

**T.C.**  
**MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AĞAÇIŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**BORLU EMPRENYE MADDELERİ İLE ÖN İŞLEME  
TABİ TUTULAN KAYIN ODUNUNDAN HAZIRLANAN  
ODUN POLİMER KOMPOZİTLERİNİN FİZİKSEL,  
MEKANİK, TERMAL VE ÜST YÜZEY ÖZELLİKLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEHMET GEÇER**

**MAYIS – 2015**

**MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ**  
**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**TEZ ONAYI**


MEHMET GEÇER tarafından hazırlanan **BORLU EMPRENYE MADDELERİ İLE ÖN İŞLEME TABİ TUTULAN KAYIN ODUNUNDAN HAZIRLANAN ODUN POLİMER KOMPOZİTLERİNİN FİZİKSEL, MEKANİK, TERMAL VE ÜST YÜZEY ÖZELLİKLERİ** başlıklı tezinin, 29/05/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği ile kabul edilmiştir.

**TEZ SINAV JURİSİ**

Prof. Dr. Ergün BAYSAL (**Jüri Başkanı, Danışman**)

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



Doç. Dr. Hilmi TOKER (**Üye**)

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



Yard. Doç. Dr. Metin SAYER (**Üye**)

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı,  
Pamukkale Üniversitesi, Denizli

İmza:



**ANA BİLİM DALI BAŞKANLIğI ONAYI**

Doç. Dr. Mehmet ÇOLAK

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



Prof. Dr. Ergün BAYSAL

Danışman, Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



Savunma Tarihi: 29/05/2015

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, döküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yaptığımı da beyan ederim.

Mehmet GEÇER

29/05/2015



## ÖZET

### BORLU EMPRENYE MADDELERİ İLE ÖN İŞLEME TABİ TUTULAN KAYIN ODUNUNDAN HAZIRLANAN ODUN POLİMER KOMPOZİTLERİNİN FİZİKSEL, MEKANİK, TERMAL VE ÜST YÜZEY ÖZELLİKLERİ

Mehmet GEÇER

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ergün BAYSAL

Mayıs 2015, 117 Sayfa

Bu çalışmada, Doğu kayını odununundan (*Fagus orientalis* Lipsky) hazırlanan odun polimer kompozitlerinin fiziksel, mekanik, termal ve üst yüzey özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tez çalışmasında borlu bileşiklerle ön emprenye işlemine tabi tutulan deney örnekleri daha sonra stiren ile emprenye edilerek odun polimer kompozitleri elde edilmiştir. Çalışmada borlu bileşik olarak borik asit, boraks ve borik asit ve boraks karışımı (1:1; ağırlık; ağırlık) kullanılmıştır. Çalışmada borlu bileşiklerin % 0.25, % 1.00 ve % 4.70'lik sulu çözeltileri kullanılmıştır. Tez kapsamında deney örneklerinin bazı fiziksel, mekanik, termal ve hızlandırılmış - yaşlandırma sonrası bazı üst yüzey özellikler incelenmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre, en yüksek su alma oranı kontrol örneklerinde elde edilirken; en düşük su alma oranı stiren ile emprenyeli deney örneklerinde elde edilmiştir. Tam kuru yoğunluk değerleri, borlu bileşiklerle ön işlem gören deney örneklerinde; yalnızca stiren ile emprenyeli deney örneklerine göre daha düşük değerler vermiştir. Borlu bileşiklerle ön işleme tabi tutulan deney örneklerinin eğilme ve basınç direnci değerlerinde sadece stiren ile emprenyeli deney örneklerine oranla düşme gözlemlenmiştir. Borlu bileşiklerle ön emprenye işlemine tabi tutulan deney örneklerinin hızlandırılmış - yaşlandırma sonrası toplam renk değişimi değerleri yalnızca stiren ile emprenyeli deney örneklerine göre daha düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Termal analiz sonuçlarına göre, kütle kaybı değeri en yüksek % 0.25 borik asit + stiren çözeltisi ile muamele edilen deney örneklerinde elde edilirken; diğer konsantrasyon düzeylerinde elde edilen ağırlık kaybı değerleri kontrol örneğinden daha yüksek değerler vermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Stiren, Borlu bileşikler, Emprenye, Odun polimer kompoziti, Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler, Termal özellikler, Hızlandırılmış - yaşlandırma, Üst yüzey özellikleri

## ABSTRACT

### PHYSICAL, MECHANICAL, THERMAL AND SURFACE CHARACTERISTICS OF WOOD-POLYMER COMPOSITES PREPARED FROM BEECH WOOD PRETREATED WITH BORON-COMPOUNDS

Mehmet GEÇER

Master's Thesis

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Woodworking Industrial Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ergün BAYSAL

May 2015, 117 pages

In this study, it was aimed to determine the physical, mechanical, thermal, and surface properties of wood-polymer composites prepared from Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky). In this thesis study, the test samples were firstly pre-impregnated with boron-compounds. Then, wood-polymer composites were obtained by impregnating them with styrene. Boric acid, borax and boric acid and borax mixture (1:1; w:w) were used as boron compounds in this study. Boron compounds were used as aqueous solutions of 0.25%, 1.00% and 4.70%. This thesis was examined some physical characteristics, mechanical properties and thermal properties, and some surface properties after accelerated-aging.

As a result of this study, the water absorption was the highest in the control samples while it was the lowest in the test samples impregnated with styrene. Oven-dried density values were less in the test samples pre-treated with boron compounds than in the test ones impregnated with styren only. Bending and compression strenght values of the test samples of pre-impregnated with boron compounds decreased when compared with test ones impregnated with styren only. Accelerated aging values of total color change of the test samples pre-impregnated with boron compounds were less than the test ones impregnated with styren only. According to the thermal analysis results, mass loss value was the highest in the test samples treated with the 0.25% of boric acid + styrene solution as the mass loss values were higher at other concentrations than at the control one.

**Keywords:** Styrene, Boron-compounds, Impregnated, Wood-polymer Composites, Physical characteristics, Mechanical properties, Thermal characteristics, Accelerated-aging, Surface properties.

## ÖNSÖZ

“Borlu emprenye maddeleri ile ön işleme tabi tutulan kayın odunundan hazırlanan odun polimer kompozitlerinin fiziksel, mekanik, termal ve üst yüzey özellikleri” adlı bu çalışma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında fikir ve katkılarından yararlandığım çok değerli danışmanım sayın Prof. Dr. Ergün BAYSAL’a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca eğitim hayatımı boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme, Şule GENÇER ve Ömer ÇİFTDAMAR’a saygı ve şükranlarımı sunuyorum.

Ayrıca deneysel çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümünden Doç.Dr. Muhammet Hamdi KARAOĞLU hocama, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümünden Doç.Dr. Hilmi TOKER hocama, Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünden Doç.Dr. Eylem DİZMAN TOMAK hocama, Sayın İbrahim KOCA, Sayın Engin BALIKÇI, Sayın Süleyman ÜSTÜN’e ve her türlü laboratuvar imkânlarından faydalanmamı sağlayan Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi idari ve akademik personeline sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, BAP-14-024 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
EKLER DİZİNİ.....	xii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xii
<b>1.GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Ağaç Malzeme.....</b>	<b>6</b>
1.1.1. Ağaç malzemenin avantajları.....	8
1.1.2. Ağaç malzemenin dezavantajları .....	9
1.1.2.1. Ağaç malzemenin yanıcı özelliği.....	9
1.1.2.2. Ağaç malzemenin biyotik faktörler tarafından bozundurulması.....	11
1.1.2.3. Ağaç malzemenin higroskopik yapısı.....	12
1.1.2.4. Dış faktörlerin ağaç malzemedeki yaptığı degradasyon.....	13
<b>1.2.Emprenye .....</b>	<b>13</b>
1.2.1. Ağaç malzeme emprenyesinin önemi ve tarihçesi .....	15
1.2.2. Emprenye maddeleri .....	17
1.2.2.1. Yağlı emprenye maddeleri .....	17
1.2.2.2. Organik çözücülü emprenye maddeleri .....	17
1.2.2.3. Suda çözünen emprenye maddeleri.....	18
1.2.2.4. Özel amaçlar için kullanılan emprenye maddeleri.....	18
1.2.3. Emprenye maddelerinde aranılan özellikler.....	19
1.2.4. Ağaç malzeme emprenye ilişkisi .....	20
1.2.4.1. İğne yapraklı ağaç yapısı ve emprenye ilişkisi .....	20
1.2.4.2. Geniş yapraklı ağaç yapısı ve emprenye ilişkisi.....	21
1.2.5. Emprenye yöntemleri .....	21
1.2.5.1. Basınç uygulayan emprenye yöntemleri .....	21
1.2.5.2. Basınç uygulamayan emprenye yöntemleri .....	22
<b>1.3.Borlu Bileşikler Hakkında Genel Bilgiler .....</b>	<b>24</b>

1.3.1.	Borlu bileşiklerin empenye endüstrisinde kullanımının tarihçesi.....	26
1.3.2.	Ağaç malzemeyi koruma amaçlı kullanılan bazı borlu bileşikler .....	26
1.3.3.	Borlu bileşiklerin ağaç işleri endüstrisindeki tercih edilme nedenleri ...	28
1.3.4.	Borlu bileşiklerin ağaç işleri endüstrisindeki dezavantajlı özellikleri ...	29
1.3.5.	Borlu bileşiklerin empenye endüstrisinde kullanımı .....	29
<b>1.4.</b>	<b>Polimerler.....</b>	<b>31</b>
1.4.1.	Polimerlerin genel özellikleri .....	31
1.4.2.	Polimerlerin tarihsel gelişimi .....	32
1.4.3.	Polimerlerin Tanımı .....	34
1.4.4.	Polimerlerin sınıflandırılması .....	35
1.4.4.1.	<i>Elde edilişlerine göre polimerler .....</i>	<i>35</i>
1.4.4.2.	<i>Kimyasal bileşimlerine göre polimerler .....</i>	<i>36</i>
1.4.4.3.	<i>Yapılarına göre polimerler .....</i>	<i>36</i>
1.4.4.4.	<i>Bağ yapılarına göre polimerler .....</i>	<i>37</i>
1.4.4.5.	<i>Sentez yöntemlerine göre polimerler .....</i>	<i>37</i>
1.4.4.6.	<i>İşleme şekilleri veya çözücülere karşı davranışlarına polimerler...</i>	<i>37</i>
1.4.4.7.	<i>Fiziksel durumlarına göre polimerler.....</i>	<i>38</i>
<b>1.5.</b>	<b>Odun Polimer Kompozitleri (OPK) .....</b>	<b>39</b>
1.5.1.	Odun kompozitlerinin genel olarak sınıflandırılması .....	40
1.5.2.	Odun polimer kompozitlerin kullanım yerleri .....	41
1.5.3.	Odun polimer kompozitlerin elde edilişi.....	42
1.5.3.1.	<i>Vinil monomerlerin polimerizasyon mekanizması.....</i>	<i>43</i>
1.5.3.2.	<i>Katalizör-Isı tekniği ile odun polimer kompoziti uygulaması.....</i>	<i>44</i>
1.5.3.3.	<i>Radyasyon tekniği ile odun polimer kompoziti uygulaması.....</i>	<i>45</i>
1.5.3.4.	<i>Graft (Aşılama) tekniği ile odun polimer kompoziti uygulaması.....</i>	<i>46</i>
1.5.3.5.	<i>Biyoaktif tekniği ile odun polimer kompoziti uygulaması.....</i>	<i>47</i>
<b>2.</b>	<b>LİTERATÜR ÖZETİ .....</b>	<b>48</b>
<b>3.</b>	<b>MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>51</b>
<b>3.1.</b>	<b>Materyal.....</b>	<b>51</b>
3.1.1.	Ağaç türü.....	51
3.1.2.	Kullanılan empenye maddeleri .....	54
3.1.2.1.	<i>Borik asit.....</i>	<i>54</i>
3.1.2.2.	<i>Boraks .....</i>	<i>56</i>
3.2.1.	Deney örneklerinin hazırlanması .....	58



