12,455

3.3.6. Mantar Çürüklük Testine İlişkin Bulgular

Sarıçam ve kayın test ve kontrol örnekleri sırasıyla *Coniophora puteana* ve *Trametes versicolor* mantar türleriyle 8 hafta çürüklük testine tabi tutulmuşlardır. Mantar çürüklük deneyinde kullanılan örneklerin ortalama retensiyon (R, kg/m³) ve artışı değerleri (AAD, %) standart sapmalarıyla birlikte Tablo 72 ve 73’de gösterilmiştir. Mantar çürüklük testi sonrasındaki ağırlık kaybı değerleri ve dayanıklılık sınıfları ise Tablo 74 ve 75’de verilmiştir. 20 adet kontrol örneği ise mantar aşılınmış agar ortamında bekletilmiş ve testin geçerliliği bu örnekler ile değerlendirilmiştir. Bütün varyasyonlarda kontrol örneklerindeki ağırlık kayıpları %20’nin üstünde olduğu için testin geçerliliği sağlanmıştır. Enine kesitleri kapatılan/kapatılmayan BA + yağ ile emprenye edilen örneklerin rutubet miktarı ise Ek Tablo 58 ve 59’da gösterilmiştir.

Tablo 72. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış sarıçam örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki retensiyon (R, kg/m³) ve ağırlık artışı değerleri (AAD, %)

Deneme Varyasyonları	BA - Ret. (kg/m ³)	Yağ - AAD (%)		Yağ - Retensiyon (kg/m ³)			
		EKK	EKKY	EKK	EKKY		
%0,5 BA	X	3,474	-	-	-		
	S.s	0,142	-	-	-		
%1 BA	X	6,187	-	-	-		
	S.s	0,248	-	-	-		
%1,5 BA	X	9,498	-	-	-		
	S.s	0,380	-	-	-		
%2 BA	X	12,996	-	-	-		
	S.s	0,599	-	-	-		
Atık Yağ	X	-	98,064	137,248	572,889		
	S.s	-	8,744	4,467	35,460		
Ayçiçek Yağ	X	-	105,058	124,569	600,404		
	S.s	-	7,753	5,268	12,001		
Atık Yağ	%0,5 BA	X	3,029	75,812	115,866	505,500	
		S.s	0,168	4,121	12,667	18,326	
	%1 BA	X	6,615	85,573	115,755	555,000	
		S.s	0,243	5,102	9,861	15,706	
	%1,5 BA	X	10,538	106,452	126,675	536,218	
		S.s	0,492	3,824	9,083	23,532	
	%2 BA	X	13,108	103,777	132,348	591,111	
		S.s	0,438	11,952	6,067	7,258	
	Ayçiçek Yağ	%0,5 BA	X	3,002	86,996	126,274	534,063
			S.s	0,085	6,693	2,173	24,713
%1 BA		X	6,833	82,406	121,556	552,000	
		S.s	0,427	6,890	16,246	5,701	
%1,5 BA		X	9,498	104,679	135,013	540,444	
		S.s	0,349	6,859	14,124	25,741	
%2 BA		X	13,207	101,139	134,035	605,185	
		S.s	0,450	12,935	11,672	20,735	

Tablo 73. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış kayın örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki retensiyon (R, kg/m³) ve ağırlık artışı değerleri (AAD, %)

Deneme Varyasyonları		BA - Ret. (kg/m ³)	Yağ - AAD (%)		Yağ - Retensiyon (kg/m ³)			
			EKK	EKKY	EKK	EKKY		
%0,5 BA	X	3,119	-	-	-	-		
	S.s	0,101	-	-	-	-		
%1 BA	X	6,060	-	-	-	-		
	S.s	0,155	-	-	-	-		
%1,5 BA	X	9,246	-	-	-	-		
	S.s	0,362	-	-	-	-		
%2 BA	X	12,702	-	-	-	-		
	S.s	0,580	-	-	-	-		
Atık Yağ	X	-	36,337	75,000	288,889	493,827		
	S.s	-	7,684	3,763	28,528	17,852		
Ayçiçek Yağ	X	-	47,319	70,513	341,691	528,500		
	S.s	-	4,726	5,111	16,824	27,296		
Atık Yağ	%0,5 BA	X	3,169	38,170	66,723	276,800	468,367	
		S.s	0,155	6,489	3,858	33,988	34,471	
	%1 BA	X	6,698	46,912	62,619	321,333	457,500	
		S.s	0,305	4,466	3,986	25,256	28,062	
	%1,5 BA	X	9,500	47,329	65,870	332,571	469,877	
		S.s	0,365	5,102	3,616	25,761	21,494	
	%2 BA	X	12,200	36,487	59,985	293,000	432,381	
		S.s	0,782	4,871	4,566	24,953	24,182	
	Ayçiçek Yağ	%0,5 BA	X	3,169	49,053	64,422	336,286	456,543
			S.s	0,133	6,265	2,683	27,645	18,596
%1 BA		X	6,594	47,025	63,835	338,667	457,143	
		S.s	0,112	5,985	1,822	10,013	38,505	
%1,5 BA		X	9,965	50,558	63,220	348,500	471,802	
		S.s	0,365	4,614	3,329	21,428	14,408	
%2 BA		X	13,238	52,720	65,012	364,500	499,134	
		S.s	0,707	4,632	5,356	21,213	30,103	

Tablo 74. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli sarıçam örneklerinin mantar çürüklük testi sonrasındaki ağırlık kaybı (AK, %) değerleri ile dayanıklılık sınıfları

Deneme Varyasyonları	L - AK (%) <i>C.puteana</i> - Dayanıklılık Sınıfları						UL - AK (%) <i>C.puteana</i> - Dayanıklılık Sınıfları		
	EKK		EKKY		EKK	EKKY			
	Test	Kontrol	Test	Kontrol	Test	Test			
%0,5 BA	X	8,799 D.	23,139 A.D.	25,454 A.D.	23,695 A.D.	0,883 Ç.D.	0,887 Ç.D.		
	S.s	2,338	8,417	4,178	2,077	0,615	0,688		
%1 BA	X	6,471 D.	23,431 A.D.	33,122 D.sız	32,596 D.sız	0,336 Ç.D.	0,528 Ç.D.		
	S.s	3,997	3,092	8,141	4,930	0,461	0,579		
%1,5 BA	X	5,352Ç.D.	25,694 A.D.	36,587 D.sız	42,554 D.sız	0,719 Ç.D.	0,797 Ç.D.		
	S.s	2,275	9,552	4,707	0,996	0,848	0,814		
%2 BA	X	7,049 D.	29,023 A.D.	37,417 D.sız	45,390 D.sız	0,916 Ç.D.	0,435 Ç.D.		
	S.s	1,152	4,492	7,250	6,086	0,581	0,476		
Atık Yağ	X	3,388Ç.D.	34,755 D.sız	5,591 D.	36,344 D.sız	1,806 Ç.D.	3,219 Ç.D.		
	S.s	0,515	2,824	2,152	3,438	1,379	0,741		
Ayçiçek Yağ	X	3,078Ç.D.	22,759 A.D.	5,239 Ç.D.	48,301 D.sız	1,065 Ç.D.	4,204 Ç.D.		
	S.s	1,793	3,799	1,276	10,501	0,570	1,417		
%0,5 BA	X	1,513Ç.D.	24,320 A.D.	1,810 Ç.D.	24,758 A.D.	0,074 Ç.D.	2,304 Ç.D.		
	S.s	0,709	2,140	1,421	4,891	0,181	2,730		
%1 BA	X	1,652Ç.D.	23,266 A.D.	3,043 Ç.D.	26,394 A.D.	1,056 Ç.D.	0,130 Ç.D.		
	S.s	0,878	2,222	1,184	3,947	0,894	0,205		
%1,5 BA	X	2,328Ç.D.	19,642 A.D.	2,770 Ç.D.	32,675 D.sız	0,646 Ç.D.	1,579 Ç.D.		
	S.s	0,429	6,621	1,665	5,440	0,713	2,178		
%2 BA	X	1,274Ç.D.	22,648 A.D.	2,433 Ç.D.	24,259 A.D.	1,780 Ç.D.	0,593 Ç.D.		
	S.s	1,236	2,131	0,692	4,640	0,962	0,764		
%0,5 BA	X	1,402Ç.D.	24,446 A.D.	2,735 Ç.D.	34,696 D.sız	1,140 Ç.D.	1,339 Ç.D.		
	S.s	0,235	1,296	1,433	5,438	1,309	1,960		
%1 BA	X	2,498Ç.D.	21,551 A.D.	2,950 Ç.D.	22,157 A.D.	0,430 Ç.D.	0,620 Ç.D.		
	S.s	0,175	2,079	1,404	4,573	0,500	0,890		
%1,5 BA	X	1,011Ç.D.	23,394 A.D.	2,064 Ç.D.	25,376 A.D.	1,396 Ç.D.	1,339 Ç.D.		
	S.s	0,996	4,089	1,147	4,000	0,793	1,614		
%2 BA	X	2,478Ç.D.	24,025 A.D.	2,652 Ç.D.	31,594 D.sız	0,577 Ç.D.	0,589 Ç.D.		
	S.s	0,229	2,140	0,319	1,959	0,270	1,156		
Kontrol	X	-	22,047 A.D.	-	25,840 A.D.	21,88A.D.	24,59 A.D.		
	S.s	-	2,414	-	6,785	5,861	2,982		

Tablo 75. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli kayın örneklerinin mantar çürüklük testi sonrasındaki ağırlık kaybı (AK, %) değerleri ile dayanıklılık sınıfları

Deneme Varyasyonları		L - AK (%) <i>T.versicolor</i> - Dayanıklılık Sınıfları				UL - AK (%) <i>T.versicolor</i> -Day. Sınıf.		
		EKK		EKKY		EKK	EKKY	
		Test	Kontrol	Test	Kontrol	Test	Test	
%0,5 BA	X	6,303 D.	17,514 A.D.	11,496 K.D	17,498 A.D	0,314Ç.D.	0,933 Ç.D.	
	S.s	1,260	3,516	0,187	1,653	0,342	0,768	
%1 BA	X	5,420Ç.D.	27,944 A.D.	10,006 D.	16,646 A.D	0,101Ç.D.	0,407 Ç.D.	
	S.s	0,227	4,580	0,333	1,343	0,247	0,735	
%1,5 BA	X	5,089Ç.D.	16,858 A.D.	12,559 K.D	17,098 A.D	0,369Ç.D.	0,427 Ç.D.	
	S.s	0,912	1,357	3,197	1,686	0,287	0,662	
%2 BA	X	4,326Ç.D.	16,128 A.D.	7,745 D.	22,806 A.D	0,228Ç.D.	0,433 Ç.D.	
	S.s	1,140	3,946	0,597	12,169	0,313	0,671	
Atık Yağ	X	3,101Ç.D.	18,804 A.D.	5,472 Ç.D.	14,767 K.D	2,620Ç.D.	5,482 Ç.D.	
	S.s	0,348	3,120	1,559	0,940	1,698	1,312	
Ayçiçek Yağ	X	3,355Ç.D.	18,836 A.D.	4,867 Ç.D.	34,030D.sız	5,309Ç.D.	10,627K.D	
	S.s	0,596	5,138	1,403	11,538	2,353	3,259	
Atık Yağı	%0,5 BA	X	2,281Ç.D.	17,913 A.D.	3,798 Ç.D.	20,759 A.D	0,274Ç.D.	2,195 Ç.D.
		S.s	0,329	2,952	1,300	3,679	0,307	1,584
	%1 BA	X	2,550Ç.D.	17,212 A.D.	3,613 Ç.D.	22,298 A.D	0,846Ç.D.	1,359 Ç.D.
		S.s	0,395	4,085	1,463	3,589	1,142	1,346
	%1,5 BA	X	1,274Ç.D.	17,679 A.D.	3,885 Ç.D.	19,653 A.D	0,355Ç.D.	1,044 Ç.D.
		S.s	0,339	3,283	1,429	4,076	0,435	1,607
%2 BA	X	2,615Ç.D.	18,156 A.D.	3,546 Ç.D.	19,757 A.D	1,793Ç.D.	1,347 Ç.D.	
	S.s	0,795	4,224	1,501	6,585	0,770	1,364	
Ayçiçek Yağı	%0,5 BA	X	2,204Ç.D.	19,352 A.D.	2,537 Ç.D.	28,228 A.D	0,521Ç.D.	1,477 Ç.D.
		S.s	0,210	7,182	0,340	5,232	0,434	1,146
	%1 BA	X	2,589Ç.D.	17,607 A.D.	2,916 Ç.D.	16,209 A.D	1,217Ç.D.	1,628 Ç.D.
		S.s	1,419	4,256	0,836	0,594	0,907	0,041
	%1,5 BA	X	2,065Ç.D.	19,839 A.D.	2,859 Ç.D.	16,287 A.D	0,934Ç.D.	0,599 Ç.D.
		S.s	0,495	0,228	0,391	1,559	0,691	0,483
%2 BA	X	2,130Ç.D.	18,945 A.D.	2,990 Ç.D.	20,132 A.D	0,964Ç.D.	0,995 Ç.D.	
	S.s	0,350	3,196	1,324	0,196	0,830	1,511	
Kontrol	X	-	16,235 K.D	-	31,0 D.sız	22,93 A.D	33,03D.sız	
	S.s	-	3,647	-	1,513	5,979	9,790	

4. İRDELEME

Tez çalışması kapsamında elde edilen bulguların irdelenmesi “Yapılan Çalışmalar” ve “Bulgular” başlıkları altında belirtildiği gibi üç bölümde gerçekleştirilmiştir. İlk bölümde odunun borlu bileşikler ile emprenyesini takiben gerçekleştirilen bitkisel yağ işleminin, odunda kalan bor miktarı ve incelenen diğer odun özellikleri üzerine etkileri; ikinci bölümde su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile emprenye işleminin yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan bor miktarı ve odunun su alma oranı ile su itici etkinlik değeri üzerine etkileri; üçüncü bölümde epoksi reçine ile enine kesitlerin kapatılması ve ardından yağ ile muamelenin odunda kalan bor miktarı ve araştırılan diğer odun özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

4.1. Birinci Bölümde Yapılan Çalışmaların Etkinliği

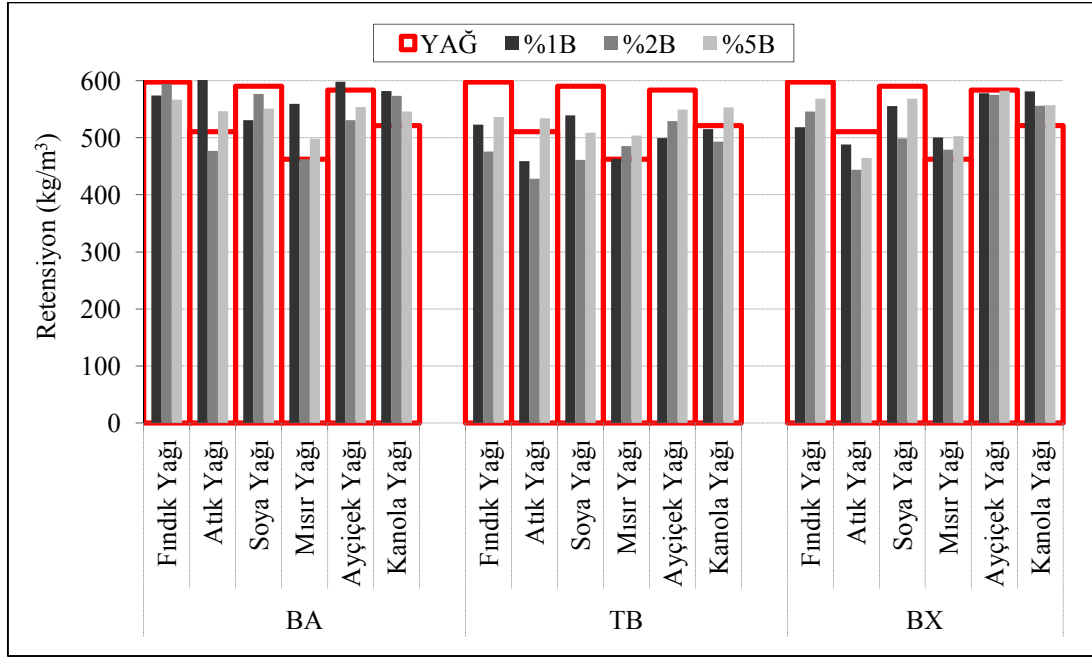
4.1.1. Emprenye İşlemlerinin Odunun Denge Rutubet Miktarına Etkisi

Denge rutubet miktarı, yoğunluk, liflere paralel basınç direnci ve renk ölçümlerinin değerlendirilmesinde kullanılan sarıçam örneklerinin retensiyon değerlerindeki değişim Şekil 25’de, kayın örneklerinin retensiyon değerlerindeki değişim Şekil 26’da gösterilmektedir. Hem sarıçam hem kayın odunu örneklerinin retensiyon değerleri üzerine kullanılan bor bileşiği, bor konsantrasyonu ve yağ çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin %95 güven düzeyi ile istatistiksel anlamda önemli olduğu saptanmıştır (Ek Tablo 1 ve 2, $p < 0,05$). Borlu bileşiklerle ön emprenyeli/emprenyesiz sarıçam örneklerinin bitkisel yağlar ile emprenye sonrasındaki ağırlık artışı değerleri %88-155, kayın örneklerinin ağırlık artışı değerleri ise %40-70 arasında değişmiştir. Kayına kıyasla sarıçam örneklerinde elde edilen yüksek ağırlık artışı değerlerinin anatomik özelliklerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Sert ağaç türlerinden olan kayın odununun tam kuru yoğunluğu, yumuşak ağaç türlerinden biri olan sarıçamdan daha yüksektir. Malzeme içinde rutubet arttıkça, yoğunluk artmaktadır. Böylece malzemenin emprenye edilebilme kabiliyeti üzerine etkili olan boşluk hacmi değişmektedir. Boşluk hacmi arttıkça, ağaç malzemenin absorbe ettiği emprenye maddesi miktarı da artmaktadır. Özellikle dolu hücre

yöntemi uygulamalarında, ağaç malzemenin absorbe ettiği emprenye maddesi miktarı, boşluk hacmi ile doğru orantılıdır (Bozkurt vd., 1993). Sarıçam örneklerinin boşluk hacmi kayın örneklerinden daha fazla olduğu için, bu örneklerde daha yüksek ağırlık artışı ve retensiyon değerleri elde edilmiş olabilir. Her iki ağaç türünde elde edilen retensiyon ve ağırlık artışı değerleri, literatürde yağların kullanıldığı diğer çalışmalarda elde edilen retensiyon ve ağırlık artışı değerlerine uyumluluk göstermektedir. Bezir ve kenevir yağı ile vakumla emprenye edilen sarıçam ve kayın odunu örneklerinde sırasıyla %100 ve %40-50 arasında ağırlık artışı değerleri elde edilmiştir (Sailer vd., 1998). Sıcak yağ işlemi ile elde edilen ağırlık artışı değerleri yonteme ve kullanılan yağlara göre değişkenlik göstermektedir. Ladin ve sarıçam örneklerinin 180-220°C'de 4,5 saatlik yağ banyosu muamelesi ile elde edilen ağırlık artışı değerleri %50-70 (Sailer vd., 2000); kavak odunu örneklerinin bezir yağı ile 180°C, 200°C ve 220°C'de 4, 5 ve 6 saatlik sıcak yağ işleminde elde edilen ağırlık artışı değerleri %104-106 (Bazyar vd., 2010); korsika çamı örneklerinin 200°C'de 3 saatlik UZA yağı ile gerçekleştirilen muamelesinde 370-500 kg/m³, bezir yağı ile gerçekleştirilen muamelesinde 472-501 kg/m³ ve kanola yağı ile gerçekleştirilen muamelesinde 514-532 kg/m³'lük (Spear vd., 2006) retensiyon değerleri elde edilmiştir. Çam odununun önce 220°C'deki sıcak yağ içinde 2 saat muamele edilmesinin ardından 180°C ve 135°C'deki yağ içinde bekletilmesiyle %88-93 ağırlık artışı değerleri (Awoyemi vd., 2009); sarıçam örneklerinin modifiye edilen yağlar kullanılarak basınçlı sistemle emprenyesi ile %70-100 ağırlık artışı değerleri (Treu vd., 2004); sarıçam örneklerinin bezir yağı kullanılarak vakumla emprenyesi ile 397 kg/m³ retensiyon değeri (Ritschkoff vd., 1999); yine sarıçam örneklerinin dolu hücre yöntemiyle bezir yağı emprenyesi sonrasında 488 kg/m³ retensiyon değeri (Temiz vd., 2007) yapılan çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir. Temiz vd. (2008d), dolu hücre yöntemine göre piroliz yağı ile emprenye ettikleri sarıçam örneklerinde yaklaşık 800 kg/m³, boş hücre yöntemine göre emprenye ettikleri örneklerde ise yaklaşık 300 kg/m³ retensiyon değerleri bulmuştur.

Sarıçam ve kayın odunu örneklerinin borlu bileşikler ile ön emprenye işlemi yağ retensiyonlarında az bir değişikliğe neden olmuş, artan bor konsantrasyonu, yağ retensiyonlarında artan ya da azalan doğrusal bir eğilim göstermemiştir. Yalınkılıç vd. (1999d) ve Baysal vd. (2006a, 2007b), odunun borlu bileşikler ile ön emprenye işleminin monomer absorpsiyonunu azalttığını ifade etmiştir. Ancak, tez çalışmasında borlu bileşiklerin odundaki ön emprenyesi, yağ retensiyonu üzerinde olumsuz bir etki göstermemiş, hatta bazı varyasyonlarda retensiyon değerleri daha yüksek çıkmıştır.

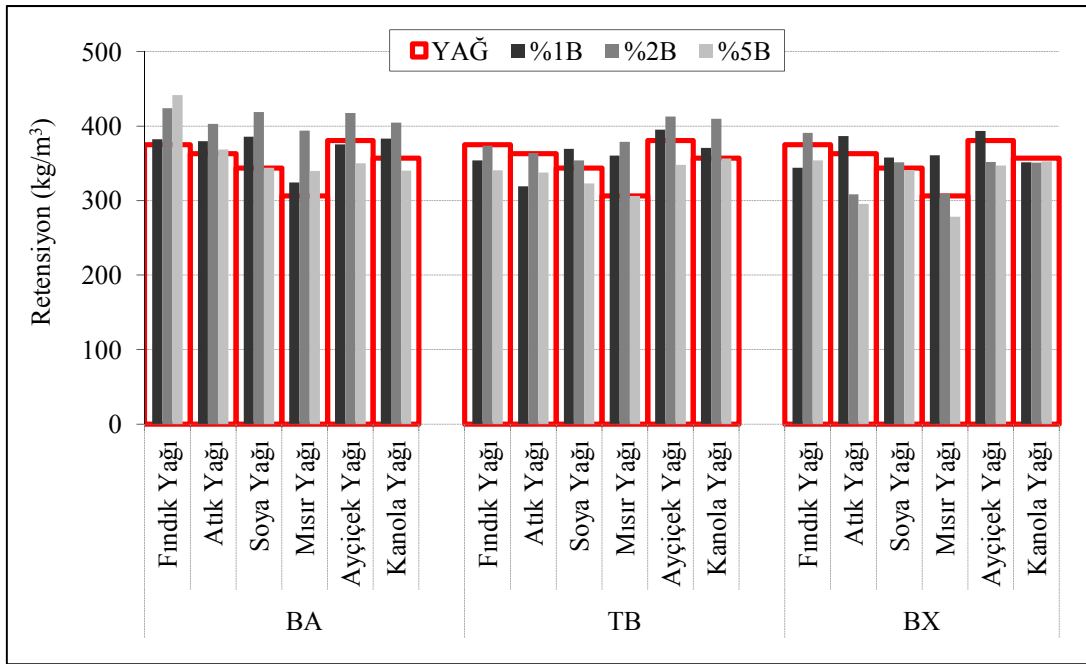
Sarıçam ve kayın örneklerinin borlu bileşikler (borik asit ve boraks) ve çeşitli su itici maddeler ile gerçekleştirilen emprenye işleminde borik asit ve boraksın, su itici madde absorpsiyonunu etkilemediği, aksine arttırdığı ifade edilmiştir (Örs vd., 1999c).



Şekil 25. Borlu bileşikler ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre retensiyon değerlerindeki değişimi

Şekil 25'den görüleceği üzere, sarıçam odunu örneklerinin borik asit (BA) emprenyesini takiben atık, mısır ve kanola yağı ile gerçekleştirilen ikinci emprenye işlemi sadece yağ işlemine göre, retensiyon değerlerinde hafif bir artışa; soya ve ayçiçek yağı ile emprenye işlemi hafif bir azalmaya neden olmuş; borik asit ön emprenyesi fındık yağı retensiyonunda ise önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Bu grupta en az retensiyonu BA + mısır yağı ile emprenye edilen örnekler göstermiştir. Tarımbor (TB) emprenyesini takiben fındık, atık, soya ve ayçiçek yağı ile yapılan emprenye işlemi sadece yağ emprenyesine göre retensiyon değerlerinde hafif bir azalmaya, mısır yağında ise hafif bir artışa neden olmuş, kanola yağı kullanımında ise önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Bu grupta en az retensiyon ise mısır ve atık yağı kullanımında gözlenmiştir. Boraks (BX) ön emprenyesi ise, fındık, atık ve soya yağının retensiyonunda hafif bir azalmaya; mısır ve kanola yağının retensiyonunda hafif bir artışa neden olmuş; ayçiçek yağının retensiyonunda ise önemli bir değişikliğe yol açmamıştır. Bu grupta en az retensiyon

değeri mısır ve atık yağ ile emprenye edilen örneklerde gözlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizlere göre; sadece yağ ile emprenye edilen örneklerde en az retensiyon yine mısır yağı ile emprenye edilen örneklerde elde edilmiştir. Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen sarıçam örnekleri arasında en az retensiyonu TB ön emprenyeli gruplar vermiştir. Tüm bor bileşikleri ve konsantrasyonları göz önüne alındığında yağ retensiyon değerlerindeki azalma sırasıyla şöyledir: ayçiçek yağı \geq kanola yağı = fındık yağı \geq soya yağı $>$ atık yağı = mısır yağı (Ek Tablo 1). Bezir yağının belli sürelerde tekrar tekrar ısıtılmasıyla uçucu bileşiklerin yok olduğu ve yağın ısı polimerizasyonu nedeniyle viskozitesinin arttığı belirtilmiştir. Odunun absorbe ettiği miktar da eskimiş yağda azalmıştır (Dubey vd, 2011). Dolayısı ile çalışmada kullanılan atık yağ ile daha düşük retensiyon değerlerinin alınması, viskozitenin diğer kullanılmamış yağlara göre daha yüksek olmasından kaynaklanabilir.



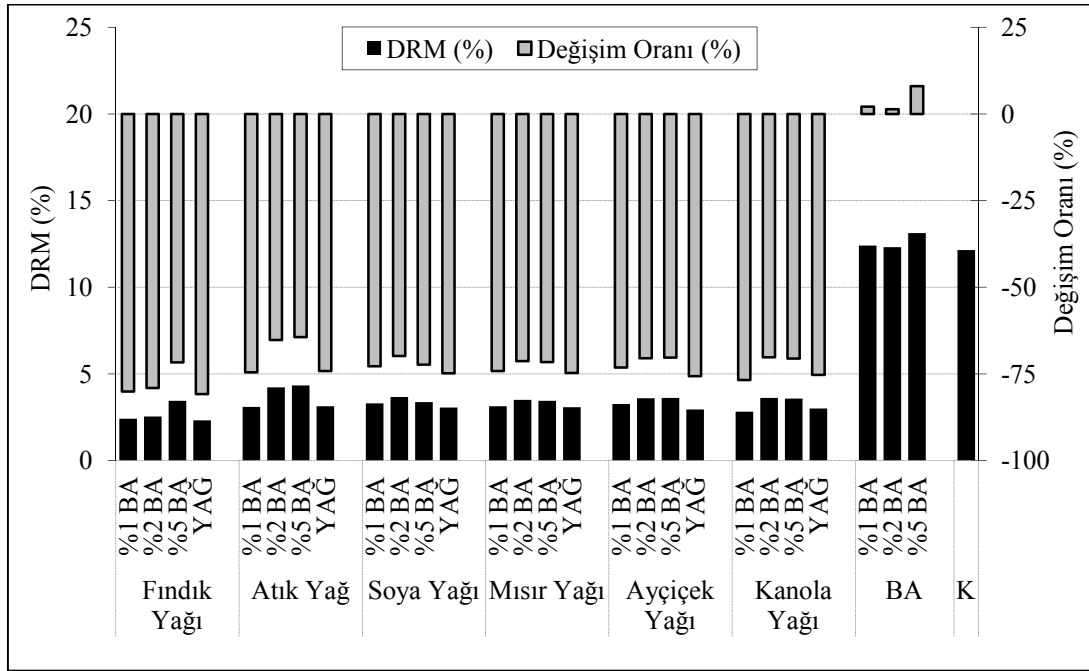
Şekil 26. Borlu bileşikler ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre retensiyon değerlerindeki değişimi

Şekil 26'da görüldüğü gibi, kayın odunu örneklerinin BA emprenyesini takiben fındık, atık, soya, mısır ve kanola yağı ile gerçekleştirilen ikinci emprenye işlemi sadece yağ işlemine göre, retensiyon değerlerinde hafif bir artışa; ayçiçek yağı ile emprenye işlemi hafif bir azalmaya neden olmuştur. TB emprenyesini takiben fındık ve atık yağı ile yapılan emprenye işlemi sadece yağ emprenyesine göre retensiyon değerlerinde hafif bir

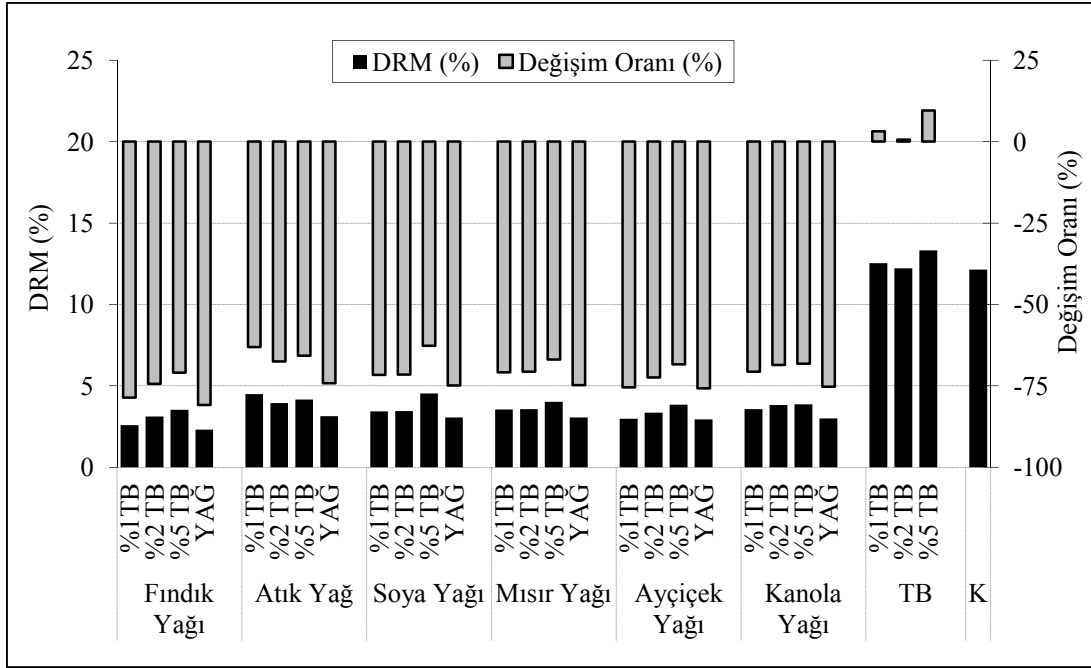
azalmaya; soya, mısır, ayçiçek, kanola yağında ise hafif bir artışa neden olmuştur. BX ön empenyesi ise, fındık, atık ve ayçiçek yağının retensiyonunda hafif bir azalmaya; soya ve mısır yağının retensiyonunda hafif bir artışa neden olmuş; kanola yağının retensiyonunda ise önemli bir değişikliğe yol açmamıştır. Tüm gruplarda kayın odununda en az retensiyon değeri borlu bileşiklerin empenyesinin ardından mısır yağı ile empenye edilen örneklerde gözlenmiştir. İstatistiksel analize göre; sadece yağ ile empenye edilen örneklerde en az retensiyon yine mısır yağı ile empenye edilenlerde elde edilmiştir. Borlu bileşik + yağ ile empenye edilen kayın örnekleri arasında en az retensiyonu TB ve BX ile ön empenyeli gruplar vermiştir. Tüm bor bileşikleri ve konsantrasyonları göz önüne alındığında yağ retensiyon değerlerindeki azalma sırasıyla şöyledir: fındık yağı = ayçiçek yağı \geq kanola yağı \geq soya yağı \geq atık yağı $>$ mısır yağı (Ek Tablo 2). Gerek sarıçamda gerekse kayında elde edilen bu sonuçlar heterojen bir yapıya sahip ağaç malzemenin kendi içindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği gibi, yağ çeşidinden de kaynaklanabilmektedir. Yağ işlemlerinin etkinliği, yağın özelliklerine, absorbe edilen yağ miktarına ve yağın odundan yıkanmasına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Wang ve Cooper, 2005a). Çoğu kez iyi bir etkinlik için yüksek yağ retensiyonlarına ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (Wang ve Cooper, 2005a; Temiz vd., 2008a; Koski, 2008). Çalışmada sıcak yağ empenyesinde herhangi bir basınç, vakum işlemi olmamasına rağmen oldukça yüksek retensiyon değerleri elde edilmiştir. Bu da odun koruma yöntemleri arasında klasik adıyla bilinen sıcak-soğuk kazan yöntemi ya da CIRAD ve FCBA tarafından geliştirilen ve “ısıl biyo-yağ yöntemi (bio-oleothermal process)” olarak isimlendirilen yöntem (Podgorski vd., 2008) ile odunun iyi bir şekilde empenye edilebileceğini göstermektedir. Bu yöntem ile çatlama olmaksızın küçük boyutlardaki odun örneklerinin ve yuvarlak haldeki ağaç malzemenin başarılı bir şekilde empenyesi ayrıca Berard vd. (2006), Lyon vd. (2007a, b) ve Podgorski vd. (2008) tarafından da rapor edilmiştir. Yöntemde yağın odun içine iyi bir şekilde girebilmesi için 100°C'nin üstünde sıcaklığın gerekli olduğu belirtilmiştir (Berard vd., 2006).

Borlu bileşikler ve yağlar ile empenye edilen odun örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile empenye edilen örneklere göre DRM değerlerindeki değişimi, sarıçam için Şekil 27-29'da, kayın için Şekil 30-32'de gösterilmektedir. Her iki ağaç türünde sadece borlu bileşikler ile empenyeli örneklerin DRM değerleri, kontrol örneklerinin DRM değerlerinden daha fazla çıkmıştır. Bor bileşikleri arasında dikkate değer bir farklılık gözlenmez iken, bor konsantrasyonu arttıkça DRM değerlerinde artış gözlenmiştir. BA ve

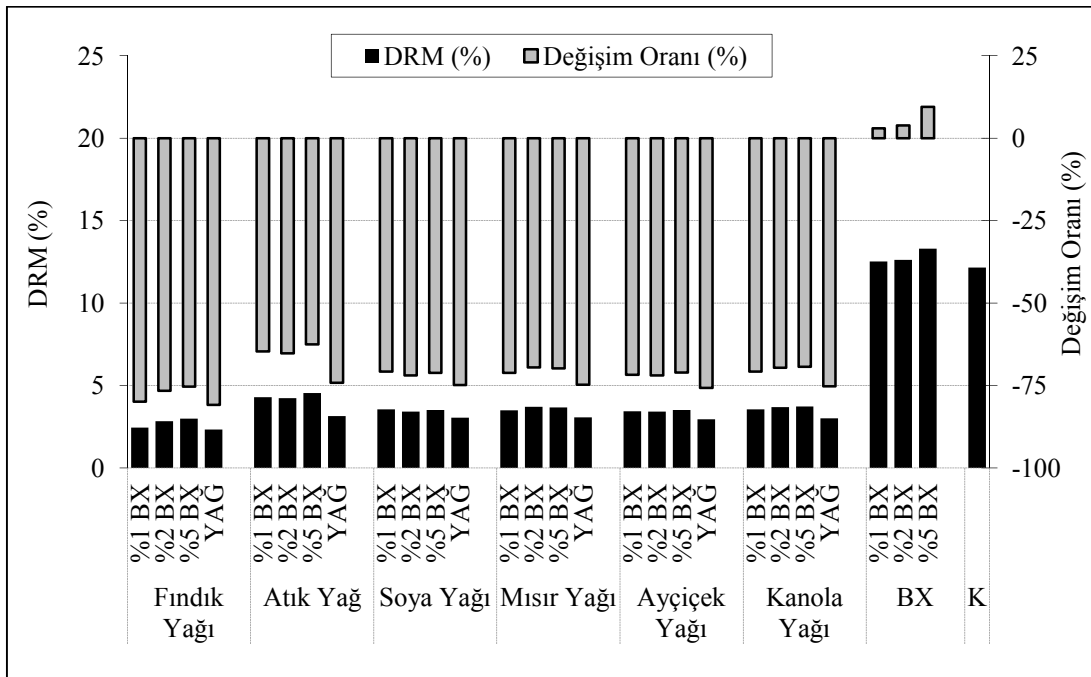
BX ile emprenyeli örneklerin kontrol örneklerinden daha higroskopik olduğu Baysal vd. (2006b) tarafından da rapor edilmiştir. Odun koruma amaçlı kullanılan inorganik tuzların büyük çoğunluğu higroskopiktir, yani yüksek bağıl nemli ortamlarda havadaki rutubeti absorplayarak odunun denge rutubet miktarını yükseltirler (Baysal vd., 2006b). Borlu bileşikler higroskopik bir yapıya sahip olmaları nedeniyle odunun su sorpsiyonunu arttırmakta ve özellikle yüksek bor yüklemelerinde boyutsal kararlılığı ve direnç özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir (Yalınkılıç vd., 1999c; Yalınkılıç, 2000; Baysal vd., 2006a, 2007b). Borik asit ve sodyum perboratın odunun higroskopisitesini artırması Çolak vd. (2004) tarafından da belirtilmiştir. DRM değerlerindeki artışlar ağaç türü, kimyasal madde tipi ve retensiyona göre değişiklik göstermektedir. Yüksek DRM aktif bileşenlerin yıkanmasına, mantarın özellikle küf mantarlarının gelişimi için uygun ortam yaratılmasına ve rutubetli odunda yapışma ve yüzey işlemlerinin zorlaşmasına neden olmaktadır (Lesar ve Humar, 2010).



Şekil 27. Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM değişimi



Şekil 28. Tarımbor ve yağlar ile empenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile empenye edilen örneklere göre DRM değişimi

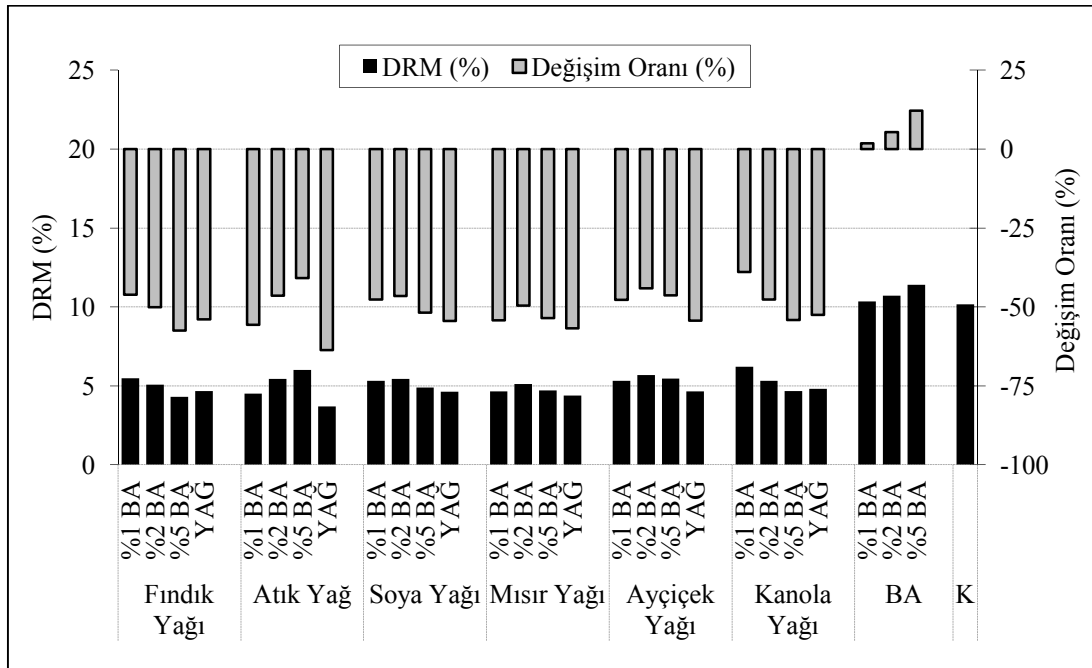


Şekil 29. Boraks ve yağlar ile empenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile empenye edilen örneklere göre DRM değişimi

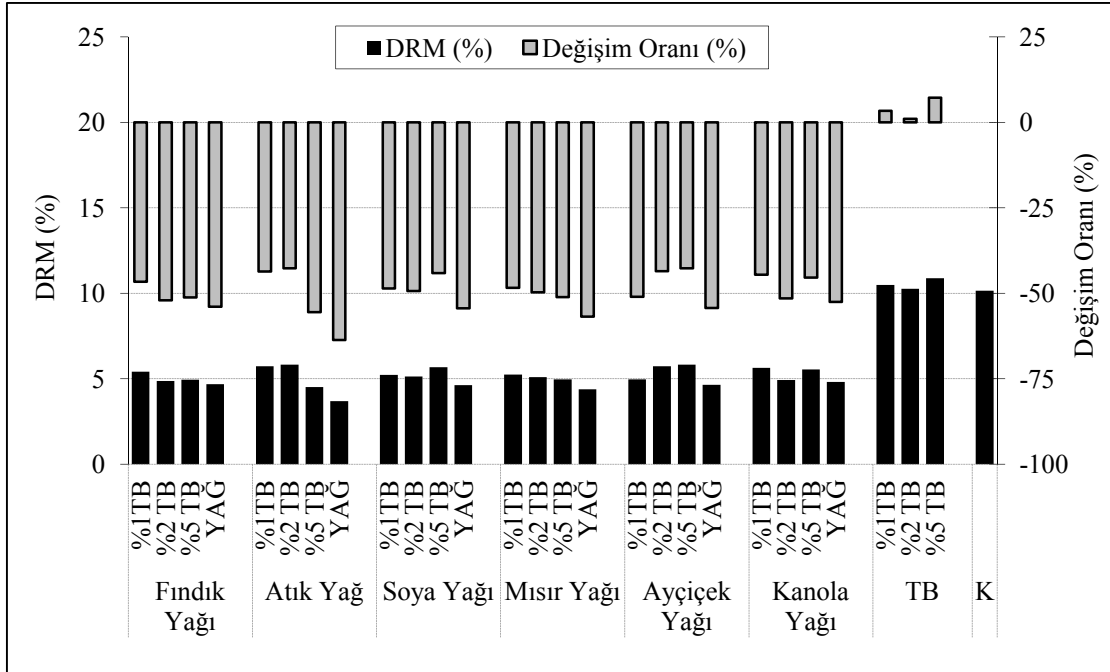
Yağ empenyesi örneklerin DRM değerlerini önemli ölçüde azaltmıştır. Bunun muhtemel nedeni yağ ile hücre boşluklarının dolması ve böylece suyun oduna girişinin

fiziksel olarak engellenmesidir. Su itici maddelerin odunun rutubet miktarını ve su almasını azaltarak odunu mantara ve renklenmelere karşı koruduğu bilinmektedir (Williams ve Feist, 1999). Odunu hidrofobik hale getiren yağ işlemleri borlu bileşikler ile ön emprenyeli odunun rutubet miktarını azaltır, biyolojik dayanımını artırır (Lyon vd., 2007b). Sadece yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinin DRM değerleri %2,3-3,13 arasında, kayın örneklerinin DRM değerleri %3,7-4,8 arasında değişim göstermektedir. Borlu bileşik + yağ ile işlem gören sarıçam odununda bu değerler %2,4-4,5 arasında, kayında ise %4,3-6,6 arasındadır. Yağlar arasında önemli değişiklikler gözlenmemekle birlikte, istatistiksel açıdan bazı farklılıklar ($p < 0,05$) bulunmuştur. Sadece yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinde en düşük DRM fındık yağı ile emprenye edilen örneklerde gözlenmiş, diğer yağlar arasında istatistiksel açıdan fark çıkmamış ve aynı homojenlik grubunda yer almışlardır (Ek Tablo 3). Kayın odunu örneklerinde, en düşük DRM atık yağ ile emprenye edilen gruplarda gözlenmiş, diğer yağlar aynı homojenlik gruplarında yer almıştır (Ek Tablo 6). Konuya ilişkin yapılan bir çalışmada, ladin odunu örneklerinin 200-220°C'de 2-4 saatlik sıcak yağ işlemi ile DRM değerlerinin, higroskopik karakterli hemiselülozların yapısının bozunması, hücre çeper bileşenlerinin kimyasal değişikliği ve absorbe edilen yağ nedeniyle %30-50 oranında azaltıldığı rapor edilmiştir (Wang ve Cooper, 2005a, b). Kavak odunu örneklerinin sıcak yağ işlemine maruz bırakılmasıyla rutubet içerikleri %4-4,5 arasında bulunmuş ve kontrole kıyasla %25-33 oranında bir azalma elde edilmiştir (Bazyar vd., 2010). Borlu bileşiklerin ardından su itici maddelerle emprenye edilen örneklerde, kontrol örneklerine kıyasla ağaç malzemenin higroskopisitesinde azalmalar gözlenmiştir (Çolak vd., 2004). Tall yağı ile emprenye edilen odunda rutubet miktarının azaldığı, odunun ıslanması ve rutubet alması için gereken zamanın uzadığı ve böylece mantar saldırılarının yavaşladığı belirtilmiştir (Koski, 2008). Montan vaks emülsiyonu ve borik asit ile emprenye edilen odun örneklerinin rutubet içeriği, sadece borik asitle emprenye edilen örneklerden daha düşük çıkmıştır. Vaks ile emprenye edilen odunun yüzeyi daha hidrofobik hale gelmekte ve bu da rutubete maruz kalmanın ilk saatlerinde odunun rutubet alımını azaltmaktadır. Ayrıca, odun yüzeyinde oluşan ince tabaka bir engel görevi görmektedir. Hücre boşluklarında vaks ve borik asidin yerleşmesi, suyun gireceği yerleri fiziksel olarak azaltmakta, böylece rutubet içeriği düşmektedir (Lesar ve Humar, 2010). Schulte vd. (2004), %10 propikonazol ile emprenye edilen odunun modifiye edilmiş bezir yağı ile ikinci kez emprenyesinde rutubet miktarının azaldığını ifade etmiştir.

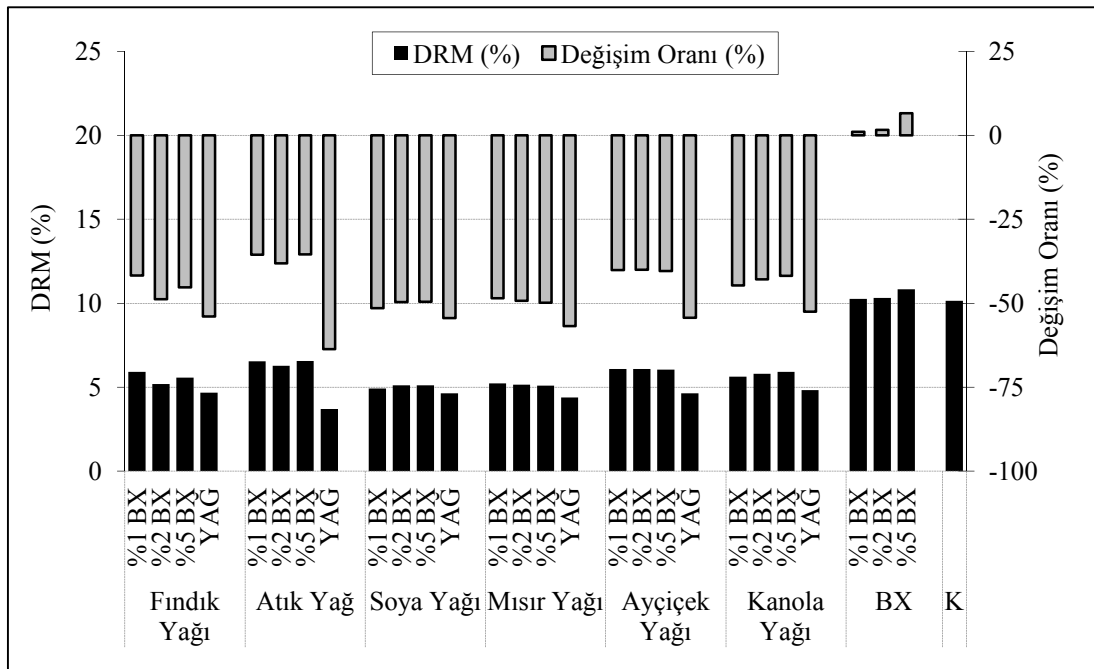
Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinde DRM üzerine bor bileşiğinin, konsantrasyonun ve yağ çeşidinin etkili olduğu, yine konsantrasyon artışına bağlı olarak DRM değerlerinde artış olduğu bulunmuştur (Ek Tablo 3). Şekil 27-29'dan da görüleceği üzere, kontrol örneklerine kıyasla yağ ile emprenye işlemi yaklaşık %65-75 oranında DRM değerlerini azaltmıştır. En düşük DRM değerini borlu bileşikler ve fındık yağı ile emprenye edilen örnekler, en yüksek DRM değerini borlu bileşikler ve atık yağ ile emprenye edilen örnekler göstermiştir. Odun örneklerinin higroskopik bir yapıya sahip olan bor bileşikleri ile ön emprenyesi DRM değerlerini sadece yağ ile muamele edilen örneklere göre biraz daha arttırmıştır.



Şekil 30. Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM değişimi



Şekil 31. Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM değişimi



Şekil 32. Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM değişimi

Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen kayın örneklerinde DRM değerleri üzerine bor bileşiğinin ve yağ çeşidinin etkili olduğu, ancak konsantrasyonun etkili olmadığı

bulunmuştur (Ek Tablo 6). Şekil 30-32’de de görüleceği üzere kontrol örneklerine kıyasla yağ ile emprenye işlemi yaklaşık %40-60 oranında DRM’ını azaltmıştır. Bor bileşikleri ile ön emprenye sarıçamda olduğu gibi DRM değerlerini sadece yağ ile muamele edilen örneklere göre biraz daha arttırmıştır. BA ve TB ile birlikte fındık, soya ve mısır yağları ile emprenye edilen örneklerde en düşük DRM değerleri gözlenmiştir. Kayında BX ön emprenyesi diğer borlu bileşiklere göre denge rutubetini en fazla arttıran borlu bileşik olmuştur. Boraks bazik karakterli bir bor bileşiği olduğundan, odun yüzeyleri negatif olarak yüklenir ve bu durumda asidik karakterli borik asitten daha hidrofilik özellik gösterir (Ramos vd., 2006). Toker (2007), çeşitli borlu bileşiklerle emprenye ettiği odun örneklerinde en yüksek higroskopisite değerini BX ile muamele edilen örneklerde bulmuş ve kristal yapıya sahip olan emprenye maddelerinin ağaç malzemenin rutubet almasını arttırdığını ifade etmiştir.

Sarıçam örneklerinin kayına kıyasla daha düşük DRM değeri göstermesi, daha yüksek yağ retensiyonu vermesinden ve yağın odunda oluşturduğu öngörülen hidrofobik tabakadan dolayı olabilir. Odundaki yağ miktarı arttıkça su iticilik sağlanacağı için DRM değerlerinin azalması beklenen bir sonuçtur. Odunun borlu bileşiklerle ön emprenyesi DRM değerlerini sadece yağ ile emprenye edilen örneklere kıyasla biraz arttırmıştır, ancak kontrole kıyasla iyileşme önemli ölçüde sağlanmıştır. Bunun yine borlu bileşiklerin higroskopik karakterinden ortaya çıktığı düşünülmektedir. Genellikle su itici yöntemler odunun DRM’ını değiştirmezler, DRM’na ulaşılması için gereken süreci uzatırlar. Bu aylar ya da yıllar alabilir. Rutubetin lümenlerden girişi fiziksel olarak engellenir ve suyun odun hücre çeperine ulaşması çok uzun zaman alır (Rowell, 2005). DRM ağaç malzemenin biyolojik dayanım ve mekanik özelliklerini etkileyen önemli bir parametredir, azalmasıyla mekanik direnç ve biyolojik dayanım özellikleri artmaktadır. Rutubette %1’lik bir artış basınç direncinde yaklaşık %6’lık bir azalmaya neden olmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997). Mekanik özellikler içinde odundaki rutubet miktarından en fazla etkilenen LPBD’dir (Rowell, 2005).

4.1.2. Emprenye İşlemlerinin Odunun Tam Kuru Yoğunluk ve Denge Rutubet Miktarındaki Yoğunluk Değerleri Üzerine Etkisi

Borlu bileşikler ve yağlar ile emprenye edilen odun örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre denge rutubet miktarındaki yoğunluk (δ_{dm})

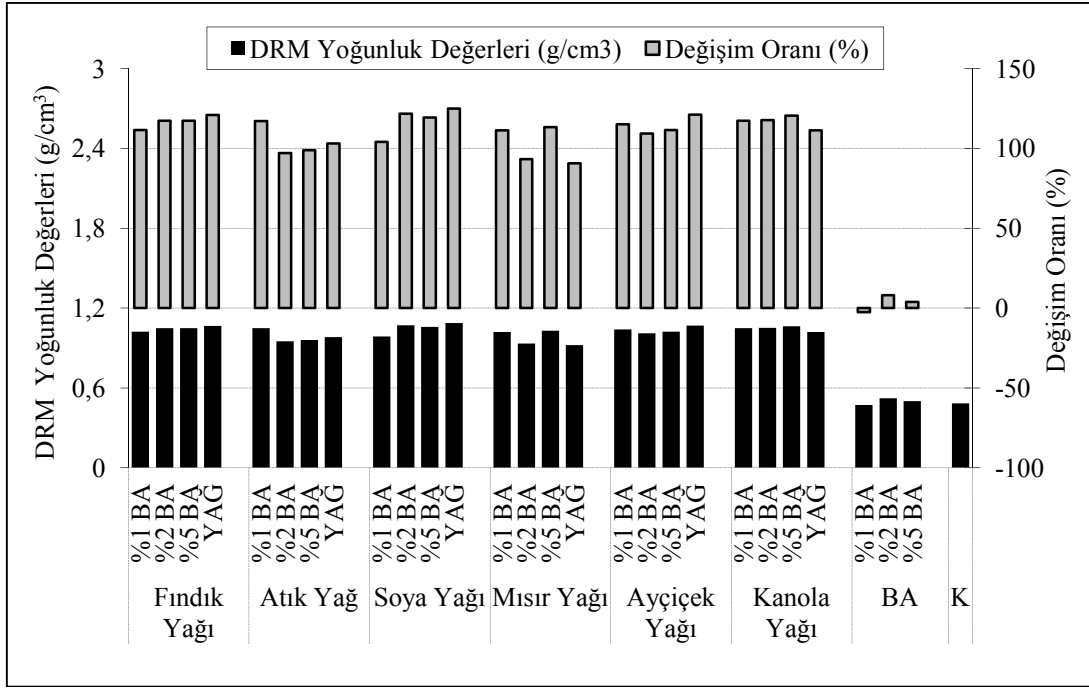
değerlerindeki değişim sarıçam için Şekil 33-35'de, kayın için Şekil 36-38'de gösterilmektedir.

Yağ ile emprenye edilen borlu bileşik ön muameleli/muamelesiz sarıçam örneklerinin tam kuru haldeki yoğunluk (δ_0) değerleri 0,863-1,084 g/cm³, δ_{drm} değerleri ise 0,899-1,122 g/cm³ arasında değişmektedir. Kontrol örneklerinin δ_0 ve δ_{drm} değerleri ise 0,428 ve 0,483 g/cm³'dür. Sarıçam ağaç türünde sadece borlu bileşikler ile emprenyeli örneklerin δ_0 ve δ_{drm} değerleri kontrol örneklerine yakın ya da çok az yüksek çıkmıştır. Yoğunluk değerleri üzerine bor bileşiği ve artan bor konsantrasyonu arasında gözle görülebilir önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Tüm varyasyonlarda yağ ile emprenye işlemi örneklerin δ_0 ve δ_{drm} değerlerini neredeyse 2 katına çıkarmıştır. Bu da örneklerin yağ işlemi sonrasında ki ağırlık artışı değerleri dolayısı ile artan ağırlıklarıyla ilişkilidir. Baysal vd. (2007b) sarıçam ve kayın örneklerinin borlu bileşik + monomer emprenyesi ile yoğunluklarında 2 kat artış olduğunu bulmuştur. Örs vd. (1999c), BA + su itici maddelerle emprenye edilen örneklerde artan yoğunluk değişimlerini rapor etmiştir. Sarıçam örneklerinin bezir yağı ile %105 ağırlık artışı değeri verecek şekilde emprenye edilmesiyle yoğunluk değeri 1,013 g/cm³ olmuştur. Mikroskopik incelemelerde, yağların radyal özışınları ve traheid lümenlerine yerleştiği; ilkbahar odununun yüksek porozitesi nedeniyle yağ alımının yaz odununa göre daha fazla olduğu; ancak AAD arttıkça yaz odununda daha yüksek yağ alımı gözleendiği belirtilmiştir. Yüksek AAD'de yağ odunda homojen bir dağılım göstermiştir (Olsson vd., 2001). Yoğunluk ile odun tarafından absorbe edilen bezir yağının arasında pozitif yönde bir korelasyon olduğu ve bunun ilkbahar odununda yaz odununa göre daha belirgin olduğu Ulvcrona vd. (2006) tarafından belirtilmiştir. Rosenqvist (2000) ise bezir yağının daha çok yaz odunu hücrelerinin lümenlerinde ve öz ışınlarında bulunduğunu, ancak hücre çeperine penetrasyonunun olmadığını ifade etmiştir. Kanola yağı ile 120°C'de vakum-basınç yöntemiyle emprenye edilen sarıçam örneklerinde yoğunluk değerleri başlangıç değerinin 2 katına çıkmış ve bu örneklerde termitlere karşı iyi bir biyolojik etkinlik sağlanmıştır (Smith vd., 2003). Yine başka bir çalışmada kanola yağı ile emprenye edilen sarıçam örneklerinde yoğunluk değerleri 2 katına çıkmış, rutubet içerikleri %50 oranında azaltılmış ve sıcak yağ işleminin ardından gerçekleştirilen emprenye işlemi ile termitlere karşı iyi bir biyolojik dayanım elde edilmiştir (Nunes vd., 2006).

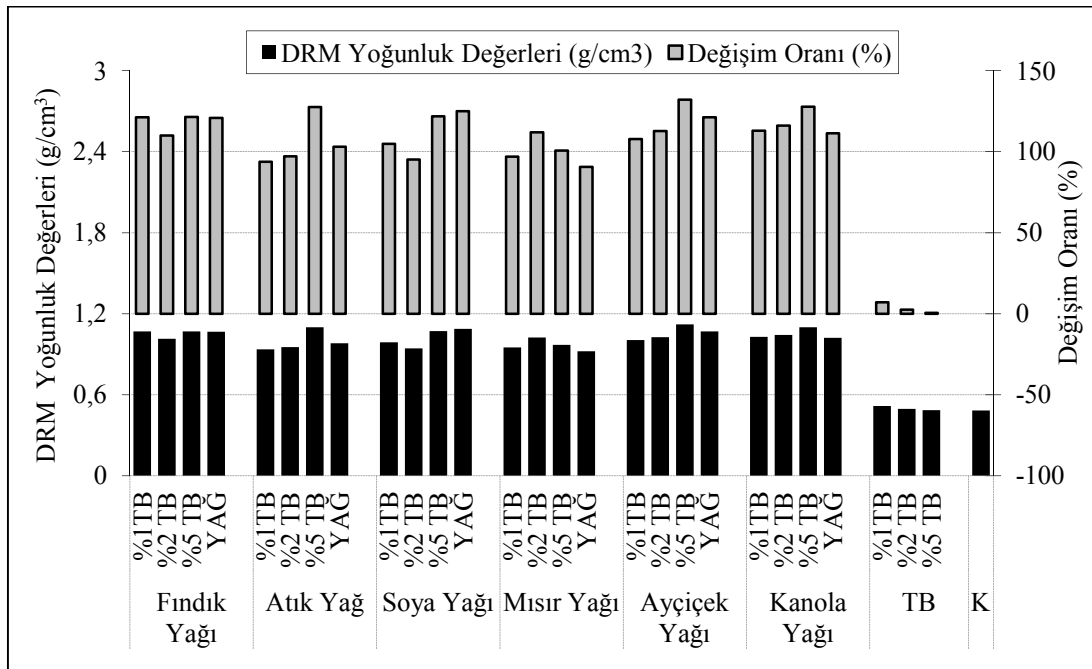
Yağlar arasında keskin farklılıklar olmamakla birlikte, istatistiksel açıdan birbirlerine kıyasla bir miktar artış ya da azalış vardır. Buna göre, en düşük yoğunluk değerini mısır

yağı, en yüksek yoğunluk değerini fındık, soya ve ayçiçek yağı ile muamele edilen örnekler göstermiştir. Yağlar arasındaki bu değişimler, retensiyon değerlerinde gözlenen değişime benzerlik göstermektedir. Şekil 33'den görüleceği üzere BA + yağ ile empenye edilen örneklerde yoğunluk değerleri BA konsantrasyonundan çok etkilenmemiştir. Yağlar arasında keskin farklar olmayıp, en düşük yoğunluk değerini BA + mısır yağ ile muamele edilen örnekler vermiştir. Şekil 34'de görüldüğü gibi TB + yağ ile empenye edilen örneklerde sadece TB ile empenyeli örneklere ve kontrol örneklerine göre 2 kat daha fazla olan yoğunluk değerleri görülmüştür. Bu örneklerde TB konsantrasyon artışına bağlı olarak yoğunlukta hafif bir artış gözlenmiştir. En düşük yoğunluk değerini TB + mısır yağı ile muamele edilen örnekler göstermiştir. Şekil 35'de BX + yağ ile muamele edilen örneklerde BX konsantrasyonu arttıkça yoğunluk yine bir miktar artma eğilimi göstermiş, bu grupta da en düşük yoğunluk değerini BX + atık yağ muamelesi vermiştir.

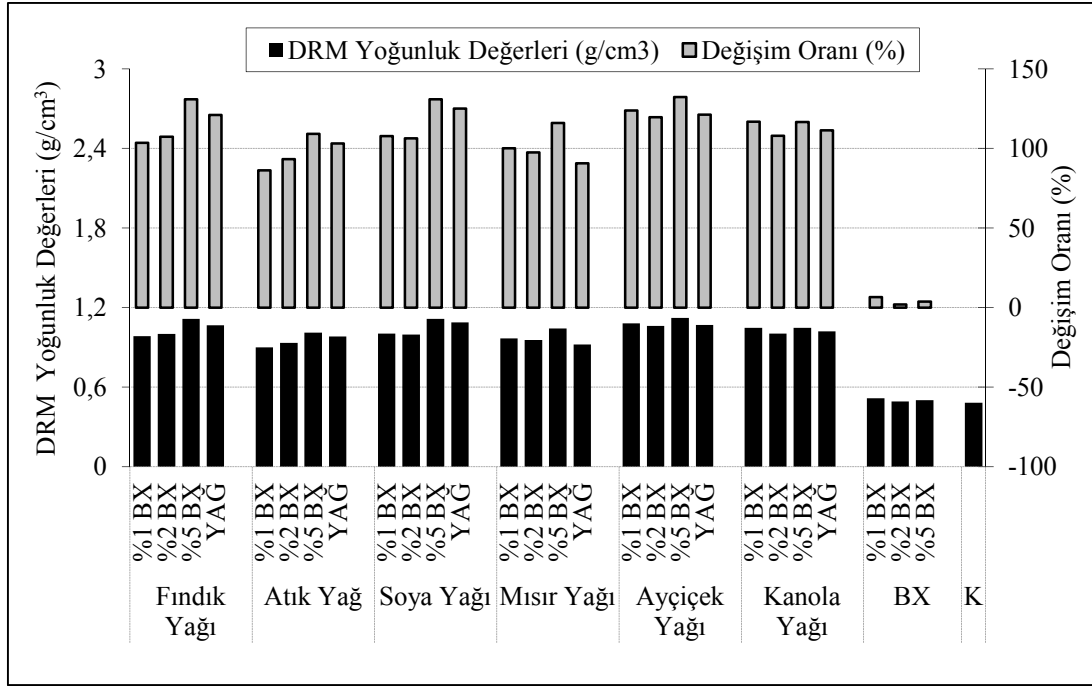
Borlu bileşik + yağ ile empenye edilen sarıçam örneklerinde borlu bileşiklerin ön empenyesi yoğunluk değerlerini olumsuz etkilememiş, hatta bazı varyasyonlarda sadece yağla muamele edilen örneklere göre biraz daha artmasını sağlamıştır. Bu örneklerde bor bileşikleri arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlenmezken, bor konsantrasyonu arttıkça yoğunlukta artışlar gözlenmiştir. Odunun borlu bileşikler ile empenyesini takiben gerçekleştirilen yağ muamelesi ile yoğunluk değerlerinde çok keskin değişiklikler gözlenmemekle birlikte, en düşük δ_0 ve δ_{dm} değerleri atık ve mısır yağında görülmüş, diğer yağlar aynı homojenlik grubunda yer almıştır (Ek Tablo 4 ve 5).