3.2.1.1.	<i>Ağaç malzeme</i> .....	58
3.2.1.2.	<i>Emprenye maddeleri</i> .....	61
3.2.1.3.	<i>Emprenye işlemi</i> .....	61
3.2.1.4.	<i>Stirenin polimeştirilmesi</i> .....	63
3.2.2.	Retensiyon miktarı .....	63
3.2.3.	Polimer yükü .....	64
3.2.4.	Fiziksel testler .....	64
3.2.4.1.	<i>Tam kuru yoğunluk</i> .....	64
3.2.4.2.	<i>Su alma testi</i> .....	66
3.2.4.3.	<i>Üst yüzey testi</i> .....	66
3.2.5.	Mekanik testler .....	70
3.2.5.1.	<i>Eğilme direnci testi</i> .....	70
3.2.5.2.	<i>Basınç direnci testi</i> .....	72
3.2.6.	Termal test .....	74
<b>4.</b>	<b>ARAŞTIRMA BULGULARI</b> .....	<b>77</b>
<b>4.1.</b>	<b>Retensiyon ve Polimer Yükü Değerleri</b> .....	<b>77</b>
<b>4.2.</b>	<b>Fiziksel Testler</b> .....	<b>78</b>
4.2.1.	Su alma .....	78
4.2.2.	Tam kuru yoğunluk .....	80
4.2.3.	Üst yüzey testleri .....	82
4.2.3.1.	<i>Renk değişim değerleri</i> .....	82
4.2.3.2.	<i>Yüzey parlaklığı değişim değerleri</i> .....	83
<b>4.3.</b>	<b>Mekanik Testler</b> .....	<b>86</b>
4.3.1.	Basınç direnci .....	86
4.3.2.	Eğilme direnci .....	88
<b>4.4.</b>	<b>Termal Test</b> .....	<b>90</b>
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	.....	<b>93</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	.....	<b>96</b>
<b>EKLER</b>	.....	<b>106</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	.....	<b>117</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Dünya Bor Üretiminin Ülkelere Göre Dağılımı .....	25
Şekil 2. Liflere Dik Eğilme Direnci Deneyi Örnekleri .....	58
Şekil 3. Liflere Paralel Basınç Direnci Deney Örnekleri.....	59
Şekil 4. Su Alma Deney Örnekleri.....	59
Şekil 5. Üst Yüzey Deney Örnekleri.....	60
Şekil 6. Termal Analiz Deney Örnekleri.....	61
Şekil 7. Emprenye Düzeneği.....	62
Şekil 8. Emprenye İşlem Basamakları .....	63
Şekil 9. Deneylerde Kullanılan Analitik Teraziler.....	65
Şekil 10. Deneylerde Kullanılan Dijital Kumpas.....	65
Şekil 13. Cielab-76 Renk Sistemi.....	68
Şekil 15. 60° Gloss-Metre Ölçüm Prensipleri.....	69
Şekil 16. Eğilme Direnci Deney Düzeneği .....	71
Şekil 17. Eğilme Direnci Testi Deney Uygulanması. ....	71
Şekil 18. Eğilme Direnci Testi Deney Uygulanması Sonrası Deney Parçası .....	72
Şekil 19. Liflere Paralel Basınç Direnci Deney Düzeneği.....	72
Şekil 25. Deney Örneklerinin Su Alma Oranları (%).....	79
Şekil 26. Deney Örneklerinin Tam Kuru Yoğunluğunu Değerleri .....	81
Şekil 27. Deney Örneklerinin Yaşlandırma Öncesi Ve Sonrası Parlaklık Değerleri .	84
Şekil 28 . Deney Örneklerinin Basınç Direnci Değerleri.....	87
Şekil 29. Deney Örneklerinin Eğilme Direnci Değerleri.....	89

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Doğu Kayını Odununun Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri .....	53
Çizelge 2. Doğu Kayını Odununun Teknolojik Özellikleri .....	53
Çizelge 3. Borik Asidin Özellikleri.....	55
Çizelge 4. Boraks'ın Genel Özellikleri .....	56
Çizelge 5. Deney Örneklerinin Retensiyon Ve Polimer Yüğü Değerleri .....	77
Çizelge 6. Deney Örneklerinin Su Alma Oranına Ait Ortalama Değerler.....	78
Çizelge 7. Deney Örneklerinin Tam Kuru Yoğunluk Değerine İlişkin Ortalama Değerler.....	80
Çizelge 8. Deney Örneklerinin Renk Değişimine Ait Ortalama Değerler.....	82
Çizelge 9. Deney Örneklerinin Parlaklık Değerlerine Ait Ortalama Değerler .....	84
Çizelge 11. Deney Örneklerinin Eğilme Direncine Ait Ortalama Değerler .....	88
Çizelge 12. Doğu Kayını Odunu Deney Örneklerinin Termogravimetrik Analiz Sonucu Ölçülen Kütle Kaybı Değerleri .....	90

## EKLER DİZİNİ

EK A. TGA analiz sonucu kontrol örneğine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri. .....	106
EK B. TGA analizi sonucu stiren ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri.....	107
EK C. TGA analizi sonucu % 0.25 ba + st ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri .....	108
EK D. TGA analizi sonucu % 1.00 ba + st ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri. ....	109
EK E. TGA analizi sonucu % 4.70 ba + st ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri .....	110
EK F. TGA analizi sonucu % 0.25 bx + st ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri değerleri .....	111
EK G. TGA analizi sonucu % 1.00 bx + st ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri .....	112
EK H. TGA analizi sonucu % 4.70 bx + st ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri .....	113
EK I. TGA analizi sonucu % 0.25 (ba+bx) + st ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri .....	114
EK İ. TGA analizi sonucu % 1.00 (ba+bx) + st ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri .....	115
EK J. TGA analizi sonucu % 4.70 (ba+bx) + st ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri .....	116

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Örneğin enine kesit alanı (mm <sup>2</sup> )
C	Çözelti konsantrasyonu (%)
F <sub>max</sub>	Kırılma anında ölçülen kuvvet (N)
L, a, b	CIELAB Renk parametreleri
M <sub>0</sub>	Tam kuru ağırlık (g)
R	Retensiyon (kg/m <sup>3</sup> )
T <sub>1</sub>	Emprenye öncesi deney örneğinin tam kuru ağırlığı (g)
T <sub>2</sub>	Emprenye sonrası deney örneğinin yaş ağırlığı (g)
V	Örnek hacmi (cm <sup>3</sup> )
V <sub>0</sub>	Tam kuru ağırlıktaki hacim (cm <sup>3</sup> )
b	Örnek genişliği (mm)
h	Örnek yüksekliği (mm)
l	Dayanaklar arası açıklık (mm)
ΔE	Toplam renk değişimi
δ <sub>o</sub>	Tam kuru yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )
σ <sub>e</sub>	Eğilme direnci (N/mm <sup>2</sup> )
Mr	Su alımından sonraki ağırlık (g)
ASTM	American society for testing and materials
E.Ö.	Emprenye öncesi
E.S.	Emprenye sonrası
Emp. Mad.	Emprenye maddesi
HG	Homojenlik grubu
ISO	International standard organization
Kons.	Konsantrasyon
Kont.	Kontrol
Ret.	Retensiyon
SAO	Su alma oranı
St. Sp.	Standart sapma
TG	Termogravimetri
TS	Türk Standardı (Türk Standartları Enstitüsü)
X	Ortalamalar

TGA

Termogravimetrik analiz

## 1.GİRİŞ

Ağaç malzeme mükemmel bir doğal kompozit malzeme olmasına rağmen, kullanım alanında boyutsal stabilizasyon, biyolojik bozulma, çürüme, yanabilme ve dış ortamın fiziksel ve mekanik etkilerine dayanıklılık bakımından bazı olumsuz özelliklere sahiptir. Bu olumsuz özelliklerinin iyileştirilmesi için birçok çalışma yapılmıştır (Yalınkılıç, 1992; Hafızoğlu et al 1994; Miyafuji and Saka, 2001).

Doğal kaynakların kullanımı genel olarak hammaddenin çok veya az bulunuşuna göre biçimlendirilmektedir. Bu kaynakların azalmasına bağlı olarak rasyonel ve ekonomik kullanma yöntemleri geliştirilerek hammaddelerden en iyi şekilde yararlanma yoluna gidilmiştir. Ormandan çok yönlü yararlanmanın gerçekleştiği günümüzde, yalnız odundan on binlerce farklı ürün elde edilmektedir. Bu kadar geniş kullanım yeri bulabilen odunun değeri, tüketimi ve dünya nüfus artışına bağlı olarak orman varlığının çeşitli sebeplerle azalması göz önüne alındığında sürekli artmaktadır. Bu nedenle, odunun en ekonomik ve rasyonel şekilde değerlendirilmesi zorunlu hale gelmiştir (Çehreli,1981).

Odunun korunması, ağacın kesimden son kullanım yerini de içine alan bir süreçte önlem muhtemel zararlı etmenlere karşı alınmasıyla gerçekleşir. Bu önlemler kurutma, uygun depolama ve istifleme gibi teknik önlemlerin yanında kullanım yerinin gereksinimlerine göre uygun kimyasal maddeler ile emprenye edilerek korunmasıdır (Winandy and Morell, 1990).

Ağaç malzemenin çalışmasını engellemek için pek çok çalışma yapılmıştır. Örneğin; kullanım yerine uygun ağaç türü seçimi, bazı konstrüksiyonların uygulanması, stabilizasyon sağlayıcı maddeler ile muamele edilmesi (parafin, polietilen glikol, stiren, metilmetakrilat vb.), kontrplak, kontratabla, yongalevha ve liflevha gibi kompozit malzemelerin üretilmesi, diğer amaçlar yanında çalışmayı da azaltma çabalarına dayanmaktadır. Plastik hammaddesi ve katkı maddeleri, günümüzde gerek miktar gerekse çeşitlilik bakımından büyük gelişme göstermektedir. Hafif, kolay

işlenebilir, korozyona karşı dayanıklı, iyi elektrik ve ısı yalıtkanlık özelliğine sahip polimerler; makine, uçak, elektrikli ev aletleri, orman ürünleri sanayi, inşaat sanayi gibi hemen hemen bütün sanayi dallarında gün geçtikçe daha çok kullanılmaya başlanılmışlardır (Crawford,1985).

İki veya daha fazla hammaddenin üstün özelliklerini tek bir üründe toplamak ya da yeni bir özellik ortaya çıkarmak amacıyla makro düzeyde birleştirilmesi ile oluşan malzemeler kompozit malzeme olarak adlandırılmaktadır. Kompozitler çok fazlı malzemelerdir. Yapıyı oluşturan bileşenler kimyasal olarak farklı olup fazları birbirinden ayıran, belirgin bir ara yüzeye sahiptirler (Callister, 1990).

Ağaç malzeme kullanıldığı çoğu alanlarda, herhangi bir muamele veya modifikasyon yapılmadan kullanılmaktadır. Ağaç malzeme çevreye karşı kullanıldığında, çürümesinin önlenmesi, suya dayanımının artırılması, ultraviyole (UV) ışınlarının bozucu etkilerini azaltmak veya yanmaya karşı dayanımını arttırmak için bazı kimyasallarla muamele edilebilir. Bu muamelelerin çoğu çevreye zararlı toksik ve korozif kimyasal maddelerin kullanımını içerir. Ağaç malzemenin kimyasal modifikasyonu, kimyasalları hücre duvarı polimerine bağlayarak malzemeyi suya, çürümeye, UV ışınlarına ve yanmaya karşı korumada bir alternatif olabilir. Ağaç malzemenin boyutsal kararlılığı ve çürümeye dayanımı, asetik anhidritle basit reaksiyonlarla geliştirilebilecek iki önemli özelliğidir (Rowell, 2006).

Ağaç malzemenin kimyasal modifikasyonu, bir kimyasal grubun hücre duvarının reaktif kısımlarına kimyasal olarak bağlanması şeklinde tanımlanır (Rowell, 2006).

Ağaç malzemenin kimyasal modifikasyonu konusundaki araştırmaların büyük kısmı boyutsal kararlılığın geliştirilmesine yoğunlaşmıştır. Biyolojik bozunmaya karşı direnç, hücre çeperi denge rutubetinin ağaca zarar veren organizmaların ihtiyaç duyduğu rutubet seviyesinin altında tutulmasının bir yan ürünüdür. Diğer bir kısım araştırma da yangın geciktiricilerin ve UV radyasyonuna bağlı bozunmayı azaltan kimyasalların, ağaç malzemeye bağlanması üzerinedir (Rowell, 2006).

Genel olarak odunda mikrobiyolojik bozunma odun rutubetinin % 20'nin üstüne çıktığı durumda başlar. Ağaç malzemedeki meydana gelebilecek zararları önlemek ve kullanım ömrünü uzatmak için koruyucu kimyasal maddelerle muamele (emprenye) edilmesi ve ikincil bir işlem olarak iç ve dış koşullara göre korunması ve estetiğinin



arttırılması önem kazanmaktadır. Kullanım yerinde ulaşacağı denge rutubetine kadar kurutulan ağaç malzemenin boyutlarında önemli bir değişme olmaz (Yalınkılıç, 1993).

Rutubet, ahşap malzemenin zararlılara karşı dayanıklılığını artıran veya azaltan önemli bir faktördür. Hacimsel olarak büyüüp küçülmesi, boyutsal kararsızlığı, direnç özellikleri, dayanım veya kullanım süresi gibi önemli özellikler, ahşabın içerdiği su veya rutubet miktarıyla yakından ilişkili bulunmaktadır. Ahşap, tam kuru haldeki rutubet ile lif doygunluğu rutubeti (%28-30) arasında bünyesine su alarak genişlerken, bünyesinden su kaybetmek suretiyle de daralmaktadır. Ahşabın, rutubet etkisiyle bu şekilde genişleyip daralmasına "ahşabın çalışması" denilmektedir (Bozkurt, 1997). Bu nedenle, ahşap malzemede çatlama, daralma, genişleme gibi istenmeyen durumlar meydana gelmektedir.

Genellikle, ağaç malzeme dış cephe kaplamaları, kapı-pencere doğramaları ve park-bahçe mobilyalarının yapımı ile dekorasyon işlerinde tercihli olarak kullanılmaktadır. Ancak, herhangi bir koruma önlemi alınmayan ağaç malzeme kısa sürede dış hava etkilerine maruz kalmaktadır. Malzemede, bir yandan devamlı ıslanma ve kuruma nedeniyle çatlama oluşarak buralarda renk ve küf mantarları gelişmekte, diğer yandan ise güneş ışınları odun tabakasını tahrip ederek yağmur ve rüzgârın etkisi ile uzaklaşabilen maddeler oluşmaktadır. Böylece, ağaç malzeme kirli/istenmeyen bir görünüm kazanmaktadır (Bozkurt, 1993).

Emprenye, anizotrop bir malzeme olan ağaç malzemenin, çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlere karşı korunması amacıyla çeşitli yöntemler kullanılarak yapılan işlemdir. Emprenye gerek iç ortam gerekse dış ortam şartlarında önemli kullanım alanına sahiptir. Emprenye işlemini etkileyen faktörler, ağaç malzeme özellikleri, emprenye yöntemi, sıvıların akış yolları, geçit aspirasyonu vb.dir (Bozkurt ve ark., 1993).

Üst yüzey işlemleri, ağaç malzemedен üretilen mobilya ve dekorasyon elemanlarını korumak ve estetik değerini arttırmak için yapılan, renklendirme ve koruyucu katman oluşturma işlemleridir (Sönmez, 2005).

Odun plastik kompozitleri (OPK) odun ve yıllık bitkilerden elde edilen lif veya unların plastiklerle karıştırılması ile elde edilir ve kendini oluşturan materyallerden daha iyi özellikler göstermektedir. Yenilenebilir olan bu malzeme gelişmiş direnç,

dayanım, gevreklik ve fiziksel ve mekanik özelliklerinin ve boyutsal sabitliğinin iyi olmasından dolayı çok sayıda kullanım alanına sahiptir. Nüfus artışına paralel olarak orman kaynakları azalmaktadır. Bu yüzden hammaddenin rasyonel şekilde kullanımı, kullanılmış malzemelerin geri dönüşümü ve yeni hammadde kaynakları bulma önemli hale gelmiştir. Ülkemizde önemli miktarda tarımsal, endüstriyel ve plastik atık bulunmaktadır. Öncelikle bu uygun atıkların miktarı tespit edilmeli ve alternatif kullanım imkânları tartışılmalıdır.

Mengeloğlu ve Alma (2002), Cooper ve Balatinecz (1999)'dan bildirdiğine göre, dünya nüfusu hızla artmakta ve buna bağlı olarak tüketimde hızla artmaktadır. Yılda 3.5 milyar ton kurutulmamış odun kullanımı olmakta ve kişi başına 0.7 ton odun kullanılmaktadır. Bu tüketimin aynı hızda devam edeceği düşünülürse, odun esaslı lif tüketimi 60 milyon ton kadar artacaktır. Dolayısı ile zaman içerisinde odun hammaddesine olan talep ve mevcut arz arasındaki dengesizliğin kaçınılmaz olacağı açıktır. Bununla birlikte odunun çok geniş kullanım alanı olduğu, yeni kullanım alanları bulunduğu ve hammadde talebinin hızla arttığı bilinmektedir. Buna bağlı olarak dünya genelinde orman alanları % 0.2 oranında her yıl azalmaktadır. Dolayısı ile odun dışındaki, tarımsal atıklar ve diğer lif kaynaklarının alternatif olarak kullanımı önem kazanacaktır (Demirkır ve Çolak, 2006).

Bununla birlikte, plastik kompozit üretiminde bu materyallerin kullanımı plastik fiyatlarındaki artıştan dolayı yükselen maliyetleri düşüreceği gibi tarıma dayalı endüstrilerde oluşan atıkların rasyonel bir şekilde değerlendirilmesini sağlayacaktır (Rowell ve ark., 1997).

Araştırmalar; plastiklerin maliyetini düşürmek ya da termoplastik tipi ürünlerin sertlik ve mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla ucuz dolgu malzemesi olarak odunsu materyelin plastik ürünlerde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu araştırmaların sonucu, düşük değerlikli odun kaynaklarını yüksek değerlikli ürünlere dönüştürmek amacıyla termoplastik ya da termoset reçineler ile birleştirilerek odun plastik kompozitlerinin (OPK) üretilebileceği anlaşılmıştır. OPK üretiminde genel olarak %10 - %80 oranında odun hammaddesi kullanılmaktadır. Buda OPK üretiminde kullanılmakta olan plastik oranının ve maliyetin azaltılmasını sağlamaktadır. Ayrıca OPK'lar sıcaklık ve rutubet değişiminden fazla etkilenmemekte, mantar ve böcek saldırılarına karşı daha dayanıklı olabilmektedir.

Odun, plastikte dolgu maddesi olarak kullanılmakta ve birçok önemli avantaj sağlamaktadır. Bunlara örnek olarak; ürün fiyatını düşürmesi, mekanik özellikleri arttırması, termal genleşmeyi azaltması ve kolay elde edilebilir olması verilebilir (Powell, 1996).

OPK araştırmacıları sentetik lifler kullanarak direnç, sertlik, gevreklik, ısı dayanımı gibi özellikleri geliştirme üzerine çalışmalar yapmışlardır. Ortaya çıkan bu malzemelerin ticari başarısı, öncelikli olarak rutubet performansının geliştirilmesi, geri dönüşüm ve atık malzemededen yararlanma, etkin bir ürün ve üretim akışı tasarımı ile değerlendirilmektedir. Odun ve plastik, OPK içindeki ana bileşenlerdir. Ancak bunlar tek başlarına kullanılamazlar. Bunlara ilave olarak kaliteyi olumlu yönde etkilemesi için küçük miktarlarda katkı maddeleri içerirler. Bunlar birleştirme katkıları, dağıtıcılar, ışık kararlaştırıcılar, pigmentler, yağlayıcılar, mantar önleyiciler ve köpük katkıları gibi değişik miktarlarda kullanılan maddelerdir (Mali ve ark., 2003).

OPK üretiminde, diğer orman ürünleri sektöründe kullanılan odun hammaddeleri yanında, endüstriyel atıklar, odun tozu, kesici talaşları, kâğıt hamuru ve odun atıkları kullanılabilir (Metsateollinen, 2002.)

Odun plastik kompozitleri dünyada büyük bir pazara sahiptir. Amerika'da 2005 yılında bu ürünün pazardaki miktarı 700.000 tona, pazardaki ekonomik değeri ise 1,3 milyar dolara ulaşmıştır. Avrupa da ise bu değer 25.000 tonu bulmuştur (Karus, 2005).

Ülkemiz OPK üretiminde ve teknolojisinde diğer ülkelerle kıyaslandığında endüstriyel anlamda herhangi bir gelişim gösterememiştir. Ülkemizde odun plastik kompoziti konusunda herhangi bir çalışma ve üretim olmayışı, bir çeşit plastik ürün olan polyester esaslı tezgâh üretiminde odunsu materyal kullanımı düşüncesini yaratmıştır. Bazı plastik endüstrilerinin yapısı geçtiğimiz on yıl içerisinde şaşırtıcı bir biçimde değiştirilmiştir. OPK ürünlerinin gelişimini etkileyen belirsizlikler; tecrübe kazanımı, odun yapısının iyileştirilmesi, üretim araçlarının geliştirilmesi, katkı maddelerinin temin edilmesi, yeni pazarlara giriş için elverişli zamanların değerlendirilmesi ve özellikle geniş hacimli yapıların uygulama alanlarında kullanımıyla giderilebilmiştir. Orman ürünleri endüstrilerinin yapısı iyiye doğru

gitmektedir. Tüketici ilgisine bağı olarak artışın; odunun dayanma direncini arttıran OPK ürünlerin gelişimi hızla artmıştır. Bu durum bazı orman ürünleri endüstrilerinin OPK levhalarını üretme ve satışına yönelmesini sağlamıştır. Bu girişim müşteri talebiyle sürdürülmekte olup, inşaat ürünlerindeki endüstriyel gelişimle ile desteklenmektedir. Günümüzde bu ürün büyük bir pazar payı bulmuştur ve artış devam etmektedir (Youngquist,1995).