Şekil 33. Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM yoğunluk değişimi



Şekil 34. Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM yoğunluk değişimi

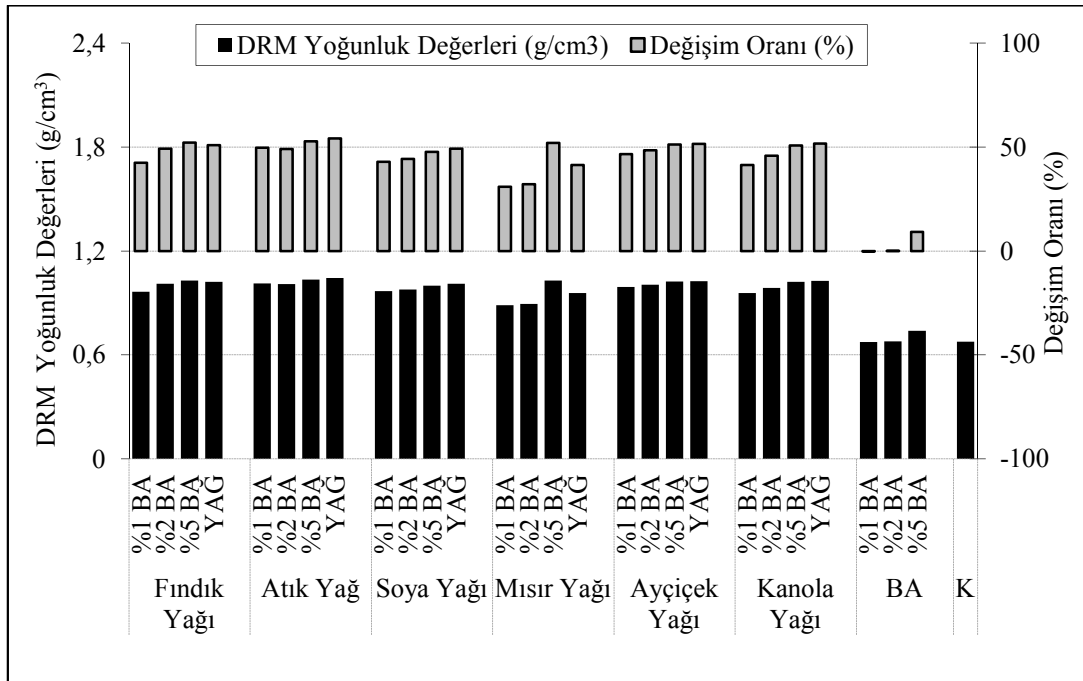


Şekil 35. Boraks ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM yoğunluk değişimi

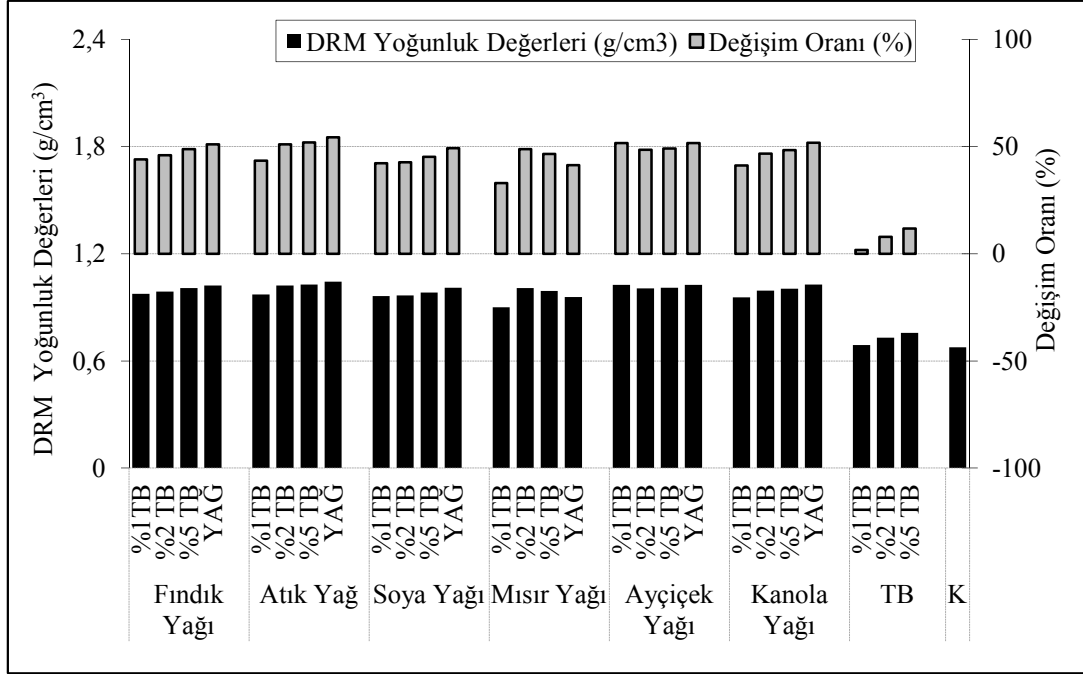
Yağ ile emprenye edilen borlu bileşik ön muameleli/muamelesiz kayın örneklerinin δ_0 değerleri 0,855-1,011 g/cm³, δ_{drm} değerleri ise 0,886-1,044 g/cm³ arasında değişim gösterirken, kontrol örneklerinin δ_0 ve δ_{drm} değerleri sırasıyla 0,618 ve 0,677 g/cm³ olarak bulunmuştur. Sadece borlu bileşikler ile emprenyeli örneklerin δ_0 ve δ_{drm} değerleri kontrol örneklerine yakın ya da çok az yüksek çıkmıştır. TB ve BX bileşikler konsantrasyon artışına bağlı olarak yoğunlukta artışlara neden olmuştur. Tüm varyasyonlarda yağ ile emprenye işlemi örneklerin δ_0 ve δ_{drm} değerlerini yaklaşık %40-65 oranında arttırmıştır. Bu durum, yine örneklerin yağ işlemi sonrasında ağırlık artışı değerleri dolayısı ile artan ağırlıklarıyla ilişkilidir. Yağlar arasındaki farklılıklar çok net olmamakla birlikte, en düşük yoğunluk değerini mısır yağı ile emprenye edilen örnekler gösterirken, diğer yağlarla emprenye edilen örnekler arasında istatistiksel açıdan farklılık çıkmamıştır (Ek Tablo 7 ve 8). Şekil 36'dan görüleceği üzere BA + yağ ile emprenye edilen örneklerde yoğunluk değerleri BA konsantrasyonu artışına göre bir miktar artmaktadır. En düşük yoğunluk değerini BA + mısır yağ ile muamele edilen örnekler vermiştir. Şekil 37'de TB + yağ ile emprenye edilen örneklerde konsantrasyon artışına bağlı olarak yoğunluk değerlerinde bir miktar artış gözlenmiş, yağ çeşitleri arasında ise belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Şekil 38'de yine BX'in konsantrasyon artışına bağlı olarak yoğunluk değerlerinde artışlar

gözlenmiş ve yağlar hemen hemen benzer yoğunluk değerleri sergilemiştir. Borlu bileşik ön emprenyesi yoğunluk değerlerini olumsuz yönde etkilememiştir. Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen kayın örneklerinde, bor bileşikleri arasında istatistiksel açıdan farklılıklar gözlenmezken, bor konsantrasyonu arttıkça yoğunlukta artışlar gözlenmiştir. Borlu bileşikler ile emprenyeyi takiben gerçekleştirilen yağ muamelesinde en düşük δ_0 ve δ_{drm} değerleri mısır yağında görülmüş, diğer yağlar aynı homojenlik gruplarında yer almıştır (Ek Tablo 7 ve 8).

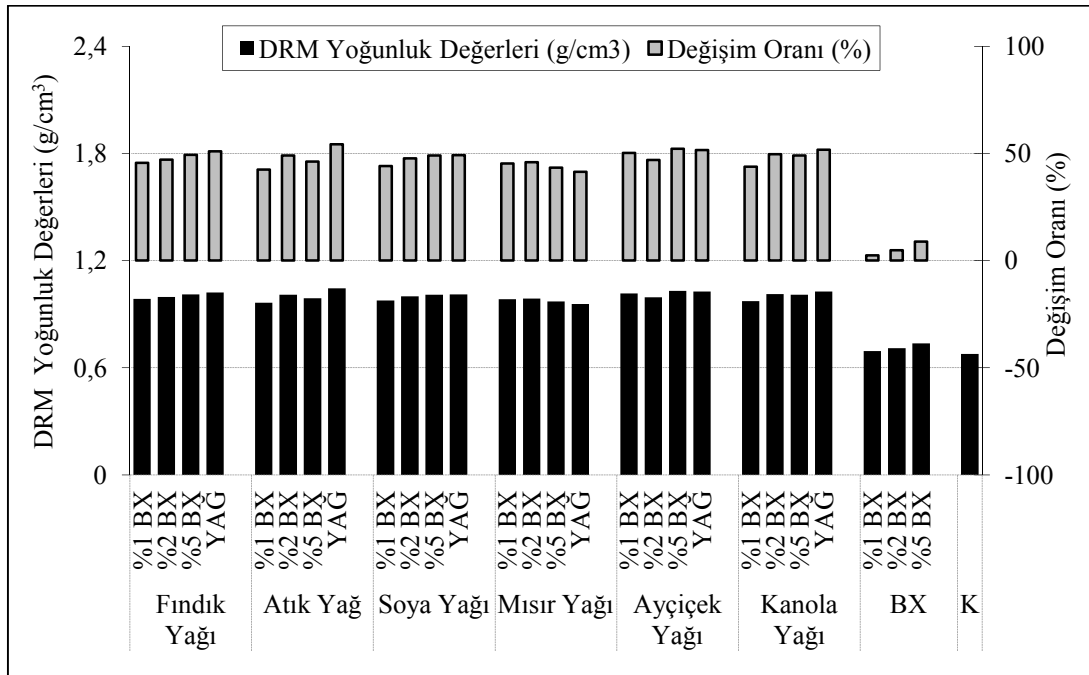
Hem sarıçam hem de kayın örneklerinin yağ ile emprenye işlemi sonrasında δ_0 ve δ_{drm} değerleri önemli ölçüde artış göstermiştir. Ancak, sarıçamda görülen artış kayına göre biraz daha yüksektir. Bu durum, sarıçam örneklerinin kayına göre daha yüksek yağ retensiyonu göstermesi nedeniyledir. Yağ retensiyonları ile yoğunluk değerleri beklendiği üzere birbirine paralellik göstermiştir. Yoğunluk ağaç malzemenin mekanik özelliklerini etkileyen önemli bir parametredir, arttığında basınç direnci de önemli ölçüde artmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).



Şekil 36. Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM yoğunluk değişimi



Şekil 37. Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM yoğunluk değişimi

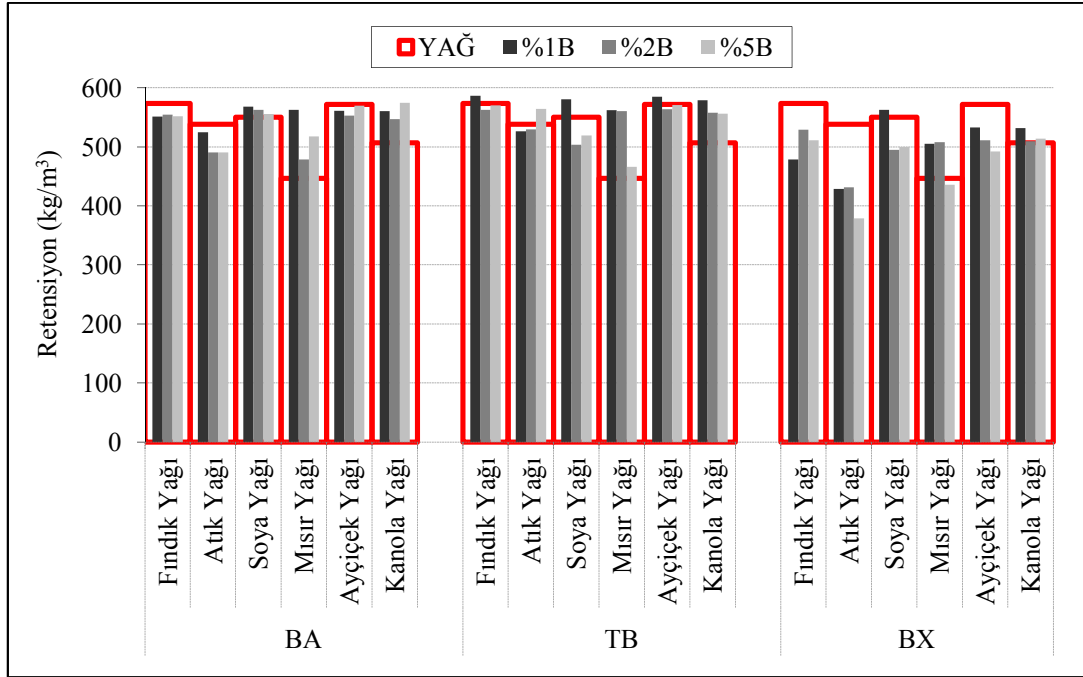


Şekil 38. Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre DRM yoğunluk değişimi

4.1.3. Emprenye İşlemlerinin Odunun Su Alma Oranı, Su İtici Etkinlik ve Daralmayı Önleyici Etkinlik Değerleri Üzerine Etkisi

Bir önceki bölümde verilen retensiyon değerlerinden farklı olarak, su alma ve su itici etkinlik deneyleri ile bor, TG ve FTIR analizlerinde kullanılan emprenyeli örneklerin retensiyon değerlerindeki değişimler Şekil 39'da sarıçam için, Şekil 40'da kayın için gösterilmiştir. Hem sarıçam hem kayın odunu örneklerinin retensiyon değerleri üzerine kullanılan bor bileşiği, bor konsantrasyonu ve yağ çeşidi ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin %95 güven düzeyi ile istatistiksel anlamda önemli olduğu saptanmıştır (Ek Tablo 9 ve 10). Sarıçam ve kayın örneklerinin retensiyon ve ağırlık artışı değerleri sırasıyla 379-563 kg/m³, %86-139; 325-439 kg/m³, %48-74 arasında değişim göstermiştir. Borlu bileşikler ile ön emprenye işlemi her iki ağaç türü için yağ retensiyonlarında bir miktar değişikliğe neden olmuştur.

Şekil 39'dan görüleceği üzere, sarıçam odunu örneklerinin BA emprenyesini takiben soya, mısır ve kanola yağı ile gerçekleştirilen ikinci emprenye işlemi sadece yağ işlemine göre, retensiyon değerlerinde az bir artışa, fındık ve atık yağı ile emprenye işlemi hafif bir azalmaya neden olmuş; borik asit ön emprenyesi ayçiçek yağı retensiyonunda ise önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Bu grupta en az retensiyonu BA + mısır ve atık yağı ile emprenye edilen örnekler vermiştir. Odunun TB emprenyesini takiben soya yağı ile gerçekleştirilen emprenye işlemi, sadece yağ emprenyesine göre retensiyon değerlerinde bir miktar azalmaya; atık, mısır ve kanola yağında ise bir miktar artışa neden olmuş; fındık ve ayçiçek yağı kullanımında ise önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Bu grupta en az retensiyon mısır yağı kullanımında elde edilmiştir. BX ön emprenyesi ise, mısır ve kanola yağı hariç diğer yağların kullanılmasıyla retensiyon değerlerinde bir miktar azalmaya neden olmuştur. Bu grupta en az retensiyon değeri atık yağ ile emprenye edilen örneklerde gözlenmiştir. Sadece yağ ile emprenye edilen örneklerde en az retensiyon yine mısır yağı ile emprenye edilenlerde bulunmuştur. Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen sarıçam örnekleri arasında en az retensiyonu BX ile ön emprenyeli gruplar vermiştir. Konsantrasyon arttıkça retensiyonlar bir miktar azalmıştır. Tüm bor bileşikleri ve konsantrasyonları göz önüne alındığında yağ retensiyon değerlerindeki azalma sırasıyla şöyledir: ayçiçek yağı = fındık yağı = kanola yağı = soya yağı > mısır yağı > atık yağı (Ek Tablo 9).

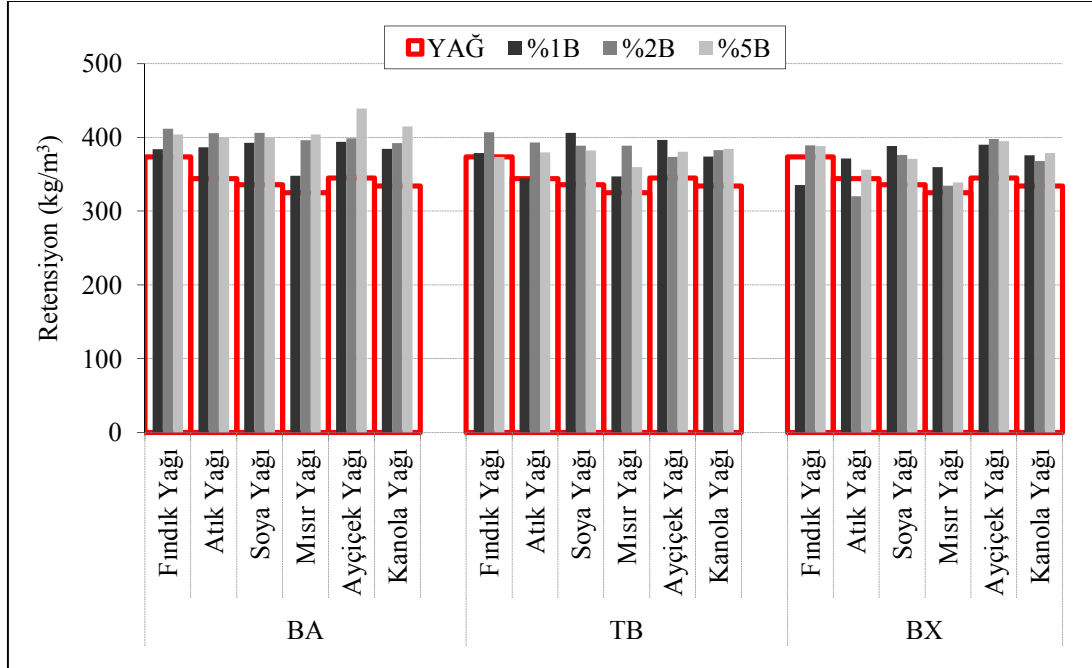


Şekil 39. Borlu bileşikler ve yağlar ile empenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağ ile empenye edilen örneklere göre retensiyon değerlerindeki değişimi

Şekil 40'da görüleceği üzere, kayın odunu örneklerinin BA, TB ve BX ile ön empenyesini takiben yağlar ile gerçekleştirilen ikinci empenye işlemi sadece yağ işlemine göre, retensiyon değerlerinde bir miktar artışa neden olmuştur. Sadece yağ ile empenye edilen örneklerde fındık yağı en yüksek retensiyon değerini vermiş, diğer yağlar aynı homojenlik grubunda yer almıştır. Borlu bileşik + yağ ile empenye edilen kayın örnekleri arasında en yüksek retensiyonu BA ile ön empenyeli gruplar vermiş, konsantrasyon artışına bağlı olarak retensiyon değerleri artmıştır. Tüm bor bileşikleri ve konsantrasyonları göz önüne alındığında yağ retensiyon değerlerindeki azalma sırasıyla şöyledir: ayçiçek yağı \geq soya yağı \geq kanola yağı = fındık yağı $>$ atık yağı $>$ mısır yağı (Ek Tablo 10).

Su alma deneylerinde kullanılan örneklerin retensiyon değerlerinin bor bileşiği, konsantrasyonu ve yağ çeşidi bazında bölüm 4.1.1'de irdelenen retensiyon değerlerinden farklı oluşu, örnek boyutlarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu deneyde kullanılan örneklerin enine kesiti (30 x 30 x 15 mm), diğer örnek boyutuna (20 x 20 x 30 mm) göre daha geniştir ve dolayısı ile absorbe edilen yağ ve borlu bileşik miktarı farklılık göstermektedir. Ancak her iki boyuttaki örneklerde yağların retensiyon değerlerinin değişimi benzer şekilde olmuştur. Değişik boyutlarda hazırlanan odun örneklerinin yağ

işlemi sonrasındaki ağırlık artışı değeri farklılığı Bazı vd. (2010) tarafından da gözlenmiştir.

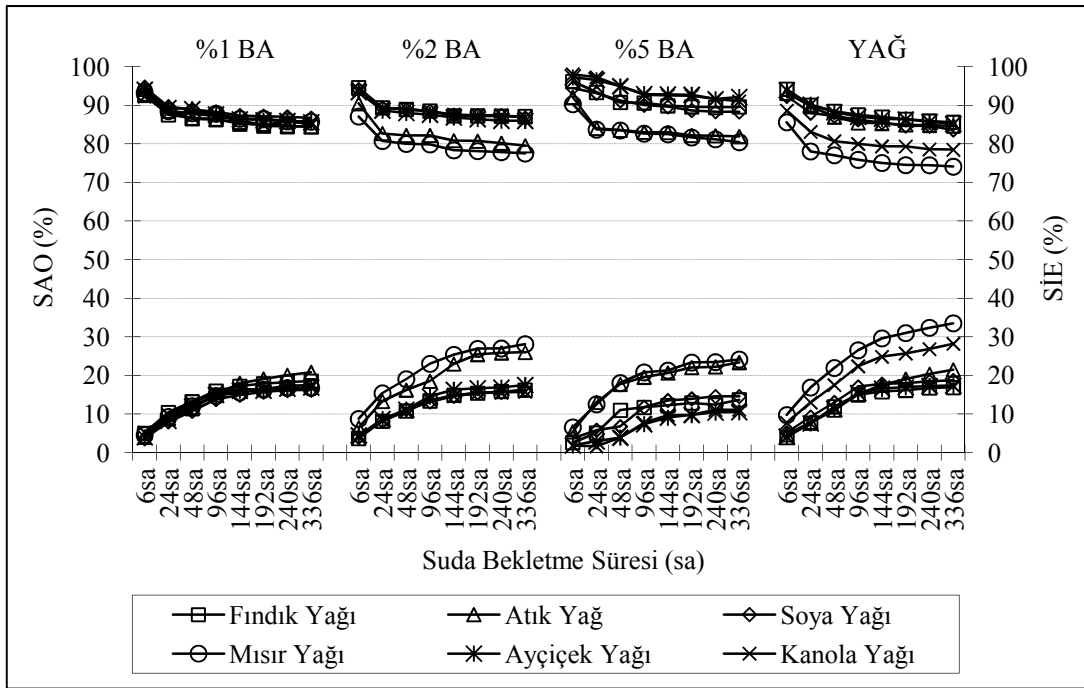


Şekil 40. Borlu bileşikler ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre retensiyon değerlerindeki değişimi

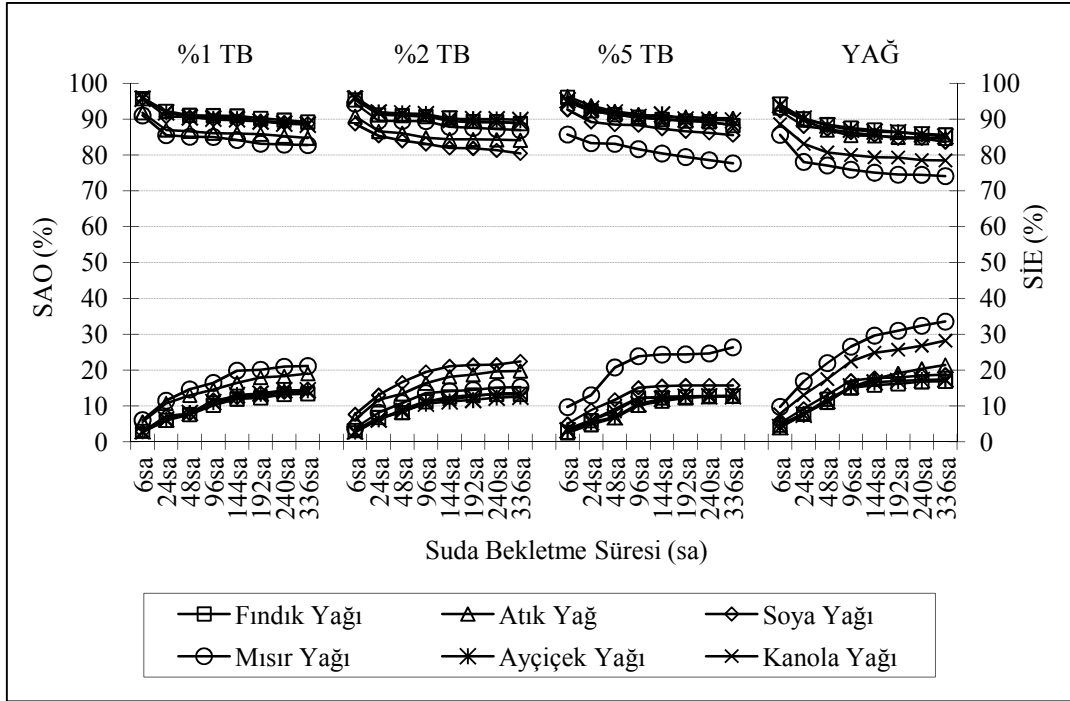
Su alma (SAO, %) ve su itici etkinlik (SİE, %) değerlerindeki değişim kıyaslamalı olarak sarıçam odunu örnekleri için Şekil 41-43'de, kayın odunu örnekleri için Şekil 44-46'da gösterilmiştir. Sarıçam örneklerinin 336 saat su içinde bekletilmesi sonrasındaki SAO değerleri, sadece borlu bileşikler ile emprenye edilmiş örnekler için %125-156 arasındadır. BA + yağ ile muamele edilen örnekler için SAO değerleri %11-28, SİE değerleri %75-92 arasında; TB + yağ ile muamele edilen örnekler için SAO değerleri %12,5-26, SİE değerleri %78-90 arasında; BX + yağ ile muamele edilen örnekler için SAO değerleri %17-40, SİE değerleri %65-88 arasında ve sadece yağ ile emprenye edilen örnekler için SAO değerleri %16-33, SİE değerleri %74-86 arasında bulunmuştur. 336 saat sonrasındaki SAO değeri kontrol sarıçam örnekleri için %146 olmuştur. Kayın örneklerinin 336 saat su içinde bekletilmesi sonrasındaki SAO değerleri, sadece borlu bileşikler ile emprenyeli örnekler için %85-97 arasındadır. BA + yağ ile muamele edilen örnekler için SAO değerleri %19-34, SİE değerleri %64-80 arasında; TB + yağ ile muamele edilen örnekler için SAO değerleri %26-33, SİE değerleri %62-75 arasında; BX

+ yağ ile muamele edilen örnekler için SAO değerleri %28-37, SİE değerleri %60-70 arasında ve sadece yağ ile emprenye edilen örnekler için SAO değerleri %26-32, SİE değerleri %67-73 arasında bulunmuştur. 336 saat sonrasındaki su alma değeri kontrol kayın örnekleri için %96 olmuştur.

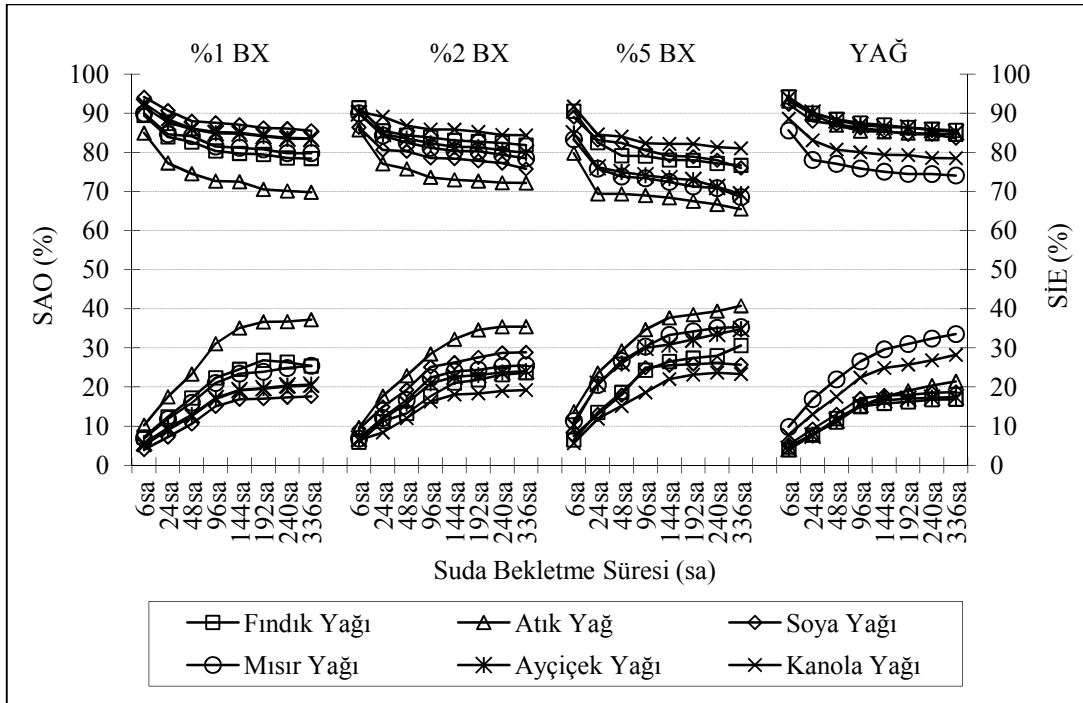
Sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen örnekler odunun su alımını arttırmıştır. Borlu bileşiklerin higroskopik karakterlerinden dolayı odunun su alımını arttırdığı ve yüksek retensiyon değerlerinde dirençte azalmalara neden olduğu Baysal vd. (2006a) tarafından rapor edilmiştir. BA ve DOT emprenyesinin ardından ısıtılma işlemine tabi tutulan örneklerde de higroskopik karakterli borlu bileşikler odunun su alması arttırmıştır (Kartal vd., 2007b). Sadece DOT ile emprenye edilen odun örneklerinin su alma oranı kontrol örneklerinin su alma oranlarından daha yüksek bulunmuştur (Kartal vd., 2004c).



Şekil 41. Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre SAO ve SİE değerlerindeki (%) değişimi



Şekil 42. Tarımbor ve yağlar ile empenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağ ile empenye edilen örneklere göre SAO ve SIE değerlerindeki (%) değişimi

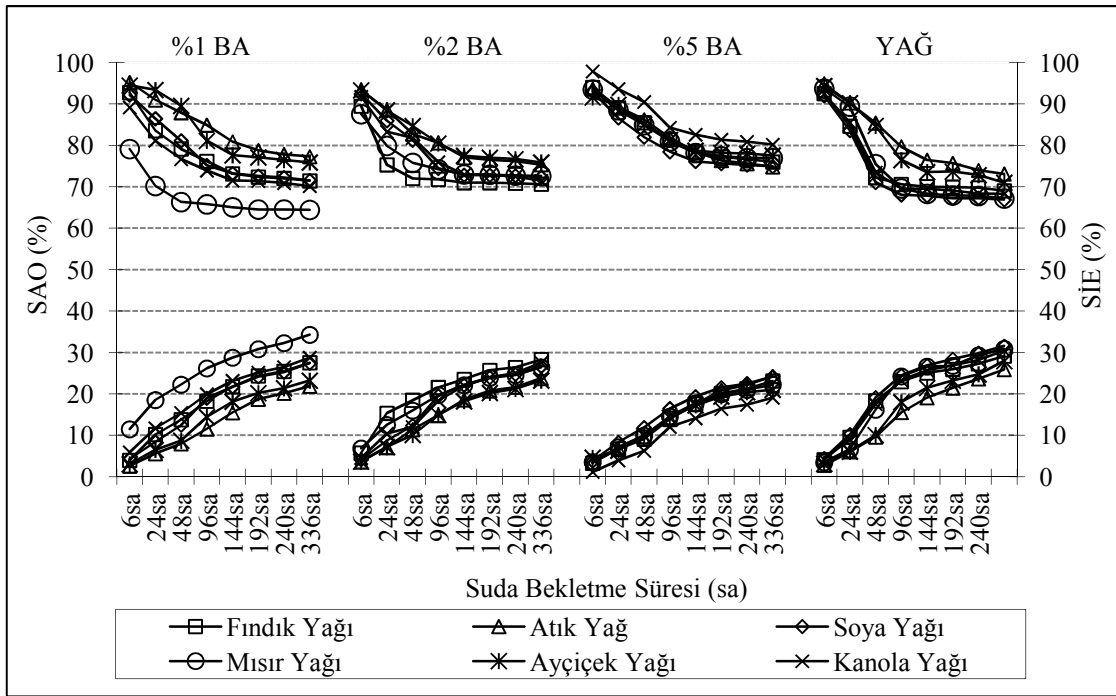


Şekil 43. Boraks ve yağlar ile empenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağ ile empenye edilen örneklere göre SAO ve SIE değerlerindeki (%) değişimi

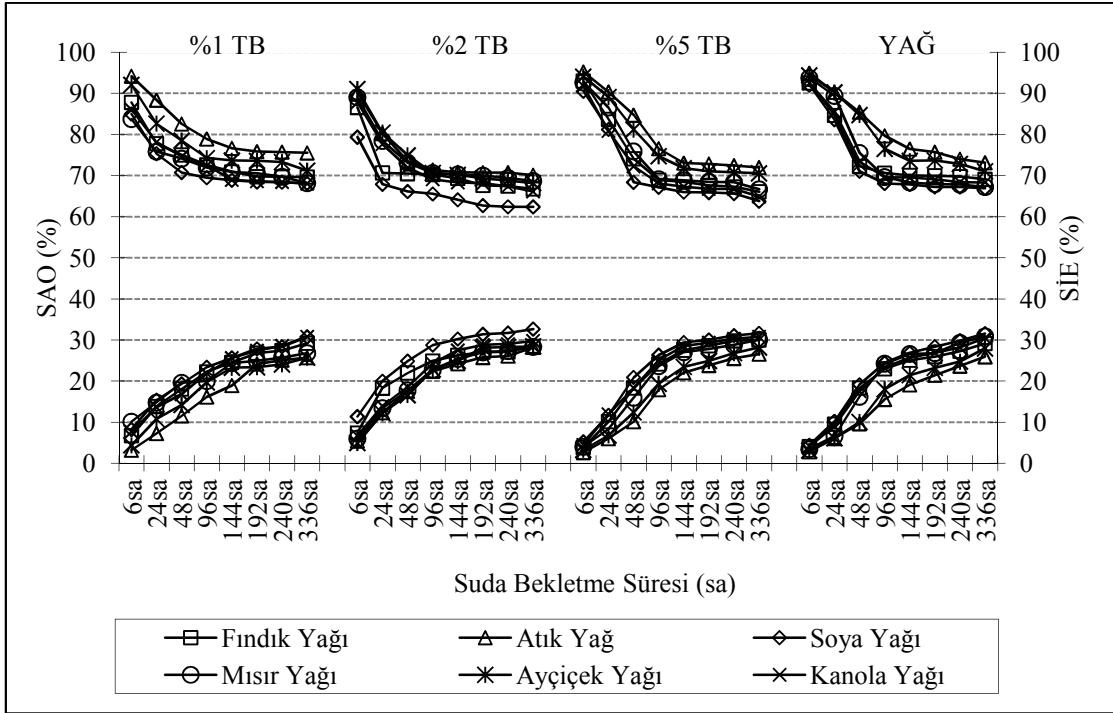
Sadece yağ ile empenye edilen sarıçam örneklerinde en iyi su itici etkinlik değeri fındık, atık, soya ve ayçiçek yağları kullanımında elde edilmiş, bunu sırasıyla kanola ve mısır yağı takip etmiştir (Ek Tablo 11 ve 12). Mısır yağının diğer yağlardan daha düşük SİE değeri verdiği grafiklerde de net olarak gözükmemektedir. Yağların su itici etkinliği odundaki yağ retensiyonları ile birbirine paralellik göstermektedir. Odunda daha yüksek retensiyon değeri veren yağ çeşidi, daha iyi bir SİE sağlamıştır. Kayında ise en iyi su itici etkinliği atık ve ayçiçek yağı gösterirken, bunu sırasıyla mısır, fındık, kanola ve soya yağı takip etmiştir (Ek Tablo 13 ve 14). Ancak, kayın odununda yağlar arasındaki SİE değerleri grafiklerde birbirinden çok keskin bir şekilde ayrılmamaktadır; bu durum yağların kayın odunundaki retensiyon değerlerinin birbirine çok yakın olmasından kaynaklanmış olabilir. Bitkisel yağlar odunda herhangi bir kimyasal bağlanma oluşturmaksızın mekanik bir engel görevi oluşturarak odunun su alımını azaltır (Panov vd., 2010) ve odunda traheid lümenleri ve özışınlarına yerleşerek su iticilik sağlar (Ulvrona, 2006). Hücre boşluklarını dolduran yağ, dış yüzeylerde ve kısmi olarak iç yüzeylerde depolanmakta, böylece odun yüzeyi hidrofobik özellik göstermektedir. Su odun gözeneklerinden kapilar hareketlerle odun dokusuna girdiği için su alma oranı azaltılmaktadır (Koski, 2008). Çalışmada elde edilen SAO ve SİE değerleri, yağların kullanıldığı diğer çalışmalarda elde edilen SAO ve SİE değerlerine benzerlik göstermektedir. Sıcak yağ işlemi ile kavak odunu örneklerinde kontrole kıyasla su alma oranı azalması %75 oranında bulunmuştur (Bazyar vd., 2010). Ladin odununun 200-220°C’de 2-4 saat sıcak yağ işlemi muamelesinde su alma oranı %20-40 arasında bulunmuş ve bunun odun tarafından absorbe edilen yağ ve ısı işleminden kaynaklandığı belirtilmiştir (Wang ve Cooper, 2005b). Temiz vd. (2008d), piroliz yağı ile empenye ettikleri odun örneklerinin kontrol örneklerinden çok daha düşük SAO ve yaklaşık %60-90 oranında DÖE değeri olduğunu tespit etmiş, bu iyileşmenin yağın odunda mekanik bir engel görevi oluşturması nedeniyle sağlandığını ifade etmiştir. Portakal, soya, kanola, fındık ve 2 çeşit tall yağı ile empenye edilen odun örneklerinde 2 hafta sonrasında sırasıyla %7, %80, %80, %80, %66 ve %67 oranında su itici etkinlik sağlandığı rapor edilmiştir (Treu vd., 2001). Van Ekeveld vd. (2011), sarıçam odunu örneklerini bezir yağı, ahşap yağı (kuruyan yağlar), hindistancevizi yağı (doymuş yağ) ve 3 tip tall yağı ile muamele etmiş, 96 saatlik su alma deneylerinde örneklerde %66-89 arasında su itici etkinlik sağlamıştır. SAO değerleri ise yaklaşık olarak %20 civarında olmuştur. Kuruyan yağlar, kuruma özellikleri nedeniyle odunda suyun girişini engelleyen bir engel tabakası oluşturmuş, katı yağlar ise odundaki boşlukları doldurmaları nedeniyle etkinlik sağlamıştır.

Borlu bileşiklerle ön emprenyeyi takiben odunda su itici etkinliği sağlamak için gerçekleştirilen yağ muamelesi, örneklerin SAO'nı önemli ölçüde azaltmıştır. Borlu bileşiklerle ön emprenyeli örneklerde su itici maddeler ile gerçekleştirilen ikinci emprenye işlemi, borlu bileşik ve su arasında engel görevi görerek odunun daha az su almasını sağlar (Baysal vd., 2006a). BA + yağ ile muamele edilen örneklerde (Şekil 41 ve 44), BA konsantrasyonu arttıkça odunun SAO azalmıştır. %5 BA + yağ ile emprenye edilen örnek grubunda odunun orijinal rengi değişmiş ve sanki yüzey, kömürleşme tabakası oluşmuş gibi siyahımsı bir renk almıştır. Bu durum sadece %5 BA ön emprenyeli örneklerde gözlenmiştir. Yüksek konsantrasyonda BA kullanımı odunun 160°C'de yağ ile muamelesi sırasında odun örneklerinin dehidrasyonunu katalizlemiş olabilir. Yağın su itici etkinliğine ilaveten, yüzeyde oluşan bu tabaka suyun oduna girmesini engellemiş ve bundan dolayı %5 BA + yağ muamelelerinde su alım oranları diğer varyasyonlara göre daha düşük çıkmış olabilir. Odun yüzeyinin kömürleştirilmesi eskiden beri bilinmekte ve odunun uzun yıllar boyunca dış koşullarda kullanım süresini arttırmaktadır (Yıldız, 2005). Kömürleşme sonrasında odunda higroskopisite azalmakta, biyolojik dayanım ve boyutsal kararlılık artmaktadır (Petrisans vd., 2003). Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen örneklerde TB ve BX konsantrasyonu SİE değerleri üzerinde önemli bir değişiklik yaratmamış, hemen hemen tüm konsantrasyonlar benzer sonuçlar vermiştir. Ancak, bor bileşikleri arasında BX ön emprenyesi odunun su alımını diğer borlu bileşiklere nazaran biraz daha arttırmıştır. Bu durum kimyasalların farklı bileşimlerinden, dolayısı ile farklı özellikler göstermesinden kaynaklanmış olabilir. Daha önce de belirtildiği gibi, BA'den daha hidrofilik bir yapı gösteren BX (Ramos vd., 2006), odunun DRM'ını ve higroskopisitesini (Toker, 2007) en fazla arttıran borlu bileşik olmuştur. Yağlı emprenye işlemi ile hücre çeperlerine suyun girişi engellenerek, odunun boyutlarını değiştirmesi azaltılır (Pajaanen ve Ritschkoff, 2002). Odunun absorbe ettiği yağ, hücre boşluklarını doldurmakta böylece odunun su alımı azaltılmaktadır. Temiz vd. (2008a) çeşitli biyositler (PBA, formik asit, BA, mandalik asit) ile birlikte bezir ve tall yağı ile emprenye edilen odunda, lümenlerin yağ ile kaplanması nedeniyle su alma oranının azaltıldığını ve biyolojik dayanımın arttırıldığını bulmuştur. Temiz vd. (2006a), 264 saat su içinde bekletilen borik asit + bezir yağı ile emprenye edilen odunda (%13-20), kontrole (%87) kıyasla oldukça düşük SAO değerleri bulmuştur. Baysal vd. (2007b) BA ve BX ön emprenyesinin ardından polimerleştirdikleri odun örneklerinde azalan SAO değerlerini hücre boşlukları ile çeperine penetre olan monomerin hidrofobik karakteristiği ve bu sayede suyun azaltılması nedeniyle olduğunu belirtmiştir. Su itici

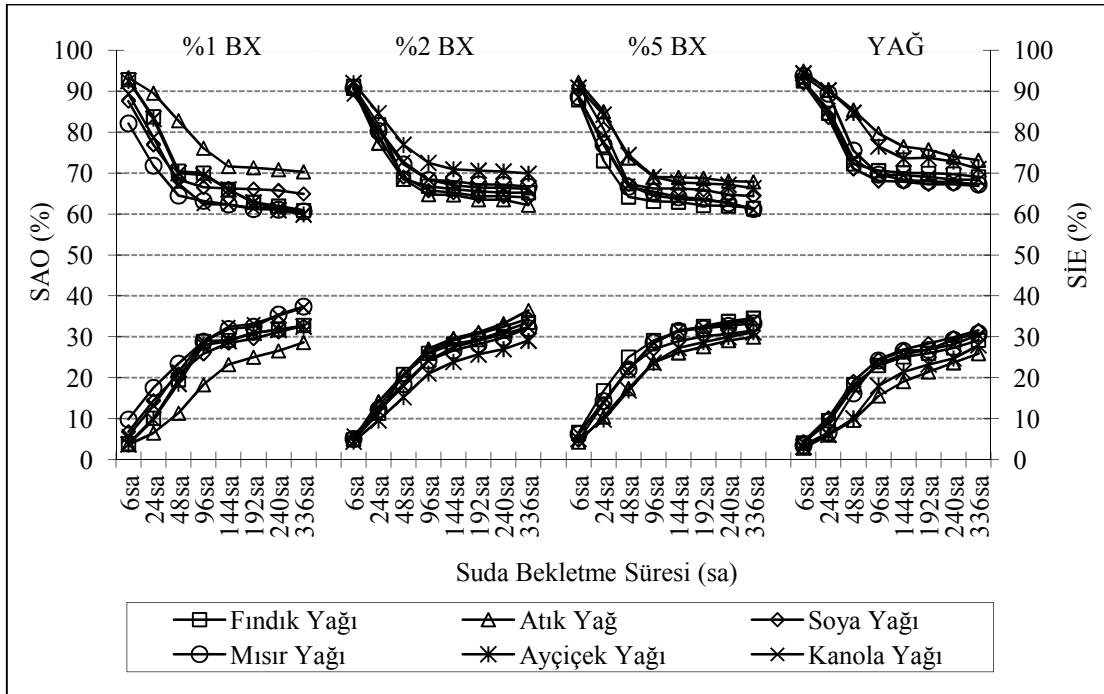
maddeler ve polimerler, borlu bileşikler ile emprenyeli odunun higroskopisitesini, su almasını ve daralmasını azaltmakta, su itici ve daralmayı önleyici etkinliğini iyileştirmektedir (Hafizoğlu vd., 1994; Yalınkılıç vd., 1995, 1998d, 1999d; Ozaki vd., 2001; Baysal, 2003; Çolak vd., 2004; Baysal vd., 2006a, 2007b). Biyosit emprenyesinin ardından bezir yağı ile emprenye edilen örneklerin dış hava koşullarına maruz bırakılmasıyla, örneklerde boyutsal kararlılık sağlanmış, rutubet miktarı ve çatlama azaltılmıştır (Schulte vd., 2004).



Şekil 44. Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre SAO ve SİE değerlerindeki (%) değişimi



Şekil 45. Tarımbor ve yağlar ile empenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağ ile empenye edilen örneklere göre SAO ve SİE değerlerindeki (%) değişimi



Şekil 46. Boraks ve yağlar ile empenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağ ile empenye edilen örneklere göre SAO ve SİE değerlerindeki (%) değişimi

Yağlar ile empenye edilen örnekler su alma deneyinin ilk saatlerinde daha fazla su almış, daha sonra su alım oranları yavaşlamış ve zamanla bazı varyasyonlarda sabitlenmiştir. Su itici maddelerin su alma oranını azaltma etkileri suya batırma süresinin ilk periyotlarında özellikle ilk 6 ve 24 saatte daha yüksektir (Hafizoğlu vd., 1994; Yıldız, 1994; Baysal vd., 2006a). Su, odun örneklerinin içindeki boşluklara ilk saatlerde girmekte ve sürenin artmasıyla bu boşluklar azalacağı için su alma oranlarında azalmalar gözlenmektedir (Baysal vd., 2006a). Su itici maddeler ile muamele edilmiş odunda suyun oduna girişi azaltılacağı için, su-bor etkileşiminin azalması ve borun odundan yıkanmasının geciktirilmesi beklenir (Yalınkılıç, 2000). Su itici muameleler bor ve su arasında engel görevi oluşturarak, borun yıkanmasını azaltmaktadır (Baysal vd., 2006a).

Borlu bileşik + yağ ile empenye edilen örneklerde SAO ve SİE değerleri üzerine bor bileşiğinin, konsantrasyonun ve yağ çeşidinin istatistiksel açıdan etkisi olduğu gözlenmiş, genel olarak sarıçam odununda en fazla su alımı başta mısır yağı olmak üzere atık yağ ile empenye edilen örneklerde, en az su alımı kanola yağı ile empenye edilen örneklerde; kayın odununda en fazla su alımı soya ve mısır yağı ile empenye edilen örneklerde, en az su alımı ise atık ve ayçiçek yağı ile empenye edilen örneklerde gözlenmiştir (Ek Tablo11-14). Yağlar arasındaki bu farklılıklar yağların kuruma karakteristikleri ve odun yüzeyinde oluşturdukları hidrofobik yapı ile ilgili olabilir.

Grafiklerde de görüleceği üzere yağ ile empenye edilen kayın örnekleri sarıçam örneklerinden daha fazla su almış ve daha az su itici etkinlik göstermiştir. Bunun muhtemel nedeni, kayın örneklerinin sarıçam örneklerinden daha az yağ absorbe edip, ağırlık artışı değerlerinin daha düşük olmasıdır. Yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlar arasındaki farklılıklar por yapısı ve odun elemanlarının dağılıma faktörlerine göre değişiklik göstermektedir (Voulgaridis, 1988). Borlu bileşik + yağ veya sadece yağ ile empenye edilen örneklerde SİE değerleri ağırlık artışı değerleri ile uyumluluk arz etmektedir. Genellikle SİE değeri yüksek olan varyasyonların ağırlık artışı değerleri de yüksek çıkmıştır. Yağ ile empenye edilen odun örneklerinin zaman içinde rutubet ve hava şartlarına maruz kalmasıyla su itici etkinliği azalmaktadır, çünkü odun ile hidrofobik madde arasındaki zayıf Van der Waals bağları yerini güçlü odun-su hidrojen bağlarına bırakır (Koski, 2008). Bu yüzden iyi bir etkinlik için yüksek yağ retensiyonlarına ihtiyaç vardır. Nitekim bezir ve tall yağı ile empenye edilen sarıçam odununda retensiyon miktarı artışı ile SAO azalışı arasında ($r^2=0,768$ ve $r^2=0,99$) doğrusal bir ilişki vardır (Temiz vd., 2008a). Benzer bir korelasyon ayrıca Panov vd. (2010) tarafından da rapor edilmiştir.

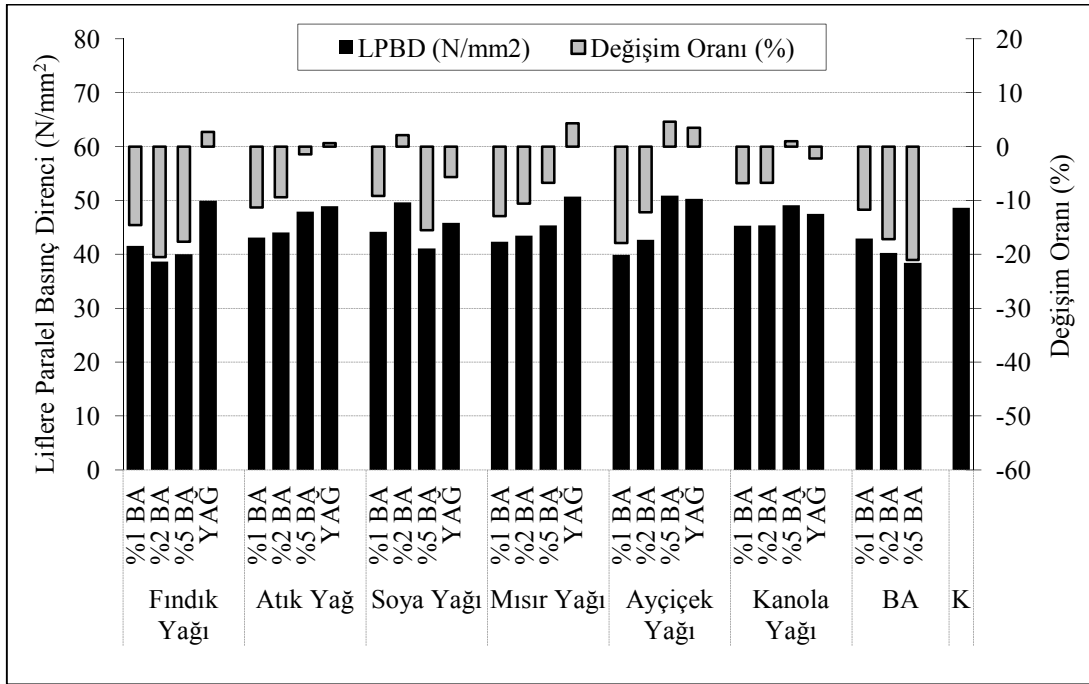
336 saat suda bekletilen BA + yağ, TB + yağ ve BX + yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinin DÖE değerleri sırasıyla %19-41, %14-49, %10-25, kayın örneklerinin DÖE değerleri ise sırasıyla %12-37, %4-25; %(-5)-10 arasında değişim göstermiştir. DÖE değerleri sadece yağ ile emprenye edilen örneklerde sarıçam için %1-12, kayın için %1-8 arasındadır (Ek Tablo 15-21). BA + yağ ve TB + yağ muameleleri daha yüksek SİE değerleri verdiği gibi aynı zamanda daha yüksek DÖE değerleri vermiştir. Temiz vd. (2008a), 2 hafta su içinde bekletilen borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen odun örneklerinde SAO değerlerini (%40-53), sadece yağ ile emprenye edilen örneklerin SAO değerine (%43) yakın bulmuş; ancak DÖE değerlerini, borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen örneklerde (%19-51) sadece yağ ile emprenye edilen örneklere (%6) göre daha yüksek elde etmiştir. Wang ve Cooper (2005a), 220°C'de 2 ve 4 saat boyunca palm ve soya yağı ile sıcak yağ işlemine maruz bıraktıkları örneklerin 9 gün su içinde bekletilmesi sonrasında yaklaşık %40'luk DÖE değeri verdiğini bulmuş; odun tarafından absorbe edilen yağın, su almayı azaltmasının boyutsal kararlılık sağlamasından çok daha önemli olduğunu belirtmiştir. Tez çalışmasında, su itici etkinlik sağlayan yöntemlerden biri olan yağ muamelesi ile odunun boyutsal kararlılığının sağlanmasından öte su iticiliğinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Çünkü su itici maddeler ile odun bileşenleri arasında herhangi bir kimyasal bağlanma meydana gelmemektedir. Su itici maddeler hücre boşluklarını doldurmakta, dış yüzeylerde ve kısmi olarak iç yüzeylerde depolanmaktadırlar, böylece odun yüzeyi hidrofobik özellik göstermekte ve sıvı su alma oranı azaltılmaktadır, ancak boyutsal kararlılık sağlayan yöntemler gibi odunun genişlemesini azaltmamaktadır (Voulgaridis, 1988; Koski, 2008). DÖE için hidroksil gruplarının modifikasyonu önemli bir rol oynar, ancak yağ ile odun hücre çeperi bileşenleri arasında herhangi bir bağlanma oluşmamaktadır. Bezir yağının odun hücre çeperini genişletmediği, yağ moleküllerinin emprenye süresince hücre çeperine nüfuzu için çok büyük olduğu, ancak zaman içinde yağın traheid lümeni, özışını ve odundaki çatlakları doldurduğu belirtilmiştir (Treu vd., 2001). Temiz vd. (2008a), tall yağıyla emprenye ettikleri sarıçam örneklerinin başlangıçta iyi bir DÖE değeri verdiğini, ancak 14 gün suda bekletme sonrasında DÖE değerlerinin zaman içinde azaldığını ve odunun genişlemesinin yağ emprenyesi ile azaltılamayacağını ifade etmiştir. Tall yağı ile emprenye edilen odunda belirlenen DÖE değerleri ile retensiyon değerleri artışı arasında ($r^2=0,269$) düşük bir ilişki bulunmuştur. Panov vd. (2010) yağ retensiyonu ile DÖE arasında bir korelasyon olmadığını ifade etmiştir. Ancak, laboratuvar ortamında deneylere tabi tutulan örnekler ile

dış hava koşullarına maruz bırakılan örneklerin DÖE özellikleri birbirinden farklılık gösterebilir. Nitekim laboratuvar deneylerinde yağlar ile emprenye edilen odunun düşük DÖE değerleri verdiği, ancak arazi çalışmalarında L-birleştirmelerde boyutların çok az değiştiği ve çatlakların çok az olduğu belirtilmiştir (Nurmi, 2011).

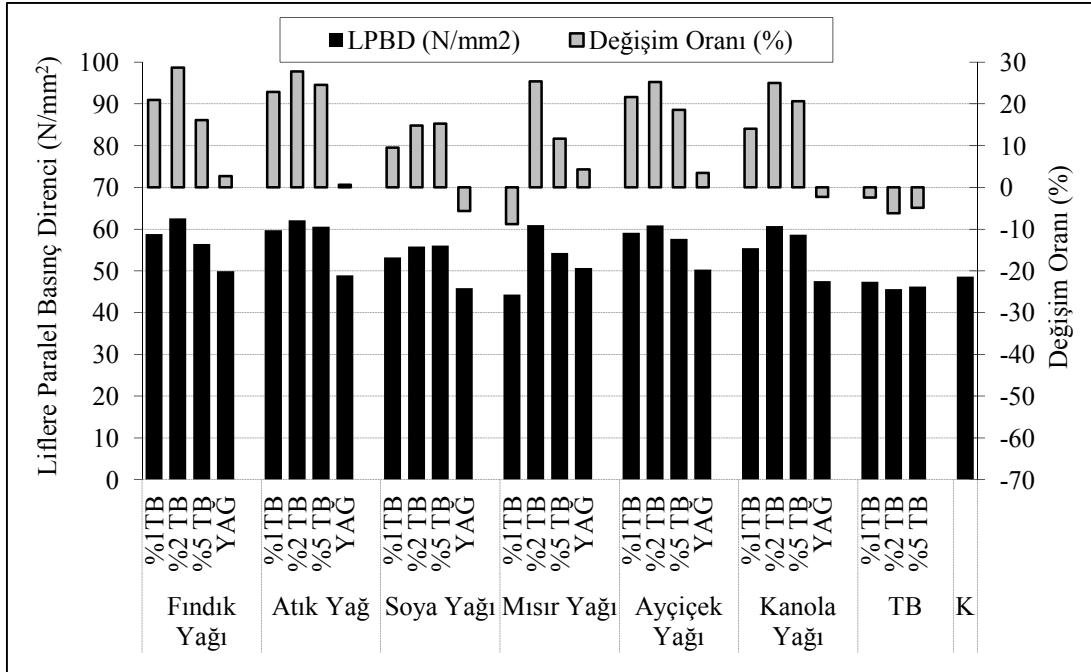
4.1.4. Emprenye İşlemlerinin Odunun Liflere Paralel Basınç Direnci Üzerine Etkisi

Liflere paralel basınç direnci (LPBD) değerlerindeki değişim kıyaslamalı olarak sarıçam odunu örnekleri için Şekil 47-49'da, kayın odunu örnekleri için Şekil 50-52'de gösterilmiştir. Sadece borlu bileşikler ile emprenye edilmiş sarıçam odununda LPBD değerleri 38,4-48,7 N/mm²; kayın odununda ise 65,4-74 N/mm² arasında değişim göstermektedir. Bu değerler sarıçam kontrol örnekleri için 49 N/mm², kayın kontrol örnekleri için 67 N/mm²'dir. Sarıçam odunu örneklerinin sadece BA ile emprenyesi LPBD değerlerini kontrole kıyasla azaltmış ve konsantrasyon arttıkça dirençte azalmalar daha fazla olmuştur. TB ve BX kullanımı yine direnç değerlerini azaltmış, ancak azalma oranı BA'ye göre daha az gözlenmiştir. Konsantrasyonlar arasında ise farklılık çıkmamıştır (Ek Tablo 22). Kayın odunu örneklerinde ise borlu bileşikler kontrole kıyasla direnç değerlerini azaltmamış, aksine bir miktar arttırmıştır. Kayında en düşük LPBD değerleri yine BA ile emprenye edilen örneklerde gözlenmiş, TB ve BX ise istatistiksel açıdan aynı homojenlik grubunda yer almıştır. Bor bileşiklerinin konsantrasyonları arasında fark çıkmamıştır (Ek Tablo 23). BA ile emprenyeli örneklerin direnç değerlerindeki azalmaların, BA'in asidik yapıya sahip olması ve dolayısı ile odundaki selüloz zincirlerini veya odunu hidrolize etmesinden kaynaklandığı söylenebilir (Baysal vd., 2007b; Toker, 2007). Asidik yapıların odunda oksidasyon, dehidrasyon ve hidrolizi katalizleyerek direnç azalmalarına neden olduğu ayrıca Yalınkılıç vd., (1999e) tarafından da belirtilmiştir. Yanmayı geciktirici emprenye maddelerinin düşük mekanik özellikler göstermesi odunun hemiselüloz ya da hücre çeper yapısındaki hidrolizi nedeniyledir (Winandy ve Rowell, 2005). LeVan ve Winandy (1990) birçok yanmayı geciktirici emprenye maddesinin odunun direncini ve sertliğini azalttığını belirtmiştir. Odunun, asidik çözeltilerle muamele edilmesiyle, karbonhidratlar, polisakkarit zincirlerindeki glikozidik bağların ayrılmasıyla hidrolize olur. Borik asit, sodyum tetraborat gibi borlu bileşikler odunun asitliğini ve higroskopisitesini arttırdığından direncini azaltır (Winandy ve Rowell, 2005) ve odunun asitliği arttıkça

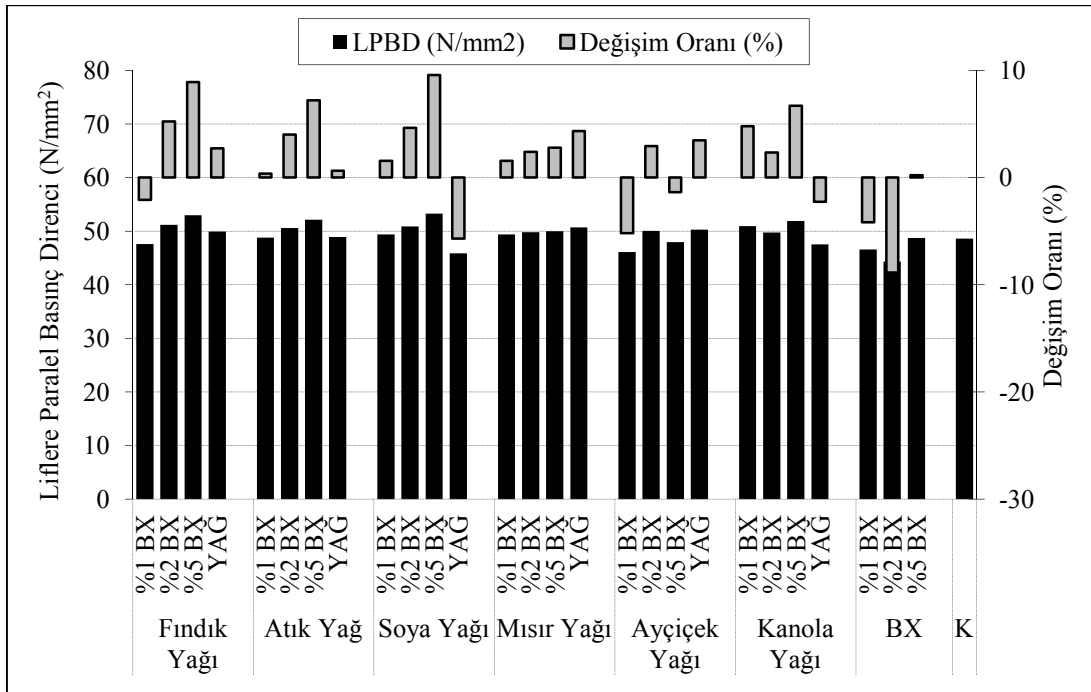
direnç değerlerinde daha fazla azalmalar gözlenir (Winandy ve Rowell, 2005; Awoyemi ve Westermark, 2005; Kartal vd., 2008). Zayıf asidik yapıya sahip BA'in az miktarlarda kullanılması ve odunla temasının kısa süreli olması durumunda odunda bu tarz reaksiyonların oluşması beklenmez (Yu vd., 2009). Borlu bileşiklerle emprenye edilen kayın odununda direnç değerlerinin azalmaması ve sarıçama göre yüksek çıkması, yoğunluğunun yüksek olması ve dağınık küçük trahe yapısına sahip olması nedeniyle olabilir. İnce çeperli ilkbahar odunu iletim elemanı olarak görev görürken, kalın çeperli yaz odunu hücreleri destek görevi görürler. Bu hücrelerin her biri bir lifi ifade eder. İYA odun lifleri ortalama olarak 3,5 mm uzunluğunda ve 0,035 mm çapındadır. YA lifleri genellikle daha kısa (1-1,5 mm) ve daha küçük çaplıdır (0,015 mm). Bu özellikler odun direncinde önemli rol oynarlar. Polimerik zincir uzunluğu arttıkça, polimerizasyon derecesi artar ve bu da odunun direncini artırır. Yapraklı ağaçlarda selüloz oranı daha yüksek olduğu için direnç de fazladır (Winandy ve Rowell, 1984).



Şekil 47. BA ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen örneklere göre LPBD değerlerindeki değişimi



Şekil 48. TB ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen örneklere göre LPBD değerlerindeki değişimi



Şekil 49. BX ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin kontrol ve sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen örneklere göre LPBD değerlerindeki değişimi

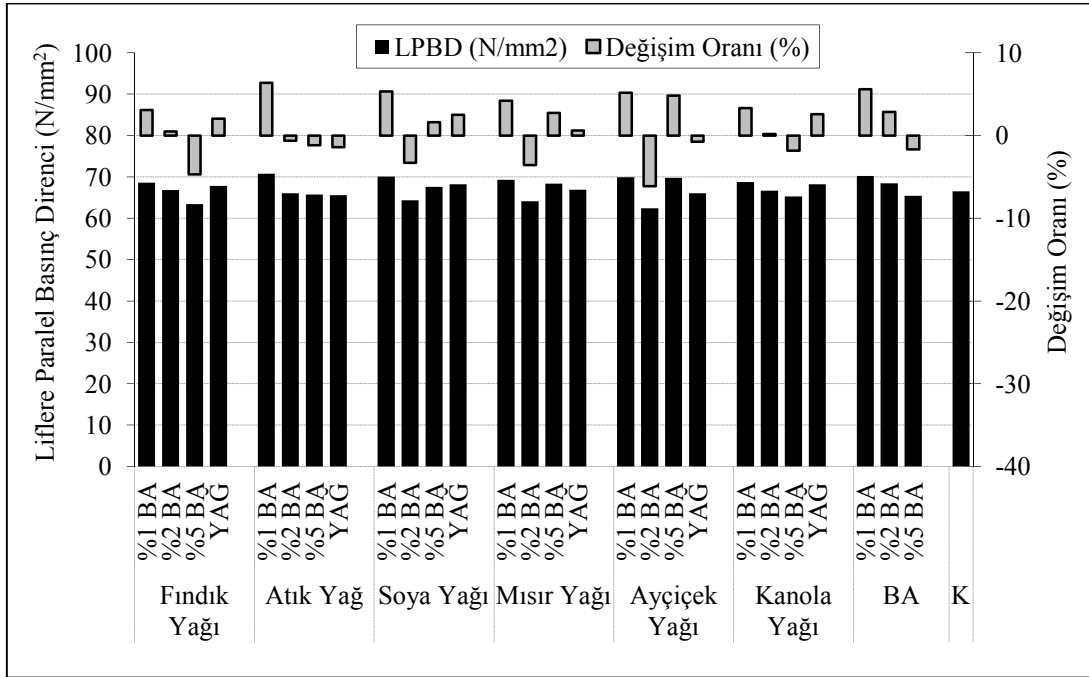
Sadece yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinin LPBD değerleri 46-51 N/mm², kayın örneklerinin LPBD değerleri 66-68 N/mm² arasındadır. Her iki ağaç türünde LPBD değerleri üzerine yağlar arasında farklılık çıkmamış ve hepsi aynı homojenlik grubunda yer almıştır. Sıcak yağ işlemi sırasında uygulanan ısı (160°C) ve borlu bileşikler nedeniyle dirençte azalmalar olması beklenirken, herhangi bir azalma gözlenmemiş aksine çok az artış gözlenmiştir. Odunun mekanik özelliklerinin odun bileşenlerinin bozunmasına neden olan ısı işleminden dolayı azaldığı bilinmektedir (Yıldız, 2002; Kartal vd., 2008; Kocaefe vd., 2008). Ancak artan yoğunluk değerleri, dirençteki azalmayı engellemiş olabilir. Basınç direnci ile yoğunluk arasında doğrusal bir ilişki olduğu bilinmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997). Reçine muamelelerinde mekanik özelliklerin olumsuz yönde etkilenmediği, bunun artan yoğunlukla ve daha az arzu edilen direnç/yoğunluk oranı ile birlikte gözlemlendiği belirtilmiştir (Nurmi, 2011). Ayrıca FTIR analizinde odun bileşenlerinin önemli ölçüde bozunmadığı da belirlenmiştir. %25'lik ağırlık artışı değeri verecek şekilde emprenye edilen odunda direnç değerlerindeki çok az artışın traheid lümenlerine yerleşen yağın hidrolitik basıncı nedeniyle olabileceği de ayrıca belirtilmiştir (Olsson vd. 2001). Yıldız vd. (2005), polimer ile emprenye edilen odun örneklerinde, hücre çeperinin polimer ile kaplanması nedeniyle, çeperin kalınlığının arttığı ve bunun lateral stabiliteyi arttırdığını rapor etmiştir. Basınç direnci ile lifler yönünde güç uygulanan örnekte ezilme meydana gelmekte, iç kısımlarda sert doku kısımları yumuşak doku kısımları içerisine doğru çökme göstermekte ve kırılma anında ise liflere meyilli durumda kayma gözlenmektedir (Bozkurt ve Göker, 1996). Burkulmaya karşı direnç yüksek ise LPBD yüksektir. Odunun emprenyesi ile çepere yanal (lateral) geçme sağlanır ve burkulmaya karşı direnç sağlanarak LPBD arttırılır (Yıldız, 1994). Odunun yüksek miktarda yağ absorbe etmesi de hücre boşluklarını doldurmuş ve hücre çeper kalınlığını arttırarak, lateral stabiliteyi arttırmış olabilir. Vaks ile emprenye edilen odunda artan basınç direnci ile sertlik değerleri Lesar ve Humar (2011) tarafından belirtilmiştir.

Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen sarıçam ve kayın örneklerinin LPBD değerleri sırasıyla 39-63 N/mm² ve 59-75 N/mm² arasında değişim göstermektedir. BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinin sadece yağ ile emprenyeli örneklere göre LPBD değerleri bir miktar azalmış, genel olarak konsantrasyon arttıkça direnç artmıştır. Bu grupta en düşük LPBD fındık yağı ile emprenye edilen örneklerde elde edilmiştir (Şekil 47). TB + yağ emprenyesi sadece TB ve kontrole göre LPBD değerlerini arttırmış, en yüksek artış %2 konsantrasyonda TB kullanımında elde edilmiştir. Bu grupta en az direnç

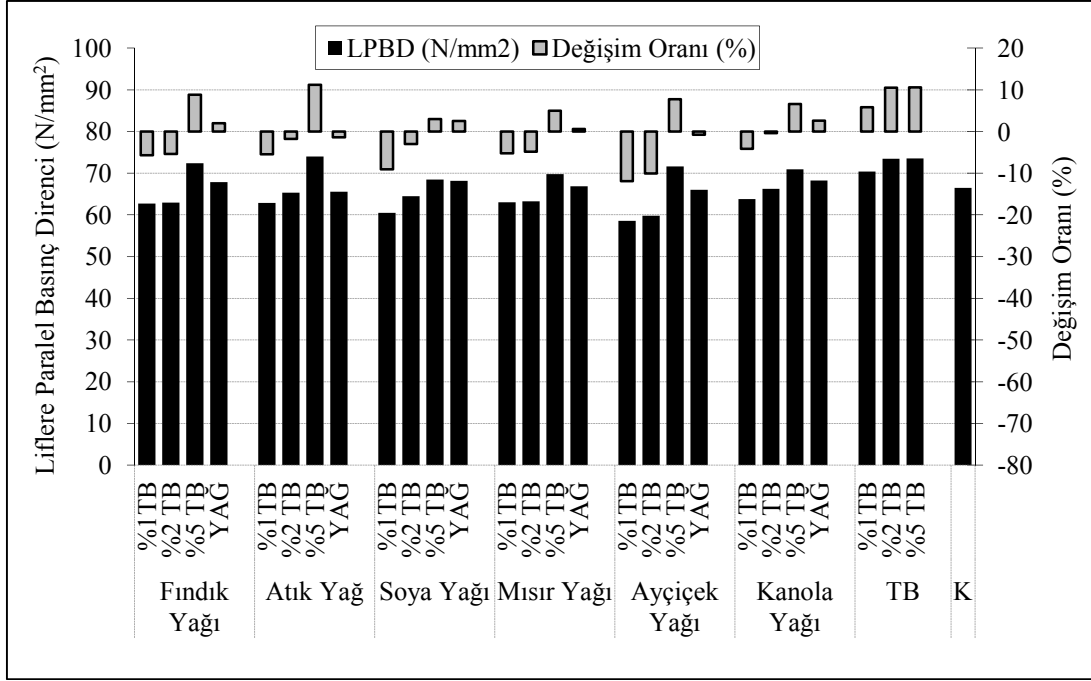
artışı soya yağı ile emprenye edilen örneklerde görülmüştür (Şekil 48). BX + yağ ile emprenye edilen örneklerde basınç direnci kontrole kıyasla artmış, ayçiçek yağı hariç konsantrasyon arttıkça dirençte artışlar görülmüştür. Hemen hemen tüm yağlar benzer direnç özelliği sergilemiştir (Şekil 49). ÇVA sonuçlarına göre; tüm bor bileşikleri, konsantrasyon değerleri ve yağlar göz önüne alındığında sarıçam odununda en düşük LPBD, kontrol örneklerinden daha düşük sonuçlar veren BA kullanımında, en yüksek direnç ise TB kullanımında elde edilmiş olup, konsantrasyon arttıkça direnç değerleri artmıştır. Yağlar arasında ise dikkate değer farklılıklar olmaksızın en iyi sonucu atık ve kanola yağı ile emprenye edilen örnekler vermiştir (Ek Tablo 22). BA'in diğer bor bileşiklerine nazaran daha düşük sonuçlar vermesi asidik yapısından kaynaklanabilir. Awoyemi ve Westermarck (2005), BX ile ısıtma işlemi kombinasyonunda, BX'in tampon etkisi nedeniyle odun ısıtma işleminden kaynaklanan direnç azalmalarının iyileştiği bildirilmektedir. Tez çalışmasında odunun bazik karakterli TB ve BX ön emprenyesi yağlı ısıtma işleminin asidik etkisini azaltmış ve o yüzden bu bileşiklerle ön emprenyede direnç kayıpları daha az görülmüş olabilir. Kartal vd. (2008) odunun BA ön emprenyesini takiben gerçekleştirilen ısıtma işlemde eğilme direncinin %10 ile %30 oranında azaldığını bulmuştur. BA emprenyesini takiben gerçekleştirilen ısıtma işlemde benzer azalmalar Tomak vd. (2008) tarafından da rapor edilmiştir. Borlu bileşiklerin asidik veya bazik yapısı ile odununda yüksek yağ retensiyonları nedeniyle artan yoğunluğun dirençteki değişimleri üzerine etkilerini tam olarak anlamak için ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

BA + yağ ile emprenye edilen kayın örneklerinde LPBD değerleri, sadece yağla emprenye edilen örneklere göre çok az değişiklik göstermiştir. Soya, mısır ve ayçiçek yağları hariç konsantrasyon arttıkça LPBD değerleri azalmış, ancak azalmalar sarıçama kıyasla daha az olmuştur. BA + yağ muamelesi, basınç direncinde, sadece yağ muamelesine benzer şekilde değişikliklere neden olmuştur (Şekil 50). TB + yağ ile emprenye edilen kayın örneklerinde konsantrasyon arttıkça LPBD değerleri artmıştır. Bu grupta LPBD değerlerinde meydana gelen değişimler çok az olup, yağlar arasında değişimler çok net değildir (Şekil 51). BX + yağ ile emprenye edilen örneklerde konsantrasyon arttıkça LPBD değerleri artmıştır. Kontrole kıyasla dirençte artışlar gözlenmiş, yağlar arasında ise keskin farklılıklar gözlenmemiştir (Şekil 52). ÇVA'ne göre; tüm bor bileşikleri, konsantrasyon değerleri ve yağlar göz önüne alındığında kayın odununda en düşük LPBD, BA ve TB kullanımında; en yüksek direnç ise BX kullanımında elde edilmiş olup, konsantrasyon arttıkça direnç değerleri artmıştır. Yağlar arasında ise

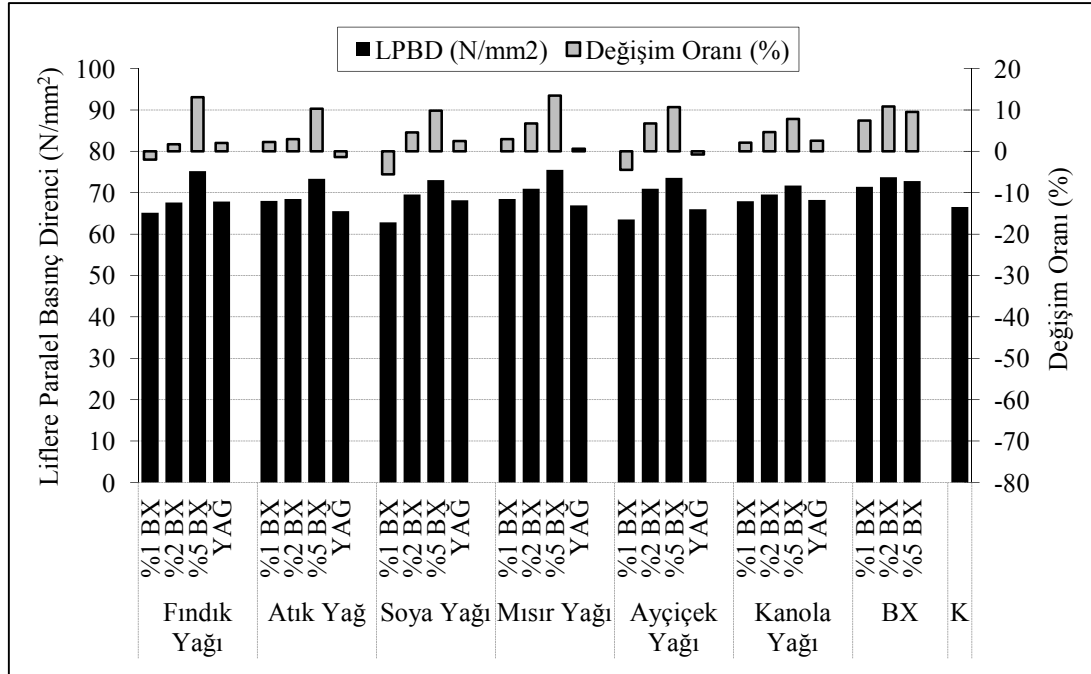
istatistiksel açıdan farklılık çıkmamıştır (Ek Tablo 23). Sarıçam örnekleri kayın örneklerine kıyasla borlu bileşik ve yağ işlemlerinden daha fazla etkilenmiştir. Bunun olası nedeni kayın örneklerine göre daha fazla çözelti absorpsiyonu ve yoğunlukta başlangıç değerlerine göre daha fazla artışların elde edilmesi olabilir.



Şekil 50. BA ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen örneklere göre LPBD değerlerindeki değişimi



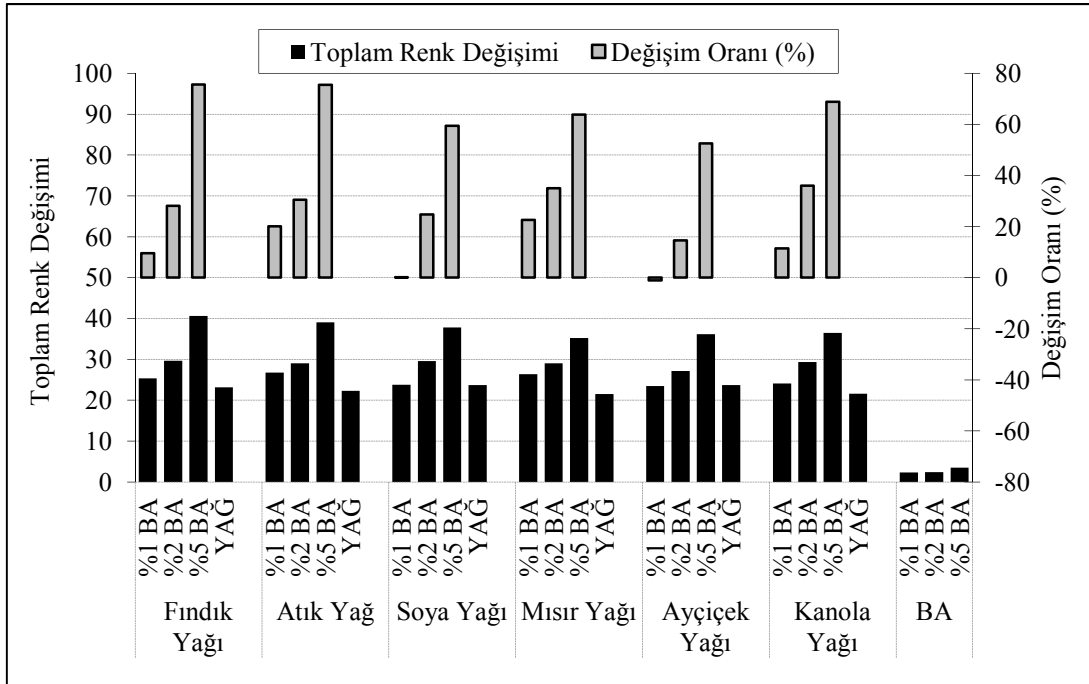
Şekil 51. TB ve yağlar ile empenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece borlu bileşikler ile empenye edilen örneklere göre LPBD değerlerindeki değişimi



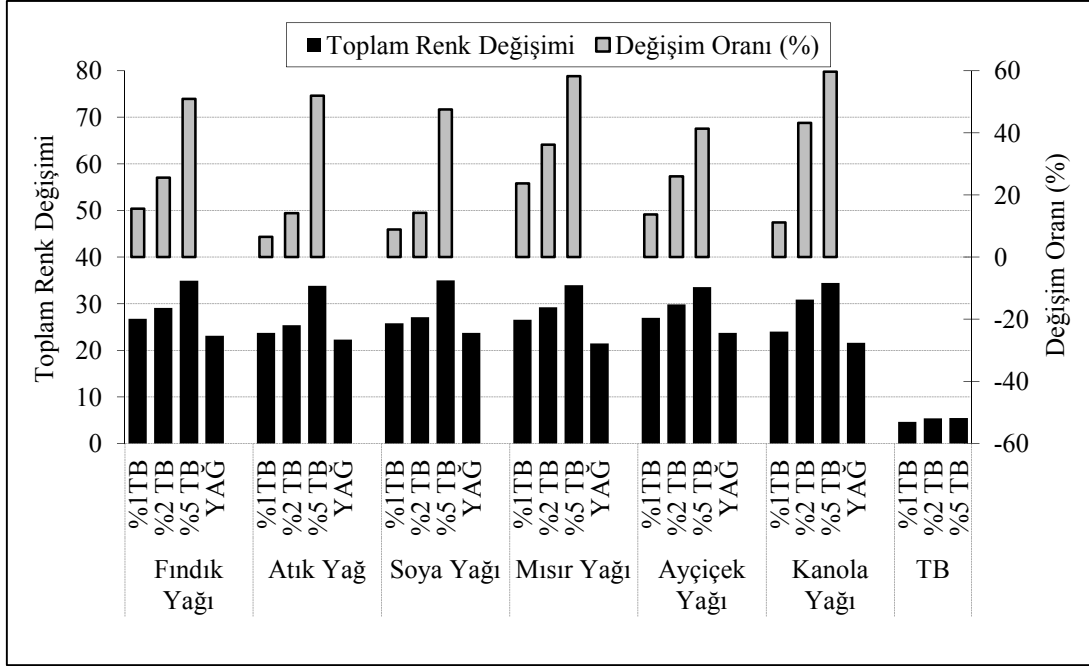
Şekil 52. BX ve yağlar ile empenye edilen kayın odunu örneklerinin kontrol ve sadece borlu bileşikler ile empenye edilen örneklere göre LPBD değerlerindeki değişimi

4.1.5. Emprenye İşlemlerinin Odunun Renk Ölçümleri Üzerine Etkisi

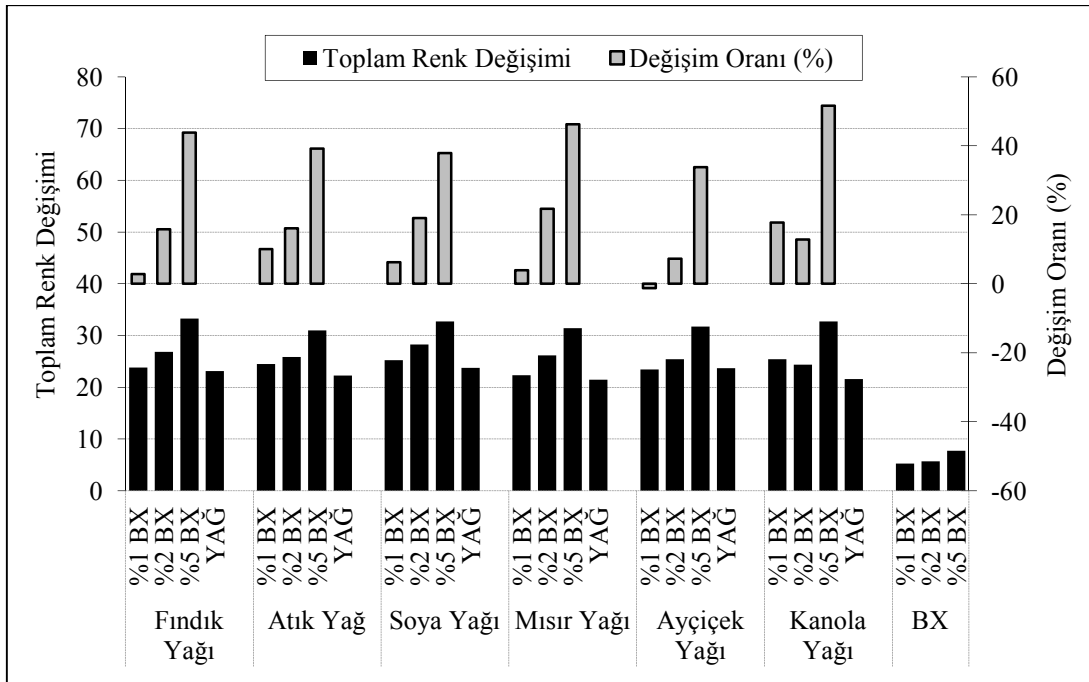
Renk değerlerindeki değişim (ΔE^*) kıyaslamalı olarak sarıçam odunu örnekleri için Şekil 53-55'de, kayın odunu örnekleri için Şekil 56-58'de gösterilmiştir. Sadece borlu bileşikler ile emprenye edilmiş sarıçam örneklerinde ΔE^* değerleri 2,3-8; kayın örneklerinde ΔE^* değerleri 2,3-5 arasında değişim göstermektedir. Her iki ağaç türünde borlu bileşikler odunun orijinal renginde çok az değişikliğe neden olmuştur. Bilindiği gibi borlu bileşikler renksiz emprenye maddeleridir ve diğer emprenye maddelerine kıyasla odunda renk değişikliğine neden olmazlar (Cui ve Kamdem, 1999). Genel olarak, konsantrasyon arttıkça renk değerlerinde hafif artışlar gözlenmiştir. Sarıçam örneklerinde en fazla renk değişimi TB ve BX kullanımında elde edilmiştir. Kayın örneklerinde ise bor bileşikleri arasında istatistiksel anlamda fark çıkmamıştır. Yüksek konsantrasyonlarda borlu bileşiklerin kullanımında odunun yüzeylerinde beyaz bor kristalleri gözle görülebilir düzeydedir. Yüksek konsantrasyonda odun yüzeyinde kristalleşme olduğu Pohleven ve Humar (2006) tarafından da rapor edilmiştir.



Şekil 53. Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağlar ile emprenye edilen örneklere göre renk değerlerindeki değişimi



Şekil 54. Tarımbor ve yağlar ile empenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağlar ile empenye edilen örneklere göre renk değerlerindeki değişimi

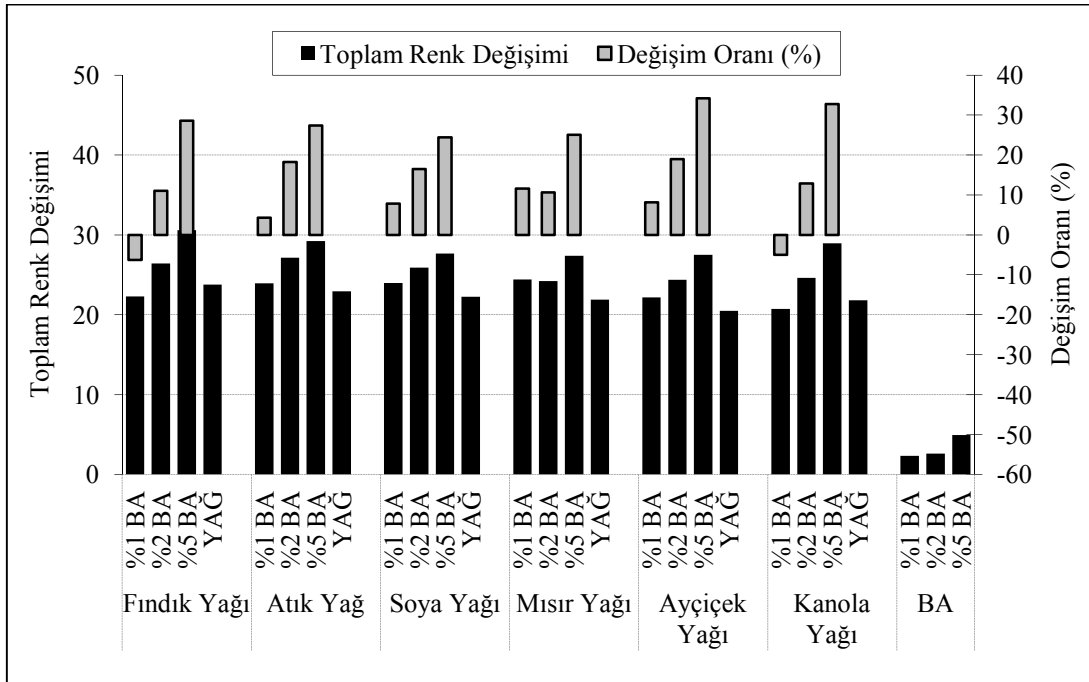


Şekil 55. Boraks ve yağlar ile empenye edilen sarıçam odunu örneklerinin sadece yağlar ile empenye edilen örneklere göre renk değerlerindeki değişimi

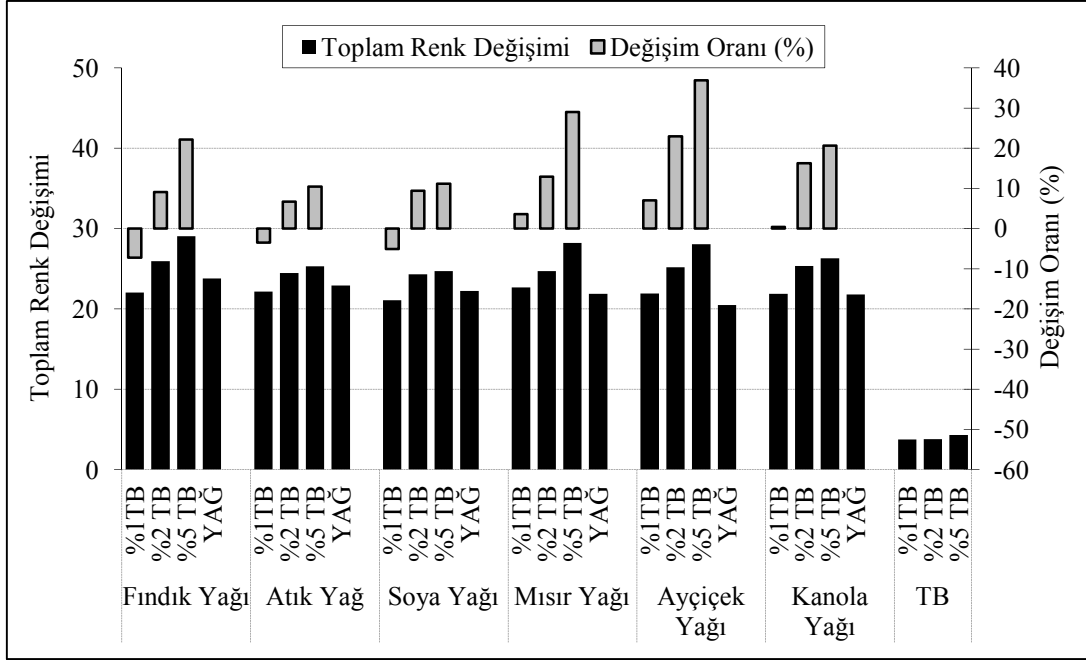
Sadece yağ ile empenye edilen sarıçam örneklerinin ΔE^* değerleri 22-24, kayın örneklerinin ΔE^* değerleri 21-24 arasındadır. Her iki ağaç türünde yağların neden olduğu

renk değişimleri hemen hemen aynı seviyede olmuş ve tüm yağ çeşitleri aynı homojenlik gruplarında yer almıştır (Ek Tablo 24 ve 25). Yağ işleme sonrasında odun örnekleri daha sarımsı-kahverengi bir renk almıştır. Örneklerin yüzeyinde gözle görülebilir bir çatlama olmamıştır.

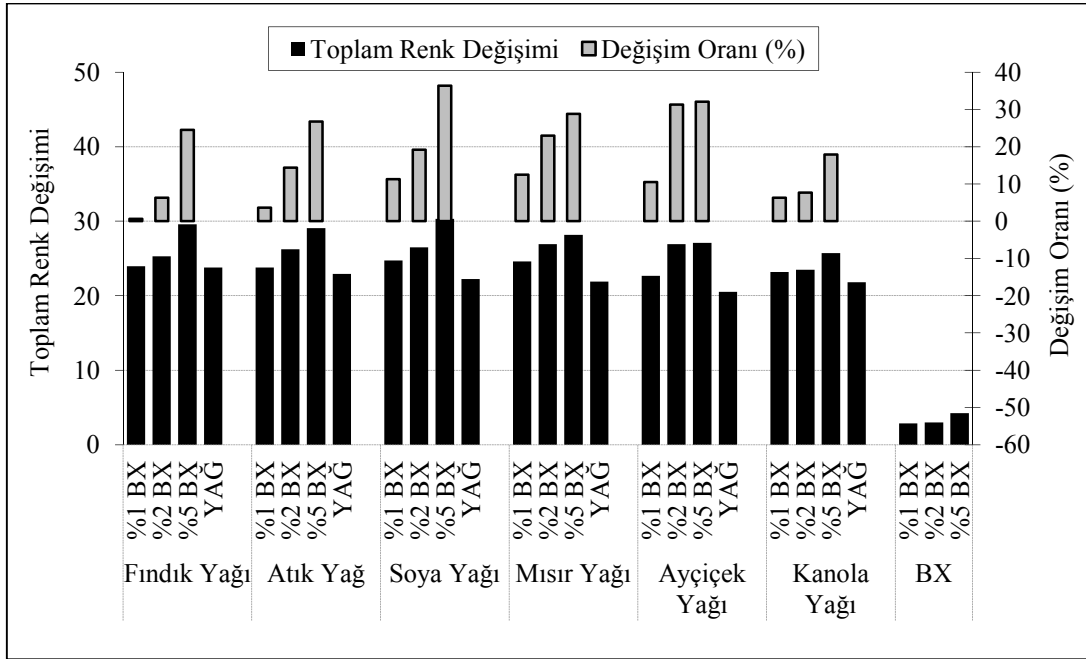
Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen sarıçam ve kayın örneklerinin ΔE^* değerleri sırasıyla 22-41 ve 21-31 arasında değişim göstermektedir. Her iki ağaç türünde BA, TB ve BX ön emprenyesinin ardından gerçekleştirilen yağ işleme, sadece yağ işleme göre odunun renk değişimini önemli ölçüde arttırmıştır. Borlu bileşiklerin konsantrasyonu arttıkça renk değişimi de artmıştır. BA + yağ ile işlem gören sarıçam örneklerinde ΔE^* değerleri, sadece yağ ile işlem gören örneklere kıyasla %70'lere varan renk değişimine uğrarken, bu değer kayın için yaklaşık %35 civarındadır. TB + yağ ile işlem gören sarıçam örneklerinde ΔE^* değerleri, sadece yağ ile işlem gören örneklere kıyasla %60'lara varan renk değişimine uğrarken, bu değer kayın için yaklaşık %30-35 civarındadır. BX + yağ ile emprenye edilen örneklerde ise bu oran sarıçam için %50, kayın için %35 civarındadır.



Şekil 56. Borik asit ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağlar ile emprenye edilen örneklere göre renk değerlerindeki değişimi



Şekil 57. Tarımbor ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağlar ile emprenye edilen örneklere göre renk değerlerindeki değişimi



Şekil 58. Boraks ve yağlar ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin sadece yağlar ile emprenye edilen örneklere göre renk değerlerindeki değişimi

ÇVA'ne göre; tüm bor bileşikleri, konsantrasyon değerleri ve yağlar göz önüne alındığında sarıçam odununda en düşük ΔE^* değeri BX ön emprenyesinde, en yüksek ΔE^* değeri ise BA kullanımında konsantrasyon arttıkça gözlenmiştir. Yağlar arasında ise

istatistiksel açıdan farklılık çıkmamıştır (Ek Tablo 24). Kayın odununda en düşük ΔE^* değeri TB kullanımında gözlenmiş, borlu bileşiklerin konsantrasyon artışına bağlı olarak ΔE^* değerleri artmış ve yağlar arasında istatistiksel açıdan farklılık çıkmamıştır (Ek Tablo 25). Tüm varyasyonlar arasında en yüksek renk değişimi %5 BA + yağ ile emprenye edilen örnek grubunda gözlenmiştir. Yüzeydeki siyahımsı renk değişimi gözle görülebilir düzeyde olmuştur. Su alma oranı değerlerinin (Bölüm 4.1.3) irdelenmesinde de bahsedildiği gibi, yüzeylerde bir anlamda kömürleşme yapısı oluşmuş gibi bir görünüm kazanılmıştır. Odunun yağlı ısıl işlemi esnasında ısının etkisiyle yüzeydeki bor kristalleri ile kimyasal bir etkileşim meydana gelmiş olabilir. Bu durum odunun estetik açıdan değerlendirilecek bazı kullanım yerlerinde önem kazanabilir. Sarıçam örneklerinde renk değişimi kayına kıyasla daha fazla olmuştur. Hatırlanacağı üzere LPBD, SAO ve yoğunluk değerlerinde de sarıçamda kontrole göre gözlenen değişiklikler daha fazla olmuştur. Bu durum yine, sarıçam örneklerinin daha fazla yağ absorbe etmesinden kaynaklanabilir. Atık yağ, kullanılan diğer yağlardan daha koyu-siyahımsı bir renktedir. Dolayısı ile atık yağ ile emprenye edilen örneklerde daha fazla renk değişiminin olması beklenmiş ancak hemen hemen tüm yağlar benzer bir renk değişimine neden olmuştur. Benzer şekilde, eskitilmiş bezir yağı da odunda ilk kullanılan bezir yağı gibi renk değişimlerine neden olmuş, odunun gözle görülebilir farklı bir renk alması durumu gözlenmemiştir (Dubey vd, 2011).

4.1.6. Emprenye İşlemlerinin Odunda Kalan Bor Miktarı Üzerine Etkisi

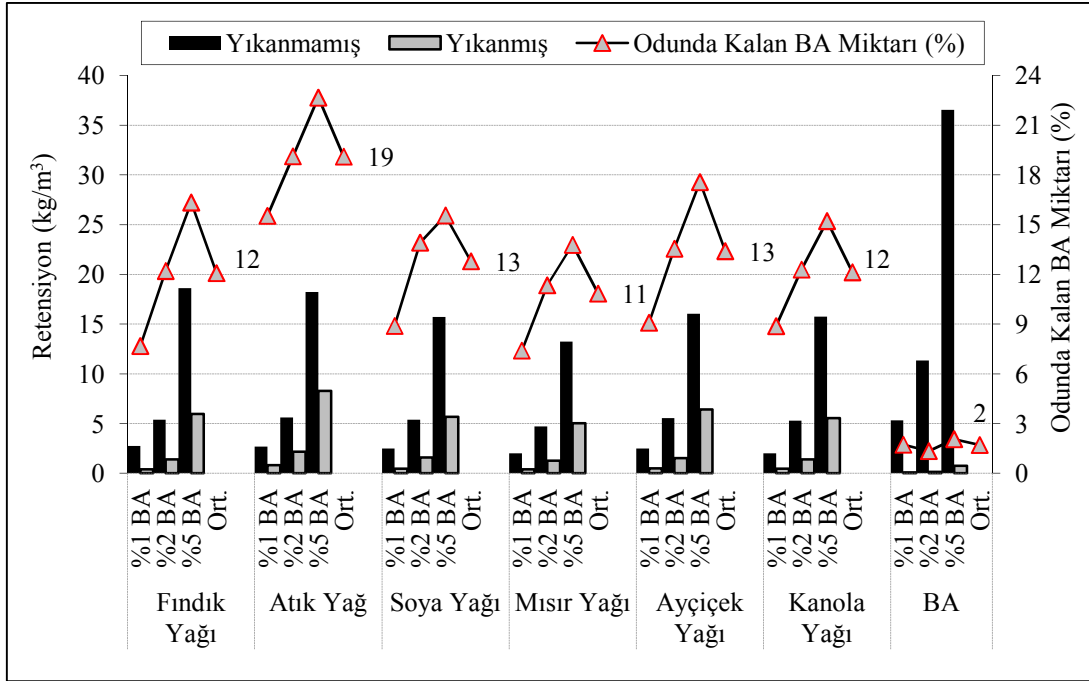
Yıkanmış ve yıkanmamış örneklerdeki BA, TB ve BX retensiyon miktarları (BAE, kg/m^3) ile yıkanma deneyi sonrasında (sadece borlu bileşikler ile emprenyeli odunun yıkanmamış gruplarına göre hesaplanan) odunda kalan borlu bileşik miktarı (%) değerlerindeki değişim kıyaslamalı olarak sarıçam odunu örnekleri için Şekil 59-61'de, kayın odunu örnekleri için Şekil 62-64'de gösterilmiştir.

Sadece borlu bileşikler ile emprenye edilmiş sarıçam ve kayın odununda yıkanma deneyi sonrasında kalan borlu bileşik miktarı %1 ile %2 arasında değişim göstermektedir. Yıkanma deneyi sonrasında odundaki borun neredeyse tamamı yıkanmıştır. Her iki ağaç türünde gruplar arasında istatistiksel açıdan fark çıkmamıştır (Ek Tablo 26 ve 28). Bor bileşikleri oduna iyi ölçüde geçebilen, ancak hücre çeperine fikse olamayan kimyasal maddelerdir ve bunun sonucu olarak da su ile temas ettiklerinde kolayca yıkanabilmektedir. BA ve BX ile odun arasındaki bağlanmada fiziksel adsorbsiyon söz

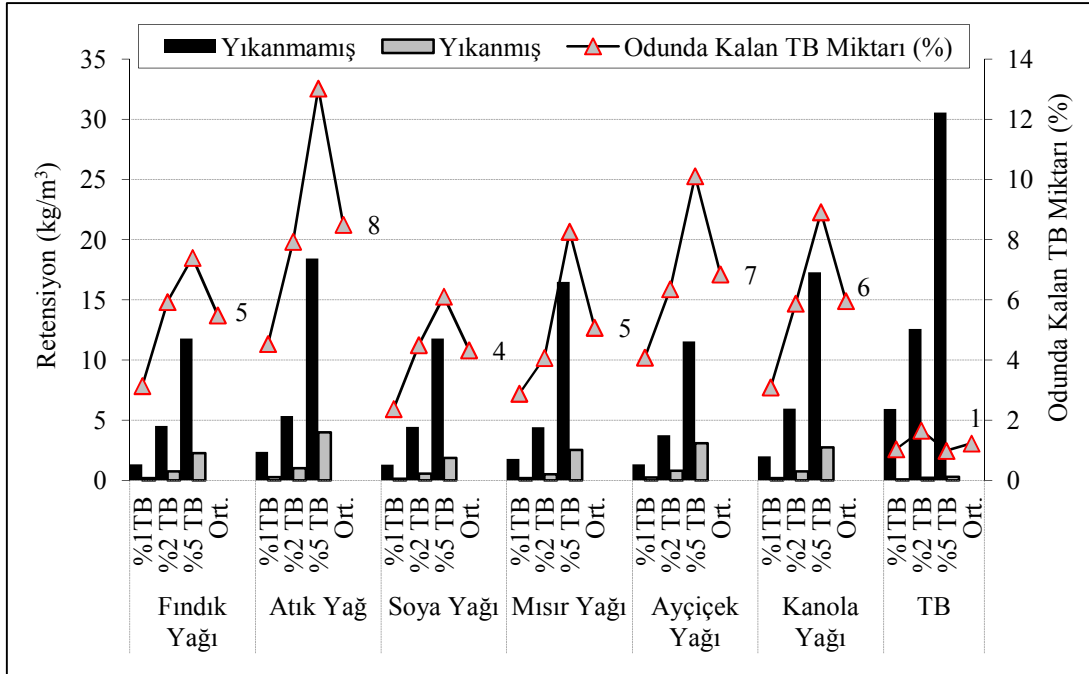
konusu olup, borlu bileşikler Van der Waals ve hidrojen bağları oluşturmakta, bu zayıf bağlar da borun odundan su ile temas eden dış koşullarda kolayca yıkanmasını açıklamaktadır (Ramos vd., 2006). Bor - oksijen bağları kolaylıkla çözünebilir yapıda olup, odunun ıslanmaya maruz kalmasıyla kolaylıkla yıkanmaktadır (Yalınkılıç vd., 1999c).

Sarıçam odununda başlangıç borlu bileşik miktarına göre hesaplanan odunda kalan borlu bileşik miktarı değerleri (%), BA + yağ ile emprenye edilen örnekler için %8-23 arasında; TB + yağ ile emprenye edilen örnekler için %2-13 arasında; BX + yağ ile emprenye edilen örnekler için %5-16 arasında bulunmuştur. Konsantrasyon arttıkça odunda kalan borlu bileşik miktarı değerlerinde artışlar gözlenmiş, yağlar arasında ise istatistiksel açıdan farklılık bulunamamıştır. Yıkanmış örneklerdeki retensiyon değerleri ise BA + yağ ile emprenye edilen örnekler için 0,4 -8,28 kg/m³; TB + yağ ile emprenyeli örnekler için 0,14-4 kg/m³; BX + yağ ile emprenyeli örnekler için 0,36-8,45 kg/m³ arasında elde edilmiştir. Borun odundan yıkanmasının azaltılması ile ağaç malzemenin daha uzun kullanım ömrü olabilir, çünkü biyosidin kontrollü uzaklaşması, mantar saldırılarını da geciktirir (Baysal vd., 2006a). İstatistiksel analizlere göre; tüm yağ çeşitleri, bor bileşikleri ve konsantrasyonları göz önüne alındığında sarıçamda en az yıkanma BA, en fazla yıkanma TB kullanımında gözlenmiş, yağlar arasında en iyi etkinliği atık ve ayçiçek yağı göstermiş, bunu diğer yağlar takip etmiştir (Ek Tablo 26).

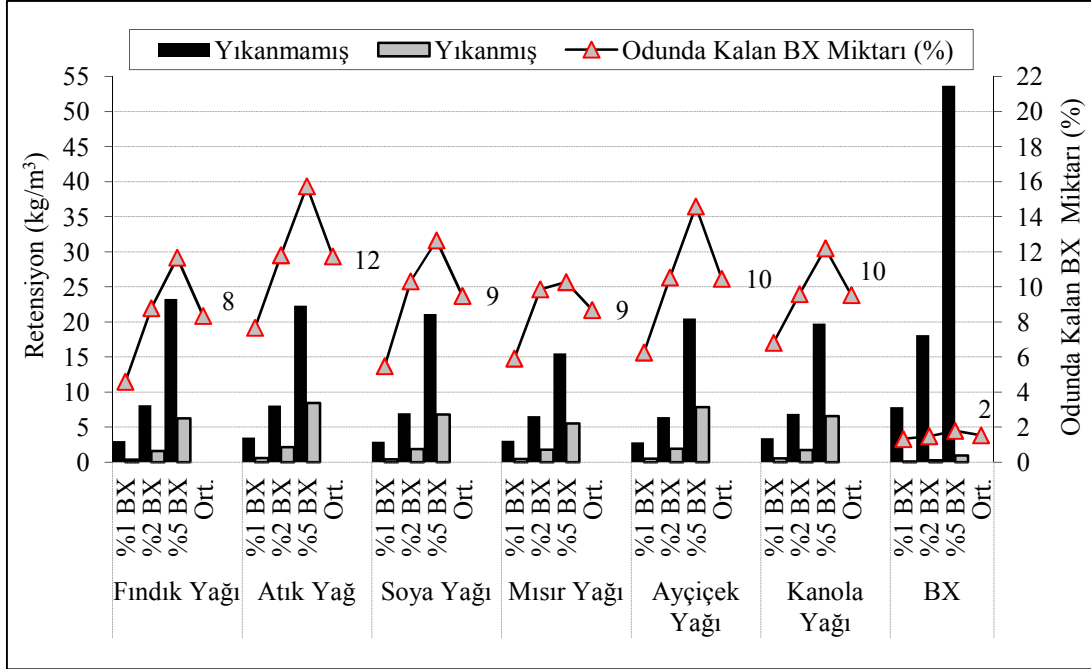
Kayın odununda kalan borlu bileşik miktarı değerleri BA + yağ ile emprenyeli örnekler için %9-23 arasında; TB + yağ ile emprenye edilen örnekler için %4-15 arasında; BX + yağ ile emprenye edilen örnekler için ise %5-21 arasında bulunmuştur. Yıkanmış örneklerdeki retensiyon değerleri ise BA + yağ ile emprenye edilen örnekler için 0,41 -6,77 kg/m³; TB + yağ ile emprenyeli örnekler için 0,18-3 kg/m³; BX + yağ ile emprenyeli örnekler için 0,36-7,4 kg/m³ arasında elde edilmiştir. İstatistiksel analizlere göre; tüm yağ çeşitleri, bor bileşikleri ve konsantrasyonları göz önüne alındığında sarıçam odununa benzer şekilde kayın için en az yıkanma BA, en fazla yıkanma TB kullanımında gözlenmiş; yağlar arasında fark çıkmamakla birlikte en iyi sonucu atık ve ayçiçek yağı göstermiştir (Ek Tablo 28).



Şekil 59. BA ve yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerindeki BA retensiyon değerleri (BAE, kg/m³) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan (%) BA miktarı

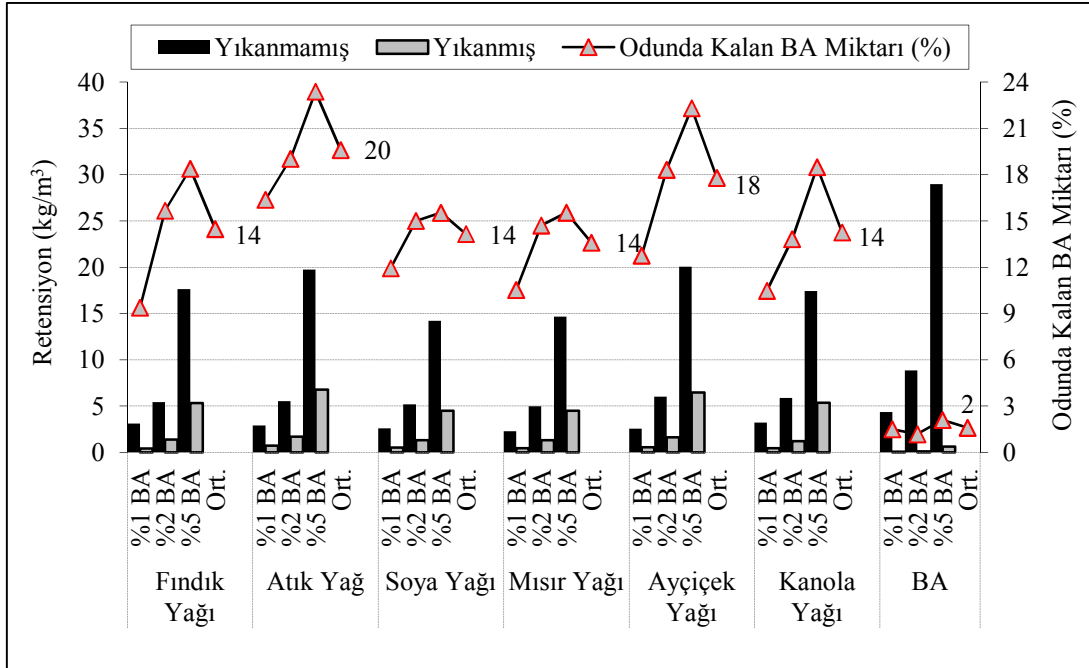


Şekil 60. TB ve yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerindeki TB retensiyon değerleri (BAE, kg/m³) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan (%) TB miktarı

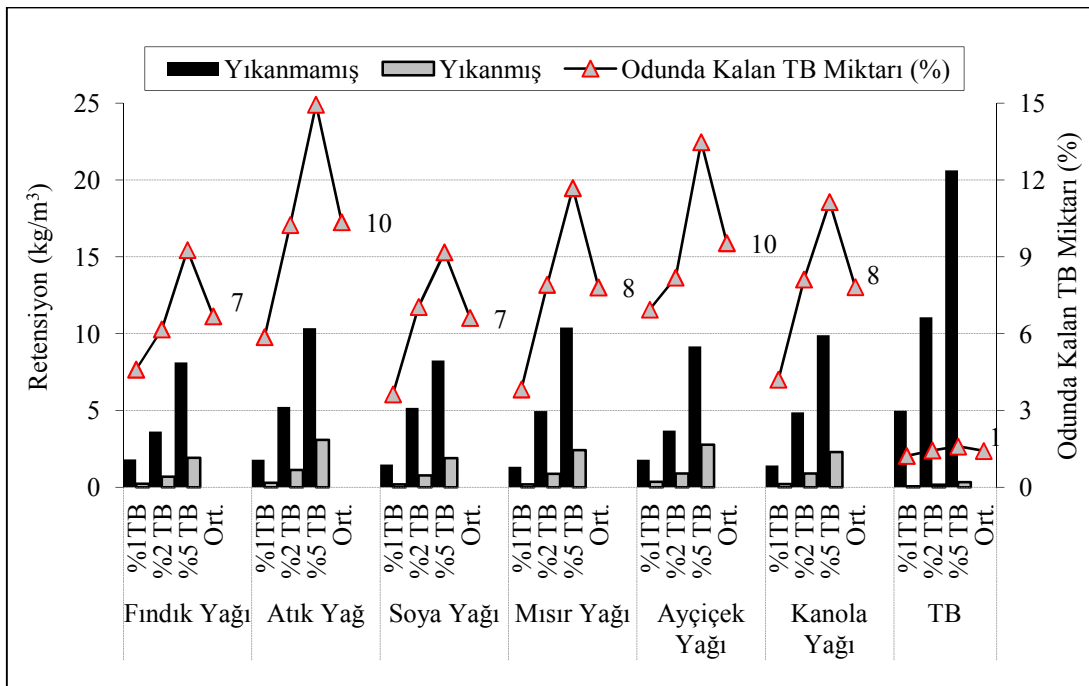


Şekil 61. BX ve yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerindeki BX retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan (%) BX miktarı

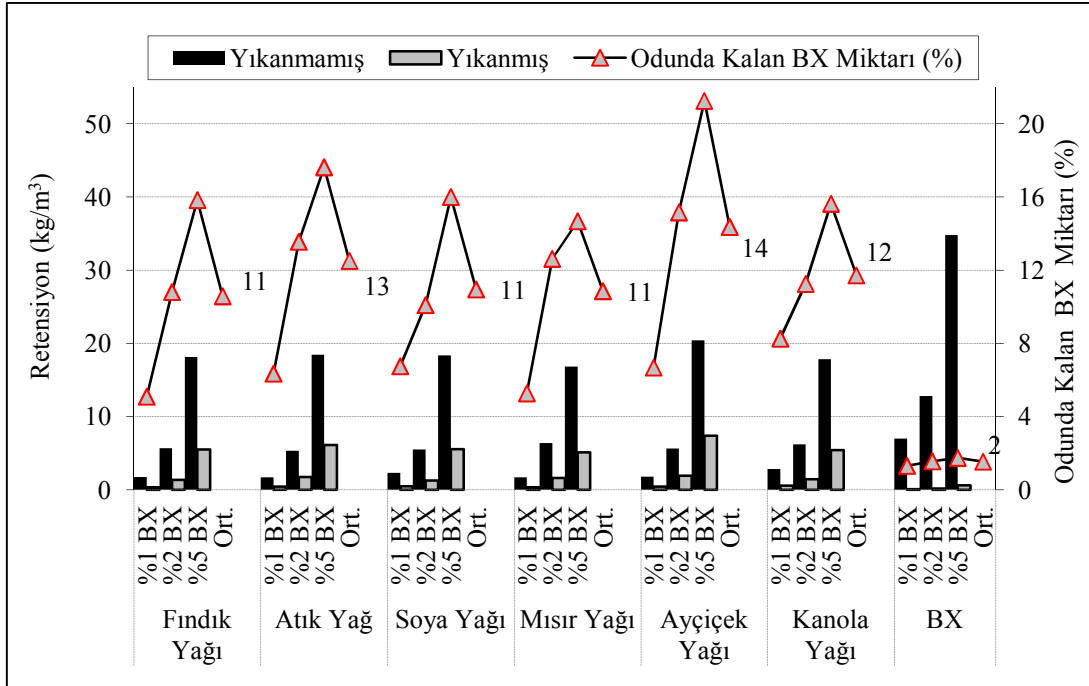
Sarıçam ve kayın örneklerinde borlu bileşiklerin konsantrasyonu arttıkça yıkanma deneyi sonrasında kalan borlu bileşik miktarı (%) değerlerinde artışlar bulunmuştur. Benzer durum Gezer vd. (1999), Kartal vd. (2004c), Lyon vd. (2007a, b), Humar vd. (2008) ve Mohareb vd. (2010a) tarafından da gözlenmiştir. Odunda daha fazla bor adsorpsiyonu sağlanması için daha yüksek bor konsantrasyonları kullanılmalıdır (Ramos vd., 2006). Sulu borik asit çözeltisi ile emprenye edilen odunun orta kısmında başlangıç borik asit konsantrasyonu belli bir değere kadar arttıkça metanolik asitte çözülmüş bor bileşiklerine kıyasla daha fazla bor içeriği bulunmuştur (Yamauchi vd., 2006).



Şekil 62. BA ve yağ ile emprenye edilen kayın örneklerindeki BA retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan (%) BA miktarı



Şekil 63. TB ve yağ ile emprenye edilen kayın örneklerindeki TB retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan (%) TB miktarı



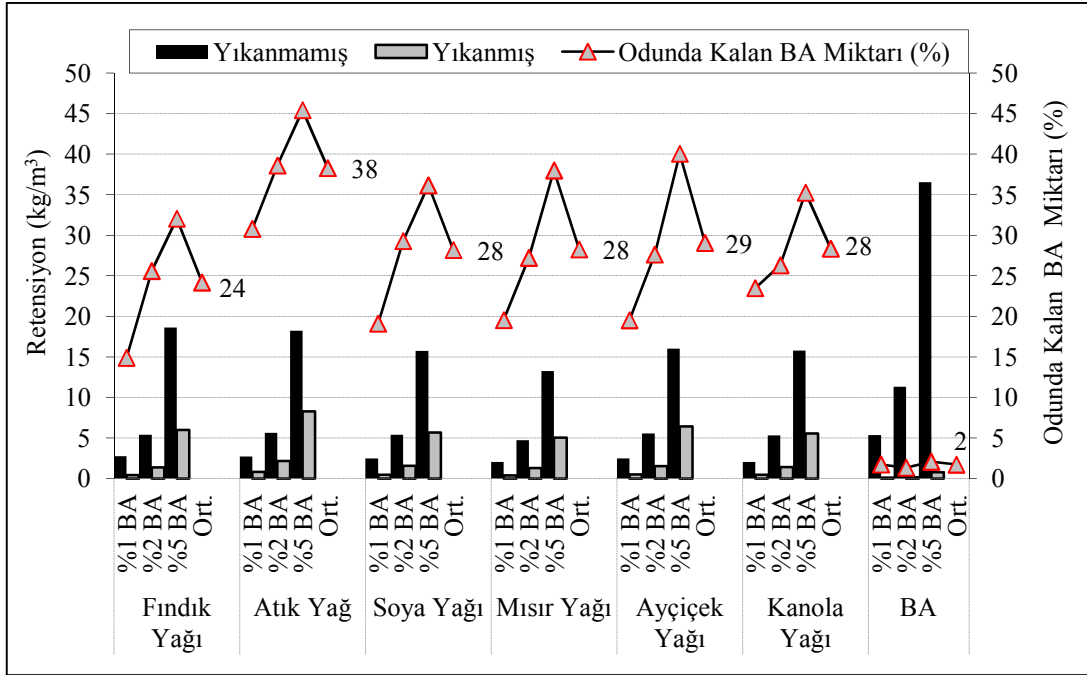
Şekil 64. BX ve yağ ile emprenye edilen kayın örneklerindeki BX retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan (%) BX miktarı

Gerek sarıçam gerekse kayında tüm deneme varyasyonlarında, yağ ile ikinci emprenye işlemi borlu bileşiklerin odundan yıkanmasını azaltmıştır. Odunun su alması ile borun odundan yıkanması arasında güçlü bir korelasyon vardır (Baysal vd., 2006a). Odunun su itici polimer, hidrofobik ajanlar ve fenolik reçinelerle emprenyesi ile su almasının azaltılması sağlanabilir ve dolayısı ile odundaki boşlukların azaltılması sonucu borlu bileşiklerin yıkanması azaltılabilir, yanma ve biyolojik dayanım iyileştirilebilir (Yalınkılıç vd., 1999c, e). AGE ve MMA ile polimerleştirilen odunda, su alma oranı azaldıkça bor yıkanması %47-50 oranında azaltılmıştır (Kartal vd., 2004c). Lyon vd. (2007a), odun örneklerinin borik asitle (%0,25, %0,5, %1 ve %2 konsantrasyonlarda) emprenyesini takiben; bezir, soya ve kanola yağı ile emprenye etmiş ve yıkanma sonrasında yağ permeabilitesine bağlı olarak başlangıç miktarının %17-34'ü kadar bor kaldığını belirlemiştir. Borlu bileşiklerle emprenye edilmiş oduna su iticilik kazandırılması için, yağ ile ikinci emprenye işlemi borun odundan yıkanmasının geciktirilmesinde umut verici bulunmuştur. Lyon vd. (2007b), Japon sedir ağacı ve kayın örneklerinin (%0,5, %1, %2 ve %5 konsantrasyonlarda) borik asit ile emprenyesini takiben; bezir, soya ve kanola yağı ile emprenye etmiş ve yıkanma deneyi sonrasında odunda başlangıç miktarına göre yaklaşık %25-40 borik asit kaldığını bulmuş, en iyi sonuçların yağların yapısına ve kuruma

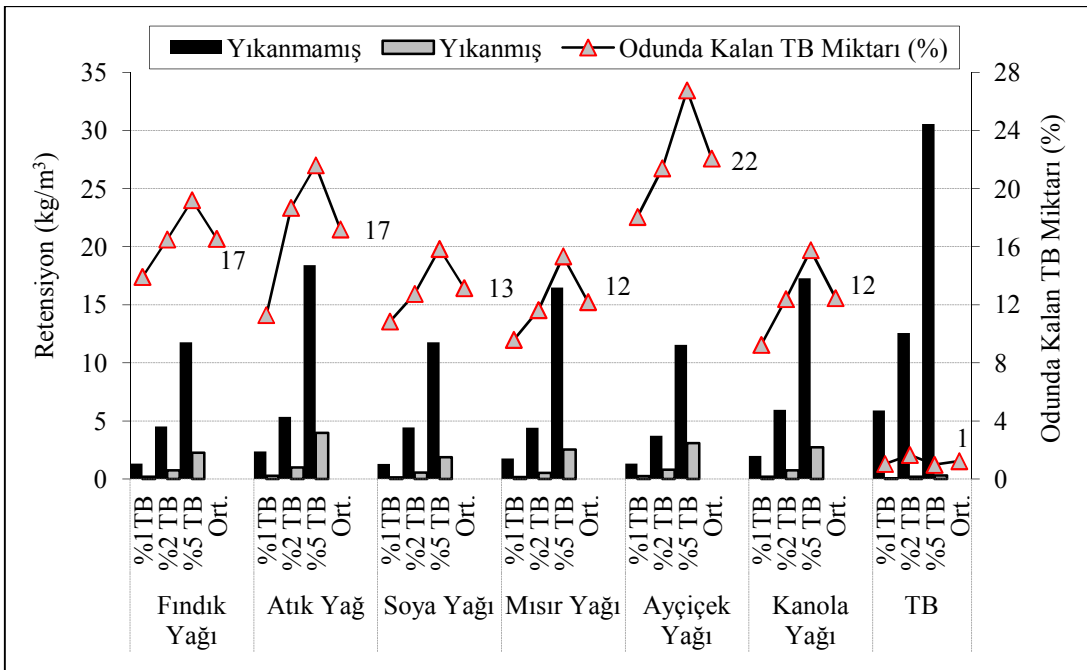
özelliklerine bağlı olarak sırasıyla bezir, soya ve kanola yağı şeklinde olduğunu belirtmiştir. Su itici oleik asit, biyolojik etkili borik asit ve bağlayıcı amonyaktan 1:1:4 (borik asit: amonyak: oleik asit) mol oranı kullanılarak sentezlenen amonyum borat oleat (ABO) ile emprenye edilen Japon sedir ağacı ve kayın odununda yıkanma deneyi sonrasında %52 oranında bor kalmıştır (Lyon vd., 2007c).

Bu tez çalışmasında, yağlar arasında çok keskin farklılıklar olmamakla birlikte, grafiklerden atık ve ayçiçek yağının borun yıkanmasının geciktirilmesinde daha etkili olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, yağların odun içinde farklı penetrasyon özelliği sergilemesinin yanı sıra havanın etkisiyle yağın kuruma özelliğine de bağlı olabilir. Yağların kuruma karakteristikleri, odun hücre çeperinde hidrofobik bir tabaka oluşmasını ve dolayısı ile suyun absorbe edilmesini doğrudan etkilemektedir. Yağlara iyot (I_2) katılmasıyla hesaplanan doymamışlık derecesi, kuruma karakteristiklerini belirlemektedir. Yüksek iyot değerleri ($I_2 > 140$) kuruyan yağları; düşük iyot değerleri ($I_2 < 125$) ise kurumayan yağları; bu iki değer arasındaki iyot değerleri ise yarı-kuruyan yağları ifade etmektedir (Koski, 2008). Fındık yağının iyot değeri 90 olup kurumayan yağ sınıfına girmektedir. Bu tip yağlar havanın etkisiyle kuruma eğilimi göstermemekte ve film oluşturması için havaya maruz kalma süresi oldukça uzun olmaktadır. Mısır, soya ve kanola yağları sırasıyla 124, 129 ve 126 iyot değerine sahiptirler ve yarı kuruyan yağ sınıfına girmektedirler. Bu yağlar, zamanla oksitlenme ve polimerleşme göstermektedirler. Ayçiçek ve atık yağı 140 ve 135 iyot değerine sahip olup, diğer yağlara kıyasla havanın etkisiyle biraz daha hızlı kuruma ve elastik film oluşturma özelliği sergilediği düşünülmektedir. Bor bileşikleri arasında TB en fazla yıkanma eğilimi gösteren borlu bileşik olmuştur. Bununla birlikte yağ ile ikinci emprenye işlemi TB yıkanmasını diğer borlu bileşiklere kıyasla çok fazla azaltamamıştır. Bu da TB bileşiğinin suda kolaylıkla çözünmesinden ve oda şartlarındaki çözünürlüğünün BA ve BX'a göre 3 kat daha fazla olmasından kaynaklanabilir (URL-11, 2009).

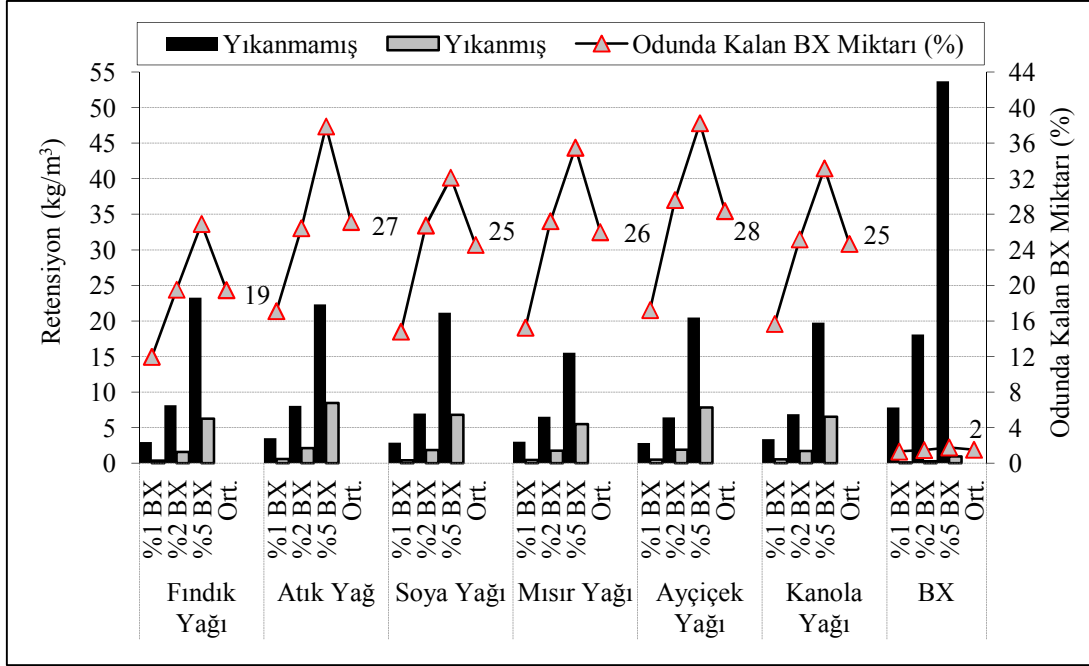
Her bir varyasyonun yıkanmamış ve yıkanmış örnek gruplarının kıyaslanması ile elde edilen nihai üründe kalan borlu bileşik miktarı (%) değerleri sarıçam için Şekil 65-67'de, kayın için Şekil 68-70'de gösterilmiştir.



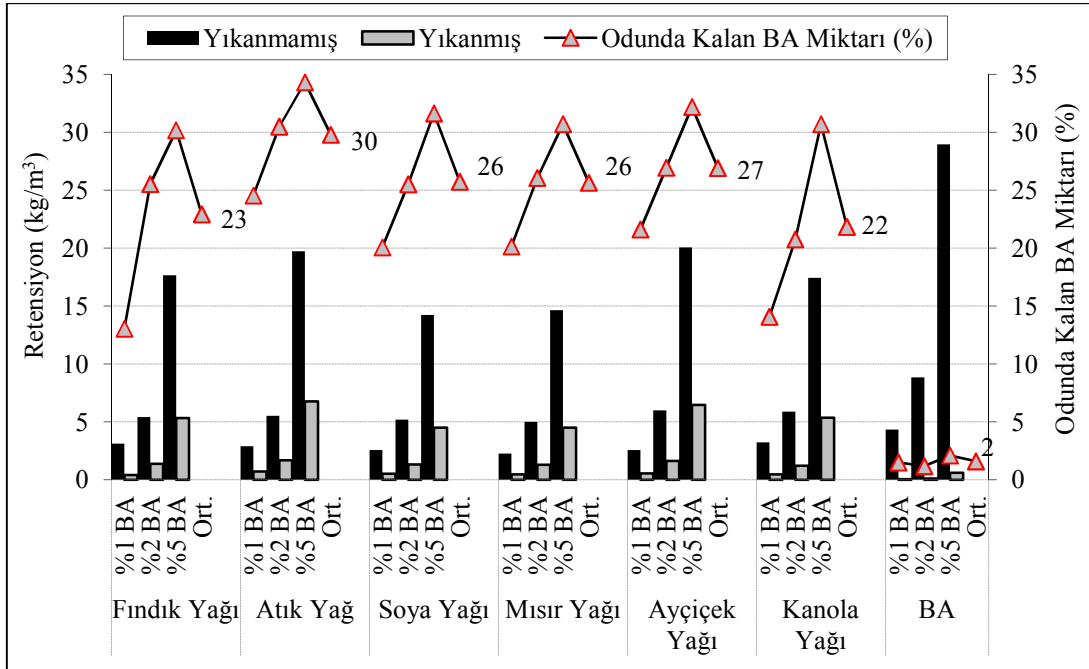
Şekil 65. Sarıçam odunu örneklerindeki BA retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3) ve nihai üründe kalan (%) BA miktarı



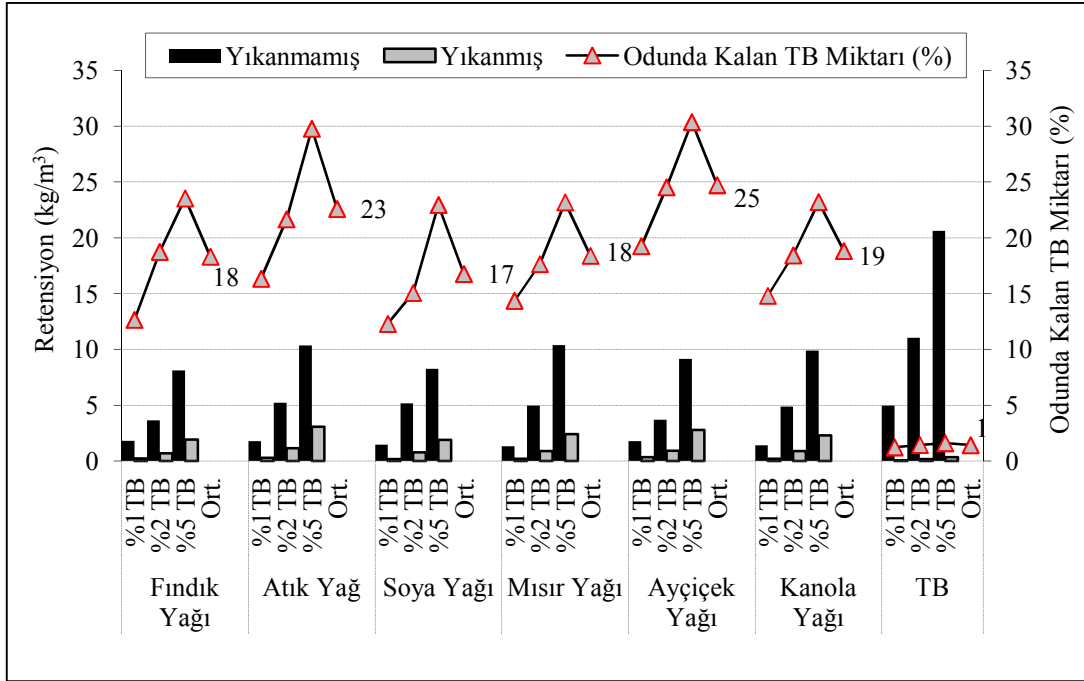
Şekil 66. Sarıçam odunu örneklerindeki TB retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3) ve nihai üründe kalan (%) TB miktarı



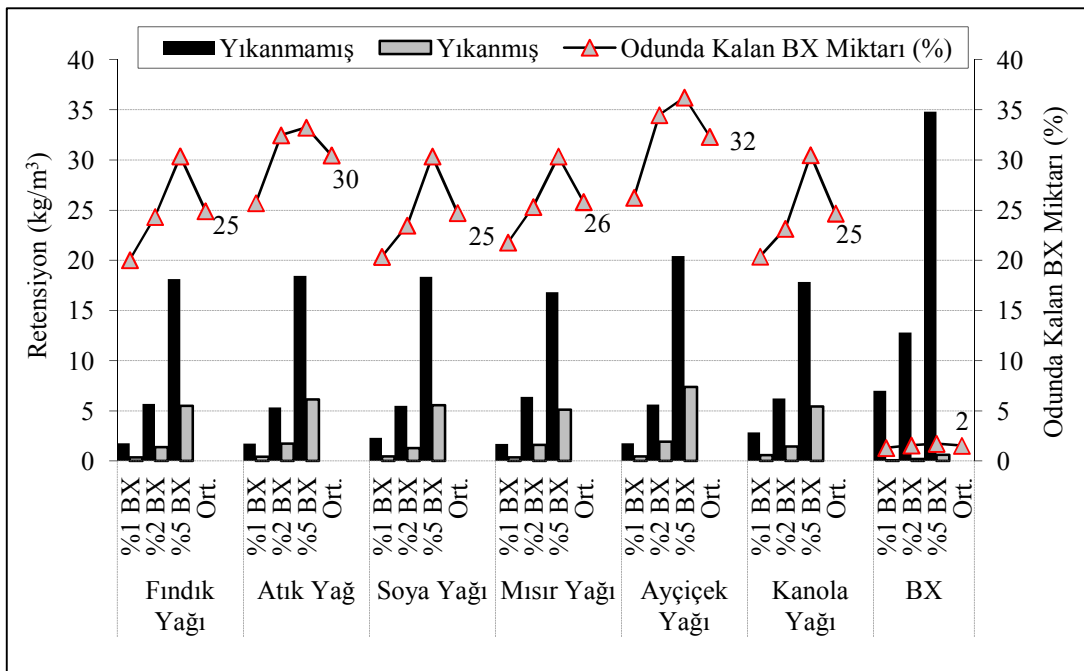
Şekil 67. Sarıçam odunu örneklerindeki BX retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3) ve nihai üründe kalan (%) BX miktarı



Şekil 68. Kayın odunu örneklerindeki BA retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3) ve nihai üründe kalan (%) BA miktarı



Şekil 69. Kayın odunu örneklerindeki TB retensiyon değerleri (BAE, kg/m³) ve nihai üründe kalan (%) TB miktarı



Şekil 70. Kayın odunu örneklerindeki BX retensiyon değerleri (BAE, kg/m³) ve nihai üründe kalan (%) BX miktarı

Yıkanmış örnekler ile bunlara ait yıkanmamış örneklerin kıyaslanmasıyla hesaplanan odunda kalan borlu bileşik miktarı (%) değerleri BA + yağ ile empenye edilen sarıçam

örnekleri için %15-45 arasında olup, yağlar arasında istatistiksel farklılık çıkmamıştır. TB + yağ ile empenye edilen örnekler için odunda kalan TB miktarı değerleri %9-27 olup, en iyi sonuç ayçiçek yağı ile elde edilmiştir. BX + yağ ile empenye edilen örnekler için odunda kalan BX miktarı %12-38 arasında olup, yağlar aynı homojenlik gruplarında yer almış olsa da ortalama değerler bakımından en iyi sonuç atık ve ayçiçek yağı ile empenye edilen örneklerde bulunmuştur. Yıkanmış örnekler ile bunlara ait yıkanmamış örneklerin kıyaslanmasıyla hesaplanan odunda kalan borlu bileşik miktarı (%) değerleri, kayın odununda BA + yağ ile empenye edilen örnekler için %13-34; TB + yağ ile empenye edilen örnekler için %12-30; BX + yağ ile empenye edilen örnekler için %20-36 arasındadır. Yağlar arasında istatistiksel farklılık çıkmamıştır. Hem sarıçam hem de kayın odununda konsantrasyon arttıkça odunda kalan borlu bileşik miktarı (%) değerlerinde artışlar gözlenmiştir. İstatistiksel olarak; tüm yağ çeşitleri, bor bileşikleri ve konsantrasyonları göz önüne alındığında, sarıçam ve kayın için en az yıkanma BA ve BX kullanımında, en fazla yıkanma TB kullanımında gözlenmiş, yağlar arasında istatistiksel farklılık çıkmamakla birlikte, ortalama değerler bakımından en iyi sonucu atık ve ayçiçek yağı göstermiştir (Ek Tablo 27 ve 29). Borlu bileşik + yağ ile empenye edilen örneklerin DRM değerleri yaklaşık %5 civarında bulunmuştur. Ayrıca, bu örneklerin 2 hafta su içinde bekletilmesiyle birçok varyasyonda SAO değerleri %20'nin altında çıkmıştır. Bu verilere göre, yağlarla empenye işleminin borun yıkanması konusunda önemli bir iyileşme sağlanması beklenmektedir. Her ne kadar bor bileşiklerinin odun içindeki difüzyonunun %20 altındaki rutubet derecelerinde bile devam ettiği bildirilmişse de (Peylo ve Willeitner, 1995a), %5 civarındaki DRM'da bu mekanizmanın daha yavaş olacağı tahmin edilmektedir. Yağlarla empenye edilen örneklerin laboratuvar ortamında gerçekleştirilen testleri çoğu kez bu örneklerin dış hava koşullarına maruz bırakılmasından daha kötü sonuçlar vermektedir (Yamamoto vd., 1999; Nurmi, 2011). Temiz vd. (2004) yine laboratuvar şartlarında gerçekleştirilen yıkanma ve eskitme deneylerinin, odunun doğal yağmura maruz kalmasından daha agresif olduğunu ifade etmiştir. Borlu bileşik + yağ ile empenye edilen örneklerin dış hava koşullarına maruz bırakılmasıyla zaman içinde yıkanan bor miktarının daha yavaş ve daha az olması dolayısı ile örneklerin bozunmasının azaltılması beklenmektedir. Bunun muhtemel nedeni, dış hava koşullarında mevsimsel değişiklikler nedeniyle örneklerin rutubetinin değişmez laboratuvar şartlarına göre daha az olması, odunun güneş ışığı altında bırakılmasıyla yağların odunun yüzeyindeki olası çatlakları doldurabilir olması ve borun bu çatlaklardan yıkanmasının engellenmesidir.