Bu tez çalışması, borlu bileşiklerle ön emprenye işlemine tabi tutulan kayın odunu ve stiren kullanılarak hazırlanan odun polimer kompozitlerinin bazı fiziksel, mekanik, termal ve hızlandırılmış-yaşlandırma işlemi sonucunda üst yüzey özelliklerinin belirlenmesi amaçlarına yönelik olarak gerçekleştirilmiştir.

### **1.1. Ağaç Malzeme**

Genel anlamda ağaç, kökleri ile toprağa tutunmuş, gövdesi veya üst kısmı dallarla dolu, iğne veya geniş yapraklı, büyük yüksekliklere ulaşabilen, üstü kabuklu ve gövdesi odunlaşmış bir bitkidir (Zorlu, 1997; Yalınkılıç, 2008).

Boyu 5 metreden fazladır, bir ya da birden çok gövdeli ve 5 metreden kısa olan odunsu bitkiler çalı sınıfına girmektedir. Odunsu bitkilerde iç kabuk (floem) ile odun arasında kambiyum denilen, kök, gövde ve dalları tamamen saran üreyimli bir doku vardır. Kambiyum tabakası her yıl iç tarafa doğru odun (ksilem) ve dış tarafa doğru yeni iç kabuk hücreleri meydana getirir. Böylece kambiyum hücreleri her yıl vejetasyon periyodunda iç tarafa doğru bölünerek yıllık odun halkası, dış tarafa doğru ise yıllık kabuk halkası oluşturarak ağaçta çap artımını sağlar. Buna sekonder büyüme veya sekonder kalınlaşma denir. Odun yapısını oluşturan çeşitli dokuların yerleşim ve nitelikleri ile odun yapısına katılma oranları ağaç içerisindeki yerine, ağacın yaşına ve yetiştirme ortamına göre farklılık gösterir. Buna bağı olarak odunun fiziksel ve mekanik özellikleri değişir (Örs ve Keskin, 2001).

Ağaçların ortak özelliklerine bakarak bunları gruplara ayırmak, tanımlarını kolaylaştırmak, kullanım yerlerini ve ortalama değerlerini belirlemek mümkündür (Asarcıklı ve Keskin, 2002).

Ağaç işleri endüstrisinin temel hammaddesi olan ağaç malzeme günümüzde azalan doğal kaynaklar arasında yer almaktadır. Ancak uygun kullanımı ve korunması halinde artan odun hammaddesi ihtiyacını karşılayabilir düzeydedir. Odun hammaddesi gerek masif gerekse çeşitli levha ve kompozit ürünlere dönüştürülerek çok çeşitli alanlarda kullanılmakta, farklı kesitlerdeki tekstürü dekorasyonda diğer malzemelere göre daha ön plana çıkmasını sağlamaktadır. Biyolojik yapıda olması sebebiyle çeşitli zararlı faktörlerden etkilenerek yapısında bozulmalar meydana gelmektedir. Fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik zararları engellemek amacıyla, yapısına müdahale edilebilen odun hammaddesi, işlenebilirliğinin kolay olması, ısı ve elektriğe karşı izolasyon özelliği göstermesi, akustik özelliklerinin istenilen düzeyde olması, özgül ağırlığının düşük olmasına karşılık, yüksek mekanik özelliklere sahip olması ve yenilenebilir bir doğal kaynak olması nitelikleriyle de önemini sürdürmektedir. Ağaç malzemenin higroskopik madde olması nedeniyle, kullanım yerindeki havanın sıcaklık ve bağıl nemine uygun bir denge rutubetine ulaşmak için çevresindeki hava ile rutubet alış verişinde bulunmakta, bu alış veriş lif doyum noktası altında meydana geldiği takdirde boyutları ve hacmini değiştirmekte, yanabilmekte, biyotik ve abiyotik etkenlerle tahrip edilebilmektedir (Örs ve Keskin, 2008).

Günümüzde ağaç malzemeye olan talebin artması, buna karşın ormanların hızlıca yok edilmesi nedeni ile ağaç malzemenin verimli ve uzun süreli kullanımı çok büyük önem kazanmaktadır. Odunun kullanım yerinde ömrünün arttırılması için birçok yöntem kullanılmaktadır. Odunun empenyesi ve odun modifikasyonu bunların en önemlilerindendir. Bu yöntemler sayesinde odunun olumsuz özellikleri en aza indirgenmekte ve olumlu özellikleri daha da iyileştirilmektedir. Odun modifikasyon yöntemleri ağaç malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısında önemli değişikliklere neden olmaktadır. Fiziksel etkili odun modifikasyon yöntemlerinde, genellikle odun hücre boşluklarının ve diğer kapılar boşlukların inorganik veya organik maddelerle doldurulması ve bir materyal olarak takviye edilmesi amaçlanmaktadır. Kimyasal yönden etkili odun modifikasyon yöntemlerinde ise, hücre çeperi bileşenleri ile reaksiyona giren ve böylece odunun kimyasal kompozisyonunu değiştiren kimyasal maddeler kullanılmakta, odunun kimyasal yapısının değiştirilmesi ile sakıncalı özelliklerinin azaltılması yoluna gidilmektedir (Yıldız, 2002).

Odunun korunması, ağacın kesimden son kullanım yerini de içine alan bir süreçte muhtemel zararlı etmenlere karşı önlem alınmasıyla gerçekleşir. Bu önlemler kurutma, uygun depolama ve istifleme gibi teknik önlemlerin yanında kullanım yerine uygun kimyasal maddeler ile emprenye edilmesidir (Winandy ve Morrell, 1990).

Tekniğine uygun koruma ve bu amaçla kullanılan, emprenye ve üst yüzey işlemleri ağaç malzemenin olumsuz özelliklerinin etkisini en aza indirebilir (Kurtoğlu, 2000).

Ağaç malzeme; biyolojik, fiziksel ve kimyasal faktörlere karşı dayanıklı hale getirilerek kullanım ömrünü uzatmak için, kullanım amacına göre çeşitli kurutma, emprenye ve üst yüzey işlemlerinden geçirilmektedir. En çok uygulanan koruma yöntemi, ağaç malzemenin kullanım yerine göre uygun bir kimyasal madde seçilerek ekonomik bir uygulama yöntemiyle muamele edilmesidir (Şen, 2001).

### **1.1.1. Ağaç malzemenin avantajları**

Ağaç malzemenin avantajlı yönleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Çok çeşitli alanlarda kullanılabilen odun hammaddesi yenilenebilir tek organik doğal hammaddedir. Anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal bileşimi odunun çok farklı ürünler halinde kullanımına olanak sağlamaktadır (Baysal, 1994),
- Günümüzde ağaç malzemenin 10.000 civarında kullanım yeri bulunduğu bildirilmektedir. Örneğin bina yapımı, mobilya ve dekorasyon işleri, parke, müzik aleti, tel direği, travers olarak masif halde kullanıldığı gibi, kaplama levha, kontrplak, yonga levha, lif levha, kâğıt ve karton üretiminde de kullanılmaktadır. Ağaç malzemenin bu kadar çok kullanım yeri bulunmasının nedeni, anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal bileşiklerinden kaynaklanmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997),
- Diğer yapı malzemelerinden hafif olması,
- Yenilenebilir bir enerji kaynağı olması,
- Özgül ağırlığına göre direncinin ve taşıma gücünün daha yüksek olması,
- Korozyona uğramaması,

- Titreşim emme özelliğine sahip sünek bir yapı malzemesi olması nedeniyle deprem etkisine karşı dayanıklı olması,
- Şok şeklindeki etkileri ve sesi absorbe etmesi nedeniyle çarpma esnasında az gürültü çıkarması,
- İyi bir ısı yalıtkanı olması, dokunulduğunda sıcak ve soğuk hissi vermemesi ve dokunulduğunda vücut ısısını düşürmemesi,
- Sıcaklık değişimlerinde kondensasyona (terleme) neden olmaması,
- Ardışık gerilmelere maruz kaldığında kristalleşmesi ve gevrek yapı kazanması,
- Plastikleştirilebilmesi ve bükülmesi,
- Elektrik direncinin yüksek olması. Bünyesinde statik elektriklenme olmaması,
- El aletleri ve makinelerde kolay işlenebilmesi, çivi ve vida tutma kabiliyetinin yüksek olması,
- Ahşap yapı malzemesi üretimi için daha az enerjiye gereksinim duyulması,
- Doğal yapısı nedeniyle, estetik, rahat ve huzur verici bir özelliğinin olması,
- Üretim ve taşınmasının kolay ve ekonomik olması,
- Yaklaşık 20 000 çeşit renk ve görünüş seçeneğine sahip olması,
- Üst yüzey işlemleri ile daha çok çeşit üretilebilmesi, kullanım süresinin artması ile daha zengin görünüm ve koyu renk kazanması,
- Fizyolojik ve psikolojik yönden insana daha yakın ve sıcak olması gibi özellikleridir (Kurtoğlu ve Sofuoğlu, 2007).

### **1.1.2. Ağaç malzemenin dezavantajları**

#### *1.1.2.1. Ağaç malzemenin yanıcı özelliği*

Ahşap karbon ve hidrojen içeren organik esaslı bir materyal olduğundan yanıcıdır. Kendi kendine yanabilmesi için sıcaklığın 275 °C' ye çıkarılması gerekmektedir. Bununla birlikte herhangi bir tutuşturucu alev kaynağı varlığında çok daha düşük sıcaklıklarda tutuşarak yanabilmektedir. Yangın hemen her yapıda meydana gelebilecek büyük bir tehlikedir. Hatta yangına karşı en iyi bir şekilde korunmuş olan ahşap yapılarda dahi yangın tehlikesi tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Binalarda yapı şekillerinin yangında önemli etkileri bulunmaktadır. Ağaç yapılar genel olarak üç kategoride toplanırlar (White, 1985).

1. Ağır ve büyük boyutlu ahşap yapılar
2. Orta boyutlu ahşap yapılar
3. Küçük boyutlu hafif ahşap yapılar

Bu yapı sınıflarının içerdiği ahşap elemanların durumuna göre yangının yayılma hızı da değişik olmaktadır. Odunun her ne kadar önemli dezavantajlarından birisi tutuşabilmesi ise de, yanma ancak yanabilen bir materyalin oksijen varlığında yeterli bir ısı etkisinde bırakılması ile gerçekleşir. Oksijen, ısı kaynağı ve yanabilir madde üçlüsünden birinin olmaması durumunda tutuşma olmaz (Kollman ve Cote, 1968).

Bir yapıda yapıyı oluşturan materyallerin yangına dayanıklı olmaları, kazaren çıkmış bir yangını yeterli bir süre izole ederek içerdeki kişilerin dışarıya çıkmalarına, itfaiyenin yetişerek daha ileri zararları önlemesine imkân vermeleri gerekir. Yanmaya karşı direnç, yapının nispeten küçük bölümlere ayrılmış olması durumunda çok daha önem kazanmaktadır. Geniş boşluklarda koridorlar, merdiven sahanlıkları ve çatı aralıklarında alev yayılma hızının engellenmesi önemlidir. Yanmaya karşı en iyi önlemlerden birisi yapıda yeterli kalınlıkta ağaç malzeme kullanmak ve alevin gireceği herhangi bir küçük kusur ve noksanlık (Çatlaklar, keskin kenarlar, sivri uçlar, ayırık ve ince birleştirmeler, ince materyal vb.) bırakmamaktır. Ağaç malzemenin yanabilen bir materyal olduğu bilinmektedir. Yanlış algılanan bir düşünceyle, ağaç malzeme yerine yapılarda yanıcı olmayan materyallerin kullanılması durumunda yangın emniyetinin sağlanacağı sanılmaktadır. Gerçekte, bilinen en yanmaz yapısal materyal ağır beton bloklar olup, aynı mükemmellikte bir yangın performansı diğer materyallerle sağlanamamaktadır. Bir yapı yangını genellikle yapı içindeki eşyalarla bağlantılıdır. Ağaç malzemenin diğer eşyalara ve yapısal materyallere oranla katkısı ise, gerek boyut, gerekse yer açısından oransal olarak düşüktür. Tümüyle ahşap iskeletli yapılarda bile klasik yapılardakinden sadece 1/3 oranında daha fazla ahşap kullanılmaktadır. Bu yüzden tezyin eşyası ve diğer ev eşyalarından kaynaklanan yangınlarda, yapısal materyallerin yangına direnebilme özelliklerine oranla, ahşabın yanabilirliği sınırlı öneme sahiptir (Yalınkılıç, 1993).

Odunun yanabilir olmasına karşın, diğer yapısal materyallere oranla yangına katkısının minimum düzeyde olduğu ve yangının ilk aşamalarında da olsa mükemmel bir direnç özelliği gösterdiği bilinmektedir. Yangının yayılmasına karşı



ağaç malzeme yüksek direnç gösterirken, önemli bir tahribat veya direncinde hızlı bir azalma gözlenmemektedir. Karşılaştırma yapılırsa, çelik ergime noktasına ulaştığında aniden çökerken, özellikle çelik kısımları çevreleyen ve demir aksamı içine alan beton meydana gelen gerilim farkından dolayı çatlamakta veya parçalanmaktadır. Beton içindeki demir çubuklar erime noktasına ulaştıklarında yüksek bir gerilme etkisi altında kaldıklarından yapının tümünün çökmesi önlense bile büyük ölçüde tahrip olmasına engel olunamamaktadır. Hatta demir ve çelik aksam erime noktasına ulaşmadan yangının söndürülmesine rağmen, meydana gelen gerilmeler nedeniyle deformasyonların ve ayrılmaların bir süre daha devam ettiği bildirilmektedir (Richardson, 1978).

Ağaç malzeme, yapılarda yapısal malzeme olarak yeterli kalınlıkta masif kullanılması durumunda, yüksek sıcaklık derecelerine ve yangına karşı koyma direnci göstermekte, yüzeyi kömürleştiği halde iç kısımları sağlam kalmakta, taşıma gücünü uzunca süre önemli miktarda koruduğundan söndürme, can ve mal kurtarma faaliyetlerine zaman kazandırmaktadır. Taş ve tuğla gibi yapı materyalleri ise, yüksek sıcaklık derecelerinin etkisi altında ve özellikle yangında kızgın halde üzerine su püskürtüldüğünde çatlamakta ve dayanımını kaybetmektedir (Goldstein, 1973).

Metal iskelet yapıların yangında ani çökmeler göstermesi tehlikesi nedeniyle yangına karşı mücadele ve söndürme işleri ancak yapıların dışından yapılmaktadır. Metallerle karşılaştırıldığında ağaç malzemenin iç kısımlarda yangın mücadelesi ve can-mal kurtarma şansını arttırdığı görülmektedir. Hatta yangın başlangıcında ağaç malzemenin rutubetini kaybetmesine bağlı olarak direnci bir miktar artmakta, yangının söndürülmesinden sonra da bazı ahşap kısımların kömürleşen üst tabaka temizlendikten sonra da kullanılabilirdiği bildirilmektedir (Hafizoğlu ve ark., 1994).

Ancak bu özelliklerin özellikle yüksek sıcaklıklarda ve küçük boyutlu ahşap malzemelerde yeterli koruma sağlamadığı açıktır.

#### *1.1.2.2. Ağaç malzemenin biyotik (canlı) faktörler tarafından bozundurulması*

Biyotik faktörler yaşayan canlı organizmalar olup bunların başında; bakteriler, mantarlar, böcekler, termitler, deniz kurtları ve odun arıları gelmektedir. Bunlar ağaç

malzemeyi ya doğrudan doğruya besin maddesi olarak kullanırlar ya da onu bozuşturarak kendilerine barınak kurarlar (İlhan, 1999).

Mantar tahribatı, yüzeyin su ile ıslanması sonucu oluşur. Mantar tahribatı sonucu tahribatın derecesine göre, ağaç malzemenin anatomik özelliklerinden kimyasal, biyolojik yapısına kadar tüm doğal yapı az ya da çok değişime uğrar (Peker, 1997).

Odun hammaddesi organik bir madde olduğundan uygun koşullar altında bakteriler, mantarlar, tahripçi böcekler ve oyucu deniz organizmaları gibi biyolojik faktörler tarafından zarara uğratılır. Ancak bazı ağaç türleri diğerlerine göre, bu organizmalar tarafından daha fazla tahribe uğratılmaktadır. Doğada hiçbir ağaç türünün çürümeye karşı bağışıklığı olmamakla beraber, bazı ağaç türleri biyotik zararlılara karşı diğerlerinden daha dayanıklıdır. Bununla beraber ağaç malzemenin dayanıklılığı esas itibarıyla kullanım yerindeki şartlara bağlıdır. Örneğin; Mısır piramitlerinde sıcak ve kuru şartlarda bulunan ağaç malzemenin yapılmış lahitler yüzlerce yıl önceden günümüze kadar çürümeden sağlam olarak gelmiştir. Oysaki toprakla temas halinde kullanılan ağaç malzemedede, toprakta sürekli değişen rutubet nedeniyle mikroorganizmaların gelişimi için son derece uygun ortam oluşmakta olup; bu gibi yerlerde kullanılan ağaç malzemenin dayanım özellikleri daha düşük olmaktadır. Ağaç malzemenin dayanıklılığı, diri odun / özodun oranına da bağlıdır. Genel olarak öz odun içerdiği ekstraktif maddelerden dolayı mantar ve böceklere karşı diri odundan daha dayanıklıdır (Bozkurt ve ark., 1993; Berkel, 1972).

Ağaç malzemenin biyotik faktörlere karşı korunması modern emprenye tekniği yardımı ile uygun metot ve maddenin kullanılmasıyla mümkün olmakta, kalite özellikleri uzun zaman muhafaza edilmek suretiyle kullanım süresi önemli miktarda uzatılabilmektedir (Berkel, 1972).

### *1.1.2.3. Ağaç malzemenin higroskopik yapısı*

Ağaç malzeme son derece higroskopik bir maddedir. Bağıl nemin yüksek olduğu yerlerde kuru halde iken, bünyesine su almakta, bağıl nemin azalması ile de yaş haldeki odun bünyesinden su kaybetmektedir. Bu su alış verişi ağaç malzemenin boyutlarında değişime neden olmaktadır. Boyutsal değişimler lif yönünde çok az olduğu halde, teğet yönde radyal yönün 1,5-3 katı kadar olabilmektedir. Ağaç

malzemenin çeşitli yönlerde farklı çalışması olumsuz özelliklerinden en önemlisidir. Bu durum özellikle parke, uçak ve gemi aksamı, küçük el aletleri, müzik aletleri, mobilya endüstrisi ve ahşap yapılarda kullanılan ağaç malzemede ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca su alma ve verme suretiyle üç değişik yönde farklı genişlemesi, daralması iç gerilmelere sebep olmakta, bunun sonucunda çarpılma, eğilme başlangıçta düzgün olan yüzey, kenar ve profillerin kamburlaşması, çatlaması ve ağaç malzemede aralıkların oluşması gibi çeşitli kusurlara yol açmaktadır (Berkel, 1970).

Ağaç malzemenin çalışması ile ilgili meydana gelen sakıncalara karşı çok eski zamandan beri ilgi duyulmuş ve bu sakıncalar önlenmeye çalışılmıştır. Örneğin kullanım yerine uygun ağaç türlerinin seçimi, bazı konstrüksiyonların uygulanması, çeşitli kimyasal maddelerle muamele (PEG-1000), sentetik reçinelerle emprenye, asetillendirme, lümenlerde polimerize olan maddelerle emprenye vb.) kontrplak, kontratabla, yonga ve lif levha gibi malzemeler üretilmesi diğer amaçlar yanında çalışmayı da azaltma çabalarına dayanmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1985).

#### *1.1.2.4. Dış faktörlerin ağaç malzemede yaptığı degradasyon*

Ağaç malzemenin işlendikten ve son ürünler haline dönüştürüldükten sonra kullanım yerlerinde kendisi için en sakıncalı sayılabilecek etkenler, dış hava koşulları olarak da nitelendirilen; sıcaklık, nem, güneş ışığının değişik dalga boyları ve UV radyasyonu ve bunların mevsimlere göre değişmesidir (Feist, 1990).

Ahşap malzemeyi bu olumsuz etkilerden kısmen de olsa koruyabilmek için yüzeyleri boya ve verniklerle kaplanmakta böylece ahşap malzemeye hem dış hava koşullarına karşı belli ölçüde dayanıklılık kazandırılırken hem de estetik ve güzel bir görünüm kazandırılması sağlanmış olmaktadır (Yalınkılıç ve ark., 1997).

## **1.2. Emprenye**

Tarih boyunca insanların en yaygın olarak kullandığı malzeme ahşap olmuştur. Sanayinin gelişmesiyle yerini metal ve plastik türevli ürünlere bıraksa da, ahşabın

doğallığı, insana ferahlık veren yapısı, mekanik ve fiziksel özellikleri sebebiyle değerini hiçbir zaman kaybetmemiş, aksine hep aranan ve akla ilk gelen malzeme olmuştur. Bu üstün özellikleri yanı sıra, ahşap malzeme doğal bir materyal olduğu için biyolojik canlılar (mantar, böcek) tarafından kolayca ve hızlı bir şekilde tahrip edilebilmesi, rutubet ve sıcaklığa bağlı olarak ebatlarını değiştirmesi ve yanabilen bir malzeme olması sebebiyle dış ortamda kullanılırken çeşitli koruyucu maddelerle muamele edilmesi gerekmektedir.

Park, bahçe ve yeşil alanlarda ahşap malzeme yoğun olarak kullanılmaktadır. Belli başlı kullanım alanları; çocuk oyun grupları, piknik masaları, kameriye, pergola, çardak, çit kazıkları, ağaç kazıkları, kütük evler, banklar, oturma grupları, kemerler, havuz kenarları, ıslak zeminler, eğimli arazilerde teraslama yapımında ve köprüler gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Orman kaynaklarımız kısıtlı ve orman türevli ürünler pahalı olduğundan dolayı ürünlerin kullanım ömrünü uzatmak büyük önem arz etmektedir.

Ahşap malzemenin daha uzun ömürlü olması için insanoğlu hep arayış içinde olmuştur. Tarih öncesi kalıntılarda yapılan inceleme ve araştırmalarda ahşap malzemenin ömrünü uzatabilmek için yapılan en basit uygulama malzemelerin kömürleştirilerek korunmasıdır. Bu uygulamada toprak altında kalacak ahşap malzeme yakılarak yüzey kısmının kömürleşmesi sağlanırdı. Ayrıca bitkisel ve hayvansal yağlar da ağaç malzemenin ömrünün uzatılmasında kullanılmıştır.