Benzer şekilde, Peylo ve Willeitner (1995b), vernik ile kaplanan borlu odun örneklerinin laboratuvar şartlarında 360 saatlik yıkanma deneyine maruz bırakılması sonrasında bor yıkanmasını %40, örneklerin 38 hafta açık alanda bekletilmesiyle bor yıkanmasını %8 bulmuştur.

Kayın odununda yıkanma deneyi sonrasında kalan borlu bileşik miktarı (%) değerleri sarıçam örneklerinden bir miktar daha fazla olmuştur. Mourant vd. (2009), pirolitik yağ ile borun odundan yıkanmasının azaltılmasına yönelik yaptığı çalışmada, kayın örneklerinde çam örneklerine göre daha az bor yıkandığını bulmuş, kontrol örneklerine göre çamda bor yıkanması %66, kayında ise %35 olmuştur. Yıkanma deneyi sonrasında PVA, monogliserid ve DOT ile emprenye edilen kayın örneklerinde sarıçama göre daha yüksek bor miktarı Mohareb vd. (2009) tarafından da bulunmuştur. Yüksek yağ yüklemelerinde hücre çeper tabakalarında mikro yapısal değişimler ve çatlaklar olduğu belirtilmiştir (Olsson vd. 2001). Tez çalışmasında, sarıçam örneklerinde yağın ağırlık artışı değerleri kayından daha fazla elde edilmiştir. Buna göre sarıçam örneklerinde daha fazla yağ yüklemesi ile odundaki oluşması öngörülen çatlaklardan daha fazla bor yıkanması meydana gelmiş olabilir. Ayrıca, yağ işlemi nedeniyle sarıçam odununun direnç özellikleri, kayına göre daha fazla değişiklik göstermiştir.

Odunda kalan borlu bileşik değerlerinin incelenmesinde, başlangıç miktarına bağlı olarak hesaplanan (%) değerler arasında farklılıklar gözlenmiştir. Grafiklerden de görüleceği üzere, başlangıç miktarı olarak yıkanmış örneklerin, kendilerine ait yıkanmamış gruplarının alınmasında odunda kalan borlu bileşik miktarları (%) daha yüksek çıkmıştır. Halbuki başlangıç değeri olarak sadece o konsantrasyondaki borlu bileşikler ile emprenye edilen yıkanmamış odun örnekleri alındığında bu değerler neredeyse yarı yarıya azalmıştır. Bunun nedeni borlu bileşik ön emprenyesini takiben gerçekleştirilen ikinci yağ işlemi esnasında borun odundan yağa yıkanmasıdır. Yağ tipine, bor bileşiğine ve konsantrasyonuna bağlı olarak yağ içinde yıkanma oranları sarıçam için yaklaşık %40-77, kayın için %25-75 arasında olmuştur. Tarımbor ön emprenyeli örneklerde yağ içinde yıkanma eğilimi diğer borlu bileşiklere göre çok daha fazla görülmüştür.

Borlu bileşiklerin yağ içine yıkanmasının temel nedenlerinden biri odun örneklerinin boyutları olabilir. Çalışmada kullanılan örneklerin, odun hacmine göre enine kesitlerinin oldukça büyük olması yıkanmayı artırmış olabilir. Yağ ile işlem sırasında borlu bileşiklerin yıkanması, daha küçük enine kesitli örnek kullanımının yanı sıra, enine kesitlerin boya veya reçineler ile kaplanmasıyla azaltılabilir. Borlu bileşiklerin yağa yıkanması sarıçam

örneklerinde kayına kıyasla daha fazla olmuştur. Bu da odunda kalan borlu bileşik miktarı (%) değerleri açısından kayında daha iyi sonuçlar alınmasına neden olabilir. Benzer bir çalışmada, BA ve sodyum borat ön emprenyesinin ardından PEG-600 ve PEG-400 ile emprenye edilen odunda sadece borlu bileşiklerle emprenye edilen örneklere göre retensiyon değerlerinde azalmalar gözlenmiştir. Bunun nedeni odun yüzeylerindeki borun ikinci emprenye sırasında çözelti içine geçmesi olarak belirtilmiştir (Gezer vd., 1999). Monogliseridlerle ikinci emprenye işlemi sırasında başlangıç miktarına göre odundan BA yıkanması Mohareb vd. (2010a) tarafından da ayrıca rapor edilmiştir. Silikon emülsiyonu ile ikinci emprenye işleminde başlangıç miktarına göre azalmalar Kartal vd. (2007c) tarafından da bulunmuştur. Ancak Lyon vd. (2007a), 20 x 20 x 10 mm (radyal, teğet, boyuna) boyutlarındaki odun örneklerinin BA ile emprenyesini takiben gerçekleştirilen yağ işleminde, yağ içinde bor yıkanması durumunu gözlemlememiştir. Bunun olası nedeni, enine kesiti daha küçük örnek kullanımı ve enine kesitlerin yağ işlemi öncesinde epoksi reçine ile kaplanması olabilir.

4.1.7. Emprenye İşlemlerinin Odunun Isıl Bozunması Üzerine Etkisi

Termogravimetrik analiz, sarıçam ve kayın örneklerinin borlu bileşikler ile birlikte atık ve ayçiçek yağının kullanıldığı deneme varyasyonlarında ve %5 BA + yağların kullanıldığı deneme gruplarında uygulanmıştır. Şekil 8-13'de borlu bileşikler ve atık yağı ile emprenye edilen örneklerin, Şekil 14-19'da borlu bileşikler ve ayçiçek yağı ile emprenye edilen örneklerin, Şekil 20-21'de ise %5 BA + yağ ile emprenye edilen örneklerin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak başlangıç ağırlıklarında meydana gelen değişimler gösterilmiştir. TG eğriler incelendiğinde örneklerin 100°C'deki ağırlık kayıplarının çok düşük olduğu gözlenmiş ve bunun odundaki mevcut suyun buharlaşmasından kaynaklandığı düşünülmüştür (Rowell ve LeVan-Green, 2005; Qu vd., 2011). 100°C'deki ısıl işlem aşamasında odun örneğinin kimyasal yapısında bir değişim gözlenmez (Qinqwen vd., 2006). 150°C'ye kadar odundaki suya bağlı olarak %13-17 arasında ağırlık kayıpları gözlenir (Yunchu vd., 2000). 200°C'ye kadar yine odunda meydana gelen bozunmalar azdır (Qinqwen vd., 2006). Grafikler incelendiğinde, 300°C'den sonra borlu bileşikler ile emprenye edilen grupların tedrici bir bozunma gösterdiği; buna karşılık kontrol örneğinin yapısında daha ani ve hızlı bir bozunmanın meydana geldiği görülmektedir. 450-500°C'ye kadar örnek ağırlıklarında meydana gelen

bozunma ve kayıplar başlangıca göre daha hızlı bir şekilde ilerlemiş ve borlu bileşiklerin örnekler üzerindeki etkisi daha belirgin bir şekilde kendini göstermiştir. Bu sıcaklık aralığından sonra, bozunma, daha kararlı bir şekilde devam etmiş ve sonuçta, borlu bileşiklerin muamelesi ile örneğin bozunmadan kalan kısmının oranı büyük ölçüde artmıştır. Yaklaşık 200°C'de odundaki piroliz hızlanmaya; selüloz CO₂, CO, CH₄, CH₃OH ve CH₃COOH vd. birimlere dönüşmeye başlar, 277°C'de ekzotermik pikler oluşur. 350°C'de yanıcı gazlar azaldığı için, kömür halinde yanma gözlenir ve örnekteki ağırlık kayıpları keskindir (Yunchu vd., 2000). Sıcaklık arttıkça TG eğrilerindeki ağırlık kaybı da artmaktadır. Bu aşama odunun yanmasında ve ısıl bozunmasında önemli bir rol oynamaktadır (Qu vd., 2011). Odunun ısıl bozunması büyük ölçüde selülozdan etkilenir (Gao vd., 2006). 300°C'den 450°C'ye kadar keskin ağırlık kayıpları karbonhidratların özellikle hemiselülozların 200°C ya da daha düşük sıcaklık derecelerinde bozunmasına bağlı olarak gözlenmiştir (Wang ve Cooper, 2007; Ustaömer, 2008). Selülozun kütle kayıpları yaklaşık 100°C'de başlar, 100–300°C arasında yavaş olarak seyrederek. Fakat 300°C'de kütle kayıp oranı artış gösterir ve 400°C'de başlangıçtaki kütle'nin %80'inden fazlası uçucu bileşikler haline dönüşür. Yine literatürde yapılan TGA çalışmaları neticesinde, bozunma mekanizmasında ağırlık kayıplarının 350-500°C arasında keskin bir seyir izlediği; ancak yanmayı geciktirici madde ilavesine bağlı olarak iyileşme gösterdiği; 500°C'den sonra meydana gelen değişimlerin daha yavaş olduğu bulunmuştur (Ustaömer, 2008). Selülozun depolimerizasyonu ile daha fazla uçucu bileşikler oluşurken daha az kömürleşmiş yapı oluşmaktadır, ancak borlu bileşikler ile emprenyeli örneklerde kömürleşmiş yapı artmakta, böylece odun ısıl bozunmaya karşı daha kararlı olmaktadır (Chen, 2008). Test sonrasında kalan kalıntı, lignin bozunmasından dolayı oluşan kömürleşmiş yapıyı içermektedir (Wang ve Cooper, 2007). FTIR analizine göre, 220°C'deki pirolizde örnekteki asetil grupları kaybolmuş, dekompozisyon reaksiyonları meydana gelmiştir. 320°C'deki pirolizde, dehidrasyon tamamlanmış ve karbonhidratlar piroliz olmuştur. 440°C'de karbonhidrat pirolizi tamamlanmış ve lignin bozunmaya başlamıştır. 550°C'de aromatik C-H absorpsiyon pikleri görülmüş ve bu da aromalaşmanın başladığını ve daha fazla oksijen atomunun sistemden uzaklaştığını ifade etmiştir. 720°C'de spektrum tipik kömürleşme formu oluşturmaktadır. Aromatik C-H pikleri, gözükmemekte ancak alifatik C-H pikleri kaybolmaktadır (Qinqwen vd., 2006).

Sadece borlu bileşikler ile emprenye edilmiş odun örnekleri, borlu bileşik + atık yağ ile emprenye edilen örneklere göre daha erken bozunmaya uğramıştır. Borlu bileşik + yağ

ile emprenye edilen örnekler ise sadece yağ ile emprenye edilen örneklerden daha erken bozunmaya uğramıştır. Borlu bileşik + atık yağ ile emprenye edilen örneklerin ağırlıklarında 450°C civarında keskin azalmalar gözlenmiş ve daha sonra ağırlık kayıpları neredeyse sabit kalmıştır. Bu örnekler sadece borlu bileşiklerle emprenye edilen örneklere göre daha yüksek sıcaklıklarda piroliz olmuştur. Benzer bir durum atık yağ buharıyla muamele edilen 2,5mm kalınlıktaki MDF örneklerinin kontrol örneklerinden daha erken ve hızlı bir şekilde bozunması ve daha fazla ağırlık kaybı vermesi ile gözlenmiştir (Çavdar vd., 2010). Wang ve Cooper (2007), 220°C’ de 2 saatlik soya yağı ile sıcak yağ işlemi sonrasında örneklerin yanmaya karşı direncinin azaldığını bulmuştur. Absorbe edilen yağın, yakıtlar gibi etki ederek yanmayı hızlandırdığı ifade edilmiştir. Alev kaynaklı yanma testine maruz bırakılan yağ ile emprenye edilmiş örnekler EN 13501-1 standardının kolay tutuşabilen malzemeleri ifade eden “F” ile belirtilen sınıfta yer alırken; yanmayı geciktirici biyositlerle emprenyenin ardından yağ ile emprenye edilen ve 1 yıl dış hava koşullarına maruz bırakılan örnekler “E” sınıfında yer almış ve odundaki yanma izinin yayılması 15 cm’den daha küçük olmuştur (Podgorski vd., 2008). Su itici maddelerin yanmayı arttırıcı özelliklerini iyileştirmek için borlu bileşiklerin kullanıldığı ve yanma özelliklerinin iyileştirildiği çalışmalar da mevcuttur (Örs vd., 1999b).

Borlu bileşik içeren odun örnekleri düşük sıcaklıklarda yüksek ağırlık kaybı gösterirken, yüksek sıcaklıklarda düşük ağırlık kaybı göstermiş ve endotermik bir reaksiyon meydana gelmesiyle yanmaya karşı daha iyi bir dayanım özelliği sergilemiştir (Wang vd., 2004). Sadece BA ile emprenye edilmiş örnekler, 165°C’de BA + atık yağ ile emprenye edilen örneklere göre daha fazla ağırlık kaybederken, kontrol örneklerinde bu sıcaklık derecesinde önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Bu durum BA’in odunun dehidrasyonunu katalizlemesi nedeniyle meydana gelmiş olabilir (Wang vd., 2004). LeVan ve Tran (1990), BA ve BX’in odunun dehidrasyon reaksiyonlarını katalizleyerek kömürleşme formu oluşturduklarını ifade etmiştir. Yanmayı geciktirici emprenye maddeleri yanmanın yayılmasını engelleyerek, asit katalizli dehidrasyon reaksiyonlarına neden olur böylece yanma ısı azalır, açığa çıkan ısı ve yayılma hızı azalır (LeVan ve Tran, 1990). Bu etki Garba (1999), Baysal (2002) ve Wang vd. (2004) tarafından da kabul edilmiştir. Borlu bileşiklerin yüksek sıcaklıklara maruz bırakıldığında yanmayı geciktirici etkinlik mekanizmasının, odun yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturması ile fiziksel olarak sağlandığı bilinmektedir (Wang vd., 2004; Gao vd., 2006). Dolayısı ile koruyucu etkinlik hem asidik dehidrasyon mekanizması hem de fiziksel bir engel ile sağlanır (Roth

vd., 2007). Borlu bileşiklerin artan kömürleşme formasyonu oluşturması ile odun yüzeyleri ilaveten korunmakta, yanıcı gazların ortaya çıkması engellenmekte ve odunun tutuşması için daha fazla oksijene ihtiyaç duyması gerekmektedir (LeVan ve Tran, 1990; Yalınkılıç vd., 1997b; Baysal, 2002). Karbonlaşmış odun yüzeyi, odunun içine doğru yanmayı azaltır, böylece odunun direnci korunarak, yanmaya karşı zaman kazanılır. Odun ne kadar kömürleşme formu oluşturur ise o kadar yanmayı geciktirici etkinlik sağlanır (Yunchu vd., 2000). Ayrıca, borlu bileşikler ısıya maruz kaldıklarında, selüloz lifleri arasında kimyasal bağlanma oluşturur. Bu durum odun ve selülozun başlangıç sıcaklık derecelerinde yüksek ağırlık kaybı vermelerine neden olur (Yamaguchi, 2003a, b). Borlu bileşik ve polimer muamelesi ile emprenye edilen örneklerde bulunan bor nedeniyle odun daha güç tutuşur hale gelmiş ve daha fazla oksijene ihtiyaç duymuştur (Baysal vd., 2007b). Borlu bileşikler ile emprenye edilen odunun yanmaya karşı artan dayanımı birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (LeVan ve Tran, 1990; Örs vd., 1999a; Garba, 1999; Yalınkılıç, 1999b; Yunchu vd., 2000; Baysal, 2002; Temiz ve Yıldız, 2002; Baysal vd., 2003; Gao vd., 2006; Baysal vd., 2007a, b; Keskin vd., 2009).

Odun örneklerinin 800°C'deki pirolizi sonrasında kalan (%) ağırlık miktarları Tablo 49 ve 50'de gösterilmiştir. Sadece borlu bileşikler ile emprenye edilmiş örnekler hemen hemen benzer ağırlık kaybı değerleri vermişlerdir. İçlerinde en iyi sonucu analiz sonrasında daha yüksek ağırlık miktarı değerleri vermesiyle TB ile emprenye edilen örnek grubu göstermiştir. Bunu sırasıyla BX ve BA izlemiştir. Borlu bileşikler arasındaki bu küçük farklılıklar kimyasal maddelerin bileşimlerinden ve bileşiklerin fonksiyonlarından kaynaklanabilir. Nitekim tarımbor bileşiğinin formülasyonunda (%) bor miktarı borik asit ve borakstan daha fazladır. Daha önce de ifade edildiği gibi ısıl bozunma esnasındaki kömür miktarı ile örneğin yanmaya karşı gösterdiği dayanım birbiriyle alakalıdır (Gao vd., 2006). Beklendiği gibi kullanılan borlu bileşiklerin konsantrasyon artışına bağlı olarak odundaki bozunma azalmış, dolayısıyla bu örneklerdeki ağırlık kayıpları da azalmıştır. Benzer durum Baysal (2002) ve Yalınkılıç vd. (1997b) tarafından da rapor edilmiştir. Yanma testlerinde, odundaki borik asit miktarı arttıkça kor halindeki yanma ve yanmanın yayılması ile duman oluşumu azalır (Yamaguchi, 2003a, b). Yüksek BA konsantrasyonunun kullanıldığı gruplarda daha düşük ağırlık kayıplarının elde edilmesi, yanma sırasında, yanıcı gazların oranının azaltılması nedeniyle olabilir. Başka bir deyişle, yüksek konsantrasyonlarda yanma sırasında kaybolan yanıcı gazlara nazaran daha yüksek miktarda katı madde miktarı kalmıştır (Yalınkılıç, vd., 1997a; Baysal, 2002). Kontrol

örneklerinin ağırlıkları deney süresince azalmaya devam etmiş ve 650-700°C'de tamamen yok olmuştur.

Yağ ile emprenye edilen örneklerde BA, TB ve BX ile ön emprenye işlemi, sadece yağla emprenye edilen örneklere göre daha az ağırlık kaybı göstermiştir. Ancak bu örneklerde yanmaya karşı dayanım sadece borlu bileşiklere göre biraz daha düşük bulunmuştur. Test sonrasında ağırlık kayıpları BA ile muamele edilen örnekler için şu şekilde elde edilmiştir: %5 BA < %2 BA < %1 BA < %5 BA + Atık yağ < %2 BA + Atık yağ < %1 BA + Atık yağ < Atık yağ < Kontrol. TB ve BX ile bunların yağlarla birlikte emprenye edildiği örnekler için de aynı sıralama elde edilmiştir. Ayçiçek yağı ile emprenye edilen örneklerin ısı özellikleri de atık yağın ısı özelliklerine benzer şekilde elde edilmiştir. Borlu bileşik + ayçiçek yağı ve %5 BA + diğer yağlar ile emprenye edilen örneklerde bulunan borlu bileşikler yine odun örneğinin bozunma sıcaklığına ve dolayısıyla ısı bozunma mekanizmasına müdahale etmek suretiyle ağırlık kayıplarını azaltmış ve odunun yüksek sıcaklıklarda kömürleşerek korunmasını sağlamıştır. Her ne kadar atık yağın daha önce defalarca ısıya maruz kalması ve yapısının değişmiş olması nedeniyle diğer bitkisel yağlardan daha farklı sonuçlar sergilemesi beklense de Şekil 20 ve 21'de görüleceği üzere benzer bir etkinlik sergilemiştir. Tablo 50'de piroliz sonrasında bitkisel yağların neredeyse eşit ağırlık kayıpları verdiği gözlenmiştir. Tablo 49'da sadece borlu bileşiklerle emprenyeli sarıçam ve kayın odununda ağırlık kayıplarının birbirine çok yakın olduğu, ancak yağ ile birlikte emprenye edilmesi durumunda kayın örneklerinin sarıçam örneklerinden daha az ağırlık kaybı verdiğini görmek mümkündür. Bu durum yanma özelliklerini olumsuz yönde etkileyen yağ işleminin sarıçamda daha yüksek retensiyon değerleri ile sonuçlanmasından kaynaklanabilir. Ayrıca, yoğun ve ağır yapraklı ağaçların, reçineli iğne yapraklı ağaçlara göre yanmaya karşı daha dayanıklı olduğu da belirtilmiştir (Garba, 1999).

4.1.8. Emprenye İşlemlerinin Odunun Kimyasal Yapısı Üzerine Etkisi

160°C'de sıcak yağ işlemine tabi tutulan sarıçam ve kayın örneklerinin kimyasal yapısında meydana gelen değişimleri ve olası bozunmaları belirlemek amacıyla atık ve ayçiçek yağları ile emprenye edilen varyasyonlar ile %5 BA + diğer yağlar ile emprenye edilen varyasyonlara ait örneklerin FTIR-PAS spektrumları Şekil 22-24'de gösterilmiştir. Odundaki IR spektrumların absorpsiyon pikleri ve açıklamaları Tablo 76'da özetlenmiştir.

Tablo 76. IR spektrumların absorpsiyon pikleri ve fonksiyonları (Temiz, 2005; Tshabalala, 2005; Ximenes ve Evans, 2006).

Pik No	Dalgaboyu cm^{-1}	Grup ve Sınıfı ile Fonksiyonları
1	1720-1740	Ksilanda C=O gerilimi
2	1595±5	Ligninin aromatik halkarındaki C=C gerilmesi
3	1510±5	Ligninin aromatik halkarındaki C=C gerilmesi
4	1450-1470	Ligninde CH ₃ deformasyonu ve ksilanda CH ₂ eğilmesi
5	1425±5	Selülozda CH ₂ sallantısı
6	1370±5	Selüloz ve hemiselülozda CH ₂ eğilmesi
7	1315±5	Selülozda CH ₂ titreşimleri
8	1265±5	Lignindeki guasil halkasında titreşim
9	1230±6	Ligninde siringil ve ksilanda C-O
10	1157±5	Selüloz ve hemiselülozda C-O-C asimetrik bandı
11	1056-1083	Selüloz ve hemiselülozda C-O gerilmesi
12	890-899	Selüloz ve hemiselülozda C1 grubunun sayısı

Borlu bileşikler + atık yağ ve sadece atık yağ ile emprenye edilen örneklerde odun bileşenlerinin ısıl bozunması nedeniyle spektrumlar da bazı değişiklikler gözlenmiştir. Isıl işlem kimyasal yapıda önemli yapısal değişimlere neden olur. Odun bileşenlerinin kimyasal modifikasyonu ve bozunması, dehidrasyon, hidroliz, oksidasyon, dekarboksilasyon ve transglükolizasyon reaksiyonları ile oluşmakta ve bu reaksiyonlar ile odunun higroskopisitesi azalmaktadır (Kocaefe vd., 2008).

Sarıçam ve kayın odunu örneklerinde 1734 cm^{-1} 'de görülen karbonil absorpsiyon piki (1), kontrol örneklerine kıyasla bir nebze daha artmıştır. Bu durumun muhtemel nedeni hemiselülozların kısmi bozunması olabilir. Kocaefe vd. (2008), karbonil absorpsiyon piklerinin odunun sıcaklığının 160°C'den 230°C'ye çıkarılmasıyla azaldığını belirtmiştir. Bu banttaki geçici artışlar, ısıl işlem sırasında karboksil asitler gibi yan ürünlerin bozunmasıyla ortaya çıkmış olabilir. Bu asitler hemiselülozların hidrolizini katalizleyerek polimerleşme derecesini azaltırlar (Kocaefe vd., 2008). Nuopponen vd. (2004), karbonil absorpsiyon bölgesinin 1630-1800 cm^{-1} gibi geniş bir aralıkta olmasını, hemiselülozlardan kaynaklanan yeni ekstrakte olabilir karbonil ve karbonil bileşiklerinin oluşması nedeniyle olduğunu belirtmiştir. Tjeerdsma and Militz (2005), ısıl işleme tabi tutulan odunda yeni oluşan karbonil grupları nedeniyle 1740 cm^{-1} pikinde artışlar olduğunu bulmuştur. Hem sarıçam hem de kayın odunu örneklerinde 1590 (2) ve 1505 cm^{-1} (3) absorpsiyon bantlarının yoğunluklarında hafifçe azalmalar gözlenmiştir. Bu değişiklikler ligninin aromatik halkarındaki C=C gerilmeleri nedeniyledir. 1505 cm^{-1} piki, ligninin kondenzasyon reaksiyonları nedeniyle oluşan çapraz bağlanma ve lignindeki alifatik

zincirlerin ayrılmasını ifade etmektedir. Lignindeki yeni çapraz bağlanmalar, odunun su almasını azaltabilir ve bunun sonucu olarak odunun daralması ve genişlemesi azaltılabilir (Kocaefe vd., 2008). 1450 cm^{-1} (4) bandı lignindeki CH_3 deformasyonu ve ksilandaki CH_2 eğilmesiyle alakalıdır (Ximenes ve Evans, 2006). C-H piki sarıçamda hafifçe değişiklik gösterirken kayında değişmemiştir. Aslında ısı işlem C-H bağlarında değişikliğe neden olmamaktadır. Ancak, odunun iç kısmından yüzeye doğru geçen uçucu bileşiklerin yüzeyden de ayrılması nedeniyle C-H gruplarının sayısı hafifçe azalabilir (Kocaefe vd., 2008). Terpenler, yağ asitleri gibi bu uçucu bileşikler iğne yapraklı ağaçlarda, yapraklı ağaçlardan daha yaygındır (Bozkurt ve Erdin, 2000). Kayın odunu örneklerinde gözlenmeyen C-H pikindeki değişim belki de bu yüzden olabilir. 1420 cm^{-1} (5) pikindeki küçük değişiklikler, karbonhidratlardaki ve aromatik yapılardaki CH_2 titreşimi ile ilgilidir (Temiz, 2005). Kayın örneklerinde 1370 cm^{-1} (6) ve 1320 cm^{-1} (7) piklerindeki hafif azalmalar OH gruplarındaki eğilmelerden dolayıdır. Serbest hidroksil gruplarının sayısındaki azalmalar odunu daha hidrofobik hale getirmektedir (Kocaefe vd., 2008). Sarıçam odunu örnekleri için 1270 cm^{-1} (8) ve kayın odunu örnekleri için 1230 cm^{-1} (9) bant yoğunluğunda hafif azalmalar gözlenmiştir. Bu pikler hemiselüloz ve lignindeki C-O titreşimlerinin karakteristik pikleridir. Bu bantların yoğunluğundaki azalmalar guasil ve siringil yapıların ısı işlemle modifiye edildiğini göstermektedir (Nuopponen vd., 2003; 2004). 1157 cm^{-1} (10) ve 1056 cm^{-1} (11) dalga boyundaki pikler hafif değişiklikler göstermiştir. C-O-C köprüsündeki gerilmeleri içeren selüloz iskeletindeki titreşimler 1168 cm^{-1} pikinde görülmektedir. Bu değişiklikler hemiselülozların bozunması nedeniyle oluşabilir. Bu durum Salmen vd. (2008)'nin bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Emprenyeli odunlarda 895 cm^{-1} (12) pikinde görülen selülozun asimetric halkasındaki gerilmelerde hafif azalmalar olduğu bulunmuştur. 898 cm^{-1} piki, selüloz ve hemiselülozların C1-H gruplarındaki titreşimlerin karakteristik pikidir (Nuopponen vd., 2004; Ximenes ve Evans, 2006). Bu pikteki azalma hemiselülozların ısı bozunmasından dolayı olabilir (Colom vd., 2003; Kocaefe vd., 2008). Odunun temel bileşenleri arasında hemiselülozlar ısı bozunmaya karşı en hassas olanlardır. 150°C 'de hemiselülozların bozunma oranları odun ve α -selülozun bozunma oranından 4 kez daha fazladır (Nuopponen, 2005).

Kayın odununda borlu bileşik + yağ işlemleri, sarıçam odununa göre daha zayıf ve küçük pik değişimlerine neden olmuştur ve dolayısı ile kayında odun temel bileşenlerinin daha az modifikasyonu söz konusu olabilir. Bunun muhtemel nedeni, her iki ağaç türünde

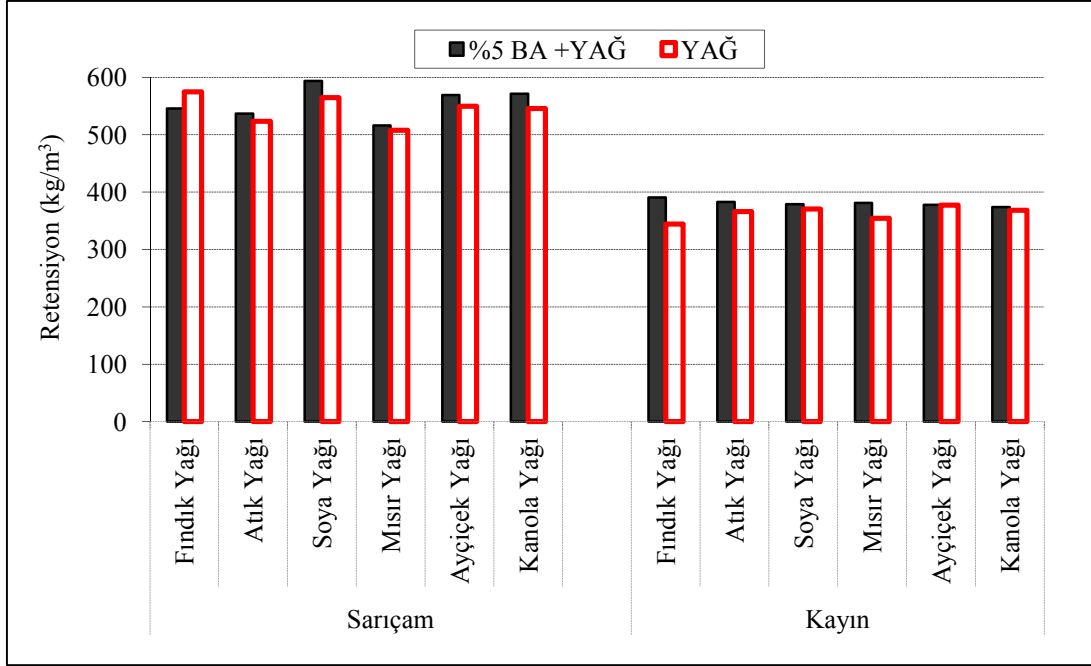
hemiselüloz içeriğinin ve anatomik yapının farklı olması ve ayrıca bunların değişik retensiyon özellikleri sergilemeleri olabilir. Bor bileşiğinin türü ve konsantrasyonu, örneklerin kimyasal yapısında fark edilebilir bir değişikliğe yol açmamıştır.

Ayçiçek yağı ile emprenye edilen örneklerin odun yapısındaki fonksiyonel grupları ile spesifik bağ yoğunlukları atık yağ ve bunların borlu bileşiklerle birlikte emprenye edilmesine benzer sonuçlar sergilemiştir. Bor bileşikleri ve yağlar bilindiği üzere odun bileşenlerine fikse olmamaktadır. FTIR spektrumlarında fonksiyonel grupların yoğunluklarındaki değişiklikler borlu bileşik ya da yağlardan kaynaklanmayıp, bunun 160°C’de gerçekleştirilen ısıtma işleminden dolayı olduğu düşünülmektedir. Şekil 24’de de görüleceği üzere tüm yağlar FTIR spektrumlarında benzer bir davranış göstermiştir.

4.1.9. Emprenye İşlemlerinin Mantar Çürüklük Dayanımı Üzerine Etkisi

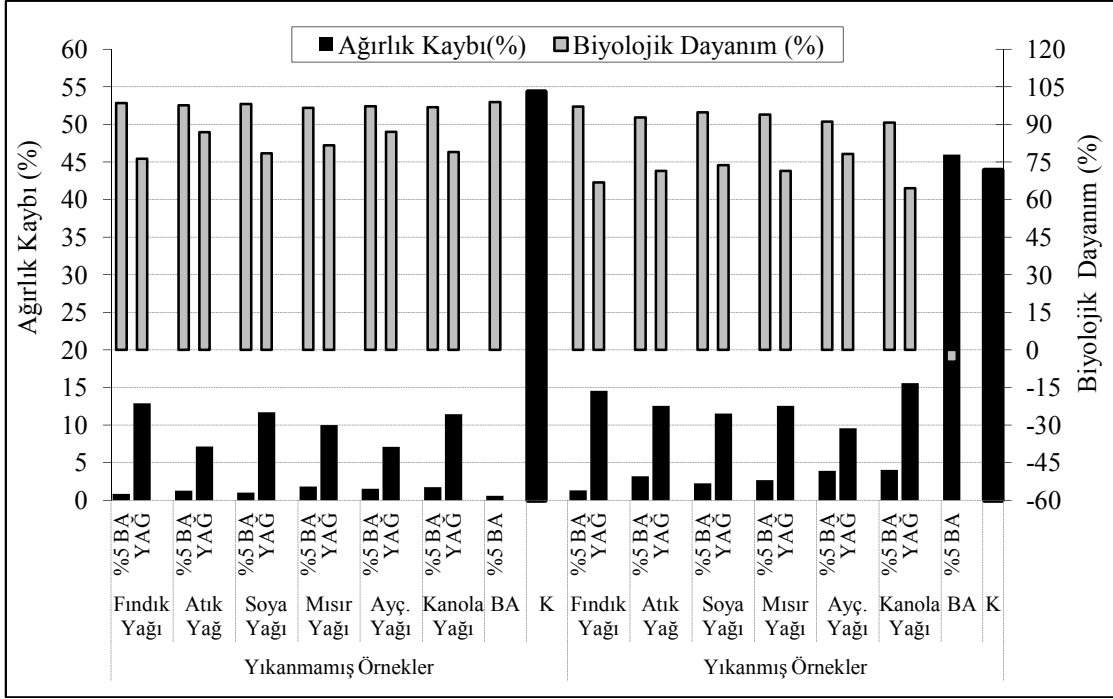
Mantar çürüklük deneylerinde kullanılan örneklerin retensiyon değerleri Şekil 71’de, yıkanmış ve yıkanmamış örneklerde mantar saldırısı nedeniyle meydana gelen ağırlık kayıpları Şekil 72’de sarıçam için, Şekil 73’de kayın için kıyaslamalı olarak gösterilmiştir. Mantar çürüklük testi en iyi yağ çeşidini belirlemek amacıyla yalnızca %5 BA + yağ ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklerin yıkanmış ve yıkanmamış gruplarına uygulanmıştır. Sarıçam ve kayın örneklerinde yağ ile emprenye sonrasında retensiyon miktarları ve ağırlık artışı değerleri sırasıyla 508-594 kg/m³ ile %130-147; 345-391 kg/m³ ile %50-59 arasında değişim göstermektedir.

Şekil 71’den de görüleceği üzere BA ön emprenyesi örneklerin yağ absorpsiyonunu olumsuz yönde etkilememiş, aksine bu örneklerde retensiyon değerleri artmıştır. Emprenye edilen sarıçam örnek grubunda en düşük retensiyon mısır ve atık yağı ile emprenye edilen örneklerde gözlenmiştir (Ek Tablo 32). Kayın örneklerinde ise BA ön emprenyesini takiben yağlar ile gerçekleştirilen emprenye işleminde yağların retensiyon değerleri hemen hemen eşit seviyede bulunmuştur (Ek Tablo 33).



Şekil 71. %5 BA ve yağlar ile empenye edilen sarıçam ve kayın odunu örneklerinin sadece yağ ile empenye edilen örneklere göre retensiyon değerlerindeki değişimi

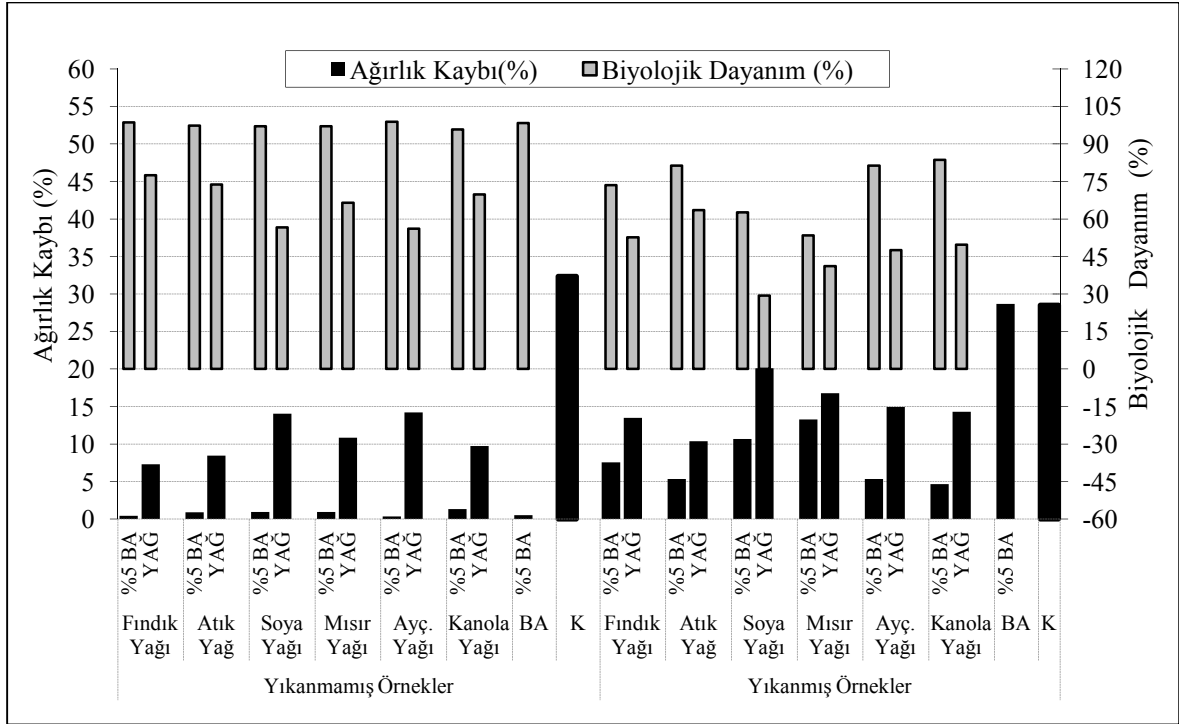
Sarıçam kontrol örneklerinde *Coniophora puteana* mantar saldırısı nedeniyle oluşan ağırlık kayıpları yıkanmamış örnekler için %52, yıkanmış örnekler için %56'dır. Kayın kontrol örneklerinde *Coriolus versicolor* mantar saldırısı nedeniyle oluşan ağırlık kayıpları yıkanmamış örnekler için %30, yıkanmış örnekler için %28'dir. Ağırlık kayıpları %20'nin üstünde olduğu için yapılan çürüklük testi başarılı sayılmıştır.



Şekil 72. *C. puteana* mantarının saldırısına maruz bırakılan sarıçam odunu örneklerinde meydana gelen ağırlık kayıpları (%)

Yıkılmamış %5 BA ile empenyeli örnekler her iki çürüklük mantarı için %1'den daha düşük ağırlık kayıpları vererek EN 350-1 standardının (Ek Tablo 31) dayanıklılık sınıflarına göre “çok dayanıklı”, bunlara ait kontrol örnekleri ise çok yüksek ağırlık kayıpları vererek “dayanısız sınıfta” yer almıştır. Ancak 14 günlük yıkanma deneyi sonrasında, test örneklerinin ağırlık kayıpları neredeyse kontrol örneklerinin ağırlık kayıplarına eş değer çıkmış ve bu örnekler “dayanısız veya az dayanıklı” sınıfta yer almıştır. Bu durum, yıkanma deneyi sonrasında BA'in odundan yıkandığı ve koruyucu etkinlik için odunda yeteri miktarda BA kalmadığını ifade etmektedir. Nitekim bor analizi sonuçlarında da yıkanmış örneklerde başlangıç miktarının %1-2'si kadar BA kaldığı ve bu oranın da sarıçam örnekleri için BAE olarak $0,754 \text{ kg/m}^3$, kayın örnekleri için $0,607 \text{ kg/m}^3$ retensiyon değerini ifade ettiği belirlenmiştir. Ayrıca, yapılan testin agresif bir test olması da yüksek ağırlık kayıplarına neden olmuş olabilir. %5 BA ile empenye edilen yıkılmamış sarıçam ve kayın örnekleri kontrole kıyasla mantar çürüklüğüne karşı %100'lere varan biyolojik dayanım sağlamıştır. Bor bileşikleri, mantarda hüflerin ve sporların anormal gelişimine ve üreme sırasında gametlerin ayrılmasında başarısızlığa neden olarak mantar gelişimini durdurmaktadır. Aynı zamanda oksit formundaki koenzimler bor iyonlarının hedefi olarak mantar organizmasının metabolik sistemini de

bozmaktadırlar. Bor iyonları biyolojik olarak hücre çeperinden kolaylıkla nüfuz edebilmekte ve oluşturduğu birleşimlerle yaşayan organizmalarda açlık etkisi oluşturarak zehirli özellik kazandırmaktadır (Lloyd, 1998; Kartal ve Imamura, 2004a).



Şekil 73. *C. versicolor* mantarının saldırısına maruz bırakılan kayın odunu örneklerinde meydana gelen ağırlık kayıpları (%)

Sadece yağlarla empenye edilen yıkanmamış sarıçam örneklerinde ağırlık kayıpları %7-13 arasında; yıkanma sonrasındaki ağırlık kayıpları %10-16 arasında çıkmıştır. Kayın örneklerinde yıkanmamış gruplar %7-14 ve yıkanmış gruplar %10-20 arasında ağırlık kayıpları vermiştir. Mantar saldırılarına karşı en iyi biyolojik dayanım sağlayan yağlar, sarıçam yıkanmış örneklerinde ayçiçek yağı, sarıçam yıkanmamış örneklerinde atık ve ayçiçek yağ; kayın yıkanmış örneklerinde atık yağ, kayın yıkanmamış örneklerinde ise fındık, atık, kanola ve mısır yağıdır (Ek Tablo 34). Mısır yağı hariç, bu yağlar ile empenye edilen örnekler “dayanıklı sınıfta” yer alırken, diğer yağlar ile empenye edilen örnekler ağırlık kayıplarındaki farklılıklardan dolayı “dayanıksız, az dayanıklı veya kısmen dayanıklı sınıfta” yer almıştır. Sadece yağ ile empenye edilen sarıçam yıkanmış örneklerinde kontrol örneklerine kıyasla %60-75 oranında, yıkanmamış örneklerde %75-85 oranında biyolojik dayanım sağlanmıştır. Kontrole kıyasla kazanılan biyolojik dayanım

kayın odunu yıkanmış grupları için %30-60, yıkanmamış grupları için %55-75 olmuştur. Genel olarak atık ve ayçiçek yağı en iyi koruma sağlayan yağ çeşitleri olmuştur. Bu durum yağların kimyasal bileşimlerindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği gibi, kuruma özellikleri ve kuru film tabakasının bariyer özelliklerinden de kaynaklanabilmektedir. Daha öncede ifade edildiği gibi, atık ve ayçiçek yağ hem sarıçam hem de kayın odununda en iyi SİE sağlayan yağlar olmuş ve bu yağlar ile emprenye edilen örneklerde daha az bor yıkanması gözlenmiştir. Yağların odundaki biyolojik etkinliği, hücre boşluklarının doldurulması ve mantar enzimlerinin katalitik hareketini engelleyen su itici maddeler gibi rol oynayarak fiziksel bir koruma sağlaması temel mantığına dayanmaktadır (Temiz 2008a, b). Sıcak yağ işlemi kontrole kıyasla mantar çürüklüğüne karşı dayanım sağlamıştır, ancak yağların bileşimlerinde herhangi zehirli bir bileşen olmaması nedeniyle, odunu tam anlamıyla odun tahripçisi mantar saldırılarına karşı koruyamamıştır. Nitekim iyi bir emprenye maddesi için test örneklerinde maksimum %3-5 arasında ağırlık kaybına izin verilmektedir (EN 113). Bezir yağı ve kanola yağı ile emprenye edilen korsika çamı odununun *Coniophora puteana* mantarı saldırısı sonrasında ağırlık kayıpları yaklaşık %8, kontrol örneklerinde ise yaklaşık %30 bulunmuştur (Spear vd., 2006). Alfredsen vd. (2004), tall yağı ile 200 kg/m³ retensiyon değeri verecek şekilde emprenye edilen sarıçam örneklerinde kontrole kıyasla biyolojik dayanım sağlamış, ancak ağırlık kayıplarını %3'den daha fazla bulmuştur. Çalışmada biyolojik etkinliğin hidrofobik özellikler nedeniyle sağlandığı belirtilmiştir. Sailer vd. (1998), kenevir ve bezir yağı ile emprenye edilen odun örneklerinin %25'den daha az rutubet içerdiğini; böylece mantar aktivitesine karşı dayanım kazandığını; yüzeydeki yağsı tabaka nedeniyle mantar kolonizasyonunun odunda zor olduğunu; ancak yağ işlemlerinin odunu daha uzun vadede tam anlamıyla koruyamadığını belirtmiştir. Pajaanen ve Ritschkoff (2002) tall, bezir ve kanola yağının *Coniophora puteana*, *Poria placenta* ve *Coriolus versicolor* mantarlarının tam olarak büyümesini ve gelişimini engellemediğini belirtmişler; ancak odunda herhangi bir ağırlık kaybının gözlenmemesini yağların, odunun su almasını önemli ölçüde azaltmasına ve odunun hidrofobikliğini arttırmasına atfetmişlerdir. Smith vd. (2003), kanola yağı ile emprenye edilen örneklerin ısıllı işlemlerle örneklerle kıyasla termitlere karşı daha iyi bir dayanım sağladığını bulmuştur. Fındık yağının %27 ve üstü konsantrasyonda odun ile muamelesinde formosan termitlerine karşı etkinlik sağlanmıştır (Nakayama ve Osbrink, 2010). Nunes vd. (2006), yine kanola yağı ile emprenye ettikleri odunun termitlere karşı

sağlanan etkinliğinin, yağın zehirlilik ve termit itici özelliğinden kaynaklanmadığını, bunun odundaki rutubet miktarının düşürülmesi ile ilgili olabileceğini belirtmişlerdir.

Mantar çürüklük deneyinde sadece yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinde bulunan rutubet miktarları değerleri %15-23, kayın örneklerinde bulunan rutubet miktarı değerleri ise %26-42 arasında değişim göstermektedir (Ek Tablo 30). Mikroorganizmaların odundaki tahribatları hücre çeperinin rutubet miktarıyla yakından ilişkilidir. Beyaz çürüklük mantarları tahribat için daha düşük rutubet miktarına ihtiyaç duyar iken, esmer çürüklük mantarları biraz daha fazla, yumuşak çürüklük mantarları ise en fazla rutubet miktarına ihtiyaç duymaktadır (Rowell, 2005). Odunu mantar tahribatına karşı korumanın en etkili yollarından birisi rutubet içeriğinin %20 ve altına indirilmesidir (Yalınkılıç vd., 1999b). Higroskopisitenin azaltılmasıyla mantar misellerinin büyümesi önlendiğinden ağırlık kayıpları azalır (Kartal vd., 2004c). Su itici yöntemler oduna su iticilik sağladıklarından, küflenme ve çürüklük mantarlarının ihtiyaç duydukları rutubet derecelerini düşürürler (Feist ve Hon, 1984).

Bitkisel ve tall yağının mantar saldırılarına karşı geniş derecede etkili zehirlilik mekanizmaları yoktur. Hatta saf tall yağı ile emprenye edilen ve yüksek miktarda yağ içeren örneklerde, yumuşak çürüklük mantarının düşük miktarda yağ içeren örneklere kıyasla daha fazla büyüme gösterdiği bulunmuştur. Mantara karşı etkinliğin hidrofobik özelliklerle alakalı olduğu bilinmekte, ancak yağlı maddelerin odundaki etkinliği tam olarak halen bilinmemektedir (Pajaanen ve Ritschkoff, 2002). Yağlar ile odun hücrelerinde hidrofobik bir tabaka yaratılarak odunun su alımı azaltılır, böylece odunda mantar ve bakterinin ihtiyacı olan rutubet içeriği olmayacağından, mikroorganizmaların gelişimi azalır (Sailer vd., 1998; Temiz vd., 2006a; Koski, 2008). Mantarların odundaki kolonizasyonu için besin, oksijen, ideal sıcaklık ve su gereklidir (Treu vd., 2004). Yağlar ile emprenye işlemi bu etmenlerin bir ya da daha fazlasını etkilenmiş olabilir. Yüksek yağ retensiyonu ile odundaki tüm boşluklar yağ ile dolacağından mantarın gelişimini sağlayacak rutubet miktarının düşürülmesinin yanı sıra, oksijen miktarının azalması da sağlanmış ve bu sayede mantara karşı etkinlik artmış olabilir. Ancak, yağlar daha öncede ifade edildiği gibi herhangi bir zehirli bileşen içermediklerinden bazı durumlarda çürüklük mantarları ve böcek saldırılarına karşı odunu tam olarak koruyamazlar (Lyon vd., 2007a; Podgorski vd., 2008; Temiz vd., 2008b).

%5 BA + bitkisel yağlar ile emprenye edilen örneklerde mantar çürüklüğüne karşı iyi bir dayanım sağlanmıştır. Bu grupta ağırlık kayıpları sadece bor ve sadece yağ ile

emprenye edilen örneklerin ağırlık kayıplarından daha düşük bulunmuştur. BA ve yağlar ile emprenye edilen sarıçam örneklerinin yıkanmamış gruplarında ağırlık kayıpları %0,8-1,83; yıkanmış gruplarında %1,29-4,05'dir. Kayın örneklerinin yıkanmamış gruplarında ağırlık kayıpları %0,36-1,34; yıkanmış gruplarında %4,7-13 arasında elde edilmiştir. %5 BA + yağ ile emprenye edilen yıkanmamış tüm gruplar %3'den daha az ağırlık kaybı göstererek iyi bir biyolojik dayanım özelliği sergilemiş ve dayanıklılık sınıfları arasında "çok dayanıklı sınıfta" yer almıştır. %5 BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam yıkanmamış örneklerinde bulunan 13-19 kg/m³ BAE retensiyonu ve kayın örneklerinde bulunan 15-20 kg/m³ BAE retensiyonu mantar saldırılarını Tablo 5'de özetlendiği gibi önleyebilecek düzeydedir. Sarıçam örneklerinin yıkanmış grupları yine "çok dayanıklı sınıfta" yer alırken, kayın örneklerinin yıkanmış grupları yağ çeşidine bağlı olarak "çok dayanıklı, dayanıklı ve kısmen dayanıklı sınıflarında" yer almıştır. Kontrole kıyasla sarıçam odunu yıkanmış örnek grubunda %90-100 oranında, yıkanmamış örnek grubunda %100 oranında biyolojik dayanım sağlanmıştır. Kayın odununda sağlanan biyolojik dayanım yıkanmış örnek grubu için %55-85, yıkanmamış örnek grubunda ise %100 oranında olmuştur. Sarıçam odununda %5 BA ön emprenyesini takiben fındık, atık, soya ve mısır yağı ile emprenye edilen örneklerin yıkanmış grupları *C. puteana* saldırısına karşı %3'den daha az ağırlık kayıpları vererek iyi bir biyolojik dayanım özelliği sergilemişlerdir. Kayında ise yıkanmış örneklerde *C. versicolor* saldırısı nedeniyle oluşan ağırlık kayıpları %3'den daha fazla çıkmıştır, ancak %5'in altında ağırlık kaybı veren varyasyonlar atık, ayçiçek ve kanola yağı ile emprenye edilen örnekler olmuştur (Ek Tablo 34). BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinde mantar çürüklük deneyi esnasında rutubet miktarı %15-46, kayın örneklerindeki rutubet miktarı ise %23-40 arasında elde edilmiştir. BA ön emprenyeli örneklerin rutubet miktarları sadece yağ ile emprenye edilen örneklerin rutubet miktarlarından biraz daha fazla çıkmıştır. Bunun higroskopik karakterli BA'den kaynaklandığı düşünülmektedir (Ek Tablo 30).

Benzeri bir çalışmada, sadece bezir, soya ve kanola yağı ile emprenye edilen örneklerde termit ve mantar saldırılarına karşı iyi bir biyolojik dayanım sağlanamamış, ancak %1 BA ile emprenyenin ardından yağ ile muamele edilen örneklerde iyi bir biyolojik dayanım sağlanmıştır (ağırlık kaybı < %3). Yağın mantar gelişimini engelleyecek bir engel görevi görmesi ile sağlanan biyolojik dayanım üzerine odunda kalan bor miktarı ve yağlar arasında doğrusal bir ilişki gözlenmiş; iyi bir biyolojik dayanım için Japon sedirinde %0,5 BA, kayında %1 BA ön emprenyesi yeterli bulunmuştur. Rutubetin

azaltılmış olması da ayrıca mantar saldırılarının engellenmesi için gereken bor miktarını azaltmıştır (Lyon vd., 2007b). Yağlara biyositlerin katılmasıyla artan biyolojik dayanım Palanti ve Susco (2004), Venmalar ve Nagaveni (2005), Lyon vd. (2007a, b), Temiz vd. (2006a, 2008a, b), Podgorski vd. (2008), Palanti vd. (2011) tarafından da belirtilmiştir. Hatta Palanti ve Susco (2004) ve Palanti vd. (2011), bitkisel-mineral yağ ile propikonazol ve tebukonazol karışımı ile emprenye edilen odunun mantar çürüklüğüne karşı yağ eşik değerinin 500 kg/m³'den daha yüksek olduğunu gözlemiş, örneklerin arazi testlerinde de (ENV 12037 ve EN 252) dayanımı sağlanmış ve dayanıklılık bakır bazlı klasik emprenye maddeleri ile kıyaslanabilir düzeyde bulunmuştur. Bezir yağının odundaki retensiyonu ile mantar saldırısı nedeniyle oluşan ağırlık kaybı arasında azalan yönde bir korelasyon vardır. Bu korelasyon odunda *Postia placenta* saldırısı sonrasında elde edilen ağırlık kaybı değerleri ile odunun retensiyon değerleri arasında $r^2=0,85$; *Trametes versicolor* saldırısı sonrasındaki ağırlık kaybı ile retensiyon değerleri arasında $r^2=60$ olarak bulunmuştur. 50-150 kg/m³ retensiyon değeri verecek şekilde yağ ile emprenye edilen odunda kontrole kıyasla mantara karşı dayanım sağlanamamıştır (Panov vd., 2010). Podgorski vd. (2008) sadece yağlar ile emprenyenin böcek ve termit saldırılarına karşı odunu yeterince koruyamadığını, ancak yeterli miktarda biyosit ile emprenyenin ardından yağ ile emprenye edilen örneklerde geleneksel emprenye maddeleri kadar iyi sonuçlar alındığını belirtmiştir. Tesbih ağacı yağı + bakır naftenat ile basınçlı ve batırma yöntemlerine göre emprenye edilen örneklerin mantar çürüklüğüne karşı çok iyi dayanım özellikleri sergilediği; sadece yağ işleminin kontrole göre biyolojik dayanımı arttırdığı; ancak tam anlamıyla engelleyemediği Venmalar ve Nagaveni (2005) tarafından belirlenmiştir. Temiz vd. (2006a), bezir yağı ve borik asitle emprenye ettikleri odun örneklerinde yıkanma deneyi sonrasında sadece BA ile emprenye edilen oduna göre biyolojik dayanımın arttığını ve bu örneklerde bor yıkanmasının azaltıldığı ifade etmiştir. Temiz vd. (2008a) çeşitli biyositler (PBA, formik asit, BA, mandalik asit) ile birlikte bezir ve tall yağı ile emprenye ettikleri odun örneklerinde, lümenlerin yağ ile kaplanması nedeniyle odunun su alma oranının azaltıldığını ve biyolojik dayanımın arttırıldığını bulmuştur. Yine Temiz vd. (2008b), sadece tall yağı ile emprenye ettikleri sarıçam odun örneklerinde yıkanma deneyi sonrasında ağırlık kayıplarını %6-24 arasında bulmuş, ancak BA + tall yağı ile iki kez emprenye edilen örneklerde özellikle %2 BA kullanılması durumunda iyi bir biyolojik dayanım elde edilerek birlikteli (sinerjik) etki sağlamıştır. Fipronil ve trimetilborat katkılı bezir yağı ile emprenye edilen örnekler 4 yıllık arazi testlerinde mantar ve termit

saldırılarına karşı iyi bir biyolojik dayanım göstermiş ve bu şekilde emprenye edilen odunun tehlike sınıfı 3 ve 4 olan yerlerde kullanılması önerilmiştir. Bezir yağı, örneklerde bir film tabakası oluşturarak tropik arazi koşullarındaki bozunmalara karşı odunu korumuştur (Ahmad vd., 2008). BA ön emprenyesinin ardından odunun polimerleşmesi ile odundaki rutubet miktarı azaldığından biyolojik dayanım artar (Baysal vd., 2007b).

Borlu bileşiklerin odunu çürüklük mantarlarına karşı koruyabilmesi için gereken en düşük BAE retensiyonu (kg/m^3), kullanılan bor bileşiklerine, çürüklük test yöntemlerine ve ağaç türüne göre değişiklik göstermektedir. Tablo 5’de belirtildiği gibi *T. versicolor* mantarının saldırısına karşı etkinlik sağlanabilmesi için odunda en düşük 0,4-4,7 kg/m^3 BAE, *C. puteana* mantarının saldırılarına karşı etkinlik için en düşük 0,53-3,9 kg/m^3 BAE’ne gereksinim duyulmaktadır. Ancak odunda, mantar ve böcekleri tamamen yok etmek için 3 kg/m^3 (%0,6 BAE), koruma sınır değeri için 1 kg/m^3 (%0,2 BAE) borik asidin yeterli olduğu da belirtilmiştir (Peylo, 2005). Odunu termit saldırılarına karşı korumak için ticari uygulamalarda 4,5 kg/m^3 borik asit eşdeğeri (BAE) gereklidir. Ancak termit saldırılarının az olduğu İngiltere’de enine kesitteki retensiyonun en düşük 1,8 kg/m^3 (BAE) olması önerilmektedir. ABD’de 2,7 kg/m^3 BAE retensiyonu çürüklük, böcek ve termit saldırılarına karşı; 4,5 kg/m^3 BAE retensiyonu ise Formosan subterranean termitinin kontrolünde gereklidir (Kartal vd., 2009a). Dolayısı ile %5 BA + yağ ile emprenye edilen yıkanmış sarıçam örneklerinde bulunan 5-8 kg/m^3 , kayın örneklerinde bulunan 4,5-7 kg/m^3 BAE retensiyon değerleri odunu mantar saldırılarına karşı koruyabilecek düzeydedir. Ancak, mantara karşı zehirlilik etkisi gösterecek bu retensiyon değerlerine rağmen, daha önce ifade edildiği gibi bazı varyasyonların yıkanmış gruplarında özellikle kayın örneklerinde %3’den daha fazla ağırlık kaybı elde edilmiştir. Bu örneklerde yüksek ağırlık kayıpları gözlenmesinin pek çok nedeni olabilir:

1. Bitkisel yağlar mantar saldırılarını arttırmış olabilir. Nitekim Pajaanen ve Ritschkoff (2002) odunda yüksek miktarda tall yağı bulunmasının mantar saldırılarını arttırdığını ifade etmiştir.
2. Yapılan testin agresif bir test olması da ağırlık kayıplarının yüksek çıkmasına neden olmuş olabilir.
3. Mantar çürüklük deneyi öncesi gerçekleştirilen işlemler sırasında (kurutma ve sterilizasyon) ve deney esnasında BA ve/veya yağın yıkanması sonucu, bu örneklerde koruyucu etkinlik sağlayacak kadar BA kalmamış veya yağ tabakası bozulmuş olabilir.

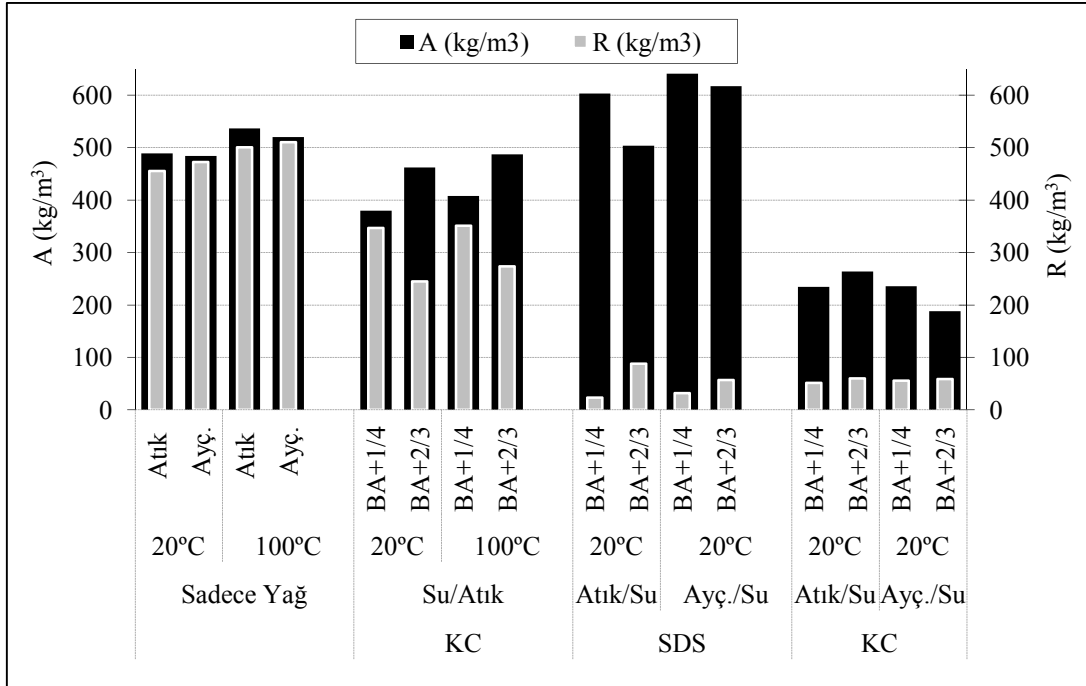
Kayın örneklerinde daha yüksek ağırlık kayıplarının elde edilmesi mantar türünden kaynaklanabilir. Beyaz çürüklük mantarlarının esmer çürüklük mantarlarından daha yüksek ağırlık kayıplarına neden oldukları bilinmektedir. Borik asidin esmer çürüklük mantarlarına karşı daha etkili olduğu ayrıca Lesar ve Humar (2009) tarafından rapor edilmiştir. Sarıçam ve kayın odunu örneklerinde yıkanmış gruplarda %3 veya %5'den daha az ağırlık kaybı gösteren yağların, son üründe bor yıkanmasını en fazla geciktiren yağlar arasında olması da, biyolojik etkinliği açıklamaktadır.

Birçok varyasyonda, özellikle yağ ile işlem görmüş test örneklerinde mantar saldırısı olmaksızın, yüksek ağırlık kayıpları elde edilmiştir. Bu durum, odun örneklerinin yüksek miktarlarda yağ absorbe etmesi ve bunun sonucu olarak deney esnasında vermikülit üzerine ve test sırasında/sonrasında yapılan kurutma işlemlerinde yağın yıkanması nedeniyle meydana gelmiş olabilir. Yağlar ile emprenye edilen örneklerin laboratuvar ortamındaki mantar çürüklük testlerinden öte arazi ve açık alan çalışmaları ile daha gerçekçi sonuçlar alınacağı düşünülmektedir. Yağ + biyosit ile emprenye edilen odunun biyolojik dayanımının belirlenmesine yönelik benzer bir görüş Palanti ve Susco (2004) tarafından da ifade edilmiştir.

4.2. İkinci Bölümde Yapılan Çalışmaların Etkinliği

4.2.1. Odunun Yağ/Su ve Su/Yağ Emülsiyonları ile Emprenye İşleminde Elde Edilen Absorpsiyon ve Retensiyon Değerlerinin Değişimi

Yağ/su ve su/yağ emülsiyonları ile emprenye edilen sarıçam odununda elde edilen retensiyon ve absorpsiyon değerlerinin sadece yağ ile emprenye edilen örneklerin retensiyon ve absorpsiyon değerlerine göre değişimi Şekil 74'de gösterilmiştir. Sadece yağ ile 20°C'de emprenye edilen örnekler 455-472 kg/m³, 100°C'de emprenye edilen örnekler 500-510 kg/m³ retensiyon değeri vermiştir. Sıcaklık uygulanması ile yağın viskozitesi azalmış ve odun içine daha fazla yağ girmesi sağlanmış olabilir. Bilindiği gibi özellikle yağ karakterli emprenye maddelerinin kullanıldığı emprenye işlemlerinde sıcaklık uygulaması retensiyon değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Ayçiçek yağı ile emprenye edilen örneklerde retensiyon değerleri atık yağ ile emprenye edilen örneklere göre biraz daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 74. Su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen örneklerin sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre retensiyon ve absorpsiyon (kg/m^3) değerlerindeki değişimi

Yağ/su emülsiyonu kullanılması durumunda retensiyon değerleri yüzey aktif maddesi ve yağ/su oranına bağlı olarak; absorbe edilen başlangıç miktarlarına göre %70-90 oranında azaltılmıştır. Tüm gruplarda retensiyon değerleri absorpsiyon değerlerinden daha az çıkmıştır. 2/3 yağ/su oranında sodyumdodesil sülfat (SDS) kullanılarak hazırlanan emülsiyon sistemi ile emprenye edilen odun örneklerinde elde edilen retensiyon değerleri, 1/4 yağ/su oranında hazırlanan emülsiyon sistemi ile emprenye edilen odun örneklerinde elde edilen retensiyon değerlerinden biraz daha yüksek çıkmıştır. Absorpsiyon değerlerinde ise durum tam tersidir. Emülsiyon sistemlerinde yağa göre su oranı arttıkça bileşimin viskozitesi azalacağından absorpsiyon artmakta ve odundaki suyun uzaklaştırılmasıyla tam kuru ağırlığa göre hesaplanan retensiyon değerleri ise azalmaktadır. Emülsiyon sistemi ile emprenye edilmiş örnek grubunun retensiyon değerleri sadece yağ ile emprenye edilen örnek grubuna göre önemli ölçüde azalmış, absorpsiyon değerleri ise artmıştır. Benzer sonuçlar Hyvönen vd. (2006) tarafından tall yağı ve emülsiyonları ile emprenye edilen sarıçam örneklerinde bulunmuştur. Bu tip emülsiyonlarda su oranı yağ oranından daha fazla olduğu için odun örneklerinde suyun iç kısımlara doğru yayılması daha derin olmuş, yüzeyde ise yağ tabakası kalmış olabilir (Hyvönen vd., 2006). SDS yüzey aktif maddesi ile hazırlanan emülsiyon sistemi, KC

yüzey aktif maddesi ile hazırlanan emülsiyon sistemine göre odunda daha yüksek absorpsiyon değeri vermiş, ancak odunun KC ile hazırlanan emülsiyon emprenyesinde bir miktar daha yüksek retensiyon değerleri elde edilmiştir. KC'nin, polivinil alkol-polietilenglikol graft kopolimer olması nedeniyle emprenye sonrasında uygulanan sıcaklığın etkisiyle odunda polimerleşme sağlanmış olabilir. Absorpsiyon değerlerindeki farklılıklar ise yağ/su emülsiyonlarının farklı viskoziteye sahip olmasından, emülsiyondaki parçacık büyüklüğünden ve bileşimdeki borik asidin etkisinden kaynaklanmış olabilir. Yüzey aktif maddelerinin emülsiyonun fiziksel özelliklerini önemli ölçüde etkilediği ve böylece emülsiyonun oduna penetrasyonunun ve dağılımının farklılık gösterebileceği daha önceki bir çalışmada belirtilmiştir (Hyvönen vd., 2007b). Hyvönen vd. (2006) absorpsiyondaki farklılıkları emülsiyondaki hava kabarcıklarına ve emülsiyonun kararlılığına göre değişiklik gösterebileceğini rapor etmiştir. Böylece çözeltinin oduna girmesi ve odun içindeki dağılımı birbirinden farklılık göstermektedir (Hyvönen vd., 2006, 2007b). Tez çalışmasında yağ/su emülsiyonlarında atık ve ayçiçek yağları genel olarak benzer retensiyon değerleri göstermiş ancak SDS yüzey aktif maddesi kullanımında ayçiçek yağı atık yağdan daha yüksek absorpsiyon değeri vermiştir. Bu durum yağlar arasındaki viskozite farklılığından kaynaklanabilir.

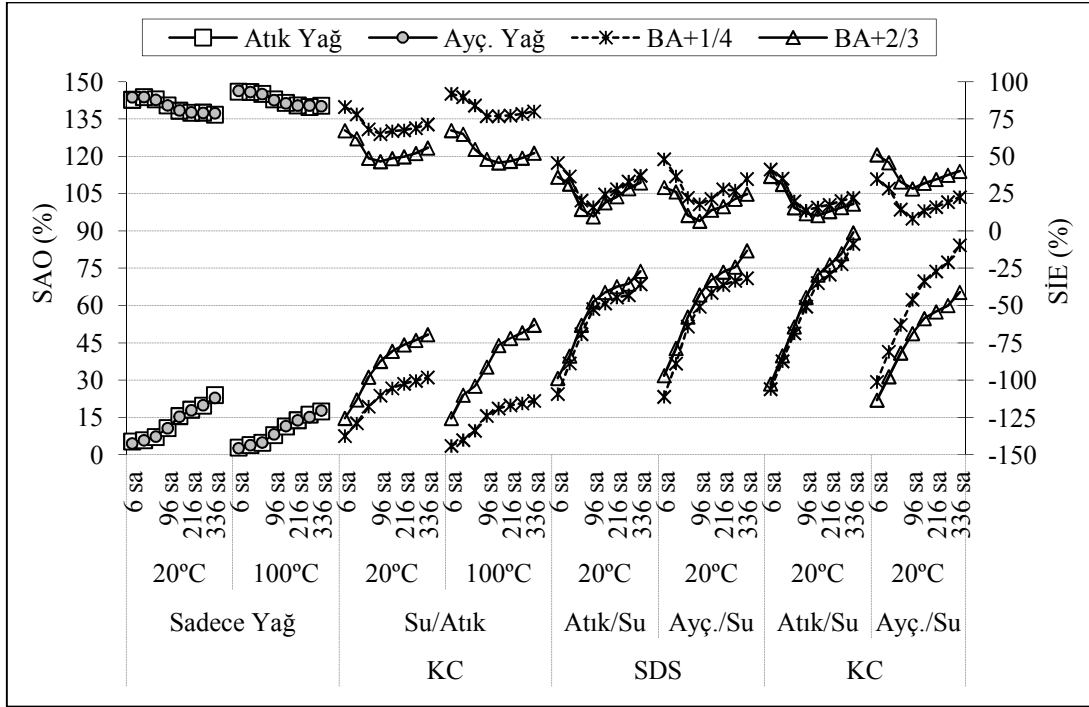
Su/yağ emülsiyonu kullanılması durumunda ise retensiyon değerleri su/yağ oranına bağlı olarak başlangıç absorpsiyon değerine göre %10-47 oranında azaltılmıştır. Bu tip emülsiyonda daha fazla yağ bulunması nedeniyle elde edilen retensiyon değerleri, yağ/su emülsiyonunda elde edilen retensiyon değerlerinden daha yüksektir. Şekil 74'den de görüleceği üzere, 100°C'de gerçekleştirilen emprenye işleminde elde edilen retensiyon değerleri oda sıcaklığında gerçekleştirilen emprenye işleminde elde edilen retensiyon değerlerinden biraz daha yüksektir. Oda sıcaklığında 1/4 su/yağ oranında hazırlanan emülsiyon sistemi ile emprenye edilen örnekler, sadece atık yağ ile emprenye edilen örneklere göre yaklaşık 100 kg/m³; 100°C'deki emprenye işleminde, yaklaşık 150 kg/m³ daha az retensiyon değeri göstermiştir. Oda sıcaklığında 2/3 su/yağ oranında hazırlanan emülsiyon sistemi ile emprenye edilen örnekler sadece atık yağ ile emprenye edilen örneklere göre yaklaşık 200 kg/m³; 100°C'deki emprenye işleminde, yaklaşık 230 kg/m³ daha az retensiyon değeri vermiştir. Hyvönen vd. (2006), sarıçam odunu örneklerinin saf tall yağı, yağ/su ve su/yağ emülsiyon sistemleri ile emprenye edilmesiyle sırasıyla 234 kg/m³, 100 kg/m³, 157 kg/m³ retensiyon değerine karşılık 241 kg/m³, 296 kg/m³ ve 274 kg/m³ absorpsiyon değeri elde etmiştir. Yine Hyvönen vd. (2007b), emülsiyon

sistemlerinde kullanılan yüzey aktif maddelerinin retensiyon değerlerini etkilediğini belirtmiş; SDS yüzey aktif maddesi kullanılarak hazırlanan tall yağı emülsiyonu ile emprenye edilen odunda 671 kg/m^3 absorpsiyona karşılık 255 kg/m^3 retensiyon değeri; PVA yüzey aktif maddesi kullanılarak hazırlanan tall yağı emülsiyonu ile emprenye edilen odunda 555 kg/m^3 absorpsiyona karşılık 223 kg/m^3 retensiyon değeri elde etmiştir. Çeşitli vaksların kullanılmasıyla 1/3 ve 1/1 oranlarında hazırlanan vaks/su emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinde, odun tarafından absorbe edilen emülsiyon miktarları $340\text{-}570 \text{ kg/m}^3$ ve $639\text{-}670 \text{ kg/m}^3$ olur iken vaks retensiyon değerleri çok daha az çıkmıştır (Lesar ve Humar, 2011). Tez çalışmasında emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen odun örneklerinde de absorpsiyon değerleri, saf yağ ile emprenye edilen odun örneklerinin absorpsiyon değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada odunda suyun bulunmasının yağın absorbe edilme miktarını arttırdığı ifade edilmektedir. Bu durum odun içindeki suyla absorbe edilen yağın, yağ/su emülsiyonu haline gelmesi ve oduna daha iyi nüfuz etmesiyle ilişkilidir. Odundaki ekstrakte edilebilir bileşiklerin yüzey aktif maddesi görevi yapmasıyla, bezir yağının 100°C 'de 1/7 yağ/su oranında kendiliğinden karıştığı belirtilmiştir (Ulverona vd., 2006). Aseton ile seyreltilmiş kenevir yağı ile emprenye edilen odunda yağ konsantrasyonu arttıkça retensiyon değerleri artmıştır. %75 oranında yağ kullanılması durumunda sarıçamda 447 kg/m^3 , kayında 285 kg/m^3 ; %25 oranında yağ kullanılmasında ise sarıçamda 145 kg/m^3 , kayında 116 kg/m^3 retensiyon değerleri elde edilmiştir (Van Acker vd., 1999).

4.2.2. Emülsiyon Sistemleri ile Emprenye İşlemlerinin Odunun Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik Değerleri Üzerine Etkisi

Emprenye edilen örneklerin SAO ve SİE değerlerindeki değişim Şekil 75'de gösterilmektedir. Sadece borlu bileşikler ile emprenye edilmiş örnekler 336 saatlik su alma deneyi sonrasında %115 oranında SAO göstererek, kontrol örneklerinden daha fazla su almıştır. Kontrol örneklerinin su alma oranı ise %109 olarak bulunmuştur. 336 saat sonrasında sadece yağ ile emprenye edilen örneklerin SAO değerleri %18-24; SİE değerleri %78-84 arasındadır. Atık ve ayçiçek yağları arasında SAO ve SİE değerleri bakımından farklılıklar gözlenmemiştir. Borlu bileşiklerin odunun su itici etkinlik değerleri üzerine olumlu etkilerinin olmadığı, aksine higroskopik karakterleri nedeniyle odunun su almasını arttırdığı; yağlarla emprenye işleminde odunda su itici bir tabaka oluştuğu ve

odunun su alma oranının önemli ölçüde azaltılarak oduna su itici etkinlik ve hidrofobiklik sağlandığı ve bu etkinin odundaki yağ retensiyon değerleri ile doğrusal bir ilişki içinde olduğu bölüm 4.1.3’de ayrıntılarıyla açıklanmıştır.



Şekil 75. Su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen sarıçam örneklerinin su alma ve su itici etkinlik değerlerindeki değişim (%)

SDS yüzey aktif maddesinin kullanıldığı yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilmiş örneklerin 336 saat suda bekletme sonrasındaki SAO değerleri %68-82, SİE değerleri ise %25-37 arasındadır. KC yüzey aktif maddesinin kullanıldığı yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen örneklerin SAO değerleri %65-89, SİE değerleri ise %18-40 arasındadır. Bu değerler sadece yağ ile emprenye edilen örneklerin SAO değerlerine göre oldukça yüksektir, ancak emülsiyon bileşiminin içinde higroskopik karakterli BA bulunmasına rağmen kontrole kıyasla odunun SAO değerleri azaltılmıştır. Bu tip emülsiyon sistemleri ile emprenyeli örneklerin 96. saate kadar su alım oranları, kontrol örneklerinin su alım oranlarına yakın çıkmıştır. Ancak 96. saatten sonra su alım oranı kontrole kıyasla yavaşlamış ve SİE değerlerinde artışlar gözlenmiştir. Bu durum, yine retensiyon değerlerinden kaynaklanmış olabilir. Çünkü su odundaki boşluklara ilk saatlerde girmekte ve daha sonra boşluk oranı azalacağı için SAO değerleri azalmaktadır (Baysal vd., 2006a). Yağ/su emülsiyonu ile emprenye edilen örneklerde yağ retensiyonu daha az olduğu için

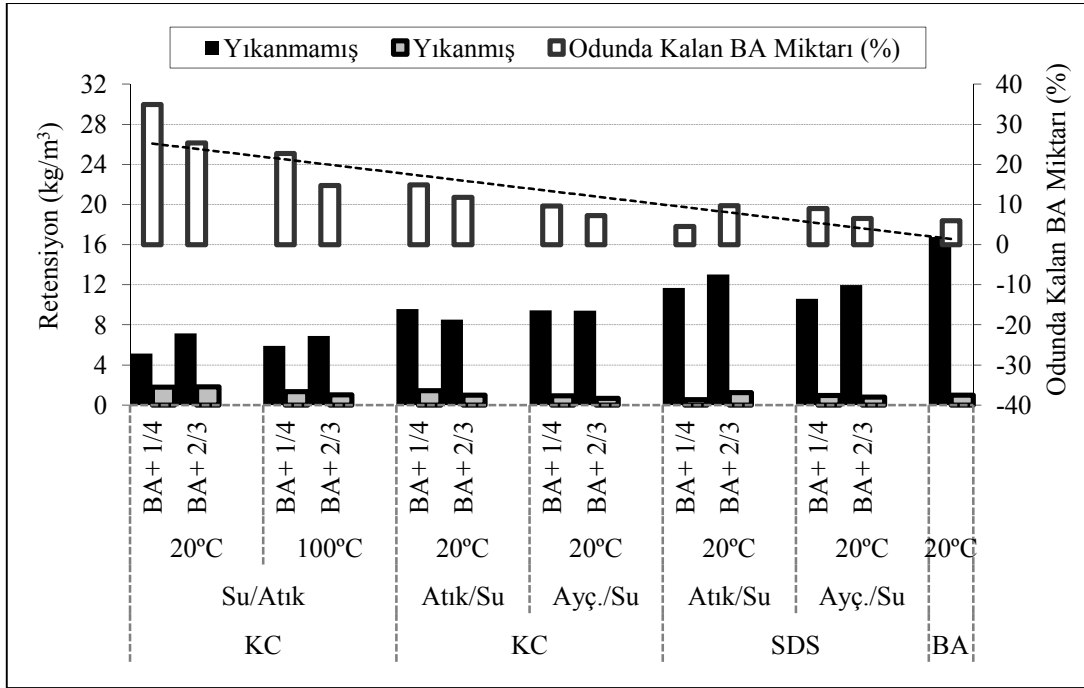
boşluk oranı daha fazla olmakta ve dolayısı ile odunun su alması ilk 96 saate yayılmaktadır. ÇVA'ne göre, bu örnek grubunda SİE değerleri üzerine yağ çeşidinin, yağ/su oranının ve yüzey aktif maddesinin etkili olmadığı ve değişkenler arasında istatistiksel açıdan fark çıkmadığı bulunmuştur (Ek Tablo 35). Yağ/su emülsiyonlarının su itici etkinlikteki düşük başarımları düşük yağ retensiyonuna bağlı olabilir. Odun tarafından alınan yağ miktarı az olduğundan, odun yüzeyinde hidrofobik bir tabaka oluşmamış ve bunun sonucu olarak da iyi bir su itici etkinlik sağlanamamış olabilir. İyi bir su itici etkinlik için odunda yüksek yağ retensiyonlarının gerekli olduğu belirtilmiştir. Yağ ile emprenye edilen sarıçam odununda retensiyon miktarı artışı ile SAO azalışı arasında ($r^2=0,768$ ve $r^2=0,99$) doğrusal bir ilişki olduğu Temiz vd. (2008a) ve Panov vd. (2010) tarafından rapor edilmiştir.

Su/yağ emülsiyonları ile emprenye edilen örneklerin SAO değerleri %22-52, SİE değerleri %52-80'dir. Sadece yağ ile emprenye edilen örneklere kıyasla daha düşük SİE sağlanmışsa da; bu tip emülsiyon sistemi ile kontrol örneklerine ve diğer varyasyonlardaki örneklere kıyasla iyi bir su itici etkinlik sağlanmıştır. Yapılan ÇVA analizine göre, bu tip emülsiyon sisteminde su/yağ oranının, sıcaklığın ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin SAO değerleri üzerine önemli olduğu bulunmuştur. En iyi sonucu 1/4 oranında su/yağ içeren emülsiyon sistemleri ile 100°C'de gerçekleştirilen emprenye işlemi vermiştir (Ek Tablo 35). Bu varyasyonda gerçekleştirilen emprenye işlemi ile oduna kazandırılan su itici etkinlik, sadece yağ işlemiyle oduna kazandırılan su itici etkinliğe yakındır. Odundaki boşlukların yağla doldurulması, odunun su alımını önemli ölçüde azaltmaktadır. Emülsiyon sistemlerinde etkinlik emprenye sırasında yağların oduna giriş hızına ve yağların kuruma özelliklerine bağlı olabilir. Emülsiyon teknikleri ile yapılan emprenye sonrasında odun kurutulduğunda, su odundan uzaklaşmakta ve yağ fazı lümen yüzeylerinden daha iç kısımlara gitmekte, böylece geçit zarları ve/veya kapılar yüzeylerin hidrofobikliği arttırılmaktadır. Bu da yağın polimerleşme ve kuruma etkinliğini arttırmaktadır (Hyvönen vd., 2007b). Bilindiği üzere yağların kuruma özellikleri, odunun su alımını azaltan hidrofobik tabakanın oluşturulmasında etkilidir (Hyvönen vd. 2006, Koski 2008). Kullanılan ayçiçek ve atık yağlar sırasıyla 140 ve 135 iyot değerine sahip olduklarından yarı-kuruyan yağ sınıfındadır ($125 < \text{iyot değeri} < 140$). Bu yağlar hava şartlarına maruz kaldıklarında, zaman içinde okside olarak elastik bir film oluştururlar. Odundaki yağ miktarı arttıkça, odun boşlukları yağla dolar ve havadaki oksijen nedeniyle polimerleşebilir. Bu da su/yağ emülsiyon sistemi ile emprenye edilen örneklerin yağ/su

emülsiyonu ile emprenye edilen örneklere göre daha yüksek SİE değeri vermesine neden olmuş olabilir. Oduna sağlanan su itici etkinlik, çözeltideki su itici maddenin konsantrasyonunun azalmasıyla azalmaktadır bu durum yeterli miktarda su itici maddenin oduna girmemesi ve odunda güçlü hidrofobik özellik sağlanamamasından kaynaklanmaktadır (Voulgaridis, 1988). Emülsiyondaki su/yağ oranına bağlı olarak odundaki boşluk oranı değişiklik göstermekte ve su, saf yağ ile emprenye edilen örneklere göre bu boşluklara daha fazla girmektedir. 2/3 su/yağ oranındaki emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen örneklerde bu yüzden daha düşük SİE değerleri elde edilmiş olabilir. Hyvönen vd. (2007b)'de emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen örneklerde, saf yağ ile emprenye edilen örneklere göre suyun girişi için daha fazla boşluk bulunduğunu belirtmiştir. Hyvönen vd. (2006), tall yağı ile hazırladıkları su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen sarıçam örneklerinde ilk yıkama döngüsünde SİE değerlerini saf tall yağı ile emprenye edilen örneklere eş değer bulmuştur (yaklaşık %80), ancak 96 saatlik 6 yıkama döngüsü sonrasında etkinliği yağ/su emülsiyonu ile emprenye edilen örnekler için %44; su/yağ emülsiyonu ile emprenye edilen örnekler için %49; ve saf tall yağı ile emprenye edilen örnekler için %53 şeklinde elde etmiştir. Vaks/su emülsiyonu ile emprenye edilen odun örneklerinde de ilk zaman diliminde su alımı fazla olmuş, daha sonra su alma oranı yavaşlamış; kontrol örneklerinde ise sürekli su alımı gözlenmiştir. Bu durum hidrofobik yüzeylerin karakteristiği olarak açıklanmıştır (Lesar ve Humar, 2011). Su/yağ emülsiyonunda sağlanan su itici etkinlik yağ retensiyonun ve yağın yanı sıra, kullanılan yüzey aktif maddesinden de kaynaklanmış olabilir. KC'nin PVA bazlı bir yüzey aktif maddesi olduğu daha önce belirtilmiştir. PVA yüzey aktif maddesi ve tall yağı ile hazırlanan emülsiyon sisteminde emprenye edilen sarıçam örneklerinde daha yüksek SİE değerleri sağlanmıştır (Hyvönen vd., 2007b). PVA odunda daha homojen bir dağılım gösterebileceği ve yağın daha fazla kurummasına neden olabileceği için bu örneklerde daha yüksek SİE değerleri elde edilmiş olabilir (Hyvönen vd., 2007b). PVA ile emprenye edilen çam örneklerinde boşlukların bloke edilmesiyle SİE %82 bulunmuştur (Shukla ve Kamdem, 2010). Odunun PVA ile emprenyesi sonrasında suyun buharlaştırılmasıyla odun liflerinde çözünmez bir film oluşturulmaktadır (Mohareb vd., 2009).

4.2.3. Emülsiyon Sistemleri ile Emprenye İşlemlerinin Odunda Kalan BA Miktarı Üzerine Etkisi

Yıkanmış ve yıkanmamış örneklerde bulunan BA retensiyon (BAE, kg/m^3) değerleri ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı (%) değerleri Şekil 76'da gösterilmiştir.



Şekil 76. Su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen sarıçam örneklerindeki retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3) ile yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı (%)

Sadece BA ile emprenye edilen örneklerin yıkanma deneyi sonrasında başlangıç miktarına göre %6'sı odunda kalmıştır. Bu değer de yaklaşık $0,99 \text{ kg/m}^3$ BAE retensiyonunu ifade etmektedir. Grafikten de görüleceği üzere yağ/su emülsiyon sistemleri BA'in odundan yıkanmasını önemli ölçüde engelleyememiştir. Atık yağ ve KC yüzey maddesi ile hazırlanan yağ/su emülsiyonları bu tip emülsiyonlar içinde en etkili olanlardır. Nitekim SDS yüzey aktif maddesi içeren emülsiyon sistemi ile emprenye edilen odunda yıkanma deneyi sonrasında %7-10 oranında BA kalır iken; KC yüzey aktif maddesi içeren emülsiyon sistemi ile emprenye edilen odunda yıkanma deneyi sonrasında %7-15 oranında BA kalmıştır. Bu tip emülsiyon sistemlerinde yukarıda da belirtildiği gibi odunun SAO değeri önemli ölçüde azaltılamamıştır. Su itici maddeler ile muamele edilmiş odunda

suyun oduna girişi azaltılacağı için, su-bor etkileşiminin azalması ve borun odundan yıkanmasının geciktirilmesi beklenir (Yalınkılıç, 2000, Baysal vd., 2006a). Bu açıdan bakıldığında yağ/su emülsiyonları ile oduna yeteri kadar yağ verilemediğinden, hücre çeperi yüzeylerinde hidrofobik bir tabaka oluşturulamamış ve odunun su alımı tam olarak engellenememiştir. Bu da odundan yüksek miktarda BA yıkanmasını beraberinde getirmiş olabilir.

Yağ/su emülsiyonlarının tersine su/yağ emülsiyonları BA'in odundan yıkanmasının geciktirilmesinde daha umut verici olmuştur. Bu tip emülsiyonlarda oda sıcaklığında gerçekleştirilen emprenye işlemini takiben örneklerin 80°C'de 24 saat sıcaklığa maruz bırakılması ile en iyi sonuç alınmış; başlangıç BA miktarının %25 ve %35'i odunda kalmıştır. Kullanılan KC yüzey aktif maddesinin de sıcaklığın etkisiyle olası bir polimerleşme göstermesi bu sonuçlar üzerinde etkisi olabilir. Ayrıca, en iyi sonuçların oda sıcaklığında elde edilmiş olması da emprenye yöntemine ekonomik fayda sağlayabilir. Yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı (%) değerleri bakımından en iyi su/yağ oranı 1/4 olarak belirlenmiştir. Bu denemede odunun su alma oranı da önemli ölçüde azaltılmıştır, hatta bazı varyasyonlarda bu grup sadece yağ ile emprenye edilen örnekler gibi odunun su almasını azaltmıştır. Odunun su alma oranı azaltıldıkça odundan yıkanan bor miktarının da azaltılması beklenen bir sonuçtur. Bor bileşiklerini ihtiva eden emülsiyon ya da sulu çözeltilerle odunun emprenye edilmesiyle, reçine ya da reçine türevleri borun odun içinde kalmasını ve odunun hidrofobikliğini sağlayabilir (Yu vd. 2009). Ayçiçek yağından elde edilen monogliserid + BA + surfaktant bileşimi ile emprenye edilen örneklerde yıkanma deneyi sonrasında odunda ortalama %25-30 civarında bor kalmış, ancak örnekler biyolojik dayanım özelliği sergilememişlerdir (Mohareb vd., 2010a). Lesar vd. (2009b), vaks emülsiyonu ile emprenye edilen odunda EN 84 yıkanma deneyi sonrasında %25 oranında kalan bor miktarını, vaksın hücre boşluklarında ve odun yüzeyinde bir film/engel tabakası oluşturması ve bu tabakanın odunun rutubet ve su alımını engellemesi teorisine bağlamıştır. İlk 1 hafta içinde borun %64'u yıkanmıştır. Turner ve Conradie (1995), vaks emülsiyonu ile emprenye edilen odunda, vaksın odunda film tabakası oluşturarak su itici kaplama meydana getirdiği ve böylece borun yıkanmasını azalttığını ifade etmiştir. Humar vd. (2008), odun örneklerini borik asit ve boraks içeren polivinilalkol (PVA) emülsiyonu ile emprenye etmiş ve ENV 1250-2 yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan bor miktarı değerlerini deneme varyasyonlarına göre %20-75 arasında bulmuştur. Ancak bu çalışmada belirtilen ENV

1250-2 standardında yıkanma koşulları daha ılımlıdır. Ayrıca, örnekler mantar çürüklüğüne karşı iyi bir biyolojik dayanım göstermiştir. Mohareb vd. (2010b), PVA ve DOT ile emprenye edilen örneklerde yıkanma deneyi sonrasında başlangıç bor miktarına göre %22-32 arasında bor kaldığını belirlemiş, başlangıç bor miktarı arttıkça odunda kalan bor miktarı değerleri hafifçe artmıştır. Bu etkinliğin yüzeyde hidrofobik bir film tabakası ile sağlandığı belirtilmiştir. Kartal vd. (2007c) sodyum borat ve DOT ile emprenye edilen odunu silikon emülsiyonu ile muamele etmiş ve yıkama deneyleri sonrasında sodyum borat ve silikon emülsiyonu ile emprenye edilen odunda 1 kg/m^3 retensiyon değeri kaldığını ve bunun da konsantrasyona bağlı olarak başlangıç miktarının %10-30'u olduğunu; DOT muamelesinde konsantrasyon değerlerine bağlı olarak 2 kg/m^3 retensiyon değeri kaldığını, bunun da başlangıç bor miktarının yaklaşık %15-25'i olduğunu ve emprenye işlemlerinin odunun su alma oranını azalttığını bulmuştur. Kartal vd. (2004b) odun yüzeylerini akril-silikon tip reçine emülsiyonu ve DBF karışımı ile muamele etmiş ve örneklerde dış hava koşullarının etkisine rağmen *Fomitopsis palustris* ve *Trametes versicolor*'a karşı iyi bir biyolojik dayanım elde etmiştir. Odun örneklerinin yine %2 konsantrasyonda DBF + akril-silikon tip bir reçine emülsiyonu ile kaplanmasıyla, yıkanma deneyi sonrasında mantar ve termit çürüklüğüne karşı iyi bir biyolojik dayanım sağlanmıştır. Reçine bir su itici madde olarak rol oynamış ve DBF'nin yıkanmasının engellenmesini sağlamıştır (Hwang vd., 2005).

Su/yağ emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen örneklerde başlangıç retensiyon (BAE, kg/m^3) değerleri; 2/3 su/yağ oranında hazırlanan emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen odun örneklerinde daha fazla olmuştur. Bu durum bu tip emülsiyonlarda su miktarının daha fazla olması ve suyla birlikte BA'in oduna daha fazla girmiş olmasıyla ilgili olabilir. Nitekim Hyvönen vd. (2006) su oranı yüksek olan emülsiyon sistemlerinde, suyun odun iç kısımlarına doğru daha derin yayıldığını ve yüzeyde yağ tabakasının kaldığını belirtmiştir. Ancak, yıkanma deneyleri sonrasında odunda kalan yüzde BA miktarı bakımından 1/4 su/yağ oranında hazırlanan emülsiyonlar daha iyi sonuç vermiştir. Odundaki yağ miktarının artmasıyla absorbe edilen su miktarı azalacağından, odunun su ile teması azalacak, bu durumda BA daha az yıkanacaktır.

Yağ/su emülsiyon sistemi ile emprenye edilen örneklerin yıkanmamış gruplarında 9-13 kg/m^3 BAE retensiyon değeri; su/yağ emülsiyon sistemi ile emprenye edilen örneklerde ise 5-7 kg/m^3 BAE retensiyon değeri elde edilmiştir. Bu değerler sadece BA ile emprenye edilen örneklerin retensiyon değerlerinden daha düşük çıkmıştır. Bu durum BA ile birlikte

aynı zamanda yağın da odun tarafından absorbe edilmesinden kaynaklanmakta, absorbe edilen yağ nedeniyle BA retensiyonu daha düşük çıkmaktadır. Yağ/su emülsiyonlarında oduna verilen başlangıç BA retensiyonu (BAE, kg/m^3) diğer varyasyonlara göre fazladır. Bu durum yine çözeltinin bileşimindeki su oranının fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Yıkanmış örneklerde elde edilen retensiyon değerleri (BAE, kg/m^3), su/yağ emülsiyonları için 1,34-1,8 kg/m^3 arasında; yağ/su emülsiyonları için 0,53-1,43 kg/m^3 arasında elde edilmiştir. Bu değerler (BAE, kg/m^3) Tablo 5’de belirtilen birçoğu odun tahripçisi organizmaya karşı etkinlik sağlayabilecek düzeydedir. Ancak, yine de odunda bazı organizmalara karşı zehirli etkinlik gösterebilecek kadar BA bulunmamaktadır. Nitekim Kartal vd. (2009a), odunu termit saldırılarına karşı korumak için ticari uygulamalarda 4,5 kg/m^3 borik asit eşdeğerinin (BAE) gerekli olduğunu, ancak termit saldırılarının az olduğu İngiltere’de enine kesitteki retensiyonun en az 1,8 kg/m^3 (BAE) olmasının önerildiğini, ABD’de 2,7 kg/m^3 BAE retensiyonunun çürüklük, böcek ve termit saldırılarına karşı, 4,5 kg/m^3 BAE retensiyonunun ise *Formosan subterranean* termitinin kontrolünde gerekli olduğunu belirtmiştir. Bu tip emülsiyon sistemleri ile yapılacak çalışmalarda, yıkanma sonrasında odunda daha yüksek retensiyon değerleri elde edebilmek için başlangıç BA konsantrasyonları daha yüksek seçilmelidir. Conradie vd. (1999) tarafından alınan bir patentte, doymun halde BAE içeren emülsiyon sistemi ile emprenye edilen örneklerde yıkanma deneyi sonrasında 2,95-3,30 kg/m^3 ’lük BAE retensiyon değerleri elde edilmiştir. Bu değerler de birçok zararlı organizmaya karşı odunu koruyabilecek düzeydedir. Buna göre, yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan retensiyon değerleri ile birlikte yağın mantar çürüklük dayanımına olan muhtemel bir birlikteli (sinerjik) etkisinin belirlenmesi üzerine ayrıntılı çalışmalara gereksinim vardır.

4.3. Üçüncü Bölümde Yapılan Çalışmaların Etkinliği

4.3.1. Enine Kesiti Kapatılmış/Kapatılmamış Örneklerde Borik Asit ve Yağ ile Emprenye İşleminin Retensiyon Değerleri Üzerine Etkisi

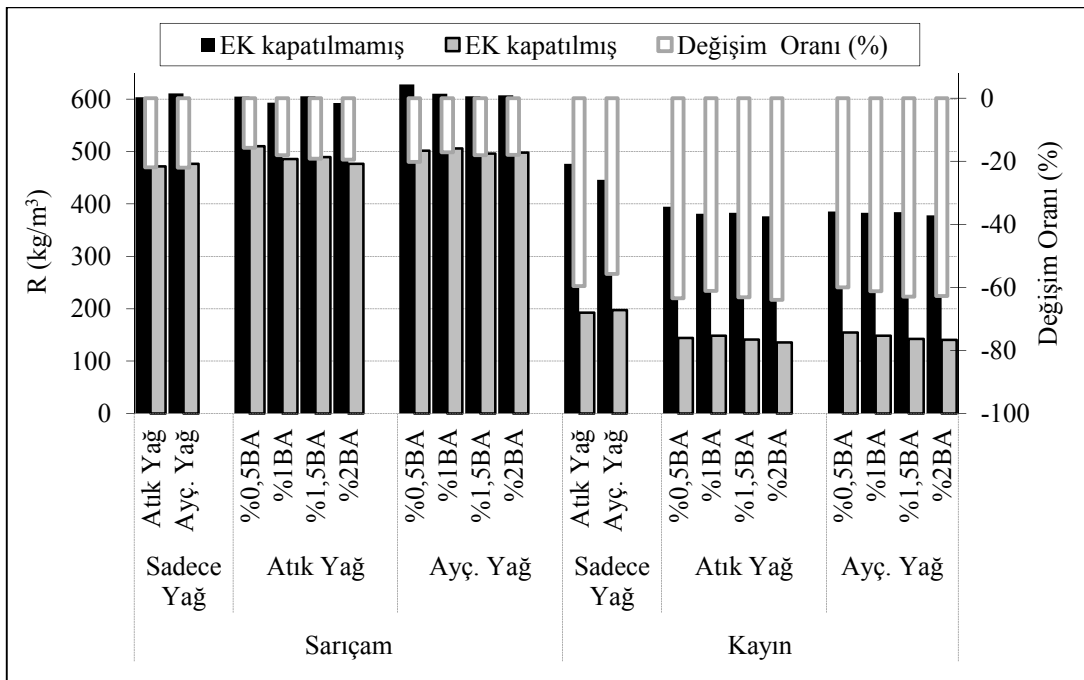
Bu bölümde kullanılan örneklerin boyutları 20 x 20 x 20 mm ile 20 x 20 x 30 mm’dir (radyal, teğet, boyuna). Tüm deneylerde aynı veya benzer boyutta örneklerin kullanılmasına özellikle dikkat edilmiştir. Bunun amacı, retensiyon farklılığını en aza

indirmek ve emprenye maddeleri ile uygulanan işlemlerin etkinliğini daha net ortaya koyabilmek ve kıyaslayabilmek içindir.

Borik asit ön emprenyesinin ardından, yağ ile yapılan muamelede ve epoksi reçine ile enine kesiti kapatılmamış sarıçam ve kayın örneklerinde elde edilen retensiyon miktarlarındaki değişim Şekil 77'de gösterilmektedir. Sadece yağ ile emprenye edilen enine kesiti kapatılmamış sarıçam örneklerinin retensiyon ve ağırlık artışı değerleri sırasıyla 604-611 kg/m³ ve %140-143; enine kesiti kapatılmış sarıçam örneklerinin retensiyon ve ağırlık artışı değerleri ise yine sırasıyla 472-477 kg/m³ ve %80-84'dür. Bu değerler borik asit ön emprenyesinin ardından yağ ile gerçekleştirilen ikinci emprenye işleminde, enine kesiti kapatılmamış sarıçam örneklerinde sırasıyla 592-628 kg/m³ ve %112-135; enine kesiti kapatılmış örneklerde sırasıyla 477-510 kg/m³ ve %79-99'dür. Sarıçam odununda BA ön emprenyesi, yağ ile ikinci emprenye işlemini olumsuz yönde etkilememiştir. Daha önce birinci bölümde (Bölüm 4.1.1 ve 4.1.3) belirtildiği gibi BA, TB ve BX ön emprenyesi retensiyon değerlerini olumsuz etkilememiştir. Bu bölümde retensiyon değerlerinin aralığı birbirine daha yakındır. Bu durum emprenye işlemlerinin vakum ve basınç altında yapılması ile odunun daha homojen çözelti absorpsiyonundan dolayı olabilir. Bu örneklerde epoksi reçine ile enine kesitlerin kapatılması yağ retensiyonunu %18-22 oranında azaltmıştır. Lesar vd. (2009b), enine kesitleri kapatılan kayın ve ladin örneklerinde (211 kg/m³) enine kesiti kapatılmamış örneklere (612-652 kg/m³) göre vaks retensiyon değerlerinin 3 kez daha az olduğunu bulmuştur. Yapılan istatistiksel analize göre; sadece yağ ile emprenye edilen enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış sarıçam örneklerinde retensiyon değerleri üzerinde atık ve ayçiçek yağları arasında istatistiksel açıdan fark çıkmamıştır. BA + yağ ile emprenye edilen örneklerde retensiyon değerleri ayçiçek yağı kullanımında çok az artış göstermiş ve her iki yağda BA konsantrasyonu arttıkça retensiyon değerlerinde çok hafif azalmalar olduğu bulunmuştur (Ek Tablo 36).

Sadece yağ ile emprenye edilen enine kesiti kapatılmamış kayın örneklerinin retensiyon ve ağırlık artışı değerleri sırasıyla 446-477 kg/m³ ve %65-70; enine kesiti kapatılmış kayın örneklerinin retensiyon ve ağırlık artışı değerleri ise yine sırasıyla 193-197 kg/m³ ve %26-28'dir. Bu değerler borik asit ön emprenyesinin ardından yağ ile gerçekleştirilen ikinci emprenye işleminde, enine kesiti kapatılmamış kayın örneklerinde sırasıyla 376-394 kg/m³ ve %58-63; enine kesiti kapatılmış örneklerde sırasıyla 135-154 kg/m³ ve %18-25'dir. Kayın odununda BA ön emprenyesi yağ ile ikinci emprenye işlemini

bir miktar etkilemiş ve retensiyonlar sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre biraz daha az çıkmıştır. Bu örneklerde epoksi reçine ile enine kesitlerin kapatılması yağ retensiyonunu %58-63 oranında azaltmıştır. Yapılan istatistiksel analize göre; sadece yağ ile emprenye edilen enine kesiti kapatılmamış kayın örneklerinde retensiyon değerleri üzerinde atık ve ayçiçek yağları arasında istatistiksel açıdan fark bulunmuş, atık yağda retensiyonlar bir miktar yüksek çıkmış; enine kesiti kapatılan örneklerde ise fark çıkmamıştır. BA + yağ ile emprenye edilen örneklerde BA konsantrasyonu arttıkça retensiyon değerlerinde bir miktar azalma gözlenmiştir (Ek Tablo 37).



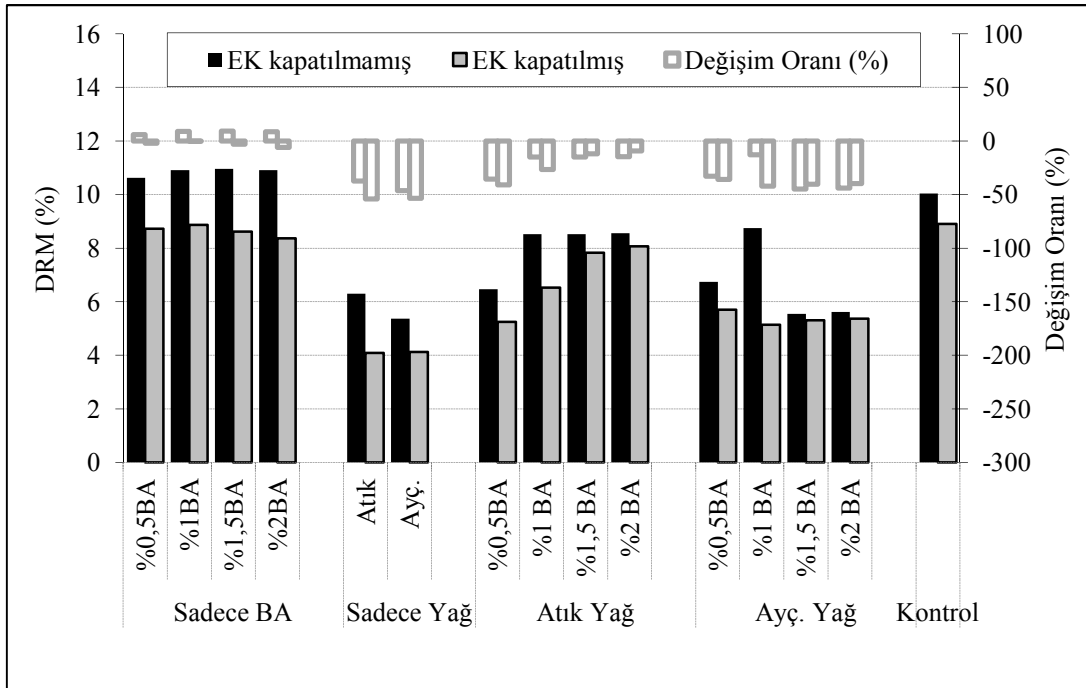
Şekil 77. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış BA ön emprenyeli sarıçam ve kayın örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki retensiyon (kg/m^3) değerleri

Odunda yüksek yağ retensiyonu yağın kararlılığını etkilemekte, oksidasyon yavaşlamakta ve yağ zaman içinde odundan kanama eğilimi göstermektedir. Yüksek yağ retensiyon değerlerinin çeşitli emprenye teknikleri ile azaltılabildiği belirtilmiştir (Hyvönen vd., 2006). Emülsiyon tekniklerinin yanı sıra enine kesitlerin kapatılması ve enine kesiti küçük örneklerin kullanımı yağ retensiyonunu azaltabilir. Nitekim enine kesitlerin kapatılması ile sıvının oduna boyuna yönde girişi engellenmiş ve retensiyon değerlerinde önemli ölçüde azalmalar sağlanmıştır. Ancak, tez çalışmasında enine kesitlerin epoksi reçine ile kapatılarak retensiyonun azaltılmasından öte ana amaç, odunun

yağ ile ikinci empenye işleminde odundaki borik asidin yağın içine yıkanmasının azaltılmasıdır.

4.3.2. Enine Kesiti Kapatılmış/Kapatılmamış Örneklerde Borik Asit ve Yağ ile Emprenye İşleminin Odunun Denge Rutubet Miktarı ve Yoğunluk Değerleri Üzerine Etkisi

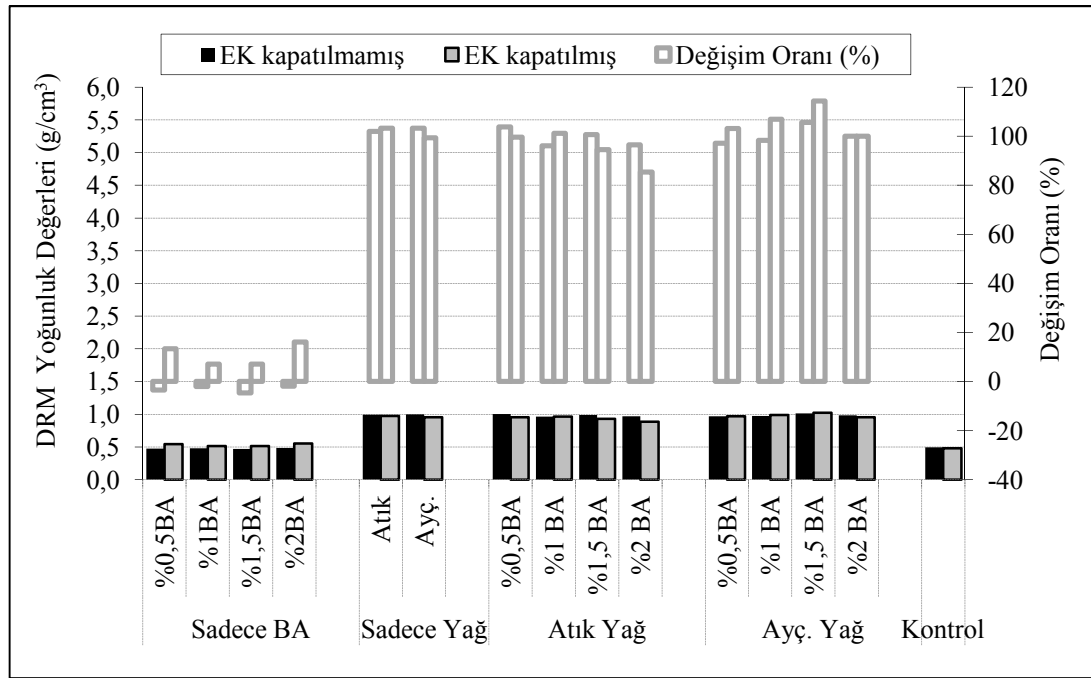
Epoksi reçine ile enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış örneklerin BA ve yağ kullanılarak empenye edilmesi ile kontrole kıyasla DRM ve denge rutubet miktarındaki yoğunluk (δ_{dm}) değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 78 ve 79'da sarıçam için, Şekil 80-81'de kayın için gösterilmiştir.



Şekil 78. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış sarıçam örneklerinin yağ ile empenyesi sonrasındaki DRM (%) değerlerindeki değişim

Enine kesiti kapatılmamış örneklerde, sadece yağ ile empenye edilen sarıçam örneklerinin DRM değerleri %5,37-6,29'dur. Aynı değerler kayın odunu örnekleri için %6,44-7,08'dir. Kontrol sarıçam ve kayın örneklerinin DRM değeri ise sırasıyla %10,04 ve %10,73'dir. Sadece borlu bileşikler ile empenye edilen sarıçam ve kayın örneklerinin DRM değerleri ise sırasıyla %10,63-10,96 ve %10,98-12,11 arasında değişim

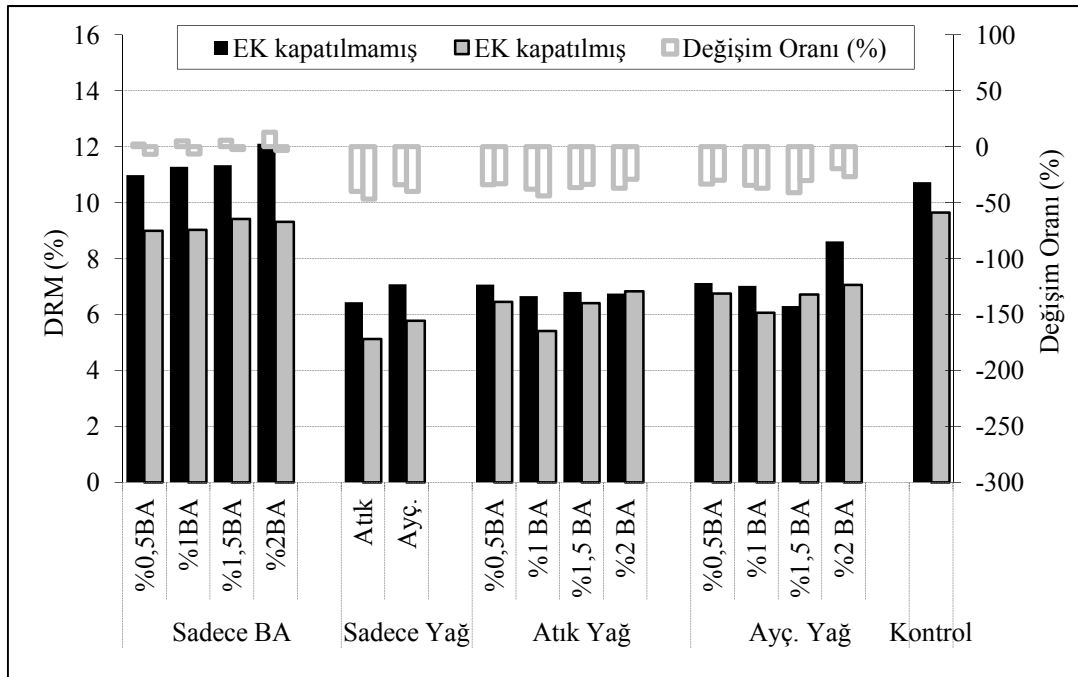
göstermektedir. DRM değerleri, BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam ve kayın örnekleri için sırasıyla %5,54-8,75 ve %6,31-8,61 olarak bulunmuştur. Grafiklerden de görüleceği üzere sadece BA ile emprenye edilmiş odun örneklerinin DRM değerleri kontrol örneklerinin DRM değerlerinden daha fazla çıkmıştır. Yanmayı önleyici maddelerin hücre çeperinden daha higroskopik olduğu, ağaç malzemede lif doygunluğu noktasını yükseltici rol oynadıkları (Bozkurt vd., 1993), çeşitli borlu bileşikler ve su itici maddeler ile gerçekleştirilen çalışmalar ile bölüm 4.1.1’de ayrıntılarıyla irdelenmiştir.



Şekil 79. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış sarıçam örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki DRM yoğunluk (g/cm^3) değerlerindeki değişim

DRM değerleri enine kesiti kapatılmış ve sadece yağ ile emprenye edilmiş sarıçam ve kayın örneklerinde sırasıyla %4 ve %5,1-5,8 olarak bulunmuştur. Sadece BA ile emprenye edilen ve enine kesitleri kapatılan sarıçam ve kayın örneklerinde DRM değerleri sırasıyla %8,36-8,87; %9-9,41 arasında bulunmuştur. Enine kesiti kapatılmış ve BA + yağ ile emprenye edilmiş sarıçam ve kayın örneklerinde DRM değerleri sırasıyla %5,14-8,5 ve %5,4-7,12 arasındadır. Kontrol örneklerinde bu değerler sarıçam ve kayın için sırasıyla %8,9 ve %9,65 civarında bulunmuştur.

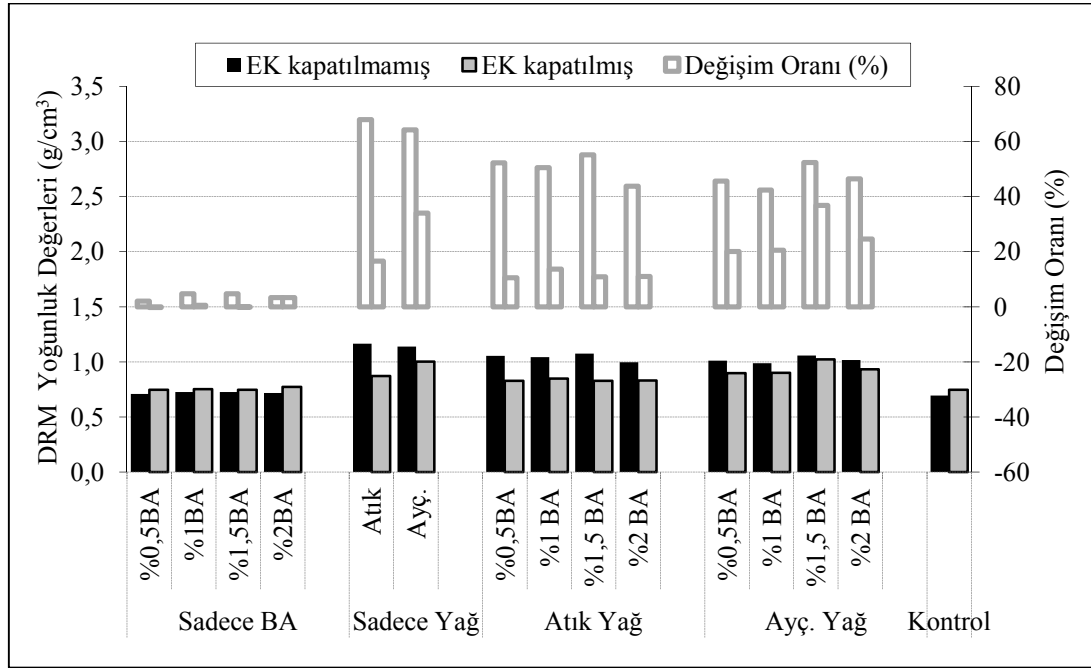
Sarıçam ve kayın odununda DRM, epoksi reçineyle kaplanmış örneklerde, kaplanmamış örneklere göre daha düşük bulunmuştur. BA ile emprenye işlemi kontrole kıyasla DRM'nin hafifçe artmasına neden olmuş, ancak epoksi kaplanmış örneklerde DRM değerinde hafif azalmalar gözlenmiştir. Enine kesitlerin kapatılması ile boyuna yönden oduna rutubet girişi engellenmiş, dolayısı ile bu örneklerde DRM değerleri daha düşük çıkmış olabilir. Sadece yağ ile emprenye edilen sarıçam odunda DRM değerleri kontrole kıyasla epoksi kaplanma durumuna göre %37-54 oranında, kayın odununda %34-45 oranında azaltılmıştır. Bunun olası nedeni yağ ile hücre boşluklarının dolması böylece suyun oduna girişinin fiziksel olarak engellenmesidir. Su itici maddelerin odunun rutubet miktarını ve su almasını azaltarak mantarlar ve renklenmelere karşı koruduğu bilinmektedir (Williams ve Feist, 1999).



Şekil 80. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış kayın örneklerinin yağ ile emprenyesi sonrasındaki DRM (%) değerlerindeki değişim

BA + atık yağ muamelesinde kontrole kıyasla DRM değeri, epoksi kaplanma durumuna göre sarıçamda %9-41 oranında, kayında %20-44 oranında azaltılmıştır. Higroskopik karakterli BA konsantrasyonu arttıkça DRM değerleri artmıştır. BA + ayçiçek yağı muamelesinde kontrole kıyasla DRM değerleri sarıçamda %13-45 oranında, kayında %20-37 oranında azaltılmıştır. Sarıçamda ayçiçek yağı atık yağdan çok keskin olmayacak

bir şekilde daha düşük DRM değeri vermiştir. Kayında ise atık yağ çok net olmamakla birlikte daha düşük DRM değerleri vermiştir. Yağ işlemi öncesinde BA ile ön empenye işlemi, örneklerin sadece yağla olan muamelesine göre DRM değerini biraz arttırmıştır. Bu durum yine BA'in higroskopik karakterinden kaynaklanmış olabilir.



Şekil 81. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış kayın örneklerinin yağ ile empenyesi sonrasındaki DRM yoğunluk (g/cm^3) değerlerindeki değişim

Sadece yağ ile empenye edilen enine kesiti kapatılmamış sarıçam örneklerinin tam kuru yoğunluk (δ_0) ve δ_{dm} değerleri $0,964-0,967 \text{ g/cm}^3$ ve $0,994-1,0 \text{ g/cm}^3$ 'dir. δ_0 ve δ_{dm} değerleri sadece yağ ile empenye edilen enine kesiti kapatılmamış kayın örnekler için $1,041-1,076 \text{ g/cm}^3$ ve $1,138-1,164 \text{ g/cm}^3$ 'dir. Kontrol sarıçam ve kayın örneklerinin δ_0 ve δ_{dm} değerleri ise sırasıyla, $0,46$ ve $0,49 \text{ g/cm}^3$; $0,67$ ve $0,69 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Sadece borlu bileşikler ile empenye edilen sarıçam ve kayın örneklerinin δ_0 ve δ_{dm} değerleri ise kontrol örneklerinin yoğunluk değerlerinden çok farklı değildir. Sarıçamda yağ empenyesi, örneklerin yoğunluk değerlerini kontrole kıyasla yaklaşık 2 kat oranında arttırmıştır. Kayında ise yoğunluktaki artışlar yaklaşık %50-65 civarındadır. Yoğunluktaki bu artışlar odundaki yağ retensiyonundan, dolayısı ile örneklerin ağırlıklarının artışından kaynaklanmaktadır. Yoğunluk ile odun tarafından absorbe edilen bezir yağının arasında pozitif yönde bir korelasyon olduğu Ulverson vd. (2006) tarafından belirtilmiştir. Yağ ile

emprenye işleminin odunun yoğunluk değerleri üzerine etkileri bölüm 4.1.2'de ayrıntılarıyla açıklanmıştır. BA ile emprenyeli örneklerin δ_0 ve δ_{dm} değerlerindeki değişimi kontrol örneklerine kıyasla önemsizdir. BA konsantrasyonu yoğunluk değerlerini etkilememiştir (Ek Tablo 39, 40, 42 ve 43). Sadece BA ile emprenyeli örnek grubunda epoksi kaplaması kontrole ve epoksi kaplanmamış örneklere kıyasla yoğunlukları biraz daha arttırmıştır. Bunun olası nedeni, epoksi kaplamasının odunun ağırlığını arttırmasıdır, nihayetinde odun çok az da olsa bir miktar epoksi reçineyi içine absorbe etmiştir. Sadece yağ ile emprenye edilen ve enine kesitleri kapatılan sarıçam ve kayın örneklerinde yoğunluk değerleri, kaplanmamış örneklere göre biraz daha düşük bulunmuştur. Bu durum, epoksi kaplamasının odunun yağ alımını azaltmasıyla açıklanabilir. Daha önce de ifade edildiği gibi, retensiyon değerleri de kaplanmış örneklerde daha düşük çıkmıştır. Yağlar arasında istatistiksel açıdan fark çıkmamıştır (Ek Tablo 39, 40, 42 ve 43). BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam örnek grubunda BA konsantrasyonun ve yağ çeşidinin yoğunluk değerlerine istatistiksel açıdan etkisi olmamakla birlikte grafiklerde bazı değişiklikler gözlenmektedir (Ek Tablo 39 ve 40). Genel olarak BA konsantrasyonu arttıkça ve ayçiçek yağı kullanıldıkça yoğunluk değerleri artmıştır. Bu örneklerde yine enine kesitlerin kapatılması, yağ retensiyonunu azalttığı için yoğunluk değerlerini kaplanmamış örneklere göre bir miktar azaltmıştır.

Sadece yağ ile emprenye edilen kayın örneklerinin δ_0 değerleri epoksi kaplanma durumuna göre kontrole kıyasla %18-60, δ_{dm} değerleri ise %18-65 civarında artmıştır. Epoksi kaplaması yoğunluk değerlerini kaplanmamış örneklere göre çok az oranda azaltmıştır. Bu durum, yine epoksi kaplamasının odunun yağ alımını azaltmasından kaynaklanmaktadır, nitekim kaplanmış örnekler kaplanmamış örneklerden %58-63 oranında daha az yağ retensiyonu göstermiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, epoksi kaplanmamış örneklerde yağlar arasında bir fark çıkmazken, epoksi kaplanmış örneklerde ayçiçek yağı daha iyi sonuç vermiştir (Ek Tablo 42 ve 43). Ayçiçek yağının daha iyi sonuç vermesi yağın viskozitesinin atık yağın viskozitesinden daha düşük olması ve odun tarafından daha fazla absorbe edilmesiyle açıklanabilir. BA + yağ ile emprenye edilen kayın örnek grubunda BA konsantrasyonun ve yağ çeşidinin yoğunluk değerlerine istatistiksel açıdan etkisi vardır. Genel olarak BA konsantrasyonu arttıkça ve ayçiçek yağı kullanıldıkça yoğunluk değerleri artmıştır. BA + atık yağ ile emprenye edilen örneklerin δ_0 ve δ_{dm} değerleri kontrollerine kıyasla epoksi kaplama durumuna göre %10-50 oranında, BA + ayçiçek yağı kullanılması durumunda %20-50 oranında artmıştır.

Sarıçam örneklerinin δ_0 ve δ_{dm} değerlerindeki kontrole kıyasla artış oranı kayın örneklerinin artış oranından daha fazla çıkmıştır. Bu durum odun tarafından absorbe edilen yağ miktarlarındaki farklılıktan ortaya çıkmış olabilir.

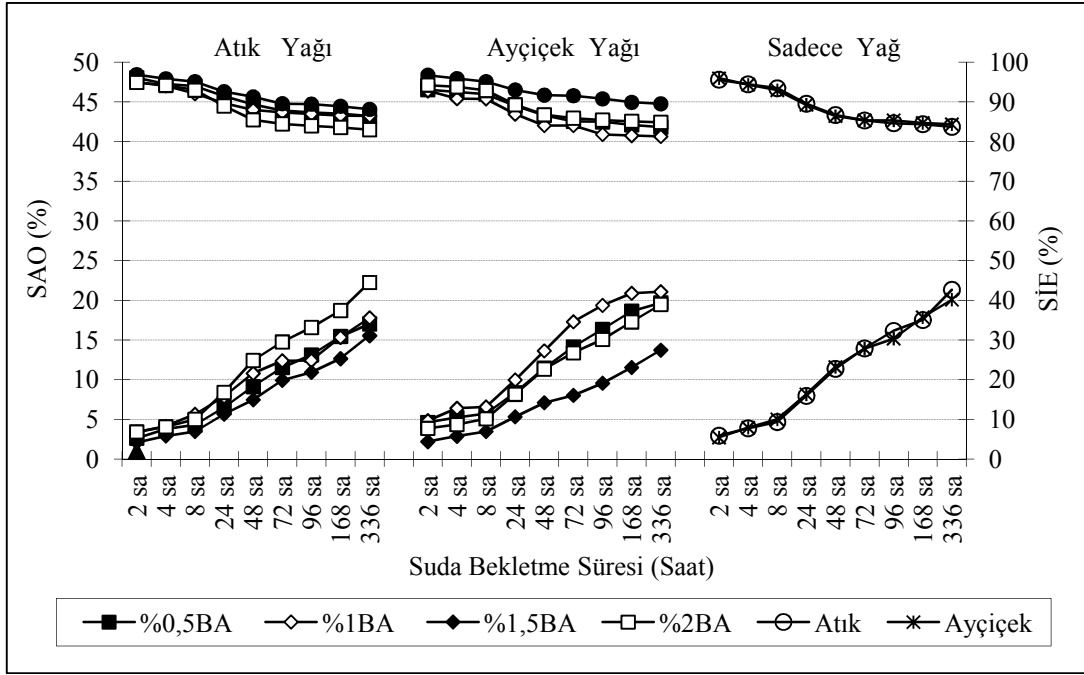
4.3.3. Enine Kesiti Kapatılmış/Kapatılmamış Örneklerde Borik Asit ve Yağ ile Emprenye İşleminin Odunun Su Alma ve Su İtici Etkinlik ile Daralmayı Önleyici Etkinlik Değerleri Üzerine Etkisi

BA ile emprenyeli enine kesiti kapatılmamış sarıçam örneklerin 336 saat su içinde bekletilmesiyle elde edilen SAO değerleri %117-126; kayın örneklerinin SAO değerleri ise %76-79 arasındadır. SAO değeri kontrol sarıçam örnekleri için %131; kayın kontrol örnekleri için %88 çıkmıştır. Atık ve ayçiçek yağı ile emprenye edilen sarıçam örneklerinin SAO ve SİE değerleri ise %21 ve %84'dür. Bu değerler atık ve ayçiçek yağı ile emprenye edilen kayın örnekleri için %26-28 ve %65-70'dir. Sarıçam örneklerinde SAO değerleri üzerine atık ve ayçiçek yağ benzer etkinlik gösterirken, kayında atık yağ biraz daha iyi sonuçlar vermiştir (Ek Tablo 44 ve 46). Borlu bileşiklerin odunun su itici etkinlik değerleri üzerine olumlu etkisinin olmadığı, aksine higroskopik karakterleri nedeniyle odunun su almasını arttırdığı, yağlarla emprenye işleminde odunda su itici bir tabaka oluştuğu ve odunun su alma oranının önemli ölçüde azaltılarak oduna su itici etkinlik ve hidrofobiklik sağlandığı, bu etkinin odundaki yağ retensiyon değerleri ile doğrusal bir ilişki içinde olduğu bölüm 4.1.3'de ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

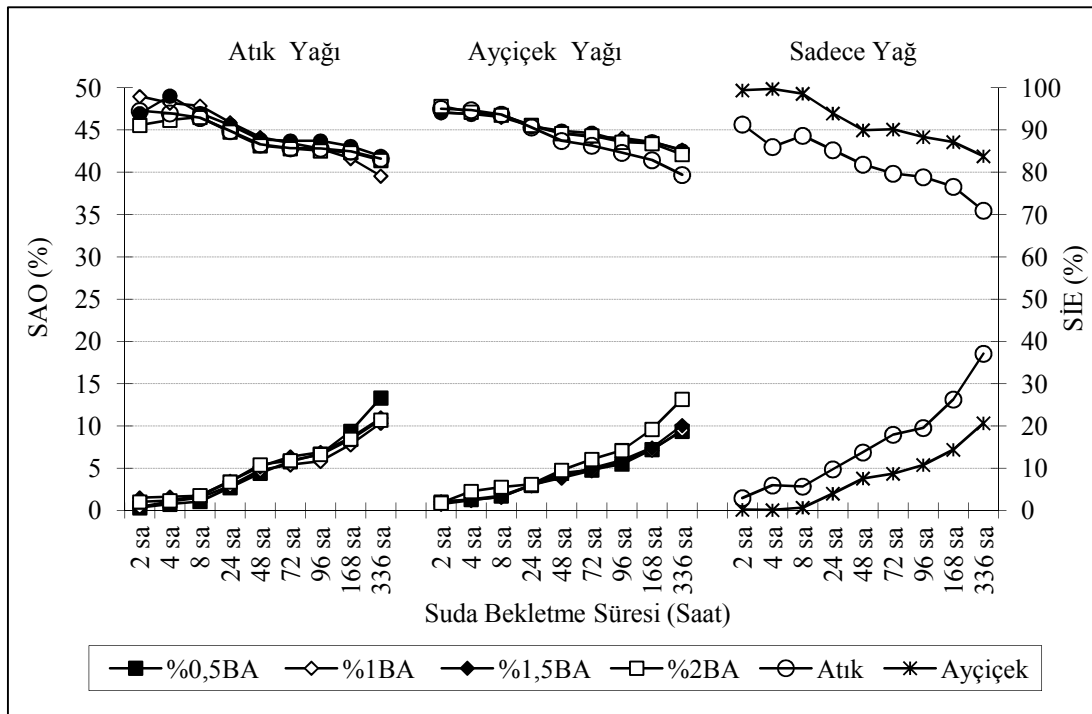
BA ön emprenyesini takiben yağ ile muamele edilen enine kesiti kapatılmamış sarıçam ve kayın örneklerinin 336 saat su içinde bekletilmesiyle elde edilen SAO değerleri %14-22; %23-32 ve SİE değerleri %81-90; %62-74 arasında bulunmuştur. Sadece BA ile emprenye edilen ve enine kesitleri kapatılan sarıçam ve kayın örneklerinde SAO değerleri %53-56; %47-55'dir. Enine kesiti kapatılan sarıçam ve kayın kontrol örneklerinde ise SAO değerleri %64 ve %54'dür. Enine kesitlerin epoksi reçine ile kapatıldığı ve sadece yağ ile emprenye edildiği sarıçam ve kayın örneklerinde SAO değerleri %10-19; %25-26, SİE değerleri %71-84; %31-53 arasındadır. Enine kesitleri kapatılan BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam ve kayın örneklerinde SAO değerleri %9-13; %25-31, SİE değerleri %79-85; %43-54'dür. Yağ işlemi öncesi BA ön emprenyesi tüm gruplarda odunun SİE değerlerini olumsuz yönde etkilememiş, bu gruplarda SİE sadece yağ ile emprenye edilen örnekler gibi elde edilmiş, hatta bazı varyasyonlarda daha da iyi sonuçlar alınmıştır.