Günümüzde ise ahşap malzemelerin daha uzun ömürlü olabilmesi için 2500'ün üzerinde empenye maddesi kullanılmaktadır. Ahşap malzemeler bu koruyucu kimyasal maddelerle kaplanarak veya empenye edilerek uzun yıllar özelliklerinden bir şey kaybetmeden kullanılabilmesi sağlanır. Her oduna empenye maddesinin nüfuz edilebilmesi aynı değildir. Bu durum odunun permeabilitesi (geçirgenliği) ile ilgili bir durumdur.

Kullanılan empenye maddesi yanmayı geciktirebilmeli ve odun içerisine iyi ve derin bir şekilde nüfuz edebilmelidir..

### 1.2.1. Ağaç malzeme emprenyesinin önemi ve tarihçesi

Ağaç malzemelerinin hafif olması, işlenmesinin kolay olması, direncinin yüksek olması, gerekli tedbirler alındığı zaman ömrünün uzun olması, yangın ve deprem gibi doğal afetlere dayanıklı olması ve en önemlisi insan sağlığı yönünden elverişli olması konutlarda ahşabın kullanılmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Herhangi bir koruyucu işlem görmemiş doğal haldeki ağaç malzemenin kullanım yerinde mantarlar ve böcekler tarafından tahrip edilerek çürütülmesi sonucu her yıl büyük maddi kayıplar söz konusu olmaktadır. Çünkü organik bir madde olan ağaç malzemenin çürütülmesi ve böceklerle tahrip edilmesi doğal bir olaydır. Ancak alınacak çeşitli önlemlerle, özellikle kimyasal önlemlerle ağaç malzemenin uzun yıllar bu zararlılardan korunması mümkün olmaktadır. Günümüzdeki kimyasal önlemlerle yani zararlı organizmalar için zehirli etki yapan emprenye maddeleri kullanılarak, ağaç malzemenin hizmet ömrü uzatılmaktadır (Bozkurt, 1993).

Ağaç malzemenin kullanım yerlerinde korunması önemi asırlar öncesinde kabul edilerek, çeşitli maddeler ve yöntemlerle uygulamalar yapılmıştır. Bunlar arasında kömürleştirme ilk önlem olarak yapılan arkeolojik kazılarda ortaya çıkmıştır. Ülkemizde Efes'te bulunan Diana Tapınağı, kömürleştirilerek hazırlanmış ağaç direkler üzerinde inşa edilmiştir. Çin, Mısır, Roma ve Yunan gibi eski medeniyetler bitkisel, hayvansal ve mineral yağlarla ağaç malzemeyi muamele etmişlerdir. Bu medeniyetlerde ardıç, sedir ve çam yağları zamanla deniz araçlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Bunun yanında, sıcak ve kuru iklimlerde örneğin Mısır piramitlerinde ahşap malzeme binlerce yıl sağlam olarak kalabilmiştir. Milattan sonra 1000'li yıllara kadar ağaç malzemenin emprenyesi hakkındaki çok fazla gelişme olmamıştır. 16.yüzyıldan sonra çeşitli ticaret gemilerinin deniz oyucuları ve çürüklük yapan mantarlara karşı korunması için kömürleştirme, odun katranlarına batırma yöntemlerine ilave olarak endüstriyel alandaki gelişmelerle birlikte yağlar, tutkallar, reçineler, kauçuk ve tuzlar da bu alanda kullanılmaya başlanmıştır (Bozkurt ve ark., 1993).

Mitolojik bilgilere göre Nuh Peygamber yapmış olduğu gemiyi, suların yıpratıcı etkilerinden korumak amacıyla katran yağıyla yağladığı ifade edilmektedir. Eski Yunanlılar M.Ö.500 yıllarında yapılarında kullandıkları ağaç direk ve kirişlerin

birleşme yerlerine ve çürümeye uygun diğer yerlerine delikler açarak ve buralara yağlar doldurarak ve ağaç malzemeyi nemden koruyarak emprenye etmişlerdir (İlhan, 1980).

Mısırlılar ağaç malzemenin rutubetten uzak olduğu takdirde çürümeyeceğini ve uzun süre dayanacağını bir ön koşul, bir temel ilke olarak benimsemişlerdir. Bu ilkeden hareket ederek firavun inciri (*cactus apuntis*) ağacından yapmış oldukları sandukalar birkaç bin yıldan beri piramitler içerisinde toprak ve rutubetle teması kesilmiş bir durumda bütün estetik ve sağlıklarını koruya gelmektedir. Sandukaların yapımında kullanılan ağaç çivilerinde bitüm türü koruyucu maddelerle emprenye edildikleri saptanmıştır (İlhan, 1980).

Daha sonraki yıllarda M.S.1000 yılına kadar ağaç malzemenin emprenyesi hakkındaki bilgilerde herhangi bir gelişme olmamıştır. İngiliz ve Hollanda ticaret gemilerinin kuru çürüklük yapan mantarlar ve deniz zararlıları tarafından tahrip edilmesi konunun önemini ortaya çıkarmış 1657 yılında Alman kimyager Johan Glauber, ağaç malzemenin yakılmak suretiyle kömürleştirilmesi, üzerine katran sürülmesi ve sonra odunun destilasyonu yolu ile elde edilen pirolignig aside batırılması yöntemini geliştirmiştir (Bozkurt, 1993).

1630-1830 yılları arasında buhar makinelerinin icadı ve endüstrileşme büyük bir aşama kaydetmiştir. Bu iki asır içerisinde deniz ve demiryolu tasarımcılığının ve telgraf ile haberleşme sistemlerinin büyük gelişimi sonucunda ağaç malzeme gereksinimi çok büyük oranda artmıştır. Bilim adamları bu gereksinimin en iyi şekilde karşılanabilmesi ve ağaç malzemesinin en uzun süre kullanılabilmesini sağlamak amacıyla ağaç malzemesinin korunması alanında yoğun bir şekilde bilimsel çalışmalarda bulunmuşlardır. Bu nedenle ağaç malzeme koruma ve emprenye teknikleri özellikle 1830-1930 yılları arasında önemli bir gelişme sağlamıştır. Emprenye maddeleri dört ana grupta toplanmaktadır.

1. Yağlı emprenye maddeleri
2. Organik çözücülü emprenye maddeleri
3. Suda çözünen emprenye maddeleri
- 4.Özel amaçlar için kullanılan emprenye maddeleri (Sivrikaya, 2004).

## 1.2.2. Emprenye maddeleri

### 1.2.2.1. Yağlı emprenye maddeleri

Yağlı emprenye maddeleri ıslak mekânlarda kullanılacak ağaç malzemedede suyun hareketini yavaşlatarak mantarların gelişmesini engeller. Ancak yüzeyler yağlı olduğu için ağaç malzemeye boya ve cila sürülemez (Örs ve ark., 2001; TS 344, 1981).

Yağlı emprenye maddeleri kömür katranı destilasyonu ve kimyasal toksinlerin çözündürülmesiyle elde edilir. Başlıca yağlı emprenye maddeleri; kreozot, karbolineum, maden kömürü katranı, linyit kömürü katranı, odun katranı ve katran yağıdır. En eski ve en yaygın olarak kullanılan yağlı emprenye maddesi, kreozottur. Bunun yanında, uçucu maddeler içermesi ve kötü bir kokuya sahip olduğundan kapalı yerlerde kullanılmazlar. Aynı zamanda sıcaklık etkisiyle dışarı sızma yaparlar (Şen, 2001).

### 1.2.2.2. Organik çözücülü emprenye maddeleri

Bu emprenye maddeleri petrol destilasyonu ürünleri olarak elde edilen organik çözücülerde çözünmüş fungusit ve insektisit özellikteki aktif kimyasal maddeden ibarettir (Şen, 2001).

Başlıcaları; pentaklorofenol (PCP), metal naftanetler, bakır naftanet, bakır-8 kinolinolat, çinko naftanetler, organik kalay bileşikleri, organik civa bileşikleri, kloronaftalenler, klorobenzenler, klorlu hidrokarbonlar, sentetik pretroidlerdir. Doğal olarak suda çözünmediklerinden ağaç malzemedede uzun süreli koruma sağlarlar. Ağaç malzemenin emprenye yapılmasından sonra boyama ve tutkallama işlemleri yapılabilmektedir. En önemli sakıncası ağaç malzemenin emprenyesinden sonra içerisindeki uçucu çözeltilerden dolayı tutuşma tehlikesinin olmasıdır (Bozkurt ve ark., 1993).

### *1.2.2.3. Suda çözünen emprenye maddeleri*

Çok çeşitli olan suda çözünen emprenye maddelerinin en önemlileri, bakır/krom/arsenik (CCA), asit/bakır/kromat (ACC), amonyaklı bakır arsenik (ACA), amonyaklı bakır çinko arsenik (ACZA), bakır/krom/bor (CCB), kromlu çinko klorür (CZC), fluor/krom/arsenik/fenol (FCAP), bor bileşikleri (borik asit, disodyum oktaborat tetrahidrat), pentaklorofenol/amonyak/solvent (PAS) tipi emprenye maddeleridir (Bozkurt ve ark., 1993).

### *1.2.2.4. Özel amaçlar için kullanılan emprenye maddeleri*

Bunlar mavi renk mantarları, küf mantarları gibi mantar tasallutu, ayrıca ardaklanma ve böceklerle karşı kullanılan emprenye maddeleridir. Odunun fiziksel ve kimyasal degradasyona karşı korunması amacıyla kullanılan emprenye maddeleri de ayrıca bir sınıf oluşturmaktadır. Ateşe karşı koruyucu ve yanmayı geciktirici maddeler olarak çok sayıda kimyasal maddeler mevcuttur. Borik asit ve boraksın çeşitli karışımları ile birlikte kullanılması durumunda, ağaç malzemenin yanma direncini daha olumlu yönde arttırdığı belirlenmiştir (Le Van and Tran, 1991).

Emprenye metotları içerisinde elverişli, etkili ve aynı zamanda ticari olarak geniş uygulama imkânı bulunan yöntemler kazanda basınç metotlarıdır. Kazanda basınç metotları pahalı ve komplike emprenye tesislerinde yapılmakla birlikte; kapalı kazan içerisinde emprenye edilecek ağaç malzeme türüne göre gereksinim duyulan kimyasal madde miktarı, basınç ve vakum süreleri, kazanın doldurulup boşaltılması gibi işlemlerin kontrolünün kolaylığı sistemlerin üstünlüğüdür. Ağaç malzemenin suda çözünen emprenye tuzları ile emprenyesinde genel olarak dolu hücre metotları kullanılmakta ve basınç yardımıyla içerisine alabileceği en yüksek miktarda emprenye maddesi çözeltisi nüfuz ettirilmektedir. Emprenye sırasında sınırlı miktarda nüfuz istendiği vakit, boş hücre metotları kullanılmaktadır. Kazanda basınç metotları fazla miktarda hacim teşkil eden ağaç malzemenin emprenyesinde kullanılmaktadır. Bunlar başta demiryolu traversleri, telefon, telgraf ve elektrik direkleri olmak üzere ayrıca maden direkleri, ağaç yapı malzemesi, su inşaatı direkleri, çit malzemesi ve bağ bahçe sırıkları olarak sıralanabilir.