Biyositler ile yağların birlikte kullanılması ile azalan SAO değerleri bölüm 4.1.3'de ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Enine kesitleri kapatılmış ve sadece BA ile emprenye edilmiş örnek grubunda boyuna yönlerden oduna su girişi azaltıldığından kontrole kıyasla SAO hafifçe azalmıştır. BA + yağ ile emprenye edilmiş ve enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış örneklerde higroskopik karakterli BA konsantrasyonu arttıkça, SAO değerlerinde genel olarak bir miktar artış gözlenmiştir. Enine kesitleri kapatılan ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklerde ise ayçiçek yağı daha iyi sonuçlar vermiştir (Ek Tablo 44-47). Sarıçam örneklerinin 48 saat su içinde bekletilmesinin ardından SİE değerlerinde kararlılık gözlenmiştir (Şekil 82). Kayın örneklerinde ise deney boyunca genel olarak sürekli su alma eğilimi bulunmuştur (Şekil 84). Enine kesiti kapatılan örneklerde ise su alma deneyi süresi boyunca sürekli su alma eğilimi vardır (Şekil 83 ve 85). Bu durum epoksi kaplamasından kaynaklanmış olabilir. Epoksi kaplaması olmayan gruplarda boşluklara ilk 48 saate su alımı fazla olmuş, ancak epoksi kaplanmış örneklerde bu boşluklara suyun girmesi daha fazla zaman almış ve dolayısı ile sürekli su alımı söz konusu olmuş olabilir.

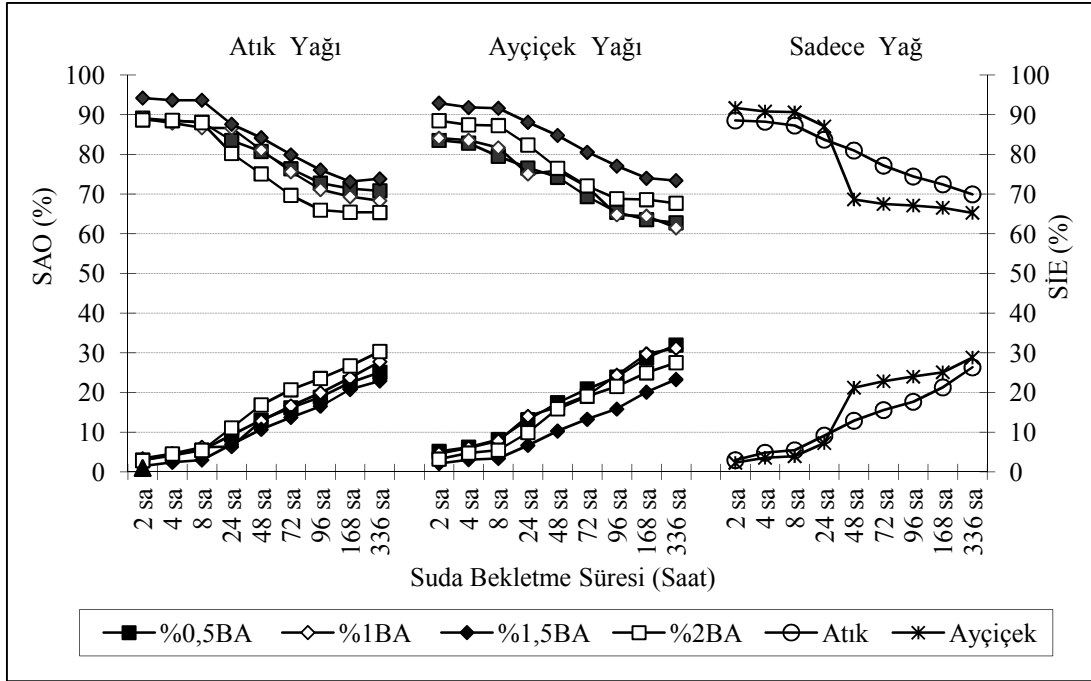
Kayın odunu örneklerinin zaman içinde su alması, sarıçam örneklerinin su almasından daha fazladır. Bunun nedeni kayında yağ retensiyonunun sarıçama göre nispeten daha az elde edilmesi olabilir. Çünkü yağlar odunun hücre boşluklarını doldurarak, su alma oranını azaltmakta (Hyvönen vd., 2006, Koski, 2008) ve daha öncede ifade edildiği gibi odundaki retensiyonlar ile SAO değerleri arasında negatif yönde bir korelasyon bulunmaktadır (Temiz vd. 2008a, Panov vd. 2010). Enine kesitlerin kapatılması ile örneklerin SAO değerleri, enine kesitleri kapatılmamış örneklere göre daha fazla azaltılmıştır, ancak SİE değerleri kapatılmamış gruplarda daha yüksek çıkmıştır. SİE değeri kontrole kıyasla test örneğinin su alma miktarındaki azalma oranını ifade ettiğinden, bu tezat durum kontrol örneklerinden kaynaklanmaktadır. Çünkü enine kesiti kapatılmış kontrol örneği kapatılmamış kontrol örneğinden sarıçamda %50, kayında %40 daha az su almıştır.



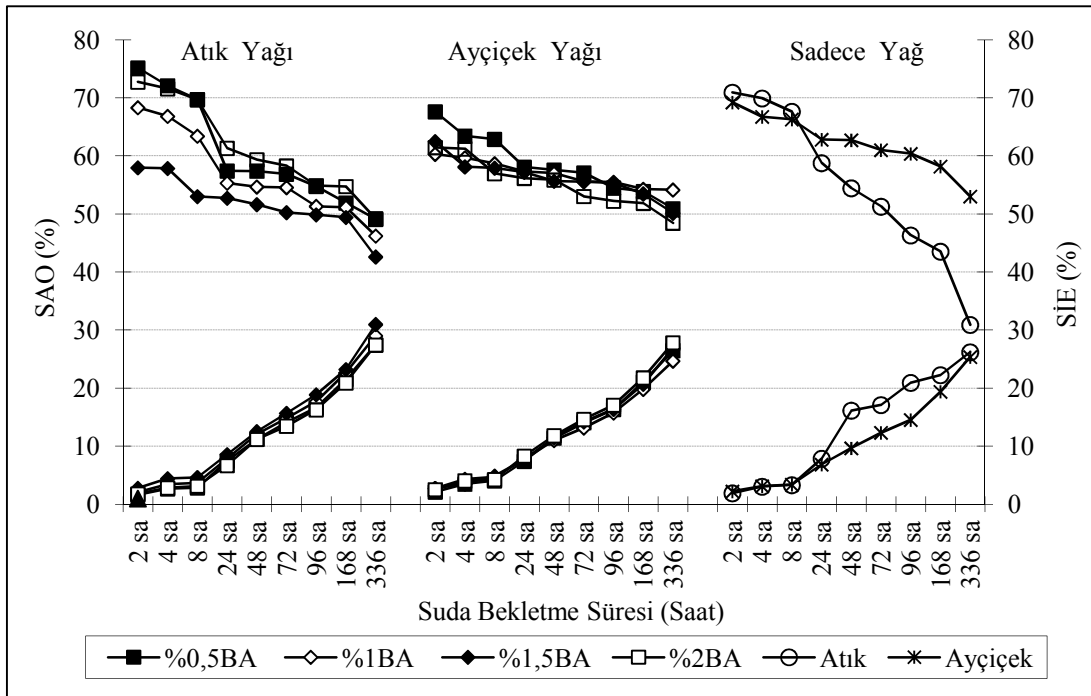
Şekil 82. Enine kesiti kapatılmamış borik asit ve yağ ile empenye edilen sarıçam odununun su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerindeki değişim (%)



Şekil 83. Enine kesiti kapatılmış borik asit ve yağ ile empenye edilen sarıçam odununun su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerindeki değişim (%)



Şekil 84. Enine kesiti kapatılmamış borik asit ve yağ ile emprenye edilen kayın odununun su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerindeki değişim (%)



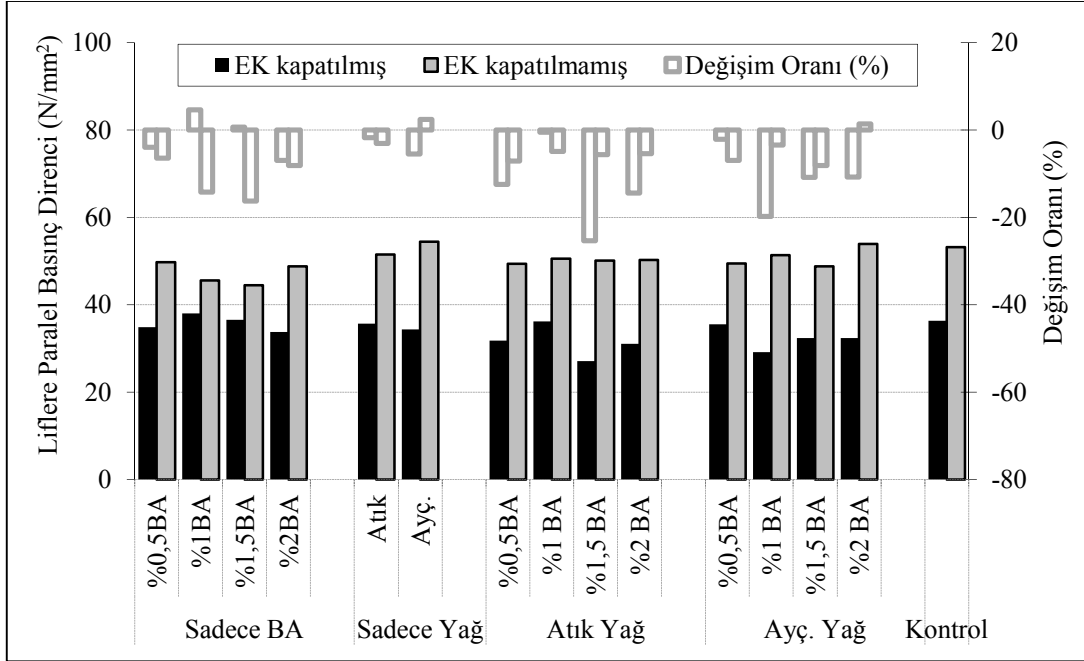
Şekil 85. Enine kesiti kapatılmış borik asit ve yağ ile emprenye edilen kayın odununun su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerindeki değişim (%)

BA + yağ ile emprenye edilen enine kesiti kapatılmamış sarıçam örneklerinin 336 saat su içinde bekletilmesiyle elde edilen DÖE değerleri %25-32 arasında; enine kesiti kapatılmış örneklerde aynı değerler %25-47 arasında; BA + yağ ile emprenye edilen enine kesiti kapatılmamış kayın örneklerinde DÖE değerleri %16-21 oranında ve enine kesiti kapatılmış örneklerde bu değerler %17-28 arasında elde edilmiştir (Ek Tablo 48-51). Değerlerden de görüleceği üzere sarıçam odununda daha yüksek yağ retensiyonundan kaynaklandığı düşünülen DÖE değerleri, kayından daha yüksek elde edilmiştir. DÖE değerlerinden de görüleceği üzere odunda çok iyi bir boyutsal kararlılık sağlanamamıştır. Çünkü su itici etkinlik sağlayan yöntemlerden biri olan yağ muamelesi ile, bölüm 4.1.3'de açıklandığı gibi odunun boyutsal kararlılığının sağlanması değil, su iticilik değerlerinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

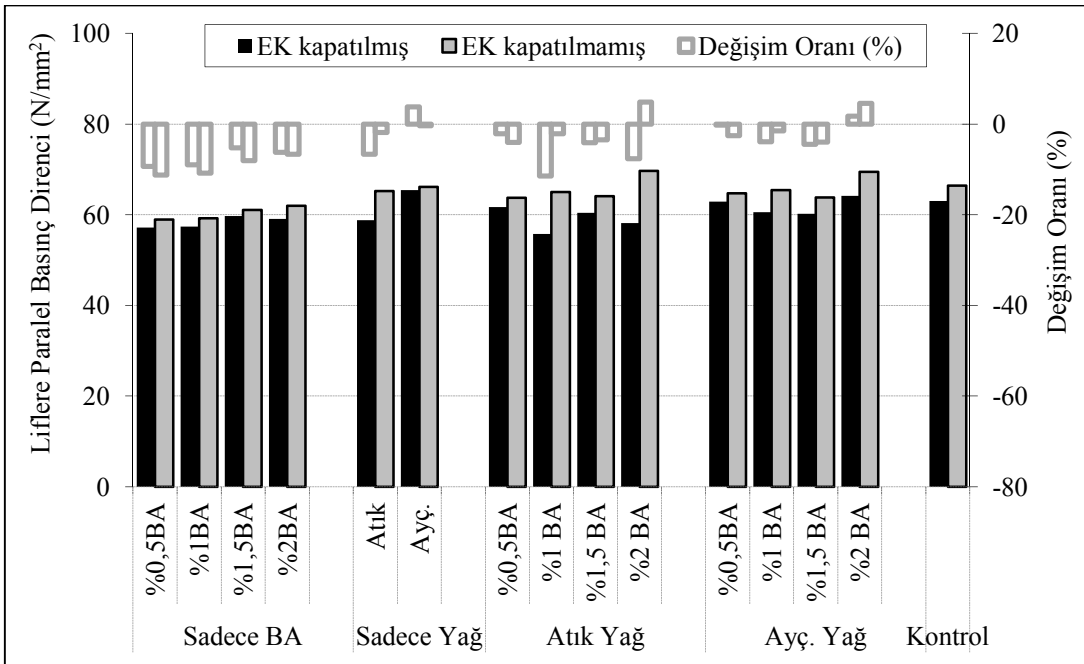
4.3.4. Enine Kesiti Kapatılmış/Kapatılmamış Örneklerde Borik Asit ve Yağ ile Emprenye İşleminin Odunun Liflere Paralel Basınç Direnci Üzerine Etkisi

Epoksi reçine ile enine kesiti kapatılmış ve kapatılmamış sarıçam ve kayın örneklerinin BA + yağ ile emprenyesi sonrasındaki LPBD değerlerindeki değişim Şekil 86 ve 87'de gösterilmektedir. Borik asit ile emprenye edilen enine kesiti kapatılmamış sarıçam örneklerinin LPBD değerleri 45-50 N/mm²; enine kesitleri kapatılan örneklerde bu değerler 34-38 N/mm² arasında değişim göstermektedir. BA ile emprenyeli örneklerin kontrol örneklerine kıyasla LPBD değerleri konsantrasyon artışına paralel olarak bir miktar düşmüştür. Bunun yine BA'in asidik yapısından kaynaklanmasından olabileceği düşünülmektedir. Ancak, %2 BA konsantrasyonunda meydana gelen küçük artışın nedeni açıklanamamakla birlikte, bu durum sarıçam test ve kontrol örneklerinin kendi içindeki heterojen yapısından kaynaklanmış olabilir. Sadece yağ ile emprenye edilen ve enine kesiti kapatılmamış sarıçam örneklerinde LPBD değerleri 51-54 N/mm²; enine kesiti kaplanmış örneklerde 34-36 N/mm²'dir. Sadece yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinde kontrole kıyasla çok az değişiklikler gözlenmiştir. Ayçiçek yağı ile emprenye edilen örnekler, atık yağ ile emprenye edilen örneklerden biraz daha yüksek LPBD değeri vermiştir. BA + yağ ile emprenye edilen ve enine kesitleri kapatılmamış örneklerde LPBD değerleri 49-54 N/mm², enine kesiti kapatılmış örneklerde 27-36 N/mm²'dir. Enine kesiti

kapatılmamış kontrol örneklerinde LPBD, 53 N/mm² ve enine kesiti kapatılmış örneklerde 36 N/mm² olarak bulunmuştur.



Şekil 86. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış sarıçam örneklerinin BA + yağ ile empenyesi sonrasındaki LPBD değerlerindeki (N/mm²) değişimi



Şekil 87. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış kayın örneklerinin BA + yağ ile empenyesi sonrasındaki LPBD değerlerindeki (N/mm²) değişimi

Sadece BA ile emprenye edilen ve enine kesiti kapatılmamış kayın örneklerinin LPBD değerleri 59-62 N/mm²; enine kesitleri kapatılan örneklerde bu değerler 57-60 N/mm² arasında değişim göstermektedir. Sadece yağ ile emprenye edilen ve enine kesiti kapatılmamış örneklerde LPBD değerleri 65 N/mm²; enine kesiti kaplanmış örneklerde 59-65 N/mm²'dir. BA + yağ ile emprenye edilen ve enine kesiti kapatılmamış örneklerde LPBD değerleri 64-69 N/mm²; enine kesiti kapatılmış örneklerde 56-64 N/mm²'dir. Kontrol örneklerinde LPBD 66 N/mm² ve enine kesiti kapatılmış örneklerde 63 N/mm² olarak belirlenmiştir. Yağların ve BA'nın LPBD üzerine etkileri bölüm 4.1.4'de ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinde LPBD değerleri üzerine BA konsantrasyonunun ve yağ çeşidinin çok fazla bir etkisi olmadığı, kayın odununda BA konsantrasyonu arttıkça çok küçük artışlar olduğu bulunmuştur. Ancak, sarıçamda enine kesiti kapatılan örneklerde LPBD değeri, enine kesiti kapatılmamış örneklere göre önemli seviyede düşmüştür. Deney sırasında bu örneklerde lifler yönünde çatlama ve yıllık halkaların birbirinden ayrıldığı gözlenmiştir. Basınç direncinde örneklerde klasik olarak gözlenen lateral hücre kayması bu örnek grubunda olmamıştır. Yüzeylerdeki sert kaplamalar yük uygulamasına ilk başta karşı koymuş, ancak yük uygulaması devam ettikçe örneklerde hücre kayması oluşmaksızın çatlama olmuş ve örnekler daha fazla yük uygulamasına dayanamayarak daha düşük LPBD göstermiş olabilir. Enine kesiti kapatılan sarıçam örneklerinde genel olarak BA konsantrasyonu arttıkça LPBD değerleri bir miktar azalmış, kayın odununda bir miktar artmıştır. Kayın odununda ayçiçek yağı ile daha yüksek LPBD değerleri elde edilmiştir (Ek Tablo 52 ve 53). Kayın odunu ile sarıçam odunu örnekleri kıyaslandığında temel fark epoksi kaplanmış örneklerin LPBD değerlerindeki azalmada gözlenmektedir. Sarıçam örneklerinin enine kesitlerinin epoksi ile kaplanması kayına göre daha fazla direnç azalmasına neden olmuştur.

Kayın odununda LPBD değerlerinde gözlenen değişimler sarıçam odununa göre daha azdır. Bu durum kayının emprenye işleminden daha az etkilendiğini göstermektedir. Kayın örneklerinde elde edilen retensiyon değerleri sarıçam örneklerine göre daha düşük bulunmuştur. Ayrıca kayın örneklerinin yoğunluğu sarıçam örneklerinden daha fazla olmasında bu durumu etkilemiş olabilir. Aslında emprenye işlemleriyle artan yoğunluk değerleri nedeniyle LPBD değerlerinde de, artışların olması beklenebilirdi. Ancak kombine edilen örneklerde bulunan asidik yapıya sahip BA, azalmalara neden olmuş olabilir. Ayrıca, yüksek yağ yüklemelerinde hücre çeperinde iç basıncın artması nedeniyle mekanik

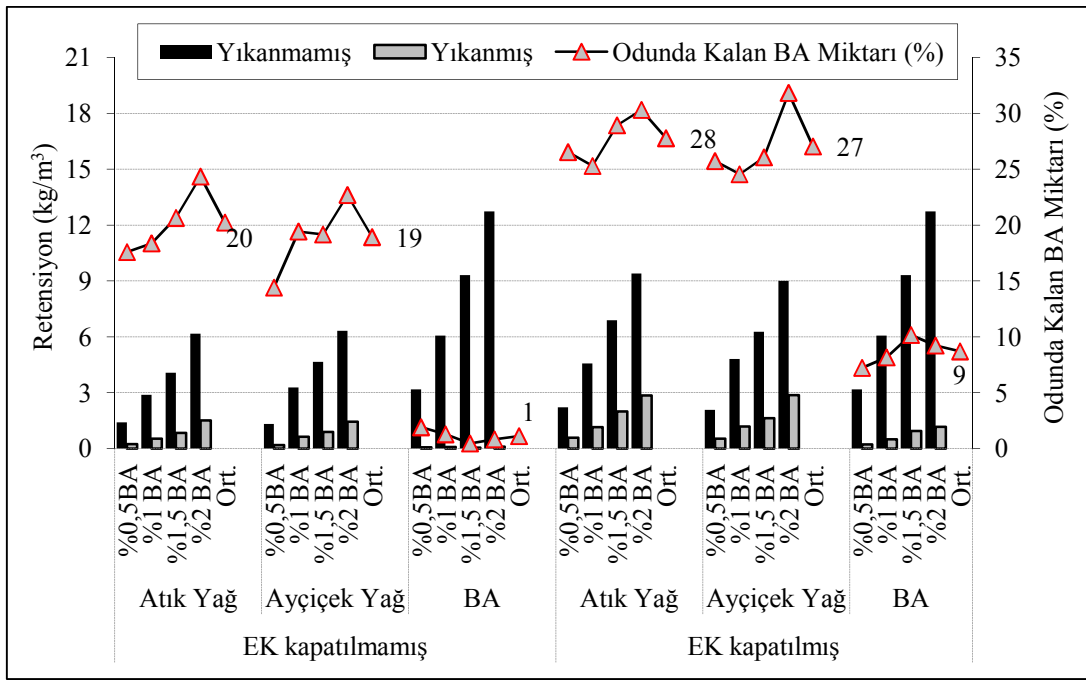
dirençte azalmalar olduğu ve hücre çeper tabakalarında mikro yapısal değişimler ve çatlaklar olduğu da belirtilmiştir (Olsson vd. 2001).

4.3.5. Enine Kesiti Kapatılmış/Kapatılmamış Örneklerde Borik Asit ve Yağ ile Emprenye İşleminin Odunda Kalan BA Miktarı Üzerine Etkisi

Her bir varyasyonun yıkanmamış ve yıkanmış örnek gruplarının kıyaslanması ile elde edilen nihai üründe kalan BA miktarı (%) değerleri ve yıkanmış/yıkanmamış örneklerdeki BA retensiyon (BAE, kg/m^3) değerleri sarıçam ve kayın için kıyaslamalı olarak Şekil 88 ve 89'da gösterilmiştir. Sadece BA ile emprenye edilmiş enine kesiti kapatılmamış sarıçam ve kayın odununda yıkanma deneyi sonrasında başlangıç BA miktarına göre odunda kalan BA miktarı değerleri %0,3 ile %2 arasında değişim göstermektedir. Yıkanmış sarıçam örneklerindeki BA retensiyonu 0,04-0,1 kg/m^3 ; yıkanmış kayın örneklerindeki BA retensiyonu ise 0,01-0,11 kg/m^3 arasında değişim göstermektedir. Yıkanma deneyi sonrasında bu örneklerdeki BA'in neredeyse tamamı yıkanmıştır. Bilindiği üzere borlu bileşikler oduna fikse olmadıklarından su ile temas halinde kolayca yıkanabilmektedir. BA ile emprenye edilmiş ve enine kesiti kapatılmış sarıçam ve kayın örneklerinde yıkanma deneyi sonrasında %7-10 oranında BA kalmıştır. Bu değerle yaklaşık olarak sarıçamda 0,3-1,2 kg/m^3 BAE; kayında ise 0,2-1 kg/m^3 BAE değerini ifade etmektedir. BA emprenyesinin ardından yağ muamelesi ile enine kesiti kapatılmamış sarıçam odununda %14-24; kayın odununda %16-25 oranında BA kalmıştır. Yağ işlemi öncesinde enine kesitlerin kapatılması ile bu oranlar sarıçamda %25-32; kayında %19-30 olarak belirlenmiştir. Yağ ile emprenye işleminin borlu bileşiklerin odundan yıkanmasını geciktirmesi ayrıntılarıyla bölüm 4.1.6'da incelenmiştir.

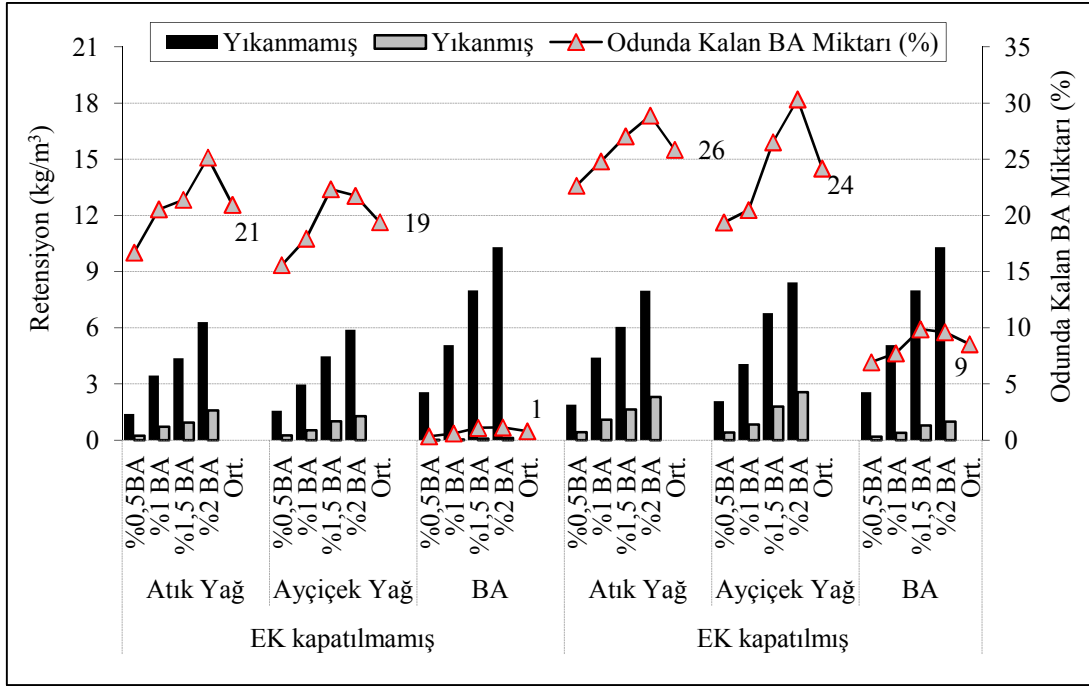
Sarıçam ve kayın örneklerinde BA konsantrasyonu arttıkça odunda kalan BA miktarı (%) artmıştır. Yağların zaman içinde borun odundan yıkanmasını geciktirici etkinliği olması nedeniyle, başlangıç BA miktarı yüksek olan varyasyonlarda yıkanma deneyi sonrasında daha fazla BA kalması gözlenmiş olabilir. Benzer sonuçlar bölüm 4.1.6'da ayrıntılarıyla incelenmiştir. Enine kesitleri kapatılmış örnekler ile kapatılmamış örnekler arasında istatistiksel açıdan da farklar çıkmıştır. Yağlar arasında ise farklılık gözlenmemiştir (Ek Tablo 54). Yağların kullanıldığı emprenye işlemi ile, odunun su alması azaltılarak BA yıkanması zaman içinde geciktirilmiştir. Bor bileşiklerini ihtiva eden emülsiyon ya da sulu çözeltilerle odunun emprenye edilmesiyle, reçine ya da reçine

türevleri borun odun içinde kalmasını ve odunun hidrofobikliğini sağlayabilir (Yu vd. 2009). Epoksi ile enine kesitlerin kapatılması sonucu suyun bu yönlerden oduna girişi ayrıca engellenmiş ve bu varyasyonlarda SAO deneylerinde elde edilen etkinlik gibi, BA'in odunda kalmasının sağlanmasında da daha iyi sonuçlar alınmıştır. Epoksi ile enine kesitlerin kapatılmasıyla gerçekleştirilen yağ işleminde bir diğer fayda, daha az yağ retensiyonu ile BA'in yıkanmasının azaltılmasında daha iyi bir etkinliğin sağlanmasıdır.

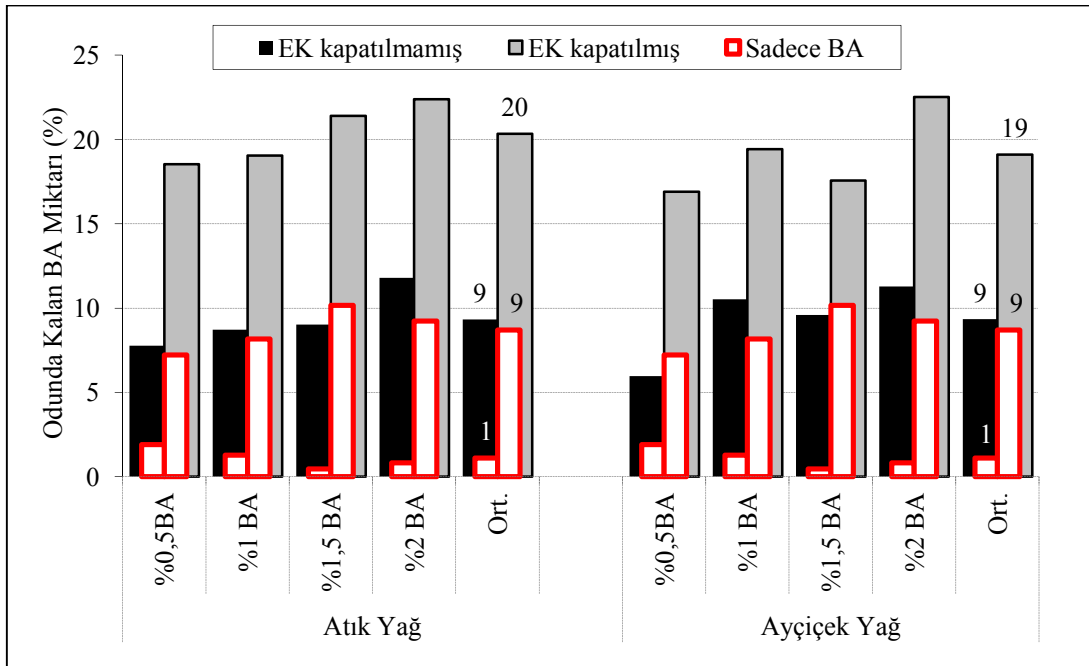


Şekil 88. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli sarıçam örneklerinde yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı (%) değişimi

Her bir varyasyonun yıkanmış örnek grubuyla o konsantrasyondaki, sadece BA ile emprenye edilmiş yıkanmamış örnek grubunun kıyaslanmasıyla elde edilen BA miktarı (%) değerleri enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış sarıçam ve kayın için kıyaslamalı olarak Şekil 90 ve 91'de gösterilmiştir. BA + yağ muamelesi ile yıkanmış enine kesiti kapatılmamış sarıçam odununda %6-12; yıkanmış kayın odununda %9-15 oranında BA kalmıştır. Yağ işlemi öncesinde enine kesitlerin kapatılması ile bu oranlar sarıçamda %17-23; kayında %16-24 arasında elde edilmiştir. BA konsantrasyonu arttıkça odunda kalan BA miktarı değerleri artmıştır. Enine kesitleri kapatılmış örnekler ile kapatılmamış örnekler arasında istatistiksel açıdan da farklar çıkmıştır. Yağlar arasında ise farklılık gözlenmemiştir (Ek Tablo 55).

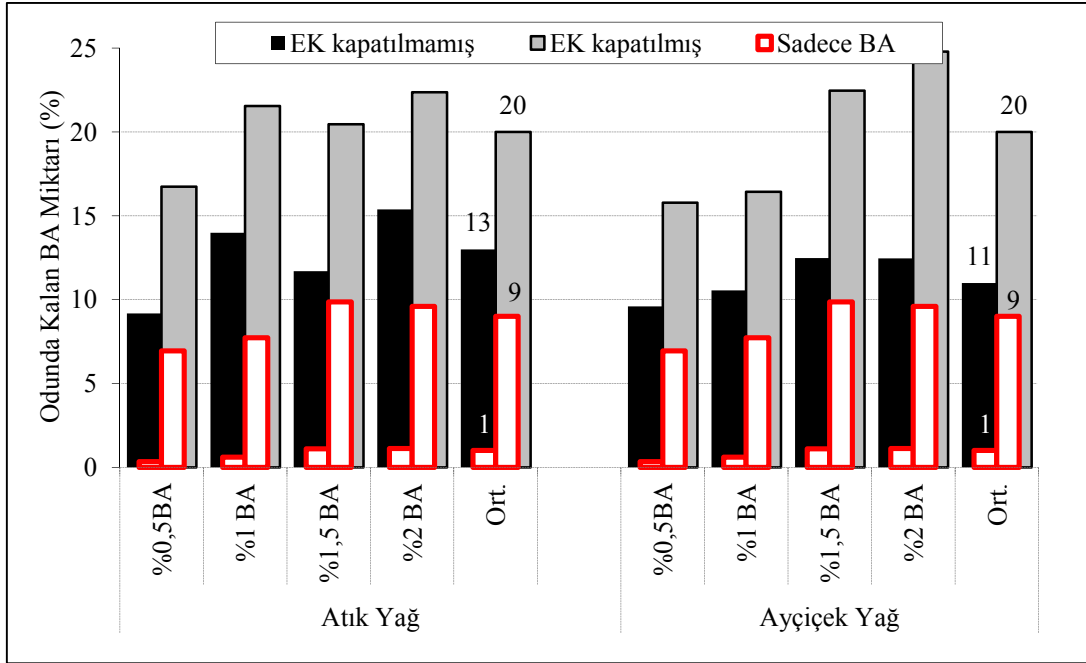


Şekil 89. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli kayın örneklerinde yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı (%) değişimi



Şekil 90. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli sarıçam örneklerinde başlangıç BA miktarına göre yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı (%) değerlerindeki değişim

Çalışmada enine kesitlerin kapatılması, odundaki BA'in yağ ile ikinci emprenye işleminde yağa geçmesini engellemek amacıyla yapılmıştır. Bölüm 4.1.6'da yağ içinde gözlenen BA yıkanması bu bölümde önemli ölçüde azaltılmış, ancak tam olarak engellenememiştir. Kullanılan deneme varyasyonlarına göre yağ içinde BA yıkanması enine kesiti kapatılmamış sarıçam örneklerinde %46-59 oranında iken; enine kesitleri kapatılan örneklerde %20-32 arasında bulunmuştur. Bu değerler enine kesiti kapatılmamış kayın örneklerinde %31-45 oranında; enine kesiti kapatılmış kayın örneklerinde ise %13-26 oranında belirlenmiştir. BA ön emprenyeli örneklerin yağ işleminin öncesinde enine kesitlerinin kapatılması ile BA'in yağa yıkanması yaklaşık %50 oranında azaltılmış, dolayısıyla bu örneklerde başlangıç BA retensiyonu enine kesitleri kapatılmadan yağ ile emprenye edilen örneklerin başlangıç BA retensiyonundan daha yüksek elde edilmiştir. Bunun neticesinde yıkanma sonrasında odunda kalan BA retensiyonları da daha yüksek bulunmuştur. Sarıçamda enine kesitleri kapatılmamış ve yağla emprenye edilmiş örneklerde yıkanma deneyi sonrasında kalan BA retensiyonları, başlangıç BA konsantrasyonuna göre 0,2-1,5 kg/m³; kayında ise 0,2-1,6 kg/m³ arasında bulunmuştur. Sarıçamda enine kesitleri kapatılan ve yağla emprenye edilen örneklerde yıkanma deneyi sonrasında kalan BAE retensiyonları, başlangıç BA konsantrasyonuna göre 0,5-2,9 kg/m³; kayında ise 0,4-2,6 kg/m³ arasında bulunmuştur. Yıkanma deneyi sonrasında kalan BA miktarları açısından özellikle %1 ve %2 başlangıç konsantrasyonlarındaki örnekler, Tablo 5'de belirtilen odun tahripçisi organizmalara karşı zehirlilik etkisi gösterebilecek seviyededir, ancak yağların da mantarlara karşı olası etkinlikleri (rutubeti azaltıcı etkinlikleri), BA + yağ ile emprenye edilen örneklerde biyolojik dayanım için odunda bulunması gereken en düşük BAE miktarını azaltabilir. Bu durumun da göz önüne alınması gerekir.

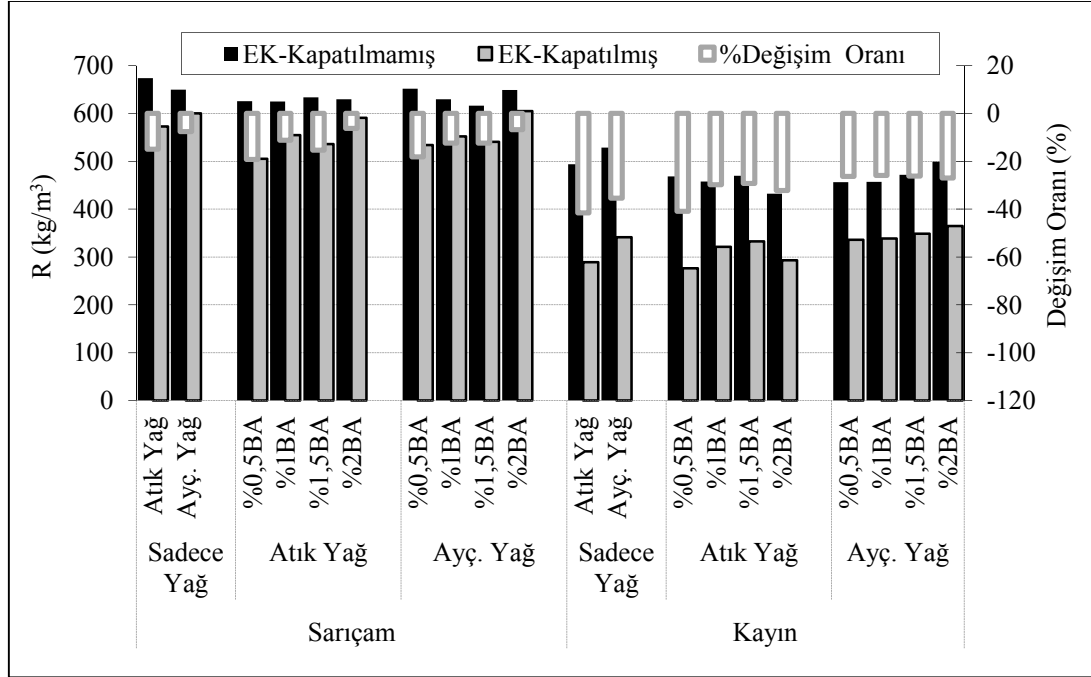


Şekil 91. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış emprenyeli kayın örneklerinde başlangıç BA miktarına göre yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan BA miktarı (%) değerlerindeki değişim

4.3.6. Enine Kesiti Kapatılmış/Kapatılmamış Örneklerde Borik Asit ve Yağ ile Emprenye İşleminin Mantar Çürüklük Dayanımı Üzerine Etkileri

Sadece yağ ile emprenye edilen sarıçam ve kayın örneklerinde retensiyon değerleri sırasıyla $650-674 \text{ kg/m}^3$ ve $494-529 \text{ kg/m}^3$ olarak bulunmuştur. Enine kesitleri kapatılan sarıçam örneklerinin sadece yağ ile emprenye edilmesiyle retensiyon değerleri $572-600 \text{ kg/m}^3$; kayın örneklerinin retensiyon değerleri ise $289-342 \text{ kg/m}^3$ arasında elde edilmiştir. BA + yağ ile emprenye edilen enine kesitleri kapatılmamış sarıçam örneklerinde $617-652 \text{ kg/m}^3$; kayın örneklerinde $432-500 \text{ kg/m}^3$ retensiyon değerleri elde edilmiştir. Enine kesitlerin kapatılması ile bu değerler sarıçamda $506-605 \text{ kg/m}^3$; kayında $277-365 \text{ kg/m}^3$ arasında elde edilmiştir. Görüleceği üzere enine kesitin epoksi reçine ile kapatılması işlemi sarıçam örneklerinde retensiyonun %10-20, kayın örneklerinde %30-40 arasında azalmasına neden olmuştur (Şekil 92). Mantar çürüklük deneylerinde kullanılan örneklerin boyutlarının (15 x 5 x 30 mm; radyal, teğet, boyuna) diğer testlerde kullanılan örneklere göre daha küçük olması nedeniyle daha yüksek retensiyon değerleri elde edilmiştir. BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam ve kayın örneklerinde konsantrasyon arttıkça retensiyon değerlerinde küçük artışlar görülmüştür. Kayın örneklerinde BA + yağ ile emprenye edilen

varyasyonlarda ayçiçek yağı biraz daha fazla retensiyon değerleri vermiştir (Ek Tablo 56 ve 57).



Şekil 92. Enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış sarıçam ve kayın örneklerinin retensiyon değerlerindeki değişimler

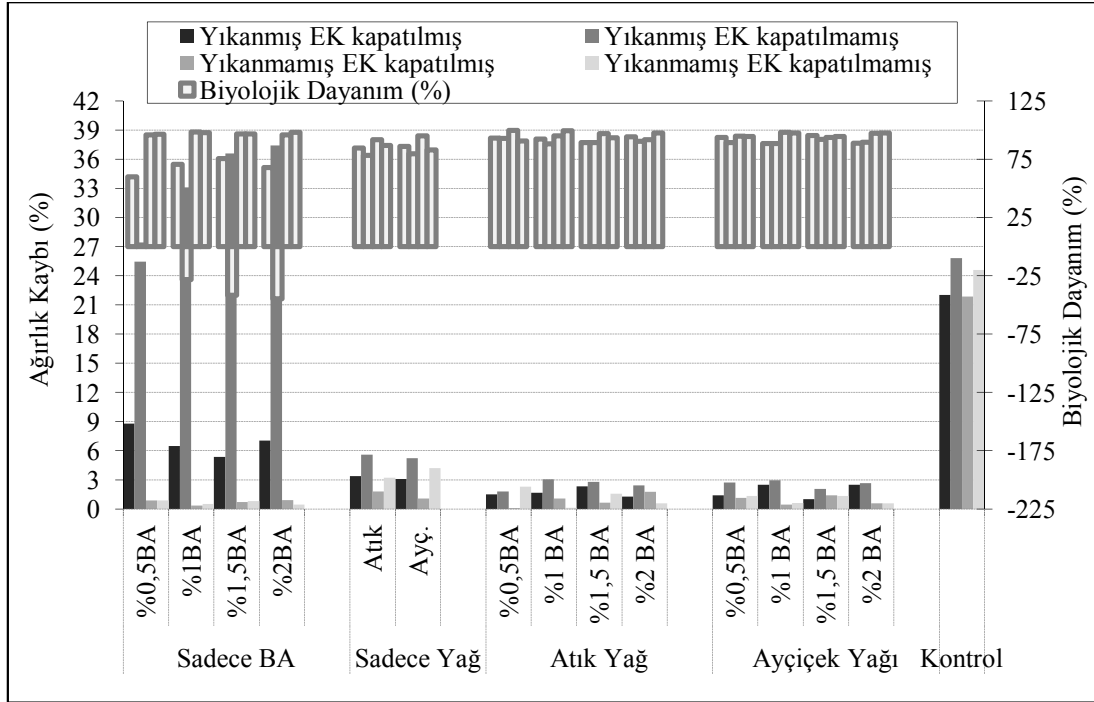
Sadece BA ile empenye edilen yıkanmamış sarıçam ve kayın örneklerinin ağırlık kayıpları oldukça düşük çıkmıştır. Ancak, yıkanma işleminden sonra sarıçamda %25-37; kayında %8-13 arasında çok yüksek ağırlık kayıpları elde edilmiştir. Bu durum BA'in neredeyse tamamının odundan yıkanması ve biyolojik etkinliği sağlayacak kadar odunda BA kalmamasından dolayı olabilir. Yıkanma deneyi sonrasında sarıçam örneklerinde kalan BA retensiyonu 0,06-0,1 kg/m³, kayın örneklerinde kalan BA retensiyonu ise 0-0,11 kg/m³'dür. Bu retensiyon değerleri de odunu, Tablo 5'de belirtilen odun tahripçisi organizmalara karşı koruyabilecek seviyede değildir. Sadece BA ile empenye edilmiş ve enine kesiti kapatılmış sarıçam örneklerinin *Coniophora puteana* saldırısı sonrasında yıkanmamış gruplarında ağırlık kayıpları %1'den daha az olurken, yıkanmış gruplarında ağırlık kayıpları %5-9 arasında olmuştur. Sadece BA ile empenye edilmiş ve enine kesiti kapatılmış kayın örneklerinin *Trametes versicolor* saldırısı sonrasında yıkanmamış gruplarında ağırlık kayıpları %1'den daha az olurken, yıkanmış gruplarında %4-6 arasında olmuştur. Sarıçam ve kayın yıkanmış örneklerinde ağırlık kayıpları %3'den daha fazla

olduğu için mantara karşı iyi bir biyolojik etkinlik sağlanamamıştır. Mantar saldırısına karşı örneklerin enine kesitlerinin kapatılması, enine kesiti kapatılmamış ve yıkanmış örnekler göre oldukça yüksek biyolojik dayanım sağlamıştır. Bu durum, mantar misellerinin enine kesitlerden oduna girişinin engellenmesi ve bu örneklerde yıkanma deneyleri sonrasında kalan BA miktarı nedeniyle meydana gelmiş olabilir.

Yağ ile empenye edilen yıkanmış ve yıkanmamış sarıçam örnekleri %4 ile %6 arasında; kayın örnekleri ise %5 ile %11 arasında ağırlık kayıpları vermiş ve bu örnekler %3 ağırlık kaybından daha fazla ağırlık kaybı gösterdikleri için EN 113 testine göre test mantarlarına karşı iyi bir koruyucu etkinlik sağlayamamışlardır. Ancak, kontrole kıyasla sarıçamda sağlanan biyolojik dayanım %77-87; kayında sağlanan biyolojik dayanım ise %65-87'dir. Daha önceden de ifade edildiği gibi (Bölüm 4.1.9) yağların yapısında zehirli kimyasal maddeler olmadığı için, yağlarla empenye edilen odun mantara karşı zehirli etki gösterememekte, biyolojik etkinlik mantar için gerekli olan rutubet miktarının düşürülmesi ile sağlanmaktadır. Yağların tek başına mantar ve termit saldırılarına karşı etkinliği olmadığı, biyositlerle birlikte kullanıldıklarında artan biyolojik etkinlikleri Lyon vd. (2007a), Temiz vd. (2008a, b) ve Podgorski vd. (2008) tarafından da belirtilmiştir. Van Acker vd. (1999), aseton ile %25 ve %75 oranlarında seyrelttikleri kenevir yağı ile empenye ettikleri odun örneklerinde *Coniophora puteana*, *Gloeophyllum trabeum*, *Poria placenta* ve *Trametes versicolor* mantarlarının saldırıları sonrasında çok yüksek ağırlık kayıpları bulmuş; yağ oranı arttıkça ağırlık kaybı azalmış; ancak ağırlık kayıpları %3'ün çok üstünde kalmıştır. Bu durum yine yağların tek başına mantara karşı iyi bir etkinlik sağlayamadığını göstermektedir. Sadece yağ ile empenye edilmiş ve enine kesiti kapatılmış sarıçam örneklerinin yıkanmış gruplarında ağırlık kaybı %3 iken, enine kesiti kapatılmamış ve yıkanmış gruplarında %5-6 olmuştur. Sadece yağ ile empenye edilmiş ve enine kesiti kapatılmış kayın örneklerinde yıkanmış gruplarında ağırlık kaybı %3 iken, enine kesiti kapatılmamış ve yıkanmış gruplarında %5 olmuştur. Yine enine kesitlerin kapatılması o yönlerden oduna mantar misellerinin girişini engelleyerek biyolojik dayanımı arttırmıştır.

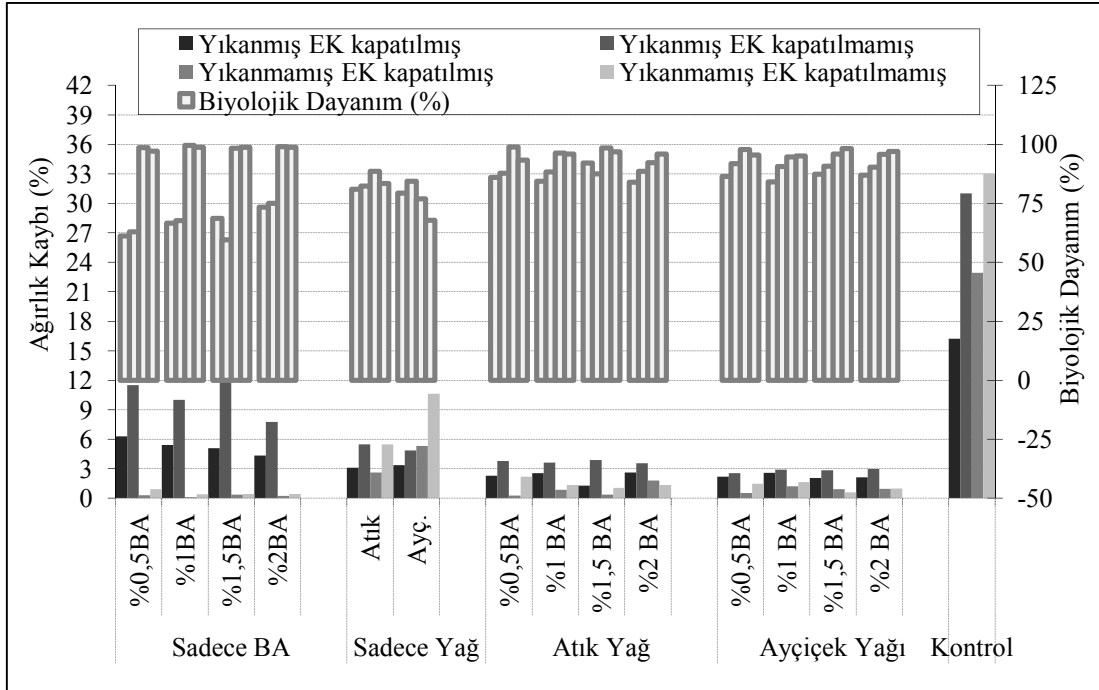
BA + yağ ile empenye edilen sarıçam örneklerinin ağırlık kayıpları enine kesiti kapatılmamış ve yıkanmamış gruplarında %1-2 iken; enine kesiti kapatılan gruplarında bu değerlerden daha düşüktür. Bu örneklerin yıkanmış gruplarına bakılacak olursa, enine kesiti kapatılmamış gruplarda %2-3; yıkanmış gruplarında %1-2,5 arasında elde edilmiştir. Hemen hemen tüm gruplar %3'den daha az ağırlık kaybı vererek kontrole kıyasla %88-100

oranında biyolojik dayanım sağlamış ve “çok dayanıklı” sınıfında yer almıştır (Şekil 93). Bu gruplarda BA konsantrasyonu ile yağ çeşidinin ağırlık kayıpları üzerine istatistiksel açıdan etkisi yoktur (Ek Tablo 60 ve 61).



Şekil 93. Enine kesiti kapatılmış ve kapatılmamış sarıçam odunu örneklerine ait ağırlık kaybı değerlerindeki (%) değişim

BA + yağ ile empenye edilen kayın örneklerinin ağırlık kayıpları enine kesiti kapatılmamış ve yıkanmamış gruplarda %1-2 iken; enine kesiti kapatılan gruplarda bu değerlerden daha düşüktür. Bu örneklerin yıkanmış gruplarına ağırlık kayıpları, enine kesiti kapatılmamış örnekler için %3-4, enine kesiti kapatılmış örnekler için %1-3 arasında elde edilmiştir. Hemen hemen tüm gruplar %3'den daha az ağırlık kaybı vererek kontrole kıyasla %84-100 oranında biyolojik dayanım sağlamış ve örneklerin tümü “çok dayanıklı” sınıfta yer almıştır (Şekil 94). Bu gruplarda BA konsantrasyonu ve yağ çeşidinin biyolojik dayanım üzerine etkileri istatistiksel açıdan farksız çıkmıştır (Ek Tablo 62 ve 63).



Şekil 94. Enine kesiti kapatılmış ve kapatılmamış kayın odunu örneklerine ait ağırlık kaybı değerlerindeki (%) değişim

Borlu bileşiklerin biyolojik etkinlik sağlaması için odunda serbest halde bulunması veya hareket edebilir olması gerekmektedir. Yağ ile empenye edilen odunda borik asidin hareket etmesi azaltılmış olabilir, nitekim yağ empenyesi sonrasında bor yıkanması azaltılmıştır, ancak BA'nın biyosit etkinlik göstermesi için odunda yeterince hareket edebildiği düşünülmektedir. Bazı varyasyonların yıkanmış örnekleri, yıkanmamış örneklerden daha az ağırlık kaybı göstermiştir. Bu durum, mantar çürüklük testi ortamındaki yüksek rutubetli koşullardan çözünebilir maddelerin uzaklaşması nedeniyle olabilir. Nitekim bor + su camı ile empenye edilen odun örneklerinin yıkanmış gruplarında *Coriolus versicolor* ve *Tyromyces palustris* saldırısı ile daha az ağırlık kayıpları bulunmuştur (Furuno ve Imamura, 1998).

BA empenyesini takiben enine kesitleri kapatılan ve yağ ile empenye edilen örnek grubunda genel olarak yıkanma deneyi sonrası mantar çürüklüğüne karşı iyi bir biyolojik dayanım elde edilmiştir. Bu durum, kaplamadan dolayı enine kesitler yönünde mantar misellerinin odun içine girmesinin engellenmesinden ve örneklerin yıkanma deneyi sonrasında daha yüksek BA içeriğine sahip olmasından kaynaklanmış olabilir. BA + yağ ile empenye edilen ve enine kesiti kapatılmamış sarıçam örneklerinde yıkanma deneyi sonrasında $0,25-1,50 \text{ kg/m}^3$ BAE retensiyonu; enine kesiti kapatılmış sarıçam örneklerinde

0,6-2,87 kg/m³ BAE retensiyonu elde edilmiştir. Bu değerler kayın örneklerinde enine kesiti kapatılmamış gruplar için 0,24-1,58 kg/m³; enine kesiti kapatılmış gruplar için 0,43-2,55 kg/m³ BAE şeklinde elde edilmiştir. Retensiyon değerleri pek çok organizmaya karşı zehirlilik etkisi gösterebilecek seviyededir (Tablo 5). Biyolojik etkinlik odundaki BA'in yanı sıra, yağ işleminin odunun rutubet miktarını azaltmasından da kaynaklanmış olabilir. Enine kesiti kapatılmış yıkanmış sarıçam örneklerinde rutubet miktarı %24-30; yıkanmamış örneklerinde %23-27 arasında bulunmuştur. Aynı değerler, enine kesiti kapatılmamış yıkanmış sarıçam örneklerinde %31-33; yıkanmamış örneklerinde %24-27 arasında elde edilmiştir. Kontrol örneklerinde ise rutubet miktarı %62-72 arasında bulunmuştur (Ek Tablo 58). Rutubet miktarı, enine kesiti kapatılmış, yıkanmış kayın örneklerinde rutubet miktarı %26-36; yıkanmamış örneklerinde %25-32 arasında bulunmuştur. Aynı değerler, enine kesiti kapatılmamış, yıkanmış kayın örneklerinde %32-45; yıkanmamış örneklerinde %26-33 arasında elde edilmiştir. Kontrol örneklerinde ise bu değerler %48-57 arasında bulunmuştur (Ek Tablo 59). Değerlerden de görüleceği üzere yağ işlemi örneklerin rutubet miktarını önemli ölçüde azaltmıştır. Kayın örneklerinde sarıçama göre daha yüksek olan rutubet miktarı değerleri, mantar türünden kaynaklanabileceği gibi, odun tarafından absorbe edilen yağ miktarının farkından da kaynaklanabilir. BA + yağ ile empenye edilen örneklerde elde edilen rutubet miktarı değerleri sadece yağ ile empenye edilen örneklerin rutubet miktarı değerlerinden biraz daha fazladır. Bu durum odundaki higroskopik karakterli BA'den kaynaklanmış olabilir.

BA + yağ ile empenye edilen örnekler düşük BA konsantrasyonlarında bile oldukça iyi bir biyolojik dayanım sağlamıştır. Böylece, mantar saldırılarına karşı daha düşük BA retensiyon değerleri ve azaltılan rutubet miktarı ile iyi bir biyolojik dayanım sağlanarak birlikteli (sinerjik) bir etki kazanılmış olabilir. Nitekim Lyon vd. (2007a), yağ + BA ile empenye edilen odunda, mantara karşı zehirlilik etkisi gösterecek BA miktarının (eşik değerinin) azaltılabileceğini ifade etmiştir.

Agar ortamında bir empenye maddesinin biyolojik etkinliğini test etmeyi hedefleyen EN113 testinin bu çalışmada uygulanmasında bazı sorunlarla karşılaşılmıştır. Standart test kuralları gereğince mantar miseli bulunan her petriye 1 test ve 1 kontrol örneği yerleştirilmiş ve kontrol örneklerinde ağırlık kaybının %15-20 arasında çıkması hedeflenmiştir. Ancak, yıkanmamış grupların çoğu varyasyonlarında bu petri kaplarındaki kontrol örneklerinde ağırlık kaybının %15'in altında olduğu ve mantar misellerinin kontrol örneklerini sarmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, sadece kontrol örneklerinin

kondugu tüm petrilere (virülans kontrol) ağırlık kayıplarının sarıçam için %25 civarında, kayın örneklerinde ise %30'un üstünde çıktığı bulunmuştur. Deney yıkanmamış örnekler için 3 kez tekrarlanmış ve her defasında benzer bir sonuç alınmıştır. Yıkanmış örnek gruplarında ise böyle bir durum ile karşılaşılmemiştir. Bu durumun test örneğindeki yağ ve borun ortam rutubeti nedeniyle dışa kanaması ve mantar misellinin gelişimini engellemesi nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir. Dolayısı ile aynı petride bulunan kontrol örneğinde düşük bir ağırlık kaybı meydana gelmektedir. Palanti ve Susco (2004), bitkisel-mineral yağ ile propikonazol ve tebukonazol karışımı ile emprenye edilen odunun biyolojik dayanımını EN 113 testine göre araştırmış, ve deneyin yüksek miktarda su iticilik sağlayan kimyasal maddelerle uygulanmasında örneklerin rutubetinin çok düşük olması nedeniyle sorunlarla karşılaştığını ve bu testin su itici maddeler için uygun bir test olamayacağını, bunun yerine açık alan denemeleriyle daha iyi sonuçlar alınabileceğini ifade etmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu araştırma ile borlu bileşiklerin odundan yıkanmasının geciktirilmesinde/azaltılmasında bitkisel yağlar ile atık yağların kullanılabilirliği incelenmiştir. Tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar “Yapılan Çalışmalar”, “Bulgular” ve “İrdeleme” başlıkları altında belirtildiği gibi üç bölümde özetlenmiştir. İlk bölümde sarıçam ve kayın odunu örneklerinin borik asit, boraks ve tarımbor bileşikleriyle %1, %2 ve %5 konsantrasyonlarda emprenyesini takiben beş çeşit bitkisel yağ (ayçiçeği, soya, kanola, mısır ve fındık) ve atık yağ ile gerçekleştirilen sıcak yağ işleminin odunda kalan bor miktarı ve incelenen diğer odun özelliklerine etkisine ait sonuçlar; ikinci bölümde, %3 borik asit içeren 1/4 ve 2/3 oranlarında su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile gerçekleştirilen emprenye işleminin yıkanma deneyi sonrasında odunda kalan bor miktarı ve odunun su alma oranı ile su itici etkinlik değerlerine etkisine ait sonuçlar; üçüncü bölümde ise sarıçam ve kayın odununun %0,5, %1, %1,5 ve %2 konsantrasyonda borik asit emprenyesini takiben örneklerin enine kesitlerinin epoksi reçineyle kapatılması ve ardından ayçiçek ve atık yağ ile 70°C’de gerçekleştirilen emprenye işleminin odunda kalan bor miktarı ve incelenen diğer odun özelliklerine etkisine ait sonuçlara yer verilmiştir.

5.1. Birinci Bölümde Yapılan Çalışmalara Ait Sonuçlar

1. DRM, yoğunluk, LPBD ile renk ölçümlerinin değerlendirilmesinde kullanılan 20 x 20 x 30 mm boyutundaki örnekler ile su alma ve su itici etkinlik deneyleri ile bor, TG ve FTIR analizlerinde kullanılan 30 x 30 x 15 mm boyutundaki örneklerin retensiyon değerlerinde bazı farklılıklar gözlenmiştir. Sarıçam örneklerinde bu durum biraz daha nettir. Borlu bileşiklerin odundaki ön emprenyesi yağ retensiyonu üzerinde olumsuz bir etki göstermemiş; hatta bazı varyasyonlarda, sadece yağ ile işlem gören örneklerle kıyasla daha yüksek retensiyon değerleri elde edilmiştir. Sadece yağ ile emprenye edilen örnek grubunda en az retensiyon mısır yağı ile işlem görmüş örneklerde gözlenmiştir. Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen örneklerde bor bileşiği ve konsantrasyonuna bağlı olarak hafif değişiklikler gözlenmiş, genel olarak en yüksek retensiyon değerleri BA ön emprenyesi ile elde edilmiş, en düşük retensiyon değerleri ise borlu bileşiklerle emprenye

işleminin ardından mısır ve atık yağı ile muamele edilen örneklerde bulunmuştur. Sarıçam örneklerinde kayına kıyasla daha yüksek retensiyon değerleri elde edilmiştir.

2. Her iki ağaç türünde sadece borlu bileşikler ile emprenye edilmiş örneklerin DRM değerleri, higroskopik karakterlerinden dolayı kontrol örneklerinden daha fazla çıkmıştır. Bor bileşikleri arasında dikkate değer bir farklılık gözlenmez iken, bileşiklerin konsantrasyonu arttıkça DRM değerlerinde artış gözlenmiştir. Su iticilik sağlayan yağ emprenyesi, sarıçam örneklerinin DRM'nı kontrole kıyasla %65-75 oranında, kayın örneklerinin DRM'nı kontrole kıyasla %40-60 oranında azaltmıştır. Odun örneklerinin bor bileşikleri ile ön emprenyesi DRM değerlerini sadece yağ ile muamele edilen örneklerle göre biraz daha arttırmıştır. Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen örneklerde DRM üzerine bor bileşiğinin, konsantrasyonun ve yağ çeşidinin etkili olduğu bulunmuş, konsantrasyon artışına bağlı olarak DRM değerlerinde küçük artışlar gözlenmiştir. Sarıçam örneklerinin yağ işlemi öncesinde TB ön emprenyesi, kayın örneklerinin BX ön emprenyesi DRM değerlerini BA ön emprenyesine göre biraz daha arttırmıştır. Sarıçam örneklerinde kayına kıyasla daha düşük DRM değerleri elde edilmiştir, bunun sarıçamdaki yüksek yağ retensiyon değerlerinden kaynaklanması nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

3. Sadece borlu bileşikler ile emprenyeli sarıçam ve kayın örneklerinin δ_0 ve δ_{drm} değerleri kontrol örneklerine yakın ya da çok az yüksek çıkmıştır. Tüm varyasyonlarda yağ ile emprenye işlemi, yüksek yağ retensiyonu ve dolayısı ile ağırlıkların artması nedeniyle δ_0 ve δ_{drm} değerlerini, sarıçamda neredeyse %100, kayında ise %40-65 oranında arttırmıştır. Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen örneklerde bor bileşikleri arasında istatistiksel açıdan farklılıklar gözlenmezken, bor konsantrasyonu arttıkça yoğunlukta artışlar olduğu bulunmuştur. En düşük yoğunluk değerleri atık ve mısır yağı ile emprenye edilen örneklerde elde edilmiştir. Yağ retensiyonları ile yoğunluk beklendiği üzere birbirine paralellik göstermiş, hatta istatistiksel olarak etkili olan faktörler her iki parametreyi de aynı şekilde etkilemiştir.

4. Sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen örneklerde borun higroskopik karakteri nedeniyle kontrole kıyasla su alma oranı (%) artmıştır. Yağların SİE özelliği odundaki yağ retensiyonları ile birbirine paralellik göstermektedir. Hücre boşluklarını doldurarak odunun su alımını azaltan yağ muamelesinde, odunda daha yüksek retensiyon değeri veren yağ, daha iyi SİE sağlamıştır. Borlu bileşiklerin ön emprenyesini takiben odunda su itici etkinliği sağlamak için gerçekleştirilen yağ muamelesi, örneklerin SAO'nı önemli ölçüde azaltmıştır. Nitekim sarıçam örneklerinin 336 saat su içinde bekletilmesi

sonrasındaki SİE değerleri borlu bileşik + yağ ile muamele edilen örnekler için %65-92, sadece yağ ile empenye edilen örnekler için %74-86 arasında bulunmuştur. SİE değerleri borlu bileşik + yağ ile muamele edilen kayın örnekleri için %60-80, sadece yağ ile empenye edilen örnekler için %67-73 arasında elde edilmiştir. Bor bileşikleri arasında BX ön empenyesi odunun su alımını diğer borlu bileşiklere nazaran arttırmıştır. Deneme varyasyonları arasında en iyi SİE değerleri %5 BA + yağ ile empenye edilen örnek grubunda elde edilmiştir. Genel olarak sarıçam odununda en fazla SAO başta mısır yağı olmak üzere atık yağ ile kombine edilen örneklerde, en az SAO kanola yağı ile kombine edilen örneklerde; kayın odununda en fazla SAO soya ve mısır yağı ile kombine edilen örneklerde, en az SAO ise atık ve ayçiçek yağı ile kombine edilen örneklerde gözlenmiştir. Yağ ile muamele edilen kayın örneklerinin SİE değerleri, sarıçam örneklerin SİE değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Borlu bileşik ön empenyesinin ardından gerçekleştirilen yağ işlemi ile örneklerin DÖE değerleri de iyileştirilmiştir. Ancak yağ işlemi, boyutsal kararlılık sağlayan yöntemler kadar örneklerde iyi bir iyileşme sağlamamıştır.

5. Sarıçam odunu örneklerinin borlu bileşiklerle empenyesi LPBD değerlerini kontrole kıyasla bir miktar azaltmış, ancak en fazla azalma oranı asidik karakterli BA kullanımında, konsantrasyon arttıkça gözlenmiştir. Kayın odunu örneklerinde ise daha küçük değişimler meydana gelmiştir. Sadece yağ ile empenye edilen örneklerde kontrole kıyasla önemsiz sayılabilecek değişimler gözlenmiştir. Borlu bileşik + yağ ile empenye edilen sarıçam örneklerinde en düşük LPBD, kontrol örneklerinden daha düşük sonuçlar veren BA ön empenyesinde, en yüksek direnç ise kontrol örneklerinden daha yüksek LPBD değeri gösteren TB ön empenyesinde elde edilmiştir. Kayın odununda ise en düşük LPBD, BA ve TB; en yüksek direnç ise BX ön empenyesinde gözlenmiştir. Her iki ağaç türü örneklerinin borlu bileşik + yağ ile empenyesinde bor konsantrasyonu arttıkça direnç değerleri artmıştır. Yağlar arasında ise istatistiksel açıdan farklılıklar çıkmamıştır. Sarıçam örnekleri kayın örneklerine kıyasla bor ve yağ işlemlerinden daha fazla etkilenmiştir.

6. Renksiz karakterli borlu bileşikler ile empenye işlemi odunun orijinal renginde çok az değişikliğe neden olmuştur. Yüksek konsantrasyonlu borlu bileşiklerin kullanımında odun yüzeylerinde beyaz bor kristalleri gözle görülebilir düzeydedir. Yağ işlemi sonrasında odun örnekleri daha sarımsı-kahverengi bir renk almıştır. Her iki ağaç türünde BA, TB ve BX ön empenyesinin ardından gerçekleştirilen yağ işlemi, sadece yağ ile empenye edilen örneklere göre odunun rengini biraz daha arttırmıştır. Sarıçam

örneklerinde başlangıç durumuna göre daha fazla renk değişimi meydana gelmiştir. Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen sarıçam ve kayın odununda en yüksek ΔE^* değeri, BA kullanımında konsantrasyon arttıkça gözlenmiştir. Yağlar arasında ise istatistiksel açıdan farklılık çıkmamıştır. Tüm varyasyonlar arasında en yüksek renk değişimi %5 BA + yağ ile emprenye edilen örnek grubunda gözlenmiştir. Örnek yüzeyindeki siyahımsı renk değişimi diğer örneklerin renginden bariz bir şekilde gözle ayırt edilebilir düzeyde olmuştur.

7. Ondört günlük yıkanma deneyi sonrasında sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen odundaki borun neredeyse tamamı yıkanmıştır. Sarıçam ve kayın odununda başlangıç borlu bileşik miktarına göre hesaplanan odunda kalan yüzde borlu bileşik miktarı değerleri sırasıyla, BA + yağ ile emprenye edilen örnekler için %8-23 ve %9-23; TB + yağ ile emprenye edilen örnekler için %2-13 ve %4-15; BX + yağ ile emprenye edilen örnekler için %5-16 ve %5-21 olarak bulunmuştur. Konsantrasyon arttıkça odunda kalan bor miktarı değerlerinde artışlar olmuştur. Kombine edilen örneklerde en az yıkanma BA, en fazla yıkanma TB kullanımında gözlenmiş; yağlar arasında en iyi etkinliği atık ve ayçiçek yağı göstermiş; bunları diğer yağlar takip etmiştir. Yağ ile ikinci emprenye işlemi, TB'un sudaki çözünürlüğünün diğer bileşiklere nazaran daha fazla olması nedeniyle, odundan yıkanmasını çok fazla azaltamamıştır. Atık ve ayçiçek yağın diğer yağlardan daha iyi başarımlar göstermesini, daha yüksek iyot değerine sahip olmalarından kaynaklandığı ve bunun aynı zamanda kuruma karakteristikleriyle alakalı olduğu düşünülmektedir. Her bir varyasyonun yıkanmamış ve yıkanmış örnek grubunun kıyaslanması ile elde edilen nihai üründe kalan yüzde borlu bileşik miktarı değerleri sarıçam ve kayın odununda sırasıyla, BA + yağ ile emprenye edilen örnekler için %15-45 ve %13-34; TB + yağ ile emprenye edilen örnekler için %9-27 ve %12-30; BX + yağ ile emprenye edilen örnekler için %12-38 ve %20-36 olarak bulunmuştur. Odunda kalan borlu bileşik değerlerinin incelenmesinde başlangıç miktarına bağlı olarak hesaplanan yüzde değerler arasında farklılıklar gözlenmiştir. Başlangıç miktarı olarak yıkanmış örneklerin, kendilerine ait yıkanmamış gruplarının alınmasında odunda kalan yüzde borlu bileşik miktarları daha yüksek çıkmıştır. Ancak, başlangıç değeri olarak sadece o konsantrasyondaki borlu bileşikler ile emprenye edilen yıkanmamış odun örnekleri baz alındığında bu değerler neredeyse yarı yarıya azalmıştır. Bunun nedeni borlu bileşiklerin odundaki ön emprenyesini takiben gerçekleştirilen yağ işlemi esnasında borun odundan yağa yıkanmasıdır. Yağ tipine, bor bileşiğine ve konsantrasyonuna bağlı olarak yağ içinde yıkanma oranları sarıçam için yaklaşık %40-77, kayın için %25-75 arasında olmuştur. TB ön emprenyeli örneklerde yağ

içinde yıkanma eğilimi diğer borlu bileşiklere göre çok daha fazla görülmüştür. Bu durumun enine kesitlerin kapatılmadan yağ ile muamele edilmesinden dolayı olduğu düşünülmektedir. Yağ içinde bor yıkanması sarıçam örneklerinde kayına kıyasla daha fazla olduğu için odunda kalan bor miktarı değerleri açısından kayında daha iyi sonuçlar alınmış olabilir.

8. Sadece borlu bileşikler ile emprenye edilmiş odun örnekleri, borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen örneklerle göre daha erken bozunmaya uğramıştır. Bu odun örnekleri düşük sıcaklıklarda yüksek ağırlık kaybı gösterirken, yüksek sıcaklıklarda düşük ağırlık kaybı göstermişler ve yanmaya karşı daha iyi bir dayanım özelliği sergilemişlerdir. Borlu bileşik + yağ ile emprenye edilen örneklerin 800°C'de pirolizi sonrasında ağırlık kayıpları bakımından en iyi etkinlik TB bileşiği göstermiş, bunu sırasıyla BX ve BA izlemiştir. Beklendiği gibi kullanılan bor konsantrasyonunun artışına bağlı olarak odundaki ısıl bozunma azalmış; dolayısıyla bu örneklerdeki ağırlık kayıpları azalmıştır. Test sonrasında örneklerin ağırlık kayıpları şu şekilde elde edilmiştir: %5 B < %2 B < %1 B < %5 B + yağ < %2 B + yağ < %1 B + yağ < yağ < kontrol. Tüm yağlar neredeyse eşit ağırlık kayıp değerleri vererek benzer bir etkinlik sergilemiştir. Borlu bileşiklerin yağ ile birlikte kullanılması durumunda kayın örneklerinin sarıçam örneklerinden daha az ağırlık kaybı verdiği gözlenmiştir. Bu durum, yanmaya karşı dayanımı olumsuz yönde etkileyen yağ işleminin sarıçamda daha yüksek retensiyon değerleri vermesinden dolayı olabilir.

9. Borlu bileşik + yağ ve sadece yağ ile emprenye edilen örneklerde odun bileşenlerinin termal bozunması nedeniyle FTIR-PAS spektrumlarında bazı küçük değişiklikler gözlenmiştir. Karbonil absorpsiyon pikinde (1734cm⁻¹) görülen artışlar hemiselüloz bozunmasını; 1590, 1505, 1270 ve 1230cm⁻¹ piklerindeki küçük azalmalar lignin yapılarının değişimi; 1168 ve 895 cm⁻¹ piklerindeki küçük azalmalar yine hemiselüloz ve selüloz yapılarının termal bozunması yada bozunmaya başlamasını ifade etmektedir. Borlu bileşik + yağ işlemleri, kayın odununda sarıçam odununa göre daha zayıf ve küçük pik değişimlerine neden olmuştur. Dolayısı ile kayında odun temel bileşenlerinin daha az modifikasyonu söz konusudur. Ayçiçek ve diğer yağlar ile emprenye edilen örneklerin odun yapısındaki fonksiyonel grupları ile spesifik bağ yoğunlukları, atık yağ ve bunların borlu bileşiklerle birlikte kullanılmasına benzer sonuçlar sergilemiştir. Bor bileşikleri ve yağlar bilindiği üzere odun bileşenlerine fikse olmamakta ve kimyasal bir bağlanma meydana gelmemektedir. FTIR spektrumlarında fonksiyonel grupların yoğunluklarındaki değişikliklerin borlu bileşik ya da yağlardan kaynaklanmayıp bunun

160°C’de gerçekleştirilen ısı işlemden dolayı ortaya çıkan ürünlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

10. Mantar çürüklük deneylerinde kullanılan sarıçam ve kayın örneklerinin yağ ile emprenye sonrasında retensiyon değerleri, diğer testlerde kullanılan örneklerin retensiyon değerlerinden biraz daha fazla çıkmıştır. %5 BA ön emprenyesi örneklerin yağ absorpsiyonunu olumsuz yönde etkilememiştir. Sarıçam ve kayın kontrol örneklerinde mantar saldırısı nedeniyle oluşan ağırlık kayıpları %20’nin üstünde olduğu için test başarılı sayılmıştır. Yıkanmamış %5 BA ile emprenyeli örnekler her iki çürüklük mantarı için %1’den daha düşük ağırlık kayıpları vermiştir. Ancak, 14 günlük yıkanma deneyi sonrasında, test örneklerinin ağırlık kayıpları neredeyse kontrol örneklerine eş değer çıkmıştır. Sadece yağ ile emprenye edilen sarıçam ve kayın örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış grupları %3’den daha fazla ağırlık kaybı göstererek odunu tam anlamıyla odun tahripçisi mantar saldırılarına karşı koruyamamıştır. %5 BA + yağ ile emprenye edilen yıkanmamış örnekler %3’den daha az ağırlık kaybı göstererek iyi bir biyolojik dayanım özelliği sergilemişlerdir. Sarıçam odununda %5 BA ön emprenyesini takiben fındık, atık, soya ve mısır yağı ile emprenye edilen örneklerin yıkanmış grupları *Coniophora puteana* saldırısına karşı %3’den daha düşük ağırlık kayıpları vererek iyi bir biyolojik dayanım sağlamıştır. Kayında ise yıkanmış örneklerde *Coriolus versicolor* saldırısı nedeniyle oluşan ağırlık kayıpları %3’den daha fazla çıkmıştır, ancak %5’in altında ağırlık kaybı veren varyasyonlar atık, ayçiçek ve kanola yağı ile emprenye edilen örnekler olmuştur. Yağ ile emprenye edilen örneklerin rutubet miktarları ise kontrole kıyasla oldukça düşük çıkmıştır. Birçok varyasyonda, özellikle yağ ile işlem görmüş test örneklerinde mantar saldırısı olmaksızın, yüksek ağırlık kayıpları elde edilmiştir. Bu durum, odun örneklerinin yüksek miktarlarda yağ absorbe etmesi ve bunun sonucu olarak deney esnasında vermikülit üzerine ve test sırasında/sonrasında yapılan kurutma işlemlerinde yağın yıkanması nedeniyle meydana gelmiş olabilir. Yağlar ile emprenye edilen örneklerin laboratuvar ortamındaki mantar çürüklük testlerinden öte arazi ve açık alan çalışmaları ile daha gerçekçi sonuçlar alınacağı düşünülmektedir.

5.2. İkinci Bölümde Yapılan Çalışmalara Ait Sonuçlar

1. Yağ/su emülsiyonu kullanılması durumunda retensiyon değerleri yüzey aktif maddesi ve yağ/su oranına bağlı olarak absorbe edilen başlangıç miktarlarına göre %70-90

oranında azaltılmıştır. KC yüzey aktif maddesinin kullanımında retensiyon değerleri biraz daha yüksek bulunmuştur. Atık ve ayçiçek yağları benzer retensiyon değerleri göstermiştir. Su/yağ emülsiyonu kullanılması durumunda ise retensiyon değerleri su/yağ oranına bağlı olarak başlangıç absorpsiyon değerine göre %10-47 arasında azaltılmıştır. 100°C’de gerçekleştirilen emprenye işleminde retensiyon değerleri oda sıcaklığındaki emprenye işlemine göre bir miktar daha yüksek çıkmıştır. Emülsiyonlarda su oranı arttıkça retensiyon değerleri daha düşük çıkmıştır.

2. 336 saat suda bekletme sonrasında sadece yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinin SİE değerleri %78-84; SDS yüzey aktif maddesinin kullanıldığı yağ/su emülsiyonlarında %25-37; KC yüzey aktif maddesinin kullanıldığı yağ/su emülsiyonlarında ise %18-40 arasındadır. Yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen örneklerin SİE değerleri, sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre oldukça düşük çıkmıştır, ancak emülsiyonun bileşiminde higroskopik karakterli BA bulunmasına rağmen kontrole kıyasla odunun SAO değerleri bir miktar azaltılmıştır. Su/yağ emülsiyonlarında SİE değerleri %52-80’dir. En iyi sonucu 1/4 su/yağ oranı içeren emülsiyon sistemleri ile 100°C’de gerçekleştirilen emprenye işlemi vermiştir. Bu varyasyonda gerçekleştirilen emprenye işlemi ile kazanılan SİE neredeyse sadece yağ ile emprenye işleminde kazanılan SİE değerine eşittir.

3. Sadece BA ile emprenye edilen örneklerin yıkanma deneyi sonrasında başlangıç miktarına göre %6’sı kalmıştır. Yağ/su emülsiyon sistemleri BA’in odundan yıkanmasını önemli ölçüde engelleyememiştir. Atık yağ ve KC yüzey aktif maddesi ile hazırlanan yağ/su emülsiyonları bu tip emülsiyonlar içinde en etkili olanlardır. Su/yağ emülsiyonları BA’in odundan yıkanmasının geciktirilmesinde daha umut verici olmuştur. Bu tip emülsiyonlar arasında oda sıcaklığında gerçekleştirilen emprenye işlemini takiben örneklerin 80°C’de 24 saat sıcaklığa maruz bırakılması ile en iyi sonuç alınmış, BA’in başlangıç miktarının %25 ve %35’i odunda kalmıştır. Emprenye işleminin 100°C’de gerçekleştirilmesi durumunda yıkanma deneyi sonrasında başlangıç BA miktarının %15-23’ü odunda kalmıştır. Su/yağ emülsiyon sistemleri ile emprenye edilen yıkanmamış örneklerde 5-7 kg/m³; yıkanmış örneklerde 1,34-1,8 kg/m³ BAE retensiyon değerleri bulunmuştur. Bu örneklerin odun tahripçisi mantarlara karşı biyolojik etkinliğinin de iyi olacağı düşünülmektedir.

5.3. Üçüncü Bölümde Yapılan Çalışmalara Ait Sonuçlar

1. Bu bölümde kullanılan örneklerin boyutları 20 x 20 x 20 mm ile 20 x 20 x 30 mm'dir. Tüm deneylerde, retensiyon farklılığını en aza indirmek ve emprenye maddeleri ile uygulanan işlemlerin etkinliğini daha net ortaya koyabilmek ve kıyaslayabilmek için aynı veya benzer boyutta örneklerin kullanılmasına özellikle dikkat edilmiştir. Sarıçam odununda BA ön emprenyesi, yağ ile ikinci emprenye işlemini olumsuz yönde etkilememiştir. Kayın odununda BA ön emprenyesi yağ ile ikinci emprenye işlemini bir miktar etkilemiş ve retensiyonlar sadece yağ ile emprenye edilen örneklere göre biraz daha az çıkmıştır. Bu bölümde retensiyon değerlerinin aralığı birbirine daha yakındır. Bu durum emprenye işlemlerinin vakum ve basınç altında yapılması sonucu odunda daha homojen çözelti retensiyonunun sağlanmasından dolayı olabilir. Sarıçam örneklerinde epoksi reçine ile enine kesitlerin kapatılması yağ retensiyonunu %18-22 oranında; kayın örneklerinde ise %58-63 oranında azaltmıştır. Yapılan istatistiksel analize göre; BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinde retensiyon değerleri ayçiçek yağı kullanımında çok az artış göstermiş ve her iki yağda ve her iki ağaç türünde BA konsantrasyonu arttıkça retensiyon değerlerinde çok hafif azalmalar olduğu bulunmuştur. Emülsiyon tekniklerinin yanı sıra enine kesitlerin kapatılması ve enine kesiti küçük örneklerin kullanımı yağ retensiyonunu azaltabilir. Nitekim enine kesitlerin kapatılması ile sıvının boyuna yönde girişi oduna engellenmiş ve retensiyon değerlerinde önemli ölçüde azalmalar sağlanmıştır.

2. Sarıçam ve kayın odununda DRM, epoksi reçineyle kaplanmış örneklerde, kaplanmamış örneklere göre daha düşük bulunmuştur. BA ile emprenye işlemi kontrole kıyasla DRM'nin hafifçe artmasına neden olmuş, ancak epoksi kaplanmış örneklerde DRM değerinde küçük azalmalar gözlenmiştir. Enine kesitlerin kapatılması ile boyuna yönden oduna rutubet girişi engellenmiş, dolayısı ile bu örneklerde DRM değerleri daha düşük çıkmış olabilir. Hidrofobik karakterli yağ ile emprenye edilen sarıçam odununda DRM değerleri kontrole kıyasla epoksi kaplanma durumuna göre %37-54 oranında, kayın odununda %34-45 oranında azaltılmıştır. BA + atık yağ muamelesinde kontrole kıyasla DRM değeri, epoksi kaplanma durumuna göre sarıçamda %9-41 oranında, kayında %20-44 oranında azaltılmıştır. BA + ayçiçek yağı muamelesinde kontrole kıyasla DRM değerleri sarıçamda %13-45 oranında, kayında %20-37 oranında azaltılmıştır. Yağ ile muamele öncesinde BA ile ön emprenye işlemi, örneklerin sadece yağla olan muamelesine

göre DRM değerini biraz arttırmıştır. Bu durum, yine BA'in higroskopik karakterli olup rutubet çekmesinden kaynaklanmaktadır.

3. Sadece borlu bileşikler ile emprenye edilen sarıçam ve kayın örneklerinin δ_0 ve δ_{drm} değerleri kontrol örneklerinin yoğunluk değerlerinden çok farklı değildir. Sarıçamda yağ emprenyesi, örneklerin yoğunluk değerlerini kontrole kıyasla yaklaşık iki katına çıkarmıştır. Kayında ise yoğunluktaki artışlar yaklaşık %50-65 civarındadır. Yoğunluktaki bu artışlar odundaki yağ retensiyonundan, dolayısı ile örneklerin ağırlıklarının artışından kaynaklanmaktadır. Sadece BA ile emprenyeli örnek grubunda epoksi kaplaması kontrole ve epoksi kaplanmamış örneklere kıyasla yoğunlukları biraz daha arttırmıştır. BA ön empreyeli/emprenyesiz yağ ile emprenye edilen ve enine kesitleri kapatılan sarıçam ve kayın örneklerinde yoğunluk değerleri kaplanmamış örneklere göre biraz daha düşük bulunmuştur. Bu durum epoksi kaplamasının odunun yağ alımını azaltmasından kaynaklanabilir. BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam örnek grubunda BA konsantrasyonun ve yağ çeşidinin yoğunluk değerlerine istatistiksel açıdan etkisi bulunmazken; kayın örnek grubunda BA konsantrasyonun ve yağ çeşidinin yoğunluk değerlerine istatistiksel açıdan etkisi bulunmuştur. Kayında genel olarak BA konsantrasyonu arttıkça ve ayçiçek yağı kullanıldıkça yoğunluk değerleri artmıştır. Sarıçam örneklerinin δ_0 ve δ_{drm} değerlerindeki kontrole kıyasla artış oranı kayın örneklerinin artış oranından daha fazla çıkmıştır.

4. Sadece BA ile emprenye edilen örneklerde BA'in higroskopik karakteri nedeniyle kontrole yakın su alma oranı (%) değerleri bulunmuştur. Enine kesitleri kapatılmış ve sadece BA ile emprenye edilmiş örnek grubunda boyuna yönlerden oduna su girişi azaltıldığından kontrole kıyasla SAO değerleri bir miktar azalmıştır. BA ön emprenyesini takiben yağ ile muamele edilen sarıçam örneklerinin 336 saat su içinde bekletilmesiyle elde edilen SİE değerleri %81-90; kayın örneklerinin SİE değerleri %62-74 arasındadır. Enine kesitlerin kapatılmasıyla bu değerler sarıçam için %79-85; kayın için %43-54 olarak bulunmuştur. BA ön emprenyesi tüm gruplarda odunun SİE değerlerini olumsuz yönde etkilememiş, bu gruplarda SİE değerleri sadece yağ ile emprenye edilen örnekler gibi, hatta bazı varyasyonlarda daha iyi sonuçlar vermiştir. BA + yağ ile emprenye edilmiş ve enine kesiti kapatılmış/kapatılmamış örneklerde higroskopik karakterli BA konsantrasyonu arttıkça, SAO değerlerinde genel olarak küçük bir artış gözlenmiştir. Bu örneklerde atık ve ayçiçek yağları arasında dikkate değer bir farklılık bulunmamaktadır. Enine kesitlerin kapatılması ile örneklerin SAO değerleri, kapatılmamış

örneklere göre daha fazla azaltılmıştır ancak, SİE değerleri kapatılmamış gruplarda daha yüksek çıkmıştır. Kayın odunu örneklerinin zaman içinde su alması, sarıçam örneklerinin su almasından daha fazla bulunmuştur. BA ön emprenyesinin ardından yağ işlemi ile örneklerin DÖE değerleri de bir miktar iyileştirilmiştir. Bu iyileşme enine kesiti kapatılmış gruplarda daha fazla görülmüştür. Ancak yağ işlemi ile örneklerde boyutsal kararlılık sağlayan yöntemler kadar iyi bir DÖE sağlanamamıştır.

5. Sadece BA ile emprenyeli örneklerin kontrol örneklerine kıyasla LPBD değerleri genel anlamda konsantrasyon artışına paralel olarak bir miktar azalmıştır. BA ön emprenyeli/emprenyesiz yağ ile işlem gören örneklerin direnç değerleri kontrol örneklerinin LPBD değerlerine yakın çıkmıştır. Ancak, direnç değerleri enine kesitleri kaplanan örneklerde (özellikle sarıçam örneklerinde), enine kesiti kapatılmamış örneklere göre önemli seviyede düşmüştür. Basınç direncinde örneklerde klasik olarak gözlenen lateral hücre kayması bu örnek grubunda olmamış, örneklerin lifler yönünde çatladığı gözlenmiştir. BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinde LPBD değerleri üzerine BA konsantrasyonunun ve yağ çeşidinin çok fazla bir etkisinin olmadığı; kayın odununda BA konsantrasyonu arttıkça çok az artışların olduğu bulunmuştur. BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam kaplanmış örneklerinde elde edilen LPBD değerleri sadece yağ ve sadece BA ile emprenye edilen örneklere göre biraz daha düşük bulunurken; kayında sadece yağ ve BA ile emprenye edilen örneklere göre hemen hemen eşit seviyede kalmıştır. Kayın ile sarıçam odunu örnekleri kıyaslandığında temel fark epoksi kaplanmış örneklerin LPBD değerlerindeki azalma oranlarında gözlenmektedir. Sarıçam örneklerinin enine kesitlerinin epoksi ile kaplanması kayına göre daha fazla direnç azalmasına neden olmuştur.

6. Ondört günlük yıkanma deneyi sonrasında sadece BA ile emprenyeli örneklerde neredeyse tüm BA miktarı yıkanırken, enine kesiti kapatılarak yıkama işlemine tabi tutulan sarıçam ve kayın örneklerinde %7-10 oranında BA kalmıştır. Bu değerler de yaklaşık olarak sarıçamda $0,3-1,2 \text{ kg/m}^3$ BAE retensiyonunu; kayında ise $0,2-1 \text{ kg/m}^3$ BAE retensiyonunu ifade etmektedir. BA + yağ ile emprenye edilen ve yıkama işlemine tabi tutulan sarıçam örneklerinde %14-24; kayın örneklerinde %16-25 oranında BA kalmıştır. Yağ işlemi öncesinde enine kesitlerin kapatılması ile bu oranlar sarıçamda %25-32; kayında %19-30 olarak bulunmuştur. Sarıçam ve kayın örneklerinde BA konsantrasyonu arttıkça odunda kalan BA miktarı (%) artmıştır. Her bir varyasyonun yıkanmış örnek grubuyla o konsantrasyonda sadece BA ile emprenye edilmiş yıkanmamış örnek grubunun kıyaslanmasıyla elde edilen BA miktarı (%) değerleri, yukarıda ifade edilen değerlerden

biraz daha düşük çıkmıştır. Bu durumun yine odundaki BA'in yağla ikinci işlem sırasında yağla yıkanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Enine kesitlerin kapatılmasıyla yağ içinde yıkanma %13-32 oranında hesaplanmıştır. BA ön emprenyeli örneklerin yağ işlemi öncesinde enine kesitlerinin kapatılması ile BA'in yağla yıkanması yaklaşık %50 oranında azaltılmış; dolayısı ile bu örneklerde başlangıç BA retensiyonu enine kesitleri kapatılmadan yağ ile emprenye edilen örneklerin başlangıç BA retensiyonundan daha yüksek elde edilmiştir. Yıkanma deneyi sonrasında başlangıç BA miktarı baz alınarak hesaplanan odunda kalan yüzde BA miktarı değerleri sarıçam örnekleri için %6-12; kayın örnekleri için %9-15'dir. Yağ işlemi öncesinde enine kesitlerin kapatılması ile bu oranlar sarıçam için %17-23, kayın için %16-24 olarak hesaplanmıştır. BA konsantrasyonu arttıkça odunda kalan BA miktarı değerleri artmış; yağlar arasında önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Sarıçamda enine kesitleri kapatılmamış ve yağla emprenye edilmiş örneklerde yıkanma deneyi sonrasında kalan BA retensiyonları (BAE), başlangıç BA konsantrasyonuna göre 0,2-1,5 kg/m³; kayında ise 0,2-1,6 kg/m³ arasında bulunmuştur. Sarıçamda enine kesitleri kapatılan ve yağla emprenye edilen örneklerde yıkanma deneyi sonrasında kalan BAE retensiyonları, başlangıç BA konsantrasyonuna göre 0,5-2,9 kg/m³; kayında ise 0,4-2,6 kg/m³ arasında bulunmuştur.

7. Mantar çürüklük deneylerinde kullanılan örneklerin boyutlarının (15 x 5 x 30 mm) diğer testlerde kullanılan örneklere göre daha küçük olması nedeniyle daha yüksek retensiyon değerleri elde edilmiştir. Enine kesitin epoksi reçine ile kapatılması işlemi sarıçam örneklerinde retensiyonun %10-20, kayın örneklerinde ise %30-40 arasında azalmasına neden olmuştur. Sadece yağ ile emprenye edilen yıkanmış ve yıkanmamış örnekler mantar çürüklük testi sonrasında %3 ağırlık kaybından daha yüksek ağırlık kaybı gösterdikleri için EN 113 testine göre iyi bir biyolojik dayanım sergilememişlerdir. Ancak enine kesitleri kapatılan örneklerde, mantar misellerinin bu yönden oduna girişinin engellenmesi nedeniyle mantar saldırılarına karşı iyi bir biyolojik dayanım sağlanmıştır. Sadece BA ile emprenye edilen yıkanmamış sarıçam ve kayın örneklerinin ağırlık kayıpları %1'den daha düşük çıkmıştır. Ancak, yıkanma işleminden sonra bu etkinlik kaybolmuştur. Enine kesitlerin kapatılması ile mantar saldırısına karşı enine kesiti kapatılmamış ve yıkanmış örneklere göre çok daha iyi bir biyolojik dayanım sağlanmıştır. Ancak yine de yıkanmış örneklerin ağırlık kayıpları %3'den daha fazla olduğu için mantara karşı iyi bir etkinlik sağlanamamıştır. BA + yağ ile emprenye edilen sarıçam örneklerinin epoksi kaplanmış/kaplanmamış, yıkanmış/yıkanmamış tüm gruplarında %3'den daha az ağırlık

kaybı elde edilmiş ve kontrole kıyasla %88-100 oranında biyolojik dayanım sağlanmıştır. Düşük ağırlık kayıpları nedeniyle tüm test örnekleri “çok dayanıklı” sınıfta yer almıştır. BA + yağ ile emprenye edilen kayın örneklerinde hemen hemen tüm gruplar %3’den daha az ağırlık kaybı vererek kontrole kıyasla %84-100 oranında biyolojik dayanım sağlamış ve örneklerin tümü “çok dayanıklı” sınıfta yer almıştır. BA emprenyesini takiben enine kesitleri kapatılan ve yağ ile emprenye edilen örnek grubunda genel olarak yıkanma deneyi sonrası mantar çürüklüğüne karşı iyi bir biyolojik dayanım elde edilmiştir. Bu durum kaplamadan dolayı enine kesitler yönünde mantar misellerinin odun içine girmesinin engellenmesinden ve örneklerin yıkanma deneyi sonrasında daha yüksek BA içeriğine sahip olmasından kaynaklanmış olabilir. Yağ işlemi örneklerin rutubet miktarını önemli ölçüde azaltmıştır. BA + yağ ile emprenye edilen örneklerinin düşük BA konsantrasyonlarında bile oldukça iyi bir biyolojik dayanım sağladıkları gözlenmiştir. Böylece yağ muamelesi ile mantar saldırılarına karşı daha düşük BA retensiyonları kullanılmasında bile iyi bir biyolojik dayanım elde edilerek, sinerjik bir etki sağlanmış olabilir.

6. ÖNERİLER

Birinci kısımda sıcak-soğuk kazan tank yöntemiyle örneklerin başarılı bir şekilde emprenyesi sağlanmıştır, ancak örnek boyutuna bağlı olarak retensiyon değerleri arasında bir miktar farklılıklar gözlenmiştir. Vakumlu-basınçlı sistemlerin kullanılmasıyla daha homojen bir emprenye işlemi ve retensiyon değerleri sağlanabilir. Özellikle emülsiyon çözeltileri ile emprenye işlemlerinde örnekler içinde daha homojen bir çözelti dağılımı sağlamak için basınçlı sistemlerin kullanılması önerilir. Ancak, sıcak kazan tank yönteminin çok basit olup ilave sistemlere ihtiyaç duymaması, ekonomik olması, atmosferik şartlarda işlemin gerçekleştirilebilir olması gibi önemli faydaları da mevcuttur. Böyle bir sistem kullanılması durumunda örneklerde herhangi bir çatlama olmaması için doğrudan sıcak yağa maruz bırakılmaması tavsiye edilir. Bilimsel çalışmalar bazında bu şekilde bir emprenye yöntemiyle yağ karakterli emprenye maddeleri çalışılacak ise, mümkün olabildiğince kullanılacak örneklerin boyutlarının birbirine yakın seçilmesi, yöntemin ve emprenye maddelerinin etkinliğinin daha doğru bir yaklaşımla test edilmesi ve karşılaştırılması bakımından önemlidir. Yağ ile muamele yöntemlerinde iyi bir su itici etkinlik ve biyolojik dayanım için, kısacası dış koşullarda iyi bir dayanım elde etmek için yüksek miktarlarda yağ retensiyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Birinci kısımda yapılan çalışmalarda oldukça yüksek retensiyon değerleri elde edilmiştir. Ancak, oduna verilen yağ miktarı çok yüksek olduğundan yöntem ekonomik olmamaktadır. Bu durum ağaç malzemenin ağırlığını da arttıracığından bazı kullanım yerlerinde değerlendirilmesini sınırlandırmaktadır. Ayrıca, odunda yüksek yağ retensiyonu, yağın kararlılığını etkilemekte, oksidasyon yavaşlamakta ve yağ zaman içinde odundan kanama eğilimi göstermektedir. Bu da yine örneklerin kullanım yerlerini sınırlandırmakta ve başarımını düşürmektedir.

Borlu bileşiklerle ön emprenye işleminin ardından odunun ikinci kez yağlarla başarılı bir şekilde emprenyesi mümkündür. Böyle bir muamele yöntemiyle odunun basınç direncinde çok büyük bir değişim olmaksızın, DRM ve SAO değerleri önemli ölçüde azaltılabilir, odun yüzeylerinin hidrofobikliği önemli ölçüde iyileştirilebilir ve çok agresif bir mantar çürüklük testinde yıkanma deneyi sonrasında bile oldukça iyi biyolojik dayanım sağlanabilir. Ayrıca, yanma ve mantar çürüklük testlerinde odunu yeterince koruyamayan yağ işleminin, borlu bileşiklerle birlikteliği ile sinerjik etkiler sağlanabilir. Bu şekilde bir

yöntemde borun odundan yıkanması da önemli ölçüde azaltılabilir/geciktirilebilir. Ancak, %5 BA ön emprenyesinin ardından gerçekleştirilen sıcak yağ işlemi örneklerin SAO'nunu en fazla azaltan deneme varyasyonu olmasına rağmen, odun yüzeyinde oluşturduğu siyahımsı renk değişiklikleri nedeniyle estetik açıdan bazı kullanım alanlarında sorun teşkil edebilir.

Kullanılan 5 çeşit bitkisel yağ içinde en iyi başarımlı atık ve ayçiçek yağının kullanımında elde edilmiştir. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) tarafından tarımsal kullanım amaçlı olarak geliştirilen tarımbor bileşiği odunda diğer bor bileşiklerine göre çok daha fazla yıkanma eğilimi göstermiştir. Bu bileşiğin ısıl bozunmaya karşı etkinliğine rağmen, yıkanma etkisine maruz kalacak kullanım yerlerinde değerlendirilmemesi önemle tavsiye edilir. Bitkisel atık yağların odun koruma amaçlı kullanımı bir potansiyel taşımaktadır. Tüm dünyada gittikçe artan ve çözülmesi için ciddi para ve işgücü harcanan atık probleminde, yağ atıklarının odun koruma alanında değerlendirilmesi ile bir çözüm önerisi sağlanabilir. Böylece, bileşiminde atık yağ bulunan bir emprenye maddesinin geliştirilmesinde üretim enerjisi ve masrafları azaltılmış olacaktır.

Borlu bileşiklerle ön emprenyeyi takiben gerçekleştirilen sıcak yağ işlemi sırasında, odundaki borun önemli bir miktarı yağın içine geçmiştir. Bu durum enine kesiti daha küçük olan örneklerin kullanılması, enine kesitlerin boya ve reçinelerle kapatılması veya odunun tek bir işlemle hem borlu bileşik hem de yağla emprenye edilmesine imkân tanıyan emülsiyon sistemlerinin kullanılması ile engellenebilir / azaltılabilir. Enine kesitlerin kapatılması veya emülsiyon sistemlerinin kullanılması ile ayrıca yağ retensiyon değerleri de azaltılabilir ve yağ kullanım miktarı açısından tasarruf sağlanabilir. Enine kesitlerin epoksi reçine ile kapatılması borlu bileşiklerin yağa ve suya yıkanmasını önemli ölçüde azaltmıştır, ancak basınç direnci bu durumdan önemli seviyede olumsuz yönde etkilenmiştir. Basınç direncinin önemli olduğu kullanım yerlerinde bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

Yağ/su emülsiyonları ile bor yıkanmasının azaltılması sağlanamamış, ancak su/yağ emülsiyonları borun odundan yıkanmasının azaltılmasında ve oduna su iticiliğinin kazandırılmasında daha umut verici olmuş; oda sıcaklığında gerçekleştirilen emprenye işlemlerinin etkinliğinin daha yüksek olması da ayrıca maliyet açısından avantaj sağlamıştır. Farklı su/yağ oranları ve yüzey aktif maddeleri kullanılarak, daha etkili karıştırma sistemleri ile kararlı emülsiyonların eldesi ve emülsiyonların reolojisi (sıvı hareketi) üzerine ayrıntılı çalışmalara önemle gereksinim vardır. Böyle bir emülsiyon

sisteminin odun koruma alanında en yaygın olarak çalışılan tall ya da bezir yağı ile ve hatta modifiye edilmiş yağlarla gerçekleştirilmesi ilginç sonuçlar verebilir. Borlu bileşikler haricinde sisteme daha az yıkanma özelliği gösteren farklı biyositlerin katılması ile dış koşullara karşı dayanım özellikleri artırılabilir. Yağ retensiyonları diğer emprenye yöntemlerinin (örneğin boş hücre yöntemi) kullanımıyla önemli ölçüde azaltılabilir. Su/yağ ve yağ/su emülsiyonları ile emprenye edilen örneklerin biyolojik etkinliğinin araştırılması emülsiyon sistemleri hakkında daha ayrıntılı bilgi elde edilmesini sağlayabilir. Özellikle su/yağ emülsiyonları ile mantar çürüklüğüne karşı iyi bir biyolojik dayanım sağlanacağı düşünülmektedir. Emülsiyon sistemlerinde; yıkanma sonrasında odunda iyi bir biyolojik dayanım sağlamak ve daha yüksek retensiyon değerleri elde edebilmek için başlangıç BA konsantrasyonları daha yüksek seçilmelidir.

Gerek ikili işlem gerekse emülsiyon sistemlerinde, TGA analizlerin yanı sıra en optimum deneme varyasyonları ile alev kaynaklı bir yanma testinin yapılması, yanmaya karşı gerçekleştirilen iyileşmenin daha gerçekçi bir yaklaşımla belirlenmesini sağlayacaktır. Yıkanma sularının bor analizi ile yıkanmanın seyri belirlenebilir ve yöntemin yıkanmayı ne ölçüde etkilediği daha ayrıntılı tespit edilebilir. Ayrıca, emülsiyon sistemlerinin kullanıldığı çalışmalarda odunda yapılması tavsiye edilen mikroskopik çalışmalar ve penetrasyon tayinleri, yağ ve kullanılan biyositin odun içindeki dağılımı hakkında bilgi verecektir.

Agar ortamında bir emprenye maddesinin biyolojik etkinliğini test etmeyi hedefleyen EN 113 testinin bu çalışmada uygulanmasında bazı sorunlarla karşılaşmıştır. Her bir petriye yıkanmamış test örneği ile birlikte konulan kontrol örneğinde mantar saldırısı nedeniyle oluşan ağırlık kayıpları %15'in altında bulunmuştur. Bu durumun test örneğindeki yağ ve borik asidin ortam rutubeti nedeniyle dışa kanması ve mantar misellinin gelişimini engellemesi nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bu tarz emprenye maddeleri ile daha agresif test yöntemlerinin veya ortamdaki kimyasal maddeleri absorbe edebilecek bir besin ortamının seçilmesi, bu sorunu ortadan kaldıracaktır. Nitekim 1. bölümde vermikulit ortamında gerçekleştirilen mantar çürüklük testinde böyle bir sorun ile karşılaşılmamıştır. Mantar çürüklük testi sırasında test örneklerinin otoklavda buhar ve yüksek sıcaklık altında sterilize edilmesi, örneklerin bor ve yağ kaybına neden olmaktadır. Dolayısı ile bu tür emprenye maddeleriyle emprenye edilmiş örneklerde gamma ışını radyasyonu gibi farklı sterilizasyon yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. En optimum varyasyonların farklı mantar türlerine maruz bırakılmasıyla biyolojik dayanım

hakkında daha ayrıntılı sonuçlar alınabilir. Yağlarla emprenye edilen örneklerin laboratuvar ortamında gerçekleştirilen başarımlar testlerinden öte, örneklerin doğrudan dış hava koşullarına maruz bırakılması ile daha gerçekçi ve daha doğru bir yaklaşımla değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Dış hava koşullarında mevsimsel değişiklikler nedeniyle örneklerin daha iyi bir daralmayı önleyici etkilik değeri vereceği, daha iyi bir biyolojik dayanım sergileyeceği ve hatta örneklerden zaman içinde daha az borlu bileşik yıkanacağı tahmin edilmektedir.

Örneklerin enine kesiti kapatılarak ve/veya emülsiyon sistemleri kullanılarak yağ tüketimi önemli ölçüde azaltılmakta, buna karşılık fiziksel ve biyolojik özelliklerde önemli azalmalar olmamaktadır. Bu nedenle olası endüstriyel uygulamalarda bu türden sistemlerin tercih edilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Enine kesiti küçük olan ağaç malzeme kullanımında, borlu bileşiklerin odundan yıkanmasının daha az olacağından hareketle, endüstriyel olarak bu yöntemlerden yararlanılabilir. Özellikle kalınlığı az olan dış cephe kaplaması gibi ağaç malzemelerin muamelesinde umut veren bir yöntem ortaya koyulabilir.

7. KAYNAKLAR

- Ahmed, B., M., 2000. The Effects of Boron-Treated Timbers Against *Coptotermes Species* in Australia, PhD Thesis, School of Forestry, Institute of Land and Food Resource The University of Melbourne, Melbourne, Victoria, Australia.
- Ahmed, B., M., French, J., R., J. ve Vinden, P., 2001. Laboratory Evaluation of Borate Formulations as Wood Preservatives to Control the Subterranean Termite *Coptotermes Acinaciformis* (Isoptera: Rhinotermitidae) in Australia, 32. IRG Annual Meeting, May, Nara, Japan, IRG-WP 01-30266.
- Ahmed, A., R., Dashevsky, A., Kolter, K. ve Bodmeier, R., Evaluation of Kollicoat IR as a Stabilizer in O/W-Emulsions, Evaluation of Kollicoat IR as a Stabilizer in O/W-Emulsions. <http://www.orgamol.com/pdf/documents/emp/poster/en/mefep122.pdf> 2 Kasım 2009
- Ahmed, B., M., French, J., R., J., Przewloka, S., R., Vinden, P., Hann, J., A. ve Blackwell, P., 2008. Performance of Softwood Preservative Treated Stakes After 4 Years Exposure in Ground to Decay Fungi and Termites in Tropical Australia, 39. IRG Annual Meeting, May, Istanbul, Turkey, IRG-WP 08-10643.
- Ahn, S., H., Oh, S., C., Choi, I., G., Kim, H., Y. ve Yang, I., 2008. Efficacy of Wood Preservatives Formulated from Okara with Copper and/or Boron Salts, Journal of Wood Science, 54, 495–501.
- Ahn, S., H., Oh, S., C., Choi, I., G., Han, G., S., Jeong, H., S., Kim, K., W., Yoon, Y., H. ve Yang, I., 2010. Environmentally Friendly Wood Preservatives Formulated with Enzymatic-Hydrolyzed Okara, Copper and/or Boron Salts, Journal of Hazardous Materials, 178, 604–611.
- Akbulut, T., Kartal, N., S. ve Green, F., 2004. Fiberboards Treated with N-N-(1,8-Naphthalyl) Hydroxylamine (NHA-Na), Borax, and Boric Acid, Forest Products Journal, 54 , 10, 59–64.
- Akhtari, M., Parsapajouh, D. ve Arefkhani, M., 2006. Effect of Fire Retardants (Monoammonium Phosphate, Diammonium Phosphate, Ammonium Sulphate, Mixture of Monoammonium Phosphate and Borax) on Beech Wood with Dipping and Lowry Methods, 37. IRG Annual Meeting, June, Tromsø, Norway, IRG-WP 06-40350.
- Alfredsen, G., Flåte, P., O., Temiz, A., Eikenes, M. ve Militz, H., 2004. Screening of the Efficacy of Tall Oils Against Wood Decaying Fungi, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-30354.

- Amburgey, T., L., Watt, J., L. ve Sanders, M., G., 2003. Extending the Service Life of Wooden Crossties Using Pre- and Supplemental Preservative Treatments: 15 Year Report, Crossties, May/June.
- Anşın, R. ve Özkan, Z., C., 1993. Tohumlu Bitkiler, KTÜ Orman Fakültesi, Yayın No:19 Trabzon.
- Archer, K. ve Cui, F., 1997. Evaluating the Performance of Preservative/Water Repellent Emulsion Systems, 28. IRG Annual Meeting, May, Whistler BC, Canada, IRG-WP 97-20127.
- Aslan, S. ve Özkaya, K., 2004. Farklı Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilmiş Ahşap Esaslı Levhaların Yanma Mukavemetlerinin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A, 2, 122-140.
- ASTM-D, 1976. Standard Test Method of Testing Wood Preservatives by Laboratory Soilblock Cultures, 1413-76, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, 452-460.
- Awoyemi, L. ve Westermark, U., 2005. Effects of Borate Impregnation on the Response of Wood Strength to Heat Treatment, Wood Science and Technology, 39, 484–491.
- Awoyemi, L., Cooper P., A. ve Ung, T., Y., 2009. In-Treatment Cooling During Thermal Modification of Wood in Soy Oil Medium: Soy Oil Uptake, Wettability, Water Uptake and Swelling Properties, European Journal of Wood and Wood Products, 67, 4, 465-470.
- AWPA-A7, 1993. Standard for Wet Ashing Procedures for Preparing Wood for Chemical Analysis, A7-93, American Wood Preservers' Association Standard.
- AWPA-11, 2000. Standard Method for Determining Leachability of Wood Preservations, E11-97, American Wood Preservers' Association Standard.
- Aydın, İ. ve Çolakoğlu, G., 2007. Variation in Surface Roughness, Wettability and Some Plywood Properties After Preservative Treatment with Boron Compounds, Building and Environment, 42, 3837–3840.
- Ayrılmış, N., 2007. Effect of Fire Retardants on Internal Bond Strength and Bond Durability of Structural Fiberboard, Building and Environment, 42, 3, 1200-1206.
- Ayrılmış, N., Kartal, S., N., Laufenberg, T., L., Winandy, J., E. ve White, R., H., 2005. Physical and Mechanical Properties and Fire, Decay, and Termite Resistance of Treated Oriented Strandboard, Forest Products Journal, 55, 5, 74-81.
- Ayrılmış, N., Korkut, S., Tanritanir, E., Winandy, J., E. ve Hiziroglu, S., 2006. Effect of Various Fire Retardants on Surface Roughness of Plywood, Building and Environment, 41, 887–892.

- Babuder, G., Petrič, M., Čadež, F., Humar, M. ve Pohleven, F., 2004a. Effectiveness of the New Chemical Wood Preservative 9 Against a House Longhorn Beetle *Hylotrupes Bajulus*, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-30355.
- Babuder, G., Petrič, M., Čadež, F., Humar, M. ve Pohleven, F., 2004b. Fungicidal Properties of Boron Containing Preservative Borosol 9, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-30348.
- Barnes, H., M., Murphy, R., J. ve Via, B., K., 2002. Bending and Tensile Properties of Vapour Boron-Treated Composites, 35. IRG Annual Meeting, May, Cardiff, Wales, IRG-WP 02-40228.
- Barnes, H., M. ve Murphy, R., J., 2006. Effect of Vapor Boron Treatment on Some Properties of Wood Strand and Fiber Composites, Composites: Part A, 37, 1402–1405.
- Bayar, G., Bor Madeni ve Türkiye İçin Önemi. <http://www.dtm.gov.tr/dtmadmin/upload/EAD/KonjokturIzlemeDb/bor.doc> 25 Ocak 2010
- Baysal, E., 2002. Determination of Oxygen Index Levels and Thermal Analysis of Scots Pine Impregnated with Melamine Formaldehyde-Boron Combinations, Journal of Fire Sciences, 20, 373-389.
- Baysal, E., 2003. Bazı Borlu Bileşikler ve Su İtici Maddelerle Muamele Edilen Adi Duglas (*Pseudotsuga Menziesii* (Mirb.) Franco) Odununda Daralma Miktarları, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19, 1-2, 70-80.
- Baysal, E., Yalınkılıç, M., K., Çolak, M. ve Göktaş, O., 2003. Combustion Properties of Calabrian Pine (*Pinus Brutia* Ten.) Wood Treated with Vegetable Tanning Extracts and Boron Compounds, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27, 245-252.
- Baysal, E., Ozaki, S., K. ve Yalınkılıç, M., K., 2004. Dimensional Stabilization of Wood Treated with Furfuryl Alcohol Catalysed by Borates, Wood Science and Technology, 38, 405–415.
- Baysal, E. ve Yalınkılıç, M. K., 2005a. A New Boron Impregnation Technique of Wood by Vapor Boron of Boric Acid to Reduce Leaching Boron From Wood, Wood Science and Technology, 39, 187–198.
- Baysal, E. ve Yalınkılıç, M., K., 2005b. A Comparative Study on Stability and Decay Resistance of Some Environmentally Friendly Fire-Retardant Boron Compounds, Wood Science and Technology, 39, 169-186.
- Baysal, E., Sönmez, A., Çolak, M. ve Toker, H., 2006a. Amount of Leachant and Water Absorbtion Levels of Wood Treated with Borates and Water Repellents, Bioresource Technology, 97, 2271-2279.

- Baysal, E., Şimşek, H., Toker, H., Çolak, M. ve Yiğitbaşı, O., N., 2006b. Borlu Bileşiklerle Muamele Edilen Ağaç Malzemedeki Higroskopisite Seviyelerinin Belirlenmesi, III. Uluslararası Bor Sempozyumu, Kasım, Ankara, Bildiriler Kitabı: 51-54.
- Baysal, E., Altınok, M., Çolak, M., Ozaki, S., K. ve Toker, H., 2007a. Fire Resistance of Douglas Fir (*Pseudotsuga Menziesii*) Treated with Borates and Natural Extractives, Bioresource Technology, 98, 5, 1101-1105.
- Baysal, E., Yalınkılıç, M., K., Altınok, M., Sönmez, A., Peker, H. ve Çolak, M., 2007b. Some Physical, Biological, Mechanical and Fire Properties of Wood Polymer Composite (WPC) Pretreated with Boric Acid and Borax Mixture, Construction and Building Materials, 21, 9, 1879-1885.
- Bazyar, B., Parsapajouh, D. ve Khademiesalam, H., 2010. An Investigation on some Physical Properties of Oil Heat Treated Poplar Wood, 41. IRG Annual Meeting, May Biarritz, France, IRG-WP 10-40509.
- Berard, P., Laurent, T. ve Dumonceaud, O., 2006. Use of Round Wood of Chestnut Tree Coppices: Crack Risk and Effects of a Hot Oil Bath Treatment, Holz als Roh-und Werkstoff, 64, 287-293.
- Bergervoet, A., Burton, R., Nasheri, K., Page, D. ve Vinden, P., 1992. Gaseous Boron Treatments of Wood and Wood Products, 23. IRG Annual Meeting, May, Harrogate, England, IRG-WP 3691-92.
- Berkel, A., 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi, 1. Cilt, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Bozkurt, A., Y., Göker, Y. ve Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 3779, Fakülte Yayın No: 425 İstanbul.
- Bozkurt, A., Y. ve Göker, Y., 1996. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 3944, Fakülte Yayın No: 436 İstanbul.
- Bozkurt, A., Y. ve Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Yayını, No: 3998 İstanbul.
- Bozkurt, A., Y. ve Erdin, N., 2000. Odun Anatomisi, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 4263, Fakülte Yayın No: 466 İstanbul.
- Böttcher, H., Jagota, C., Trepte, J., Kallies, K., H. ve Haufe, H., 1999. Sol-Gel Composite Films with Controlled Release of Biocides, Journal of Controlled Release, 60, 1, 57-65.
- Bridaux, V., Charrier, B., Fauroux, N., Charrier, F. ve Gonzalez, J., 2001. Addition of Boron Based Compound in the LVL Glueline: Effect on the Mechanical Properties and the Leaching of Boron, Holzforschung, 55, 559-562.

- Burton, R., Bergervoet, T., Naseri, K., Vinden, P. ve Page, D., 1990. Gaseous Preservative Treatment of Wood, 21. IRG Annual Meeting, May, Roturua, New Zealand, IRG-WP 3631.
- Can, A., 2011. Endüstriyel Ölçekli Isıl İşlem ve Borlu Bileşiklerle Emprenyenin Odunun Bazı Fiziksel, Mekanik ve Biyolojik Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- CEN PR ENV 807, 2005. Wood Preservatives. Determination of the Effectiveness Against Soft Rotting Micro-Fungi and Other Soil Inhabiting Micro-Organisms. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Charrier, B., Bridaux, V., Fauroux, N. ve Charrier, F., 1999. A Study of Poplar LVL Durability Improvement, 30. IRG Annual Meeting, June, Rosenheim, Germany, IRG-WP 99-40148.
- Chen, G., C., 2008. Synthesis and Evaluation of Aminoborates Derived from Boric Acid and Diols for Protecting Wood Against Fungal and Thermal Degradation, Wood and Fiber Science, 40, 2, 248-257.
- Chen, G., 2010. Laboratory Evaluation of Borate Amine: Copper Derivatives in Wood for Fungal Decay, 41. IRG Annual Meeting, May, Biarritz, France, IRG-WP 10-30543.
- Cheng, J., J. ve Timilsina, G., R., Advanced Biofuel Technologies, Status and Barriers, the World Bank Development Research Group Environment and Energy Team, Policy Research Working Paper 5411. http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/1009_wb__advanced_biofuel_technologies.pdf 5 Eylül 2010
- Clausen, C., A. ve Yang, V., W., 2003. Mold Inhibition on Unseasoned Southern Pine, 34. IRG Annual Meeting, May, Brisbane, Australia, IRG-WP 03-10465.
- Clausen, C., A. ve Yang, V., W., 2004. Multicomponent Biocide Systems Protect Wood from Decay Fungi, Mold Fungi, and Termites for Interior Applications, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-30333.
- Clausen, C., A. ve Yang, V., 2007. Protecting Wood from Mould, Decay, and Termites with Multi-Component Biocide Systems, International Biodeterioration and Biodegradation, 59, 1, 20-24.
- Colom, X., Carrillo, F., Nogues, F. ve Garriga, P., 2003. Structural Analysis of Photodegraded Wood by Means of FTIR Spectroscopy, Polymer Degradation and Stability, 80, 543–549.
- Conradie, W., E., Turner, P. ve Greef, F., W., 1999, Supersaturated Solutions and a Method of Preparing Supersaturated Solutions, US Patent No: 5,938,824.

- Cookson, L., J., Scown, D., K. ve Mccarthy, K., 1998. Boron Treatment Methods for Lyctic Susceptible Hardwoods Growing in Tasmania, 29. IRG Annual Meeting, June, Maastricht, Netherlands, IRG-WP 98-30168.
- Cookson, L., J., 2010. Preservative Treatments Suitable for Hardwood Window Joinery, International Biodeterioration and Biodegradation, 64, 652-658.
- Croan, S., C., 1994. Effect of Thickened Boron in Preventing Conidial Germination of Sapwood-Inhibiting Fungi, 25. IRG Annual Meeting, June, Bali, Indonesia, IRG-WP 94-30059.
- Crowley, M., M., 2005. Remington, Solutions, Emulsions, Suspensions and Extracts, Chapter 39, The Science and Practice of Pharmacy, 21st Edition, (Ed.) D. B. Troy, Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland, USA.
- Cui, F. ve Archer, K., 1997. Treatment of Lumber with Preservative/Water Repellent Emulsions—the Significance of Shear Stability on Penetration, 28. IRG Annual Meeting, May, Whistler BC, Canada, IRG-WP 97-20124.
- Cui, W. ve Kamdem, P., 1999. Bioefficiency of Boric Acid Grafted on to Wood, 30. IRG Annual Meeting, June, Rosenheim, Germany, IRG-WP 99-30202.
- Çanakçı, M. ve Özsezen, A., N., 2005. Atık Mutfak Yağlarının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 18, 1, 81-91.
- Çavdar, A., D., Ertas, M., Kalaycıoğlu, H. ve Alma, M., H., 2010. Some Properties of Thin Medium Density Fiberboard Panels Treated with Sunflower Waste Oil Vapor, Materials and Design, 31, 2561-2567.
- Çelebi, N., Emülsiyonlar, Modern Farmasötik Teknoloji. http://www.e-kutuphane.teb.org.tr/pdf/tebakademi/modern_farmasotk/17.pdf 12 Haziran 2011
- Çolak, M., Baysal, E., Çolak, A., M., Özen, E., Toker, H., Peker, H. ve Şenel, A., 2004. Borlu ve Su İtici Maddelerin Cennet Odununda (*Ailanthus Altissima* (Mill.) Swingle) Higroskopisitesi Üzerine Etkisi, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eylül, Eskisehir, Bildiriler Kitabı: 357-364.
- Dahlen, J., Nicholas, D., D. ve Schultz, T., P., 2008. Water Repellency and Dimensional Stability of Southern Pine Decking Treated with Waterborne Resin Acids, Journal of Wood Chemistry and Technology, 28, 1, 47-54.
- Dauvergne-Toussaint, E., Soulounganga, P., Gerardin, P. ve Loubinoux, B., 2000. Glycerol/Glyoxal: A New Boron Fixation System for Wood Preservation and Dimensional Stabilization, Holzforschung, 54, 123-126.
- Dekker, G., H., 2001. European Patent, EP 1 174 231 A1. Applicant DSM N.V., Hollanda.

- Demir, C., Bitkisel Atık Yağların Kullanım Yerlerine Göre Gerekli Standartlar ve Kontrol Yöntemleri. <http://www.albiyobir.org.tr/e08-1501-sempozyum/c-demir.pdf> 7 Haziran 2011
- Dhamodaran, T., K. ve Gnanaharan, R., 1996. Optimum Storage Period for Boron Diffusion Treatment of Rubber Wood, 27. IRG Annual Meeting, May, Guadeloupe, France, IRG-WP 96-30121.
- Dhamodaran, T., K. ve Gnanaharan, R., 2007. Boron Impregnation Treatment of *Eucalyptus Grandis* Wood, Bioresource Technology, 98, 11, 2240-2242.
- Dickinson, D., J. ve Murphy, R., J., 2000. The Long Term Performance of Boron Treated Joinery in Service-A Case Study, 31. IRG Annual Meeting, May, Hawaii, USA, IRG-WP 00-20208.
- Dickinson, D., J., Zahora, A., R. ve Dodson, A., P., 1990. The Control and Pretreatment Decay in Air Seasoning Scots and Corsican Pine Poles in England, 21. IRG Annual Meeting, May, Roturua, New Zealand, IRG-WP 1451.
- Dizman, E., 2005. Kimyasal Modifikasyonun Kızılağaç ve Ladin Yongalevhalarında Fiziksel, Mekanik ve Biyolojik Özelliklere Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Drysdale, J., A., 1994. Boron Treatments for the Preservation of Wood-A Review of Efficacy Data for Fungi and Termites, 25. IRG Annual Meeting, June, Bali, Indonesia, IRG-WP 94-30037.
- Doi, S, Mori, M. ve Mineki, Y., 1994. Preservative-Efficacy of Boric Acid-Triethanol Amine Solution Against Wood-Decay Fungi, 25. IRG Annual Meeting, June, Bali, Indonesia, IRG-WP 94-30050.
- Donath, S., Militz, H. ve Mai, C., 2007. Weathering of Silane Treated Wood, Holz als Roh-und Werkstoff, 65, 35-42.
- Dönmez, A., 2005. Bazı Borlu Bileşiklerle Muamale Edilmiş Melez Kavak (*Populus euroamericana* Cv.) Yongaları ve Kraft Lignin Fenol Formaldehit Tutkalı (KLFF) Kullanılarak Üretilen Yönlendirilmiş Yongalevhaların (OSB) Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dubey, M., K., Pang, S. ve Walker, J., 2011. Effect of Oil Heating Age on Colour and Dimensional Stability of Heat Treated Pinus Radiata, European Journal of Wood and Wood Products, 69, 2, 255-262.
- Dündar, T., 2005. Sarıçamda Değişik Silvikültürel Müdahalelerin Odunun Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Ecotan Project, Increasing the Durability, Value and Performance of European Timbers by Thermal Treatment with Reactive Vegetable Oils-3rd Report. http://projects.bre.co.uk/ecotan/pdf/ecotan_3rdreport_part1.pdf 5 Haziran 2011
- EN 113, 1980. Wood Preservatives-Test Method for Determining the Protective Effectiveness Against Wood Destroying Basidiomycetes - Determination of the Toxic Values, Brusells, Belgium.
- EPA, US EPA – Pesticides: Reregistration – Chromated Copper Arsenate (CCA). <http://www.epa.gov/oppad001/reregistration/cca/> 25 Ocak 2010
- Esser, P., M., Boonstra, M., J., Suitela, W., L., D. ve Pandlebury, A., J., 1995. Leaching Results of Shower Test on L-Joints With Boric Acid, Bifluoride and TBTO Rods, 26. IRG Annual Meeting, June, Helsingør, Denmark, IRG-WP 95-50051.
- Feist, W., C. ve Hon, D., N., S., 1984. Chemistry of Weathering and Protection, the Chemistry of Wood Strength, the Chemistry of Solid Wood, Advances in Chemistry Series, American Chemical Society, Washington, D.C., 401.
- Filcock, K., M. ve Vinden, P., 1999. Soil Bed Studies of the Dimensional Stability of Composite Products, 30. IRG Annual Meeting, June, Rosenheim, Germany, IRG-WP 99-40134.
- Filcock, K., M. ve Vinden, P., 2000. The Hydrolysis of Organo-Boron Compounds in Treated Particleboard, 31. IRG Annual Meeting, May, Hawaii, USA, IRG-WP 00-40180.
- Fogel, J., L. ve Lloyd, J., D., 2002. Mold Performance of Some Construction Products with and without Borates, Forest Products Journal, 52, 2, 38-43.
- Freeman, M. H., Obanda, D. N. ve Shupe, T. F., 2007. Permethrin: A Critical Review of an Effective Wood Preservative Insecticide, 38. IRG Annual Meeting, May, Jackson Lake Lodge, Wyoming, USA, IRG-WP 07-30413.
- Freitag, C. ve Morell, J., J., 2005. Development of Threshold Values for Boron and Fluoride in Non-Soil Contact Applications, Forest Products Journal, 55, 4, 97-101.
- Furuno, T. ve Imamura Y., 1998. Combinations of Wood and Silicate. Part 6: Biological Resistance of Wood-Mineral Composites Using Water Glass-Boron System, Wood Science and Technology, 32, 161-170.
- Furuno, T., Fuyuki, W. ve Yusuf, S., 2006. Biological Resistance of Wood Treated with Zinc and Copper Metaborates, Holzforschung, 60, 1, 104-109.
- Gao, M., Sun, C., Y. ve Wang, C., X., 2006. Thermal Degradation of Wood Treated with Flame Retardants, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 85, 3, 765-769.

- Gao, W., Cao, J. ve Li, J., 2009. Properties of Strand Board Bonded with Ammonium Pentaborate (APB) Modified Phenol Formaldehyde Resin, 40. IRG Annual Meeting, May, Beijing, China, IRG-WP 09-40455.
- Garba, B., 1999. Effect of Zinc Borate as Flame Reterdant Formulation on the Tropical Woods, Polymer Degradation and Stability, 64, 517-522.
- Gauntt, J., C. ve Amburgey, T., L., Decay in Wood Ties. Problem Solved! The American Railway Engineering and Maintenance of Way Association (AREMA) Manuscript. http://www.arena.org/files/library/2005_conference_proceedings/00014.pdf 25 Şubat 2011
- Gentz, M., C. ve Grace, J., K., 2007. The Response of the Formosan Subterranean Termite (*Coptotermes Formosanus* Shiraki) to Different Boron Compounds, 38. IRG Annual Meeting, May, Jackson Lake Lodge, Wyoming, USA, IRG-WP 07-10609.
- Gezer, E., D., 1996. Decreasing the Leachability of Boron Wood Preservatives, M.Sc. Thesis, Texas A&M University, USA.
- Gezer, E., D., Michael, J. ve Morrell, J., J., 1999. Effects of Glycol on Leachability and Efficacy of Boron Wood Preservatives, Wood and Fiber Science, 31, 2, 136-142.
- Gezer, E., D., 2003. Kullanım Süresinin Tamamlamış Emprenyeli Ağaç Malzemelerin Yeniden Değerlendirilmesi Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Goroyias, G., J. ve Hale, M., D., 2002. Soil-Bed Decay Resistance Evaluation of Strandboards Treated with Preservative at Different Points of the Manufacture Process After 18 Months Exposure, 33. IRG Annual Meeting, May, Cardiff, Wales, IRG-WP 02-40230.
- Goroyias, G., J. ve Hale, M., D., 2004. The Mechanical and Physical Properties of Strand Boards Treated with Preservatives at Different Stages of Manufacture, Wood Science and Technology, 38, 93-107.
- Göksu, Ç., Bitkisel Yağlar, TC Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi. <http://www.tgdf.org.tr/turkce/tgdfraporlari/igmbitkiselyaglar.pdf> 7 Haziran 2011
- Grace, J., K., Byrne, A., Morris, P., I. ve Tsunoda, K., 2004. Six-Year Report on the Performance of Borate-Treated Lumber in an Above-Ground Termite Field Test in Hawaii, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-30343.
- Grace, J., K., Byrne, A., Morris, P., I. ve Tsunoda, K., 2006. Performance of Borate-Treated Lumber After 8 Years in an Above-Ground Termite Field Test in Hawaii, 37. IRG Annual Meeting, June, Tromsø, Norway, IRG-WP 06-30390.

- Green III, F., Henry, W. ve Schultz, T., P., 2002. Mechanisms of Protection by NHA Against Fungal Decay, 33. IRG Annual Meeting, May, Cardiff, UK, IRG-WP 02-10430.
- Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, M., K., Yıldız, Ü., C., Baysal, E., Peker, H. ve Demirci, Z., 1994. Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilme İmkânları, TOAG-875, Tübitak, Trabzon.
- Harada, T., Nakashima, Y. ve Anazawa, Y., 2007. The Effect of Ceramic Coating of Fire-Retardant Wood on Combustibility and Weatherability, Journal of Wood Science, 53, 249-254
- Hashim, R., Murphy, R., J., Dickinson, D., J. ve Dinwoodie, J., M., 1994. Vapour Boron Treatment of Wood Based Panels: Mechanism for Effect Upon the Impact Resistance, 25. IRG Annual Meeting, June, Bali, Indonesia, IRG-WP 94-40036.
- Hedley, M., 1992. Relative Performance of Copper-Chrome-Boron (CCB) and Copper-Chrome-Arsenate (CCA) in Ground Contact, 23. IRG Annual Meeting, May, Harrogate, England, IRG-WP 3694-92.
- Hedley, M. ve Page, D., 2006. Performance of Boron-Treated Radiata Pine in Above Ground Field Tests in New Zealand, 37. IRG Annual Meeting, May, Tromsø, Norway, IRG-WP 06-30406.
- Hill, C., A., S., 2006. Wood Modification Chemical Thermal and Other Processes, John Wiley & Sons Pres, Germany.
- Homan, W., J. ve Militz, H., 1995. Influence of a Surface Coating on the Leachability of Boric Acid and Bifluorides from Spruce Wood, 26. IRG Annual Meeting, June, Helsingør, Denmark, IRG-WP 95-50050.
- Homan, W., J. ve Jorissen, A., J., M., 2004. Wood Modification Developments, Heron, 49, 4, 361-386.
- Hong, L., T. ve Liew, C., K., 1989. Protection of Rubberwood Timber, I. Impregnation with Boron Preservatives, 20. IRG Annual Meeting, May, Lappeenranta, Finland, IRG-WP 3551.
- Huang, Z., Maher, K. ve Amartej, S., 2004. Effects of Heart Wood Extractives in Dahoma (*Piptadeniastrum africanum*) on Decay Resistance to White- and Brown-Rot Fungi, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-10536.
- Humar, M., Pohleven, F. ve Amartej, S., A., 2004. Influence of Boron in CCB Formulation on Growth and Decay Capabilities of Copper Tolerant Fungi, Holz als Roh-und Werkstoff, 62, 177-180.