### 1.2.3. Emprenye maddelerinde aranılan özellikler

Bütün emprenye maddelerinin, ağaç malzemedede yüzey gerilimini azaltıcı olması, derine nüfuz etmesi ve ağaç liflerine tutunucu olmasının yanında aşağıdaki özellikleri de bulundurması gerekir:

- ✓ Zehirlilik : Mantar, böcek ve deniz zararlılarına karşı yeter derecede zehirli olmalıdır. Zehirlilik derecesi en önemli faktör olup diğerlerinden ayrı düşünülmelidir.
- ✓ Devamlılık : Emprenye maddesi zehirlilik etkisini bir çok yıl devam ettirmelidir. Yağmur ve deniz sularında kolayca yıkanırse zehirlilik etkisi kalmaz ve ağaç malzeme çürütülür.
- ✓ Nüfuz Kabiliyeti : Kimyasal maddeler yüzeyde olduğu kadar odunun derinliklerinede nüfuz edebilmelidir. Şayet emprenye maddesinin viskozitesi çok yüksekse veya diğer özellikleri dolayısıyla iyi bir şekilde oduna nüfuz etmezse zehirlilik ve devamlılığının değeri yoktur.
- ✓ Metallere Etki Yapmamalı : Tesiste kullanılan metal kısımlar etkilenmemelidir. Aksi takdirde bazı emprenye maddelerinde olduğu gibi madeni kısımlar etkilenmekte ve ciddi şekilde mukavemetlerinin azalmasına sebebiyet verilmektedir.
- ✓ Odunu Tahrip Etmemeli : Benzer şekilde kullanılan koruyucu kimyasal maddelerin gerekli konsantrasyonları karbonhidratlar veya lignine tesir ederse odunun mukavemeti azalacaktır.
- ✓ İnsanlar İçin Zararlı Olmamalı : Emprenye maddeleri emprenye esnasında, taşımada insanlar için sakıncalı olmamalı ve kullanılış yerinde sağlık için ciddi zararlar meydana getirmemelidir.
- ✓ Fiyat : Emprenye maddeleri çok pahalı olmak suretiyle büyük emprenye masraflarına sebebiyet vermemelidir. Yeterli miktarda bulunabilmeli ve fiyatı ticari kullanımı engellememelidir.
- ✓ Yanmaya Dayanıklı Olmalı : Emprenye maddesi yanıcı olmamalı veya odunun yanmasını kolaylaştırmamalıdır. Bazı emprenye maddeleri kâfi derecede zehirlidir ve aynı zamanda yanmayı geciktirmektedir (Bozkurt, 1986).
- ✓ Yıkanma özelliği: Emprenye maddeleri zamanla suda çözünerek ağaç malzemedden uzaklaşır. Bu durum, ağaç malzeme içerisindeki emprenye miktarının

ve ağaç malzeme dayanımının azalmasına neden olur. Emprenye maddelerinin performans değerlerinden biri olan yıkanabilirlik, zehirlilik derecesinden sonra emprenye maddesi için ikinci önemli noktadır. Yıkanmaya direnci yüksek olan bir madde, ağaç malzeme içerisinde uzun süre kalarak kullanım ömrünün uzamasını sağlar. Emprenye maddesinin etkisi, emprenye yönteminin etkisi ve çevresel faktörlerin etkisi emprenye maddesinin yıkanılabilirliğini etkileyen önemli unsurlardır (Kılıç, 1998).

#### **1.2.4. Ağaç malzeme emprenye ilişkisi**

Ağaç malzemenin kullanım ömrünün uzatılması, gerek ortam koşulları, gerekse böceklerle karşı korunması için koruyucu maddelerle emprenye edilmesi önemlidir. Bu nedenle emprenye işleminin yapılabilmesi için ağacın anatomik yapısının bilinmesi gerekir. Hiç bir ağaç türünün özelliği diğerine benzemediği gibi aynı tür ağaçların özellikleri de farklılık gösterir. Hatta aynı ağacın değişik bölümlerinden alınan parçalarda bile farklı özellikler görülebilir. Bu farklılığın nedeni bulunduğu bölge, yetişme ortamı ve kalıtsal yapı gibi etkenlerden kaynaklanır. Bu nedenden dolayı ağaç malzemenin yapısını oluşturan çeşitli hücrelerin meydana getirdiği dokuların emprenye olma özellikleri de farklıdır (Gürtekin ve Oğuz, 2002).

##### *1.2.4.1. İğne yapraklı ağaç yapısı ve emprenye ilişkisi*

İğne yapraklı ağaçlar basit yapılıdır. Ağacın boyuna yönde uzanan traheidler ve çap yönünde uzanan öz ışınlar ağacın genel elemanlarından. Ayrıca parankim hücreleri, reçine kanalları ve enine traheidler de bulunur. Traheidler ağaç boyu yönünde uzanmış ölü hücrelerden oluşur ve ligninlenmiş bir haldedir. Boyuna yönde olanlar ağaçta destek ve iletim görevi yaparlar (Sivrikaya, 2003).

Traheid hücreleri emprenye maddesinin ağaç malzeme üzerinde boyuna yönde ilerlemesini kolaylaştırır. Traheidlerin içerisinde yan hücrelerle bağlantısı olan geçitler bulunmaktadır. Bu geçitler emprenye maddesinin diğer hücrelere taşınmasında önemli bir rol oynarlar. Ancak bazı durumlarda bu geçitler basınç

etkisiyle kapanabilir ve emprenye maddesinin nüfuzunu zorlaştırabilirler (Sivrikaya, 2003).

#### *1.2.4.2. Geniş yapraklı ağaç yapısı ve emprenye ilişkisi*

Geniş yapraklı ağaçlarda emprenye sıvısı akışı, traheeler içerisindeki sıvı madde, geçit açıklıklarından öz ışınlara, daha sonra boyuna paranşim hücrelerine ve liflere veya diğer traheelere doğru geçmektedir. Böylece geniş yapraklı ağaçlarda emprenye maddesi akışı sağlanır. Geniş yapraklı ağaçlar özgül ağırlıkları yüksek olduğu için daha güç emprenye edilirler (Sivrikaya, 2003).

### **1.2.5. Emprenye yöntemleri**

#### *1.2.5.1. Basınç uygulayan emprenye yöntemleri*

Günümüzde ağaç malzemenin emprenyesinde endüstriyel metotlar arasında vakum ve basınç uygulayan metotlar önem kazanmıştır. Bu yöntemlerde ağaç malzeme içerisine kısa sürede ekonomik yoldan yeterli miktarda ve derinlikte emprenye maddesi nüfuz ettirmek mümkün olmaktadır. Arzulanan düzeyde emprenye işlemini gerçekleştirmek için ağaç malzemenin yerleştirildiği çelik bir kazan ile istenildiği kadar vakum ve basınç uygulanabilen özel bir tesis kullanılmaktadır (İlhan, 1983).

Bu tesislerde büyük hacimde ve her boyuttaki ağaç malzemeler emprenye edilebilmekte ve emprenye maddesi miktarı ayarlanabilmektedir. Emprenye maddesinin ağaç malzemenin içerisine yeknesak bir şekilde geçmesini sağlayıp daha etkili ve güvenli bir koruma yapmak mümkün olmaktadır. Bu tesisler sabit olarak kurulabildiği gibi kamyonlar üzerine monte edilerek seyyar olarak da hizmet verebilmektedirler. Basınçlı emprenye yöntemleri dolu ve boş hücre yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

#### *Dolu hücre yöntemleri*

Basınç uygulayan yöntemlerde temel prensip ağaç malzemenin içerisine mümkün olduğunca en yüksek miktarda emprenye maddesinin nüfuz ettirilmesidir. Emprenye kazanının içerisine doldurulan ağaç malzemeye önce vakum uygulanarak hücre

boşluk ve çeperlerinde bulunan hava bir ön vakum ile (alçak basınç) dışarıya alınmaktadır. Emprenye maddesinin silindire sevk edilmesinden sonra basınç uygulamak suretiyle ağaç malzemenin tüm boşluklarına nüfuz etmesi sağlanmaktadır (Hafizoğlu, 1987).

#### *Boş hücre yöntemleri*

Emprenyeli ağaç malzemenin demiryolu, enerji nakil hatları, ve haberleşme hizmetlerindeki tüketiminin yaygınlaşmasıyla yüksek miktarda emprenye maddesi tüketen dolu hücre yöntemlerinin yerine daha ekonomik olan boş hücre metotları geliştirilmiştir. Boş hücre metotlarının farkı ağaç malzemeye başlangıçta bir vakum işlemi uygulanmamasıdır. Bu metotların yaygın ve önemli olanı Ruping metodu olup, başlangıçtaki vakum içermeyip diğer işlemleri dolu hücre metodunda olduğu gibi yapılmaktadır (Hafizoğlu, 1987).

#### *1.2.5.2. Basınç uygulamayan emprenye yöntemleri*

##### *Fırça ile sürme ve püskürtme yöntemleri*

Fırça ile sürme ve püskürtme metotları, emprenye maddelerinin ağaç malzemede kullanılmasının en kolay yoludur. Ancak, yüzeylerin tam manası ile örtülmemesi, diri odunun tamamen emprenye edilmemesi daima sorun oluşturmaktadır. Bu metotlar kullanıldığında emprenye maddesi; odunsu hücreler ve yüzeye sürülen sıvı arasındaki kapılar etki yardımıyla ağaç malzemeye nüfuz etmektedir. Ağaç malzeme yüzeyi kirli ya da ıslak ise absorpsiyon miktarı daha az olmaktadır. En iyi sonucu elde edebilmek için emprenye maddesi, temiz ve kuru ağaç malzeme yüzeyine birkaç kat olarak uygulanmalıdır. Birinci kat kuruduktan sonra diğer katların sürülmesine özen gösterilmelidir. Bu durumda bile emprenye maddesi ağaç malzeme içerisine ancak birkaç mm girebilmektedir. Binaların dış cephe kaplamalarında olduğu gibi geniş alanların emprenyesi ve böcek arız olan çatı kerestelerinin emprenyesi söz konusu olduğunda püskürtme metodu, fırça ile sürme metoduna tercih edilmektedir. Ayrıca kuru çürüklük yapan mantarların arız olduğu duvarlar üzerine de püskürtme işlemi uygulanmaktadır. Dikkat edilecek diğer bir konu, bu metotlarla emprenye edilecek ağaç malzemenin daha önceden mantarlar tarafından istila edilmemiş ve iyi kurutulmuş olmasıdır. Fırça ile sürme ve püskürtme metotlarında kullanılacak en

uygun koruyucu maddeler kreozot ve organik çözücülü emprenye maddeleridir. Her iki metot da dış maksatlarda kullanılan ağaç malzemeye uygulanmaktadır. Organik çözücülü emprenye maddeleri binalarda böcek ve mantar arız olmuş ağaç malzemenin, yerinde bakımı için en fazla kullanılmaktadır. Böceklere karşı koruma, organik çözücülü emprenye maddelerinden temas zehiri olan lindan kullanılması ile mümkün olmaktadır (Bozkurt, 1993).

Suda çözünen tuzlar ve basınç uygulayan metotlarla emprenye edilmiş ağaç malzemedede daha sonra kesme, delme gibi işlemler yapılacaksa o takdirde fırça ile sürme işleminden yararlanılmaktadır. Ancak, bu metotlarda emprenye maddesi derine nüfuz etmediğinden, toprakla temas eden yerlerde veya mantar çürüklüğü riskinin yüksek olduğu yerlerde kullanılan ağaç malzeme için tavsiye edilmemektedir.

#### *Besi suyunu çıkarma metodu*

Bu metot 1838 yılında Fransız Dr. Auguste Boucherie tarafından bulunmuştur. Metodun esası yeni kesilmiş taze haldeki kabuğu soyulmamış ağaç gövdelerinde besi suyunun emprenye maddesi ile yer değiştirmesi esasına dayanmaktadır (Bozkurt ve Göker,1993).

#### *Difüzyon metodu*

Birbiri ile temas halinde bulunan çeşitli maddelerde moleküller birbiri içerisine karışıp, yayılabilmekte ve bu olaya difüzyon adı verilmektedir. Difüzyon metodu çok rutubetli haldeki ağaç malzemeye konsantre halde suda çok kolay çözünen emprenye maddelerinin tatbik edilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Emprenye maddesi hücrelerdeki su içinde çözünerek yüzeylerden içeriye doğru yavaş yavaş yayılmaktadır. Bu metoda göre ağaç malzeme yüksek konsantrasyondaki emprenye maddesi içerisine batırılmakta veya bulamaç halindeki madde yüzeylere sürülmektedir (Bozkurt ve Göker,1993).

#### *Daldırma metodu*

Daldırma metodu, ağaç malzemenin bir tank içerisindeki emprenye maddesine belli sürelerde batırma işlemidir. Fırça ile sürme ve püskürtme metotlarından daha iyi bir nüfuz derinliği sağlanabilmektedir. Çünkü bütün yüzeyler, emprenye maddesini kolay bir şekilde absorbe etmektedir. Daldırma süresi, hedeflenen nüfuz derinliğine

göre kısa ve uzun süreli olarak ayarlana bilmektedir. Kısa süreli daldırma doğrama kerestesinin emprenyesinde ideal bir metottur. Son yıllarda fazlaca kullanılmaktadır. Bu metotta ağaç malzeme paletler üzerine yerleştirilmekte ve kazan içerisine birkaç saniye ile birkaç dakika arasında batırılmaktadır. Daldırma süresi; ağaç türü, emprenye maddesinin ve çözücü maddenin cinsi ve ağaç malzemenin geometrik sekline göre ayarlanmaktadır (Bozkurt ve Göker,1993).

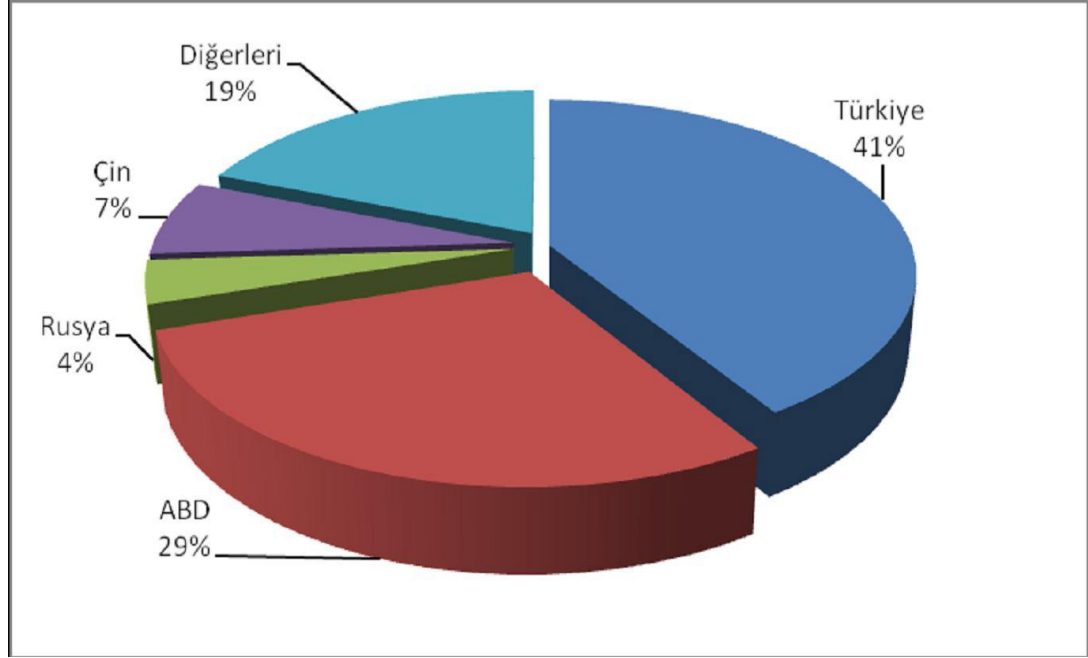
### **1.3. Borlu Bileşikler Hakkında Genel Bilgiler**

Bor periyodik tabloda B simgesiyle gösterilen, atom numarası 5, atom ağırlığı 10.81, yoğunluğu 2.84 gr/cm<sup>3</sup>, erime noktası 2300° ve kaynama noktası 2550° olan metalle ametal arası yarı iletken özelliklere sahip bir elementtir. Genellikle doğada tek başına değil, başka elementlerle bileşikler halinde bulunur. Tabiatta yaklaşık 230 çeşit bor minerali vardır. Çeşitli metal veya ametal elementlerle yaptığı bileşiklerin gösterdiği değişik özellikler, endüstride pek çok çeşit bileşiğinin kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Bor bileşikleri de metal dışı bileşikler gibi davranır. Ancak farklı olarak saf bor karbon gibi elektrik iletkenidir. Bor hidratlar silikon ve karbon bileşiklerine benzer özellikler gösterir. Kristalize bor görünüm ve optik özellikleri açısından elmas benzemektedir ve neredeyse elmas kadar serttir. Endüstriyel açıdan önemli bor bileşikleri arasında boraks (tinkal, sodyum kökenli bor bileşikleri) kolemanit (kalsiyum kökenli bor bileşikleri) üleksit (sodyum-kalsiyum kökenli bor bileşikleri) ana gruplandırması altında kernit, dekahidrat, boraks pentahidrat, susuz boraks, borik asit, sodyum perborat, susuz borik asit, hidroborasit sayılabilir. Bor madenlerinin değeri genellikle içindeki B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Boraksit) ile ölçülmektedir. Yüksek oranda B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bileşiğine sahip olanlar daha değerli kabul edilmektedir (Sarıhan, 2006). Hem mantar, hem de böceklere karşı eşit etkinlikte olan suda çözünen kimyasal madde formülleri kolayca hazırlanabilmektedir (Bozkurt, 1993).

Ülkemizde gerek bor minerallerinin sahip olduğu rezerv potansiyeli, gerekse işletme maliyeti ve tenör avantajları ile dünyada çok önemli bir yere sahiptir. Türkiye, dünyanın en büyük boraks, üleksit ve kolemanit yataklarına sahiptir. Dünya ülkeleri

kolemanit üretimi yönünden tamamen, üleksit üretimi yönünden ise kısmen Türkiye'ye bağlıdır.

Dünyadaki bor madeninin üretimini yapan ülkeler Şekil 1'de belirtilmiştir.



Şekil 1. Dünya bor üretiminin ülkelere göre dağılımı (Etibor, 2009)

Dünyadaki önemli bor yataklarının Türkiye, Rusya ve ABD olduğu bilinmektedir.

Dünya toplam bor rezervi 1.2 milyar ton olup, bu rezervin %72.2'si Türkiye'de, %8.5'u Rusya'da ve %6.8'i de ABD'de bulunmaktadır (DPT, 2006).

Bor üretimi 2010 yılında yaklaşık olarak 1,89 milyon ton B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> civarında gerçekleşmiştir. Bor oksit üretim bazında 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 %12,6 payla Asya (Rusya, Çin, Hindistan) takip etmiştir (URL-7, 2011).

Dünyanın en büyük bor üreticileri Türkiye (Eti Bor A.Ş.) ve ABD (Rio Tinto Boraks)'dır (Bayar, 2010).

Türkiye'de bilinen bor yatakları Kırka/Eskişehir, Bigadiç/Balıkesir, Kestelek /Bursa ve Emet/Kütahya'da bulunmaktadır. Ülkemizde en çok bulunan bor cevherleri tinkal (Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.10H<sub>2</sub>O) ve kolemanit (2CaO. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. H<sub>2</sub>O)'dır (URL-7, 2011).

### 1.3.1. Borlu bileşiklerin emprenye endüstrisinde kullanımının tarihçesi

Tarihte ilk olarak 4000 yıl önce Babiller Uzak Doğu'dan boraks ithal etmiş ve bunu altın işletmeciliğinde de kullanmışlardır. Mısırlıların da boru, mumyalamada, tıpta ve metalurji uygulamalarında kullandıkları bilinmektedir. İlk boraks kaynağı Tibet Gölleri'nden elde edilmiştir. Boraks koyunlara bağlanan torbalarda Himalayalar'dan Hindistana getirilmiştir. Eski Yunanlılar ve Romalılar boratları temizlik maddesi olarak kullanmıştır. İlaç olarak ilk kez Arap doktorlar tarafından M.S. 875 yılında kullanılmıştır. Borik Asit 1700'lü yılların başında borakstan yapılmış, 1800'lü yılların başında ise elementer bor elde edilmiştir (Bozkurt, 1993).

Elementer bor 1808 yılında Fransız Kimyacı Gay-Lussac ile Baron Louis Thenard ve bağımsız olarak İngiliz kimyacı Sir Humphry Davy tarafından bulunmuştur. Modern bor endüstrisi ise 13. yüzyılda Marco Polo tarafından Tibetten Avrupa'ya getirilmesiyle başlamıştır. 1771 yılında, İtalya'nın Tuscani bölgesindeki sıcak su kaynaklarında Sassolit bulunduğu anlaşılmış 1852 de Şili'de endüstriyel anlamda ilk boraks madenciliği başlamıştır. Nevada, California, Caliko Mountain ve Kramer yöresindeki yatakların bulunarak işletilmeye alınmasıyla ABD dünya bor gereksinimini karşılayan birinci ülke haline gelmiştir. Türkiye'de ilk işletmenin 1861 yılında çıkartılan "Maden Nizamnamesi" uyarınca 1865 yılında bir Fransız şirketine işletme imtiyazı verilmesiyle başladığı bilinmektedir. 1950 yılında Bigadiç ve 1952 yılında Mustafa Kemal Paşa yöresindeki kolemanit yatakları bulunmuştur. 1956 yılında Kütahya Emet Kolemanit, 1961 yılında Eskişehir Kırka Boraks yataklarının bulunması ve işletilmeye başlatılmasıyla Türkiye, dünya bor üretimi içinde % 3 olan payını 1962'de % 15, 1977'de % 39 düzeyine yükseltmiştir (Bozkurt, 1993).

### 1.3.2. Ağaç malzemeyi koruma amaçlı kullanılan bazı borlu bileşikler

Odun koruma amaçlı, ticari anlamda ve bilimsel denemelerde kullanılan borlu bileşiklerden bazıları aşağıda verilmiştir (Karayazıcı ve ark., 1980).

**Borik asit;** Borik asit, kolemanit cevherinden elde edilmektedir. Kolemanit, kalsinasyon fırınına verilmeden önce çeneli ve çekiçli kırıcılarla kırılarak ufalanır. Kalsinasyon fırınında billur suyun bir kısmı depolanır ve pinomatik konveyörle



işletmeye sevk edilir. Reaktörler içinde kolemanit, ana çözücü ve sülfürik asitle muamele edilir (Hafizoğlu ve ark.,1994).

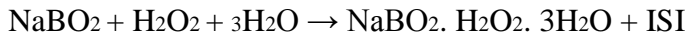
**Boraks;** Boraks, tinkal cevherinden üretilmektedir. Tinkal