- Humar, M., Kalan, P., Pohleven, F. ve Sentjunc, M., 2005. Influence of Carboxylic Acids on Fixation of Copper in Wood Impregnated with Copper Amine Based Preservatives, Wood Science and Technology, 39, 8, 685-693.
- Humar, M., Zlindra, D. ve Pohleven, F., 2007. Improvement of Fungicidal Properties and Copper Fixation of Copper-Ethanolaminewood Preservatives Using Octanoic Acid and Boron Compounds, Holz als Roh-und Werkstoff, 65, 1, 17-21.
- Humar, M., Lesar, B. ve Kralj, P., 2008. Influence of Polyvinyl Acetate Emulsion (PVA) on Boron Leaching and Fungicidal Properties, 39. IRG Annual Meeting, May, Istanbul, Turkey, IRG-WP 08-30451.
- Humar, M., Lesar, B., Ugovsek, A., Kariz, M., Kralj, P. ve Sernek, M., 2010. Influence Addition of Boron Compounds to Adhesives on the Bonding Quality and Fungicidal Properties of Glued Wood, 41. IRG Annual Meeting, May, Biarritz, France, IRG-WP 10-40497.
- Humphrey, D., G., Duggan, P., J., Tyndall, E., M., Carr, J., M. ve Cookson, L., J., 2002. New Boron-Based Biocides for the Protection of Wood, 33. IRG Annual Meeting, May, Cardiff, United Kingdom, IRG-WP 02-30283.
- Hwang, W., J., Kartal, S., N., Shinoda, K. ve Imamura, Y., 2005. Surface Treatment for Preventing Decay and Termite Attack in Wood Using Didecyl Dimethyl Ammonium Tetrafluoroborate (DBF) Incorporated with Acryl-Silicon Type Resin, Holz als Roh-und Werkstoff, 63, 204-208.
- Hwang, W., J., Kartal, S., N. ve Imamura, Y., 2006. Evaluation of New Quaternary Ammonium Compound, Didecyl dimethyl ammonium Tetrafluoroborate (DBF) in Comparison with DDAC: Leachability and Termite Resistance Tests, Holz als Roh-und Werkstoff, 64, 111-116.
- Hwang, W., J., Kartal, S., N., Imamura, Y., Tsunoda, K. ve Shinoda, K., 2007a. Comparative Effectiveness of Two Alkylammonium Compounds as Wood Preservatives, Journal of Wood Science, 53, 332-338.
- Hwang, W., J., Kartal, S., N., Yoshimura, T. ve Imamura, Y., 2007b. Synergistic Effect of Heartwood Extractives and Quaternary Ammonium Compounds on Termite Resistance of Treated Wood, Pest Management Science, 63, 1, 90-95.
- Hyvönen, A., Piltonen, P. ve Niinimäki, J., 2006. Tall Oil/Water-Emulsions as Water Repellents for Scots Pine Sapwood, Holz als Roh-und Werkstoff, 64, 1, 68-73.
- Hyvönen, A., Nelo, M., Piltonen, P., Hormi, O. ve Niinimäki, J., 2007a. Using Iron Catalyst to Enhance the Drying Properties of Crude Tall Oil-Based Wood Preservative, Holz als Roh-und Werkstoff, 65, 2, 105-111.

- Hyvönen, A., Nelo, M., Piltonen, P. ve Niinimäki, J., 2007b. Using the Emulsion Technique and an Iron Catalyst to Enhance the Wood Protection Properties of Tall Oil, Holz als Roh-und Werkstoff, 65, 3, 247-249.
- Jermer, J., Bergman, Ö. ve Nilsson, T., 1987. Fungus Cellar and Stake Tests with Tall Oil Derivates Progress Report After 5 Years Testing, 18. IRG Annual Meeting, May, Ontario, Canada, IRG-WP 3442.
- Jinshu, S., Jianzhang, L., Wenrui, Z. ve Derong, Z., 2007. Improvement of Wood Properties by Urea-Formaldehyde Resin and Nano-SiO₂, Frontiers of Forestry in China, 2, 1, 104–109.
- Jones, W., A., Barnes, H., M. ve Murphy, R., J., 2001. Ancillary Properties of Vapor Boron-Treated Composites, 32. IRG Annual Meeting, May, Nara, Japan, IRG-WP 01-40210.
- Karakas, J., A., Goroyias, G., J., Papadopoulos, A., N. ve Hale, M., D., 2002. Observations on the Performance of CCB and Creosote Treated Fence Posts After 18 Years of Exposure in Greece, 33. IRG Annual Meeting, May, Cardiff, Wales, IRG-WP 02-30288.
- Kartal, S., N. ve Green III, F., 2002. Development and Application of Colorimetric Microassay for Determining Boron-Containing Compounds, Fundamental Disciplines, Forest Products Journal, 52, 6, 75-79.
- Kartal, S., N. ve Imamura, Y., 2003. Leaching Characteristics, Decay and Termite Resistance of Treated Wood with Boron Compounds, N'-N-(1,8-Naphthalyl) Hydroxylamine (NHA-Na), and Hydroxynaphthalimide (NHA-H), 34. IRG Annual Meeting, May, Brisbane, Queensland, Australia, IRG-WP 03-30307.
- Kartal, S., N. ve Green, F., 2003. Leachability of Boron from Wood Treated with Natural and Semi-Synthetic Polymers and Calcium Precipitating Agent, Holz als Roh-und Werkstoff, 61, 388–389.
- Kartal, S., N., Burdsall Jr., H., H. ve Green III, F., 2003. Accidental Mold/Termite Testing of High Density Fiberboard (HDF) Treated with Borates and N'-N-Naphthaloylhydroxylamine(NHA), 34. IRG Annual Meeting, May, Brisbane, Queensland, Australia, IRG-WP 03-10462.
- Kartal, S., N. ve Imamura, Y., 2004a. Borlu Bileşiklerin Emprenye Maddesi Olarak Ağaç Malzeme ve Kompozitlerde Kullanımı, 3. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eylül, Eskişehir, Bildiriler Kitabı: 333-338.
- Kartal, S., N. ve Imamura, Y., 2004b. Effects of N'-N-(1, 8-Naphthalyl) Hydroxylamine (NHA-Na) and Hydroxynaphthalimide (NHA-H) on Boron Leachability and Biological Degradation of Wood, Holz als Roh-und Werkstoff, 62, 378-385.

- Kartal, S., N., Dorau, B., F., Lebow, S., T. ve Green III, F., 2004a. Effects of Inorganic Ions on Leachability of Wood Preserving N'N'- Hydroxynaphthalimide (NHA), Forest Products Journal, 54, 1, 80-84.
- Kartal, S., N., Hwang, W., J., Shinoda, K. ve Imamura, Y., 2004b. Decay and Termite Resistance of Wood Treated with Boron-Containing Quaternary Ammonia Compound, Didecyl Dimethyl Ammonium Tetrafluoroborate (DBF) Incorporated with Acryl-Silicon Type Resin, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-30334.
- Kartal, S., N., Yoshimura, T. ve Imamura, Y., 2004c. Decay and Termite Resistance of Boron-Treated and Chemically Modified Wood by in Situ Co-Polymerization of Allyl Glycidyl Ether (AGE) with Methyl Methacrylate (MMA), International Biodeterioration and Biodegradation, 53, 111-117.
- Kartal, S., N. ve Ayrılmış, N., 2005. Blockboard with Boron-Treated Veneers: Laboratory Decay and Termite Resistance Tests, International Biodeterioration and Biodegradation, 55, 93-98.
- Kartal, S., N., Shinoda, K. ve Imamura, Y., 2005a. Laboratory Evaluation of Boron Containing Quaternary Ammonia Compound, Didecyl Dimethyl Ammonium Tetrafluoroborate (DBF) for Inhibition of Mold and Stain Fungi, Holz als Roh- und Werkstoff, 63, 73-77.
- Kartal, S., N., Hwang, W., J. ve Imamura, Y., 2005b. Preliminary Evaluation of New Quaternary Ammonia Compound, Didecyl Dimethyl Ammonium Tetrafluoroborate for Preventing Fungal Decay and Termite Attack, 36. IRG Annual Meeting, April, Bangalore, India, IRG-WP 05-30375.
- Kartal, S., N., 2006a. CCA ile Emprenye Edilmiş Odundan Metallerin Geri Kazanımında Çeşitli Bor Bileşiklerinin Kullanımı, III. Uluslararası Bor Sempozyumu, Kasım, Ankara, Bildiriler Kitabı: 35-38.
- Kartal, S., N., 2006b. Combined Effect of Boron Compounds and Heat Treatments on Wood Properties: Boron Release and Decay and Termite Resistance, Holzforschung, 60, 455-458.
- Kartal, S., N., Brischke, C., Rapp, A., O. ve Imamura, Y., 2006a. Biological Effectiveness of Didecyl Dimethyl Ammonium Tetrafluoroborate (DBF) Against Basidiomycetes Following Preconditioning in Soil Bed Tests, Wood Science and Technology, 40, 63-71.
- Kartal, S., N., Hwang, W., J., Shinoda, K. ve Imamura, Y., 2006b. Laboratory Evaluation of Boron-Containing Quaternary Ammonia Compound, Didecyl Dimethyl Ammonium Tetrafluoroborate (DBF) for Control of Decay and Termite Attack and Fungal Staining of Wood, Holz als Roh- und Werkstoff, 64, 62-67.

- Kartal, S., N., Hwang, W., J., Imamura, Y. ve Sekine, Y., 2006c. Effect of Essential Oil Compounds and Plant Extracts on Decay and Termite Resistance of Wood, Holz als Roh-und Werkstoff, 64, 455–461.
- Kartal, S., N., Ayrılmış, N. ve Imamura, Y., 2007a. Decay and Termite Resistance of Plywood Treated with Various Fire Retardants, Building and Environment, 42, 3, 1207-1211.
- Kartal, S., N., Hwang, W., J. ve Imamura, Y., 2007b. Water Absorption of Boron-Treated and Heat-Modified Wood, Journal of Wood Science, 53, 454–457.
- Kartal, S., N., Hwang, W., J., Yamamoto, A., Tanaka, M., Matsumura, K. ve Imamura, Y., 2007c. Wood Modification with a Commercial Silicon Emulsion: Effects on Boron Release and Decay and Termite Resistance, International Biodeterioration and Biodegradation, 60, 3, 189-196.
- Kartal, S., N., Hwang, W., J. ve Imamura, Y., 2008. Combined Effect of Boron Compounds and Heat Treatments on Wood Properties: Chemical and Strength Properties of Wood, Journal of Materials Processing Technology, 198, 1-3, 234-240.
- Kartal, S., N., Yoshimura, T. ve Imamura, Y., 2009a. Modification of Wood with Si Compounds to Limit Boron Leaching from Treated Wood and to Increase Termite and Decay Resistance, International Biodeterioration and Biodegradation, 63, 2, 187-190.
- Kartal, S., N., Terzi, E., Erilkun, B. ve Imamura, Y., 2009b. Modification of Wood by A Water-Repellent Compound Used in the Textile Industry: Boron Release and Termite Resistance, 40. IRG Annual Meeting, May, Beijing, China, IRG-WP 09-40447.
- Keskin, H., Atar, M. ve İzciler, M., 2009. Impacts of Impregnation Chemicals on Combustion Properties of the Laminated Wood Materials Produced Combination of Beech and Poplarveneers, Construction and Building Materials, 23, 3, 634-643.
- Kırcı, H., Peşman, E. ve Kalyoncu, E., E., 2004. Kraft Hamurunun Oksijen Delignifikasyonu Kademesinin Sodyum Perborat Monohidrat ile Takviye Edilmesi, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eylül, Eskişehir, Bildiriler Kitabı: 339-343.
- Kirckpatrick, J., W. ve Barnes, H., M., 2006. Biocide Treatments for Wood Composites-A Review, 37. IRG Annual Meeting, May, Tromsø, Norway, IRG-WP 06-40323.
- Kocaefe, D., Poncsak, S. ve Boluk, Y., 2008. Effect of Thermal Treatment on the Chemical Composition and Mechanical Properties of Birch and Apsen, Bioresources, 3, 2, 517-537.

- Konabe, C., 1990. Dip Diffusion of Dressed Timber-Effect of Drying, 21. IRG Annual Meeting, May, Roturua, New Zealand, IRG-WP 3603.
- Koski, A., 2008. Applicability of Crude Tall Oil for Wood Protection, PhD Thesis, Faculty of Technology, Department of Process and Environmental Engineering, University of Oulu, Oulu, Finland, Acta Univ. Oul. C 293.
- Köse, C., Terzi, E. ve Kartal, S., N., 2009. Evaluation of Decay and Termite Resistance of Wood Treated with Copper in Combination with Boron and N'-N-(1,8-Naphthalyl) Hydroxylamine (NHA-Na), International Biodeterioration and Biodegradation, 63, 727-731.
- Lahiry, A., K., 1996. HCB-A New Preservative Combination For Wood Pole Maintenance, 27. IRG Annual Meeting, May, Le Gosier, Guadeloupe, French West Indies, IRG-WP 96-30122.
- Laks, P., E. ve Manning, M., J., 1995. Preservation of Wood Composites with Zinc Borate, 26. IRG Annual Meeting, June, Helsingør, Denmark, IRG-WP 95-30074.
- Laks, P., E. ve Manning, M., J., 1997. Mobility of Zinc Borate Wood Composite Preservative, 28. IRG Annual Meeting, May, Whistler, Canada, IRG-WP 97-30153.
- Lebow, S., Woodward, B., Crawford, D. ve Abbott, W., 2005a. Resistance of Borax-Copper Treated Wood in Aboveground Exposure to Attack by Formosan Subterranean Termite, Res. Note FPL-RN- 0295. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Lebow, S., Hatfield, C. ve Abbott, W., 2005b. Treatability of SPF Framing Lumber with CCA and Borate Preservatives, Wood and Fiber Science, 37, 4, 605-614.
- Lee, S. ve Wu, Q., 2002. Leachability of Borate-Modified Oriented Strandboard: A Comparison of Zinc and Calcium Borate, 33. IRG Annual Meeting, May, Cardiff, Wales, United Kingdom, IRG-WP 02-40232.
- Lloyd, J., D., 1998. Borates and Their Biological Applications, 29. IRG Annual Meeting, June, Maastricht, Netherlands, IRG-WP 98-30178.
- Lloyd, J., D., Dickinson, D., J. ve Murphy, R., J., 1990. The Probable Mechanisms of Action of Boric Acid and Borates as Wood Preservatives. 21. IRG Annual Meeting, May, Roturua, New Zealand, IRG-WP 1450.
- Lloyd, J., D., Fogel, J., L. ve Vizel, A., 2001. The Use of Zirconium as an Inert Fixative for Borates in Preservation. 32. IRG Annual Meeting, May, Nara, Japan, IRG-WP 01-30256.
- Lesar, B. ve Humar, M., 2009. Re-Evaluation of Fungicidal Properties of Boric Acid, European Journal of Wood and Wood Products, 67, 483-484.

- Lesar, B., Pohleven, F. ve Humar, M., 2009a. Use of Wax Emulsions for Upgrading of Wood Properties, 40. IRG Annual Meeting, May, Beijing, China, IRG/WP 09-40451.
- Lesar, B., Kralj, P. ve Humar, M., 2009b. Montan Wax Improves Performance of Boron-Based Wood Preservatives, International Biodeterioration and Biodegradation, 63, 306-310.
- Lesar, B. ve Humar, M., 2010. Sorption Properties of Wood Impregnated with Aqueous Solution of Boric, 41. IRG Annual Meeting, May, Biarritz, France, IRG-WP10-40492.
- Lesar, B. ve Humar, M., 2011. Use of Wax Emulsions for Improvement of wood Durability and Sorption Properties, European Journal of Wood and Wood Products, 69, 231–238.
- Lesar, B., Budija, F., Karlj, P., Petric, M. ve Humar, M., 2011a. Leaching of Boron from Wood Impregnated with Preservative Solutions Based on Boric Acid and Liquefied Wood, European Journal of Wood and Wood Products, DOI: 10.1007/S00107-011-0530-6.
- Lesar, B., Pavlic, M., Petric, M., Skapin, A., S. ve Humar, M., 2011b. Wax Treatment of Wood Slows Photodegradation, Polymer Degredation and Stability, 96, 7, 1271-1278.
- Levan, S., L. ve Tran, H., C., 1990. The Role of Boron in Flame-Retardant Treatments, in: Hamel, Margaret, Ed. 1st International Conference On Wood Protection With Diffusible Preservatives: Proceedings 47355; 1990 November, Nashville, TN. Madison, WI: Forest Products Research Society; 39-41.
- Levan, S., L. ve Winandy, J., E., 1990. Effect of Fire Retardant Treatments of Wood Strength: A Review, Wood and Fiber Science, 22, 112-131.
- Li, S., Freitag, C. ve Morrell, J., J., 2008. Preventing Fungal Attack of Freshly Sawn Lumber Using Cinnamon Extracts, Forest Products Journal, 58, 7, 8, 77-81.
- Li, Z., Jiang, M. ve Ma, X., 2010. Synthesis of Novelty Borate Compounds for Wood Preservatives: Laboratory Test of Leachability and Decay Resistance, 41. IRG Annual Meeting, May, Biarritz, France, IRG-WP 10-30520.
- Lin, L., Furuno, T. ve Katoh, S., 2001. Leachability and Decay Resistance of Tetraphenylborate Salt-Treated Wood, Holzforschung, 55, 4, 355–357.
- Luo, J., Chen, H. ve Morell, J., J., 2005. Effect of Borate on Uptake and Efficiency of an Anti-Sapstain Treatment, 36. IRG Annual Meeting, April, Bangalore, India, IRG-WP 05-30380.

- Lyon, F., Thevenon, M., F., Imamura, Y., Gril, J. ve Pizzi, A., 2007a. Development of Boron/Linseed Oil Combined Treatment as A Low-Toxic Wood Protection. Evaluation of Boron Fixation and Resistance to Termites According to Japanese and European Standards, IRG Regional Research Symposium International Union of Forest Research Organizations All Division 5 Conference, November, Taipei, Taiwan IRG/WP 07-30448.
- Lyon, F., Thevenon, M., F., Hwang, W., J., Imamura, Y., Gril, J. ve Pizzi, A., 2007b. Effect of an Oil Heat Treatment on the Leachability and Biological Resistance of Boric Acid Impregnated Wood, Annals of Forest Science, 64, 673-678.
- Lyon, F., Pizzi, A., Imamura, Y., Thevenon, M., F., Kartal, S., N. ve Gril, J., 2007c. Leachability and Termite Resistance of wood Treated with A New Preservative: Ammonium Borate Oleate, Holz als Roh-und Werkstoff, 65, 5, 359-366.
- Lyon, F., Thevenon, M., F., Pizzi, A. ve Gril, J., 2009. Resistance to Decay Fungi of Ammonium Borate Oleate Treated Wood, 40. IRG Annual Meeting, May, Beijing, China, IRG-WP 09-30505.
- Malkoçoğlu, A., 1994. Doğu Kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky.) Odununun Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Mankowski, M., E., Ascherl, F., M. ve Manning, M., J., 2005. Durability of Wood Plastic Composites Relative to Natural Weathering and Preservative. Treatment with Zinc Borate, 36. IRG Annual Meeting, April, Bangalore, India, IRG-WP 05-40316.
- Maoz, M., Weitz, I., Blumenfeld, M., Freitag, C. ve Morrell, C., C., 2007. Antifungal Activity of Plant Derived Extracts Against *G. Trabeum*, 38. IRG Annual Meeting, May, Jackson Lake Lodge, Wyoming, USA, IRG-WP 07-30433.
- Marney, D., C., O. ve Russell, J., L., 2008. Combined Fire Retardant and Wood Preservative Treatments for Outdoor Wood Applications—A Review of the Literature, Fire Technology, 44, 1-14.
- Matejuk-Zabielska, J. ve Skrzypczak, A., 2006. Ionic Liquids with Organic and Inorganic Anions as Highly Active Wood Preservatives, 37. IRG Annual Meeting, June, Tromsø, Norway, IRG-WP 06-30411.
- Mazela, B., Ratajczak, I. ve Bartkowiak, M., 2005. Reduction of Preservatives Leaching from Wood by the Application of Animal Proteins, 36. IRG Annual Meeting, May, Bangalore, India, IRG-WP 05-30387.
- Mazela, B., Domagalski, P., Mamonova, M. ve Ratajczak, I., 2007. Protein Impact on the Capability of the Protein-Borate Preservative Penetration and Distribution into Pine and Aspenwood, Holz als Roh-und Werkstoff, 65, 137-144.

- Mazela B., 2007. Fungicidal Value of Wood Tar from Pyrolysis of Treated Wood, Waste Management, 27, 4, 461-465.
- Mcintyre, C., R., Protection from Fire in Encyclopedia of Forest Science, Eds. J. Burley, J. Evans ve J. Youngquist, Academic Press, San Diego, CA http://www.mcintyre-inc.com/assets/McAssoc_Encyclopedia_Protection_of_Wood_from_Fire.pdf 15 Haziran 2011
- Mccutcheon, S., Smith, G., M., Palfreyman, J., W. ve King, B., 1992. Analysis of the Boron Content of Preservative Treated Oak and Pitch Pine Heartwood Before and After Leaching, 23. IRG Annual Meeting, May, Harrogate, UK, IRG-WP 3697-92.
- Meder, R., Franich, R., A. ve Callaghan, P., T., 1999. ^{11}B Magnetic Resonance Imaging and MAS Spectroscopy of Trimethylborate-Treated Radiata Pine Wood, Solid State Nuclear Magnetic Resonance, 15, 69-72.
- Mohareb, A., Acker, J., V. ve Stevens, M., 2002. Effect of Protective Additives on Leachability and Efficacy of Borate Treated Wood, 33. IRG Annual Meeting, May, Cardiff, Wales, UK, IRG-WP 02-30290.
- Mohareb, A., Acker, J., V. ve Stevens, M., 2004. Leachability and Efficacy of Fatty Acid Derived Boron Esters as Wood Preservatives, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-30351.
- Mohareb, A., 2005. Development of Leach-Resistant Boron Compounds for Wood Protection in Exterior Applications in Egypt, PhD Thesis, Applied Biological Sciences Section Land and Forest Management, Gent University, Belgium.
- Mohareb, A., Acker, J., V. ve Stevens, M., 2005. Standard and Accelerated L-Joint Testing of Boron-Additive Wood Protection Systems, 36. IRG Annual Meeting, April, Bangalore, India, IRG-WP 05-30381.
- Mohareb, A., Henry, J., Wozniak, E. ve Gérardin, P., 2009. Effects of New Fixative Additives on Leachability of Boron Wood Preservatives, 40. IRG Annual Meeting, May, Beijing, China, IRG-WP 09-30507.
- Mohareb, A., Thévenon, M., F., Wozniak, E. ve Gerardin, P., 2010a. Effects of Monoglycerides on Leachability and Efficacy of Boron Wood Preservatives Against Decay and Termites, International Biodeterioration and Biodegradation, 64, 2, 135-138.
- Mohareb, A., Thévenon, M., F., Wozniak, E. ve Gerardin, P., 2010b. Effects of Polyvinyl Alcohol on Leachability and Efficacy of Boron Wood Preservatives Against Fungal Decay and Termites Attack, 41. IRG Annual Meeting, May, Biarritz, France, IRG-WP 10-30526.

- Morell, J., J., Freitag, C. ve Unger, S., 1998. Development of Threshold Values for Boron Compounds in Above Ground Exposures: Preliminary Trials, 29. IRG Annual Meeting, June, Maastricht, Netherlands, IRG-WP 98-30179.
- Murphy, R., J., Barnes, H., M. ve Gray, S., M., 1992. The Efficacy of Polymer/Preservative Treatments in Soilbed Exposure, 23. IRG Annual Meeting, May, Harrogate, UK, IRG-WP 3729-92.
- Murphy, R., J., Barnes, H., M. ve Gray, S., M., 1995. Decay and Soil Depletion Studies with Polymer/Boron Preservative Systems, Forest Products Journal, 45, 9, 77-81.
- Moubarik, A., Pizzi, A., Allal, A., Charrier, F. ve Charrier, B., 2009. Fungal Decay Resistance and Durability of Wood Products Made from Borax-Impregnated Wood and Bonded with Corn Starch and Tanin Adhesive, 40. IRG Annual Meeting, May, Beijing, China, IRG-WP 09-30494.
- Mourant, D., Yang, D., Q. ve Roy, C., 2007. Decay Resistance of PF-Pyrolytic Oil Resin-Treated Wood, Forest Products Journal, 57, 5, 30-35.
- Mourant, D., Yang, D., Q., Lu, X., Riedl, B. ve Roy, C., 2008. Mechanical Properties of Wood Treated with PF-Pyrolytic Oil Resins, Holz als Roh-und Werkstoff, 66, 163–171.
- Mourant, D., Yang, D., Q., Lu, X., Riedl, B. ve Roy, C., 2009. Copper and Boron Fixation in Wood by Pyrolysis Resins, Bioresource Technology, 100, 1442-1449.
- Nakayama, F., S. ve Osbrink, W., L., 2010. Evaluation of Kukui Oil (*Aleurites moluccana*) for Controlling Termites, Industrial Crops and Products, 31, 2, 312- 315.
- Nunes, L., Dickinson, D., J. ve Murphy, R., J., 1995. Volatile Borates in the Treatment of Wood and Wood Based Panel Products Against Subterranean Termites, 26. IRG Annual Meeting, June, Helsingør, Denmark, IRG-WP 95-30094.
- Nunes, L., Nobre, T., Welzbacher, C. ve Rapp, A., O., 2006. Termite Response to Oil-Heat-Treated Norway Spruce, Scots Pine and Eucalyptus Wood, 37. IRG Annual Meeting, June, Tromsø, Norway, IRG-WP 06-20325.
- Nuopponen, M., Vuorinen, T., Jamsa, S. ve Viitaniemi, P., 2003. The Effects of a Heat Treatment on the Behaviour of Extractives in Softwood Studied by FTIR Spectroscopic Methods, Wood Science Technology, 37, 109-115.
- Nuopponen, M., Vuorinen, T., Jamsa, S. ve Viitaniemi, P., 2004. Thermal Modifications in Softwood Studied by FT-IR and UV Resonance Raman Spectroscopies, Journal of Wood Chemistry and Technology, 24, 1, 13-26.
- Nuopponen, M., 2005. FTIR and UV Raman Spectroscopic Studies on Thermal Modification of Scots Pine Wood and its Extractable Compounds, Ph.D Thesis, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland.

- Nurmi, A., Tall Oil Resins in Wood Treatment. <http://www.bfafh.de/inst4/43/pdf/3resins.pdf> 13.07.2011
- Olsson, T., Megnis, M., Varna, J. ve Limdberg, H., 2001. Measurement of the Uptake of Linseed Oil in Pine by the Use of an X-Ray Microdensitometry Technique, Journal of Wood Science, 47, 275-281.
- Obanda, N., D., Shupe, F., T. ve Barnes, M., H., 2008. Reducing Leaching of Boron Based Wood Preservatives-A Review of Research, Bioresource Technology, 99, 7312-7322.
- Orsler, R., J. ve Holland, G., E., 1993. The Rate of Redistribution and Loss Leachable Preservatives Under Service Conditions, 24. IRG Annual Meeting, May, Orlando, USA, IRG-WP 93-30026.
- Ozaki, S., K., Yalınkılıç, M., K., Imamura, Y. ve Souza, M., F., 2001. Effect of Boron Compounds-Furfuryl Alcohol Treatment of Wood on Dimensional Stability, Termite Resistance and Boron Leachability, 32. IRG Annual Meeting, May, Nara, Japan, IRG-WP 01-40195.
- Ozkaya, K., Ilce, A., C., Burdurlu, E. ve Aslan, S., 2007. The Effect of Potassium Carbonate, Borax and Wolmanit on the Burning Characteristics of Oriented Strandboard (OSB), Construction and Building Materials, 21, 7, 1457-1462.
- Örs, Y., Sönmez, A. ve Uysal, B., 1999a. Ağaç Malzemenin Yanma Dayanıklılığını Etkileyen Emprenye Maddeleri, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 2, 389-394.
- Örs, Y., Atar, M. ve Peker, H., 1999b. Sarıçam Odunu Yanma Özelliklerine Bazı Borlu Bileşikler ve Su İtici Maddelerin Etkileri, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 501-509.
- Örs, Y., Atar, M. ve Peker, H., 1999c. Bazı Emprenye Maddelerinin Sarıçam ve Doğu Kayını Odunlarının Yoğunluklarına Etkileri, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 5, 1169-1179.
- Örs, Y., 1986. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, 1. Kısım: Odunun Fiziksel Özellikleri, KTÜ Basımevi, Trabzon.
- Örs, Y. ve Keskin, H., 2001. Ağaç Malzeme Bilgisi, Atlas Yayın Dağıtım, Yayın No:02, İstanbul.
- Özçifçi, A., 2008. Impacts of Impregnation with Boron Compounds on the Bonding Strength of Wood Materials, Construction and Building Materials, 22, 4, 541-545.
- Pabeliña, K., G., Lumban, C., O. ve Ramos, H., J., 2011. Plasma Impregnation of Wood with Fire Retardants, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B, DOI:10.1016/J.Nimb.2011.01.102

- Paajanen, L. ve Ritschkoff, A., C., 2002. Effect of Crude Tall Oil, Linseed Oil and Rapeseed Oil on the Growth of the Decay Fungi, 33. IRG Annual Meeting, May, Cardiff, United Kingdom, IRG-WP 02-30299.
- Palanti, S. ve Susco, D., 2004. A New Wood Preservative Based on Heated Oil Treatment Combined with Triazole Fungicides Developed for Above-Ground Conditions, International Biodeterioration and Biodegradation, 54, 4, 337-342.
- Palanti, S., Feci, E. ve Torniai, A., M., 2011. Comparison Based on Field Tests of Three Low-Environmental-Impact Wood Treatments, International Biodeterioration and Biodegradation, 65, 3, 547-552.
- Panov, D., Terziev, N. ve Daniel, G., 2010. Using Plant Oils as Hydrophobic Substances for Wood Protection, 41. IRG Annual Meeting, May, Biarritz, France, IRG-WP 10-30550.
- Peker, H., Tan, H. ve Baysal, E., 2004. Bazı Emrenye Maddelerinin Ladin (*Picea Orientalis* Link.) Odununun. Yanma Özelliklerine Etkileri, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16, 1, 163-175.
- Peşman, E., Kırıcı, H. ve Kalyoncu E., E., 2009. The Effects of Sodium Perborate Usage of Color Properties and Effective Residual Ink Concentration of Pulp During Recycling of Old News-Magazine Paper Mixture, 4. Uluslararası Bor Sempozyumu, Kasım, Ankara, Bildiriler Kitabı: 75-79.
- Peters, C., B. ve Fitzgerald, C., J., 2006. Borate Protection and Termites: Variation in Protection Thresholds Explained, 37. IRG Annual Meeting, June, Tromsø, Norway, IRG-WP 06-20324.
- Petric, M., Pavlic, M. ve Cadez, F., 2001. Leaching of the New Boron Based Biocide from Coated Wood, 32. IRG Annual Meeting, May, Nara, Japan, IRG-WP 01-30267.
- Pétrissans, M., Gérardin, P., El Bakali, I. ve Serraj, M., 2003. Wettability of Heat-Treated Wood, Holzforschung, 57, 3, 301-307.
- Peylo, A. ve Willeitner, H., 1995a. The Problem of Reducing the Leachability of Boron by Water Repellents, Holzforschung, 49, 3, 211-216.
- Peylo, A. ve Willeitner, H., 1995b. Influence of Hydrophobic Agents on the Leachability of Boron, 26. IRG Annual Meeting, June, Helsingør, Denmark, IRG-WP 95-30064.
- Peylo, A. ve Willeitner, H., 1999. Five Years Leaching of Boron, 30. IRG Annual Meeting, June, Rosenheim, Germany, IRG-WP 99-30195.
- Peylo, A., 2005. Sind Borverbindungen im Holzschutz Effektiv und Zeitgemäss?, Holz als Roh-und Werkstoff, 63, 414-416.

- Pohleven, F. ve Humar, M., 2006. Boron Compounds and Co-Biocides Improve Fixation and Biocidal Properties of Wood Preservatives, 3. Uluslararası Bor Sempozyumu, Kasım, Ankara, Bildiriler Kitabı: 29-34.
- Podgorski, L., Bayon, I., L., Paulmier, I., Lanvin, J., D., Georges, V., Grenier, D., Baillères, H. ve Méot, J., M., 2008. Bi-Oleothermal Treatment of Wood at Atmospheric Pressure: Resistance to Fungi and Insects, Resistance to Weathering and Reaction to Fire Results, 39. IRG Annual Meeting, May, Istanbul, Turkey, IRG-WP 08-40418.
- Preston, A., F., Mckaig, P., A. ve Walcheski, P., J., 1985. Termite Resistance of Treated Wood in an Above Ground Field Test, 16. IRG Annual Meeting, May, Guarujá, Brazil, IRG-WP 2241.
- Przewloka, S., R., Hann, J., A. ve Vinden, P., 2006. Preliminary Screening of a Boron Based Wood Preservative for Biological Efficacy (Fungicidal) in Treated Timber, 37. IRG Annual Meeting, June, Tromsø, Norway, IRG-WP 06-30396.
- Qingwen, W., Jian, L. ve Shujun, L., 2006. Fire-Retardant Mechanism of Fire-Retardant FRW by FTIR, Frontiers of Forestry in China, 4, 438-444.
- Qu, H., Wu, W., Wu, H., Xie, J. ve Xu, J., 2011. Study on the Effects of Flame Retardants on the Thermal Decomposition of Wood by TG-MS, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 103, 935-942.
- Ramos, A., M., Caldeira Jorge, F. ve Botelho, C., 2006. Boron Fixation in Wood: Studies of Fixation Mechanisms Using Model Compounds and Maritime Pine, Holz als Roh-und Werkstoff, 64, 445-450.
- Rassam, G. ve Jamnani, B., 2009. Eco- Friendly Composites from Bagasse and Soy-Based Resin, 40. IRG Annual Meeting, May, Beijing, China, IRG-WP 09-40462.
- Ratajczak, I. ve Mazela, B., 2007. The Boron Fixation to the Cellulose, Lignin and Wood Matrix Through its Reaction with Protein, Holz als Roh-und Werkstoff, 65, 3, 231-237.
- Ritschkoff, A., C., Rättö, M., Nurmi, A., Kokko, H., Rapp, A. ve Militz, H., 1999. Effect of Some Resin Treatments on Fungal Degradation Reactions, 30. IRG Annual Meeting, June, Rosenheim, Germany, IRG-WP 99-10318.
- Romero, J., Vinden, P. ve Drysdale, J., 1995. Treatment of Wood with Boron Esters, 26. IRG Annual Meeting, June, Helsingør, Denmark, IRG-WP 95-30087.
- Rosenqvist, M., 2000. The Distribution of Introduced Acetyl Groups and a Linseed Oil Model Substance in Wood Examined by Microautoradiography and ESEM, 31. IRG Annual Meeting, May, Hawaii, USA, IRG-WP 00-40169.

- Roth, M., Schwarzinger, C., Mueller, U. ve Schmidt, H., 2007. Determination of Reaction Mechanisms and Evaluation of Flame Retardants in Wood-Melamine Resin-Composites, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 79, 1, 2, 306-312.
- Rowell, R., M. ve Banks, W., B., 1985. Water Repellency and Dimensional Stability of Wood. Gen. Tech. Rep. FPL-50. Madison, WI, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Rowell, R., M. ve Rowell, J., S., 1988. Moisture Sorption Properties of Acetylated Lignocellulosic Fibers, Proceedings of the 10th Cellulose Conference, Syracuse, New York, 343-355.
- Rowell, R., M., Youngquist, J., A. ve Montrey, H., M., 1988. Chemical Modification Adding Value Through New FPL Composite Processing Technology, Forest Products Journal, 38, 67-70.
- Rowell, R., M., 2005. Moisture Properties, Wood Chemistry and Wood Composites, Taylor and Francis, CRC Pres, Boca Raton, Florida.
- Rowell, R., M. ve Levan-Green, S., L., 2005. Thermal Properties, Wood Chemistry and Wood Composites, Taylor and Francis, CRC Pres, Boca Raton, Florida.
- Salmen, L., Possler, H., Stevanic, J., S. ve Stanzl-Tschegg, S., E., 2008. Analysis of Thermally Treated Wood Samples Using Dynamic FT-IR-Spectroscopy, Holzforschung, 62, 676-678.
- Sailer, M., Rapp, A., O. ve Peek, R., D., 1998. Biological Resistance of Wood Treated with Waterbased Resins Resins and Drying Oil in a Mini-Block Test, 29. IRG Annual Meeting, June, Maastricht, Netherland, IRG-WP 98-40107.
- Sailer, M., Rapp, A., O. ve Leithoff, H., 2000. Improved Resistance of Scots Pine and Spruce by Application of an Oil-Heat Treatment, 29. IRG Annual Meeting, May, Hawaii, USA, IRG-WP 00-40162.
- Salamah, S. ve Ani, S., 1995. Distribution of Copper/Chrome/Boron Preservative in Dark Red Meranti (*Shorea leprosula*) Before and After Exposure Test for 72 Months, 26. IRG Annual Meeting, June, Helsingør, Denmark, IRG-WP 95-20073.
- Scholz, G., Militz, H., Gascón-Garrido, P., Ibiza-Palacios, M., S., Oliver-Villanueva, J., V., Peters, B., J. ve Fitzgerald, C., J., 2010. Improved Termite Resistance of Wood by Wax Impregnation, International Biodeterioration and Biodegradation, 64, 688-693.
- Schulte, Y., Donath, S., Krause, A. ve Militz, H., 2004. Evaluation of Outdoor Weathering Performance of Modified Wood, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-20296.

- Schultz, T., P., Nicholas, D., D. ve Shi, J., 2007. Water Repellency and Dimensional Stability of Wood Treated with Waterborne Resin Acids/TOR, 38. IRG Annual Meeting, May, Wyoming, USA, IRG-WP 07-40364.
- Scown, D., K. ve Creffield, J., W., 2009. Laboratory and Field Evaluation of Laminated Strand Lumber Treated with Borogard® ZB Against Termites, 40. IRG Annual Meeting, May, Beijing, China, IRG-WP 09-30498.
- Sen, S., Tascioglu, C. ve Tirak, K., 2008. The Comparison of Fixation and Leachability of Bark, Fruit and Leaf Tannin Extracts with Boron Minerals, 39. IRG Annual Meeting, May, Istanbul, Turkey, IRG-WP 08-30473.
- Shukla, S., R. ve Kamdem, D., P., 2010. Swelling of Polyvinyl Alcohol, Melamine and Urethane Treated Southern Pine Wood, European Journal of Wood and Wood Products, 68, 2, 161-165.
- Singh, T. ve Chittenden, C., 2008. Antifungal Activity of Essential Oils Against Common Wood Degrading/Decaying Fungi, 39. IRG Annual Meeting, May, Istanbul, Turkey, IRG-WP 08-30465.
- Singh, T. ve Singh, A., P., 2010. Natural Compounds: A Review of Their Use for Wood Protection, 41. IRG Annual Meeting, May, Biarritz, France, IRG-WP 10-30545.
- Smart, R. ve Wall, W., 2006. Copper Borate for the Protection of Engineered Wood Composites, 37. IRG Annual Meeting, June, Tromsø, Norway, IRG-WP 06-40334.
- Smith, W., R., Rapp, A., O., Welzbacher, C. ve Winandy, J., E., 2003. Formosan Subterranean Termite Resistance to Heat Treatment of Scots Pine and Norway Spruce, 34. IRG Annual Meeting, May, Brisbane, Australia, IRG-WP 03-40264.
- Smith, W., R. ve Lloyd, J., D., 2004. Prevention of Termite Tubing Over Non-Wood Construction Materials Using Glycol Borate, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-30358.
- Sonti, V., R. ve Chatterjee, B., 1983. Study on the Treatment of Construction Timbers by Diffusion Methods, 14. IRG Annual Meeting, May, Surfers Paradise, Australia, IRG-WP 3252.
- Spear, M., J., Hill, C., A., S., Curling, S., F., Jones, D. ve Hale, M., D., 2006. Assessment of the Envelope Effect of Three Hot Oil Treatments: Resistance to Decay by *Coniophora puteana* and *Postia placenta*, 37. IRG Annual Meeting, June, Tromsø, Norway, IRG-WP 06-40344.
- Su, W., Y., Subyakto, Hata, T., Nishimiya, K., Imamura, Y. ve Ishihara, S., 1998. Improvement of Fire Retardancy of Plywood by Incorporating Boron or Phosphate Compounds in the Glue, Journal of Wood Science, 44, 131-136.

- Suttie, E. ve Thompson, J., H., R., 2001. Opportunites for UK Grown Timber: Wood Modification State of the Art Review, DTI Contruction Industry Directorate And Forestry Commission, Project Report Number 203-343.
- Tamashiro, M., Yamamoto, R., T. ve Grace, J., K., 1991. Treatment of Douglas Fir Heartwood with Disodium Octaborate Tetrahydrate (Tim-Bor) to Prevent Attack by the Formosan Subterranean Termite, 22. IRG Annual Meeting, May, Kyoto, Japan, IRG-WP 1487.
- Tarakanadha, B., Hata, T., Kartal, S., N., Hwang, W., J. ve Imamura, Y., 2005. Removal of Copper, Chromium and Arsenic From CCA Treated Wood Using Boron Compounds, 36. IRG Annual Meeting, April, Banglore, India, IRG-WP 05-50230.
- Terziev, N., Panov, D., Temiz, A., Palanti, S., Feci, E. ve Daniel, G., 2009. Laboratory and Above Ground Exposure Efficacy of Silicon-Boron Treatments, 40. IRG Annual Meeting, May, Beijing, China, IRG-WP 09-30510.
- Temiz, A. ve Yıldız, Ü., C., 2002. Fire Resistance of Alder Wood Treated with Some Chemicals. Part II. Effect of Other Chemicals on the Combustion Properties, 33. IRG Annual Meeting, May, Cardiff, Wales, IRG-WP 02-40235.
- Temiz, A., Nilsson, T., Demirtaş, I. ve Yıldız, Ü., C., 2004. Leachability and Decay Resistance of Copper-Treated Wood, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-30337.
- Temiz, A., 2005. Dış Hava Koşullarının Emprenyeli Ağaç Malzemeye Etkileri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Temiz, A., Hafren, J. ve Terziev, N., 2006a. Bezir Yağı ve Borik Asit ile Emprenye Edilen Ağaç Malzemenin Boyutsal Kararlılığı ve Çürüklüğe Karşı Dayanımının Arttırılması, 3. Uluslararası Bor Sempozyumu, Kasım, Ankara, Bildiriler Kitabı: 25-27.
- Temiz, A., Kartal, S., N., Alfredsen, G., Eikenes, M. ve Demirtas, İ., 2006b. Fungal and Termite Resistance of Wood Treated with 4-Methoxytrityl Tetrafluoroborate, Holz als Roh-und Werkstoff, 64, 411–414.
- Temiz, A., Terziev, N., Eikenes, M. ve Hafren, J., 2007. Effect of Accelerated Weathering on Surface Chemistry of Modified Wood, Applied Surface Science, 253, 5355-5362.
- Temiz, A., Panov, D., Terziev, N. ve Hafren, J., 2008a. Research on Silicones and Oils as Hydrophobic Agents, in: Proceedings of V Congreso Nacional de Proteccion de la Madera, June, San Sebastian, Spain, 75-80.
- Temiz, A., Alfredsen, G., Eikenes, M. ve Terziev, N., 2008b. Decay Resistance of Wood Treated with Boric Acid and Tall Oil Derivates, Bioresource Technology, 99, 7, 2102-2106.

- Temiz, A., Gezer, E., D., Yıldız, Ü., C. ve Yıldız, S., 2008c. Combustion Properties of Alder (*Alnus glutinosa* L.) Gaertn. Subsp Barbata (CA Mey) Yalt.) and Southern Pine (*Pinus sylvestris* L.) Wood Treated with Boron Compounds, Construction and Building Materials, 22, 11, 2165-2169.
- Temiz, A., Alma, M., H. ve Terziev, N., 2008d. Hydrophobic Characteristics of Pyrolysis Oil, 39. IRG Annual Meeting, May, Istanbul, Turkey, IRG-WP 08-30458.
- Terzi, E., Taşçioğlu, C., Kartal, S., N. ve Yoshimura, T., 2011. Termite Resistance of Solid Wood and Plywood Treated with Quaternary Ammonia Compounds and Common Fire Retardants, International Biodeterioration and Biodegradation, 65, 565-568.
- Thevenon, M., F., Pizzi, A. ve Haluk, J., P., 1997. Non-Toxic Albumin and Soja Protein Borates as Ground-Contact Wood Preservatives, Holz als Roh-und Werkstoff, 55, 293-296.
- Thevenon, M., F., Pizzi, A., Haluk, J., P. ve Zaremski, A., 1998a. Normalized Biological Tests of Protein Borates Wood Preservatives, Holz als Roh-und Werkstoff, 56, 162.
- Thevenon, M., F., Pizzi, A. ve Haluk, J., P., 1998b. Albumin Borate: A New Non-Toxic, Wide Spectrum, Long Term Wood Preservative, 29. IRG Annual Meeting, June, Maastricht, Netherlands, IRG-WP 98-30167.
- Thevenon, M., F., Pizzi, A. ve Haluk, J., P., 1998c. One-Step Tannin Fixation of Non-Toxic Protein Borates Wood Preservatives, Holz als Roh-und Werkstoff, 56, 90.
- Thevenon, M., F., Pizzi, A. ve Haluk, J., P., 1999. Potentialities of Protein Borates as Low Toxic, Long Term Wood Preservatives – Preliminary Trials, 30. IRG Annual Meeting, June, Rosenheim, Germany, IRG-WP 99- 30212.
- Thevenon, M., F. ve Pizzi, A., 2003. Polyborate Ions Influence on the Durability of Wood Treated with Non-Toxic Protein Borate Preservatives, Holz als Roh-und Werkstoff, 61, 457-464.
- Thevenon, M., F., Tondi, G. ve Pizzi, A., 2009. High Performance Tannin Resin-Boron Wood Preservatives for Outdoor End-Uses, European Journal of Wood and Wood Products, 67, 1, 89-93.
- Thevenon, M., F., Tondi, G. ve Pizzi, A., 2010. Environmentally Friendly Wood Preservative System Based on Polymerized Tannin Resin-Boric Acid for Outdoor Applications, Maderas, 12, 3, 253-257.
- Tjeerdsma, B., F. ve Militz, H., 2005. Chemical Changes in Hydrothermal Treated Wood: FTIR Analysis of Combined Hydrothermal and Dry Heat-Treated Wood, Holz als Roh-und Werkstoff, 63, 102-111.

- Tjeerdsma, B., F., Swager, P., Horstman, B., J., Holleboom, B., W., Homan, W., J., Process Development of Treatment of Wood with Modified Hot Oil. http://projects.bre.co.uk/ecotan/pdf/ecotan_3rdreport_part3.pdf 15 Haziran 2011
- Toker, H., 2007. Borlu Bileşiklerin Ağaç Malzemenin Bazı Fiziksel Mekanik ve Biyolojik Özelliklerine Etkilerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tomak, E., D., Yıldız, Ü., C., Yıldız, S. ve Peşman, E., 2008. The Effect of Treatments in Boron Steaming Medium on Boron Leaching and Strength Properties of Wood, 39. IRG Annual Meeting, May, Istanbul, Turkey, IRG-WP 08-40409.
- Treu, A., Militz, H. ve Breyne, S., 2001. Royal-Treatment – Scientific Background And Practical Application, Presentation at COST Action E22 Conference in Reinbek, Germany.
- Treu, A., Lückers, J. ve Militz, H., 2004. Screening of Modified Linseed Oils on their Applicability in Wood Protection, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-30346.
- Tripathi, S., Bagga, J., K. ve Jain, V., K., 2005. Preliminary Studies on ZiBOC- A Potential Eco-Friendly Wood Preservative, 36. IRG Annual Meeting, April, Bangalore, India, IRG-WP 05-30372.
- Tripathi, S. ve Nautiyal, S., N., 2006. Performance Evaluation of Borax: Boric Acid Treated Green Bamboo Through New VAC-FRI and Conventional Processes, 37. IRG Annual Meeting, May, Tromsø, Norway, IRG-WP 06-40327.
- T.S.E., 1977. Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini, TS 2595, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- T.S.E., 1997. Hayvansal ve Bitkisel Yağlar - İyot Sayısı Tayini, TS 4961 EN ISO 3961 Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tshabalala, M., A., 2005. Surface Characterization, Wood Chemistry and Wood Composites, Taylor and Francis, CRC Pres, Boca Raton, Florida.
- Tsunoda, K., Adachi, A., Yoshimura, T., Byrne, T., Morris, P., I. ve Grace, J., K., 1998. Resistance of Borate-Treated Lumber to Subteranean Termites in the Field, 29. IRG Annual Meeting, June, Maastricht, Netherlands, IRG-WP 98-10255.
- Tsunoda, K., 2001. Preservative Properties of Vapor-Boron-Treated Wood and Wood-Based Composites, Journal of Wood Science, 47, 149-153.
- Tsunoda, K., Watanabe, H., Fukuda, K. ve Hagio, K., 2002. Effects of Zinc Borate on the Properties of Medium Density Fiberboard, Forest Products Journal, 52, 11-12, 62-65.

- Tsunoda, K., Byrne, A., Morris, P., I. ve Grace, J., K., 2004. Performance of Borate-Treated Lumber in a Protected Above-Ground Field Test an Japan, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-30344.
- Tsunoda, K., Byrne, A., Morris, P., I. ve Grace, J., K., 2006. Performance of Borate-Treated Lumber After 10 Years in a Protected Above-Ground Field Test in Japan (Final Report) , 37. IRG Annual Meeting, June, Tromsø, Norway, IRG-WP 06-30395.
- Turner, P. ve Conradie, D., 1995. The Development of a New Boron-Based Wood Preservative, 26. IRG Annual Meeting, June, Helsingør, Denmark, IRG-WP 95-30085.
- Turner, P., Murphy, R., J. ve Dickinson, D., J., 1990. Treatment of Wood Based Panles Products with Volatile Borates, 21. IRG Annual Meeting, May, Roturua, New Zealand, IRG-WP 3603.
- Türkay, S., Atık Yağlar ve Biyodizel Üretim Potansiyeli. http://www.albiyobir.org.tr/files/img_etk/selma_turkay.pdf 7 Haziran 2011
- Ulvcrona, T., 2006. Impregnation of Norway Spruce (*Picea Abies* L. Karst.) Wood with Hydrophobic Oil, Ph.D Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden.
- Ulvcrona, T., Lindberg, H. ve Bergsten, U., 2006. Impregnation of Norway Spruce (*Picea Abies* L. Karst.) Wood by Hydrophobic Oil and Dispersion Patterns in Different Tissues, *Forestry*, 79, 1, 123-134.
- URL-1. www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/mm/ek2h.pdf Tübitak Bor Raporu. 25 Ocak 2010.
- URL-2. www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_ETI_MADEN_2010.pdf 2010 Yılı Bor Sektör Raporu. 8 Mayıs 2011.
- URL-3. www.maden.org.tr/resimler/ekler/6358599b7afb250_ek.pdf?tipi=5&turu=r&sube=0 Bor Raporu. 25 Ocak 2010.
- URL-4. <http://virtual.vtt.fi/virtual/innofirewood/stateoftheheart/database/improving/improving.html> Improving Fire Performance of Wood. 19 Mayıs 2011.
- URL-5. www.cygm.gov.tr/cygm/files/yayinlar/kitap/bitkisel_atik_yaglarin_yonetimi_kitapci.pdf Bitkisel Atık Yağların Yönetimi, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı. 7 Haziran 2011.
- URL-6. www.arikoy.com.tr/wp-content/uploads/2010/04/bitkisel-atyk-yadhlar.pdf Sarıyer Belediyesi Atık Yağ Toplama Çalışması. 7 Haziran 2011.

- URL-7. www.linotech.se/en/file.../17/linogardfolder_148x297_eng2005.pdf Impregnated Wood Environment- Friendly Pressure Impregnation - Free From Toxic Substances. 12 Haziran 2011.
- URL-8. <http://chemicalland21.com/industrialchem/inorganic/boric%20acid.htm> 25 Ocak 2010.
- URL-9. <http://chemicalland21.com/industrialchem/inorganic/borax%20decchhydrate.htm> 25 Ocak 2010.
- URL-10. www.bibilgi.com/boraks 25 Ocak 2010.
- URL-11. www.boren.gov.tr TB Ürün Kataloğu, Mikrobeseleyici Olarak Tarım-Bor. 10 Nisan 2009.
- URL-12. www.orduyag.com.tr/wep/ 23 Ağustos 2008-25 Ocak 2010.
- URL-13. http://worldaccount.basf.com/wa/NAFTA/Catalog/Pharma/info/BASF/exact/kollicoat_ir Kollicoat-IR Ürün Kataloğu.19 Ağustos 2011.
- URL-14. http://www.merck-chemicals.com/turkey/dodecyl-sulfate-sodium-salt/MDA_CHEM_-822050/p_vyyb.s1LSA4AAAEWoeEfVhTl Sodyumdodesilsülfat Ürün Kataloğu. 19 Ağustos 2011.
- USDA, 2010, Oilseeds and Products Annual Turkey 2010, USDA Foreign Agricultural Service, USA.
- USDA, 2011, Oilseeds: World Markets and Trade, 2011, USDA Foreign Agricultural Service Circular Seriesfop May 2011.
- Usta, İ., 2006. Ahşap Koruma ve Örnek Bir Araştırma: CCA ve CCB ile Emprenye Edilen Uludağ Göknaarı (*Abies Bornmulleriana* Mattf.) ve Doğu Ladini (*Picea Orientalis* L.) Türlerinin Geçirgenliklerinin Karşılaştırılması, III. Uluslararası Bor Sempozyumu, Kasım, Ankara, Bildiriler Kitabı: 2-4.
- Ustaömer, D., 2008. Çeşitli Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerle Muamele Edilerek Üretilmiş Orta Yoğunluktaki Liflevhaların (MDF) Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Van Acker, J., Nurmi, A., Gray, S., Militz, H., Hill, C., Kokko, H. ve Rapp, A., 1999. Decay Resistance of Resin Treated Wood, 30. IRG Annual Meeting, June, Rosenheim, Germany, IRG-WP 99-30206.
- Van Acker, J., 2001. EU research project FAIR CT97-3187: Process Development and Technological Evaluation of Final Products Based on New Methods for Chemical Modification of Solid Wood.

- Van Acker, J., Stevens, M., Carey, J., Sierra-Alvarez, R., Militz, H., Le Bayon, I., Kleist, G. ve Peek, R., D., 2003. Biological Durability of Wood in Relation to End-Use, Part 1. Towards A European Standard for Laboratory Testing of the Biological Durability of Wood, Holz als Roh-und Werkstoff, 61, 35–45.
- Van Ekeveld, A., Homan, W., J. ve Militz, H., 2001. Increasing the Water Repellency of Scots Pine Sapwood by Impregnation with Undiluted Linseed Oil, Wood Oil, Cocos Oil and Tall Oil, Holzforschung und Holzverwertung, 6, 113-115.
- Van Ekeveld, A., Homan, W. ve Militz, H., Water Repellency of Some Natural Oils, <http://www.bfafh.de/inst4/43/pdf/3waterre.pdf> 7 Haziran 2011
- Venmalar, D. ve Nagaven, H., C., 2005. Evaluation of Copperised Cashew Nut Shell Liquid and Neem Oil as Wood Preservatives, 36. IRG Annual Meeting, April, Bangalore, India, IRG-WP 05-30368.
- Vinden, P., 1987. Steam/Hold/APM Boron Treatment-Treatability Trials with Green Gauged Radiata Pine, 18. IRG Annual Meeting, May, Ontario, Canada, IRG-WP 3439.
- Voda, K., Boh, B., Margareta-Vrtacnik, M. ve Pohleven, F., 2003. Effect of the Antifungal Activity of Oxygenated Aromatic Essential Oil Compounds on the White-Rot *Trametes Versicolor* and the Brown-Rot *Coniophora Puteana*, International Biodeterioration and Biodegradation, 51, 51–59.
- Voulgaridis, E., 1988. Protection of Oak Wood (*Quercus conferta* Kit.) from Liquid Water Uptake with Water Repellents, Wood and Fiber Science, 20, 1, 68-73.
- Wang, Q., Li, J. ve Winandy, E., J., 2004. Chemical Mechanism of Fire Retardance of Boric Acid on Wood, Wood Science and Technology, 38, 5, 375-389.
- Wang, J. ve Cooper, P., 2005a. Effect of Oil Type, Temperature and Time on Moisture Properties of Hot Oil-Treated Wood, European Journal of Wood and Wood Products, 63, 6, 417-422.
- Wang, J. ve Cooper, P., 2005b. Properties of Hot Oil Treated Wood and the Possible Chemical Reactions Between Wood and Soybean Oil During Heat Treatment, 36. IRG Annual Meeting, April, Bangalore, India, IRG-WP 05-40304.
- Wang, J. ve Cooper, P., 2007. Fire, Flame Resistance and Thermal Properties of Oil Thermallytreated Wood, 38. IRG Annual Meeting, May, Jackson Lake Lodge, Wyoming, USA, IRG-WP 07-40361.
- Williams, R., S. ve Feist, W., C., 1999. Water Repellents and Water Repellent Preservatives for Wood. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–109. Madison, WI: U.S. Department Of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.

- Winandy, J., E. ve Rowell, R., M., 1984. The Chemistry of Wood Strength, The Chemistry of Solid Wood, Advances in Chemistry Series, Americal Chemical Society, Washington.
- Winandy, J., E. ve Rowell, R., M., 2005. Chemistry of Wood Strength, Wood Chemistry and Wood Composites, Taylor and Francis, CRC Pres, Boca Raton, Florida.
- Winandy, J., E., Wang, Q. ve White, R., H., 2008. Fire-Retardant-Treated Strandboard: Properties and Fire Performance, Wood and Fiber Science, 40, 1, 62-71.
- Wong, A., H., H. ve Grace, J., K., 2004. Laboratory Evaluation of the Formosan Subterranean Termite Resistance of Borate-Treated Rubberwood Chipboard, 35. IRG Annual Meeting, June, Ljubljana, Slovenia, IRG-WP 04-30359.
- Wu, Q., Lee, S. ve Jones, J., P., 2003. Decay and Mold Resistance of Borate Modified Oriented Strandboard, 34. IRG Annual Meeting, May, Brisbane, Australia, IRG-WP 03-40260.
- Ximenes, F., A. ve Evans, P., D., 2006. Protection of Wood Using Oxy-Aluminum Compounds, Forest Products Journal, 56, 11-12, 116-122.
- Yalınkılıç, M., K., Baysal, E. ve Demirci, Z., 1995. Bazı Borlu Bileşiklerin ve Su İtici Maddelerin Kızılçam Odununun Higroskopisitesi Üzerine Etkileri, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 1, 2-3, 161-168.
- Yalınkılıç, M., K., Su, W., Y., Demirci, Z., Baysal, E., Takahashi, M. ve Ishihara, S., 1997a. Oxygen Index Levels and Thermal Analysis of Wood Treated with Melamine Formaldehyde – Boron Combinations, 28. IRG Annual Meeting, May, Vancouver, Canada, IRG-WP 97-30135.
- Yalınkılıç, M., K., Yusuf, S., Yoshimura, T., Su, W., Tsunoda, K. ve Takamashi, M., 1997b. Incorporation of Phenyl Boronic Acid Treatment with Vapour Phase Formalization, 28. IRG Annual Meeting, May, Vancouver, Canada, IRG-WP 97-40083.
- Yalınkılıç, M., K., Imamura, Y., Takahashi, M. ve Demirci, Z., 1998a. Effect of Boron Addition to Adhesive and/or Surface Coating on Fire-Retardant Properties of Particleboard, Wood and Fiber Science, 30, 4, 348-359.
- Yalınkılıç, M., K., Yoshimura, T. ve Takahashi, M., 1998b. Enhancement of the Biological Resistance of Wood by Phenylboronic Acid Treatment, Journal of Wood Science, 44, 152-157.
- Yalınkılıç, M., K., Dwianto, W., Imamura, Y. ve Takahashi, M., 1998c. A New Process for In Situ Polymerization of Vinly Monomers in Wood to Delay Boron Leaching, 29. IRG Annual Meeting, June, Maastricht, Netherlands, IRG-WP 98-40110.

- Yalınkılıç, M., K., Tsunoda, K., Takahashi, M., Gezer, E., D., Dwianto, W. ve Nemoto, H., 1998d. Enhancement of Biological and Physical Properties of Wood by Boric Acid-Vinyl Monomer Combination Treatment, Holzforschung, 52, 6, 667-672.
- Yalınkılıç, M., K., İlhan, R., Imamura, Y., Takahashi, M., Demirci, Z., Yalınkılıç, A., C. ve Peker, H., 1999a. Weathering Durability of CCB-Impregnated Wood for Clear Varnish Coatings, Journal of Wood Science, 45, 502-514.
- Yalınkılıç, M., K., Imamura, Y., Takahashi, M., Demirci, Z. ve Yalınkılıç, A., C., 1999b. Biological, Mechanical, and Thermal Properties of Compressed Wood Polymer Composite (CWPC) Pretreated with Boric Acid, Wood and Fiber Science, 31, 2, 151-163.
- Yalınkılıç, M., K., Gezer, E., D., Takahashi, M., Demirci, Z., İlhan, R. ve Imamura, Y., 1999c. Boron Addition of Non-or Low-Formaldehyde Cross-Linking Reagents to Enhance Biological Resistance and Dimensional Stability of Wood, Holz als Roh- und Werkstoff, 57, 351-357.
- Yalınkılıç, M., K., Imamura, Y., Takahashi, M. ve Yalınkılıç, A., C., 1999d. In Situ Polymerization of Vinyl Monomers During Compressive Deformation of Wood Treated with Boric Acid to Delay Boron Leaching, Forest Products Journal, 49, 2, 43-51.
- Yalınkılıç, M., K., Dwianto, W., Imamura, Y., Tsunoda, K. ve Takahashi, M., 1999e. Biological Resistance of Steam-Compressed Wood Pretreated with Boric Compounds, 30th IRG Annual Meeting, June, Rosenheim, Germany, IRG-WP 99-30190.
- Yalınkılıç, M., K., 2000. Improvement of Boron Immobility in the Borate Treated Wood and Composite Materials, Ph.D Thesis, Kyoto University, Kyoto, Japan.
- Yamamoto, K., Motegi, S. ve Inai, A., 1999. Comparative Study on the Leaching of Wood Preservatives Between Natural Exposure and Accelerating Laboratory Conditions, 30. IRG Annual Meeting, June, Rosenheim, Germany, IRG-WP 99-50134.
- Yamaguchi, H., 2003a. Silicic Acid: Boric Acid Complex as Wood Preservatives, Wood Science and Technology, 37, 287-297.
- Yamaguchi, H., 2003b. Silicic Acid/Boric Acid Complexes as Ecologically Friendly Wood Preservatives, Forest Products Journal, 55, 1, 88-92.
- Yamauchi, S., Sakai, Y., Watanabe, Y., Kubo, M., K. ve Matsue, H., 2006. Analysis of Boron in Wood Treated with Boric Acid Solutions Using Doppler Broadening Method of Prompt Gamma-Rays, Journal of Wood Science, 52, 3, 279-281.
- Yamauchi, S., Sakai, Y., Watanabe, Y., Kubo, M., K. ve Matsue, H., 2007. Distribution of Boron in Wood Treated with Aqueous and Methanolic Boric Acid Solutions, Journal of Wood Science, 53, 324-331.

- Yang, I., Kuo, M. ve Myers, D., J., 2006. Soy Protein Combined with Copper and Boron Compounds for Providing Effective Wood Preservation, Paper No. J11117 in JAOCS 83, 239–245.
- Yang, W., V. ve Clausen, C., A., 2007. Antifungal Effect of Essential Oils on Southern Yellow Pine, International Biodeterioration and Biodegradation, 59, 302–306.
- Yıldız, Ü., C., 1988. Çeşitli Ağaç Türlerinde Su Alımının ve Çalışmanın Azaltılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldız, Ü., C., 1994. Bazı Hızlı Büyüyen Ağaç Türlerinden Hazırlanan Odun Polimer Kompozitlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldız, S., 2002. Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldız, Ü., C., 2005. Odun Koruma Ders Notları, KTÜ, Orman Fakültesi (Basılmamış Ders Notları).
- Yıldız, Ü., C., Yıldız, S. ve Gezer, E., D., 2005. Mechanical Properties and Decay Resistance of Wood–Polymer Composites Prepared from Fast Growing Species in Turkey, Bioresource Technology, 96, 1003–1011.
- Yıldız, Ü., C., Kalaycıoğlu, H., Yıldız, S., Gezer, E., D., Özdemir, T., Temiz, A., Dizman, E., Dönmez, A., Aslan, M. ve Gökalp, E., 2009. Çeşitli Bor Bileşiklerinin Masif Ağaç Malzemelerde ve Odun Kompozitlerinde Koruyucu Madde Olarak Değerlendirilmesi Olanakları, Tübitak Projesi, Tübitak Kayıt No:20424 Proje No:1050726.
- Yu, L. ve Cao, J., 2009. Leaching Performance, Decay and Termite Resistance of Wood Treated with Borates Incorporated with Phenol-Formaldehyde Resin, 40. IRG Annual Meeting, May, Beijing, China, IRG-WP 09-30503.
- Yunchu, H., Peijang, Z. ve Songsheng, Q., 2000. TG-DTA Studies on Wood Treated with Flame-Retardants, Holz als Roh-und Werkstoff, 58, 35-38.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İzmir/Kiraz'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Çanakkale/Biga'da tamamladı. 1998 yılında KTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 2002 yılında mezun oldu. Aynı yıl KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlayarak, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsüne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2002-2005 yılları arasında yüksek lisans eğitimini tamamlayıp, 2005 yılında aynı Anabilim Dalında doktora programına başladı. 2008-2009 eğitim-öğretim yılı Finlandiya Hükümet bursunu kazanarak Helsinki Teknoloji Üniversitesinde altı ay doktora tez çalışması ile ilgili araştırmalarda bulundu. Kendisi halen KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde görevini sürdürmektedir. Evli olup, iyi derecede İngilizce bilmektedir.

Tez çalışmasının birinci bölümünde gerçekleştirilen çalışmalardan SCI kapsamındaki dergilerde yayınlanmış olan makaleler aşağıda belirtilmiştir:

1. Tomak, E. D., Hughes, M., Yıldız, U. C. ve Viitanen, H., 2011. The Combined Effects of Boron and Oil Heat Treatment on Beech and Scots Pine Wood Properties-Part 1: Boron Leaching, Thermogravimetric Analysis and Chemical Composition, Journal of Materials Science, 46, 3, 598-607.
2. Tomak, E. D., Viitanen, H., Yıldız, U. C. ve Hughes, M., 2011. The Combined Effects of Boron and Oil Heat Treatment on the Properties of Beech and Scots Pine Wood-Part 2: Water Absorption, Compression Strength, Color Changes and Decay Resistance, Journal of Materials Science, 46, 3, 608-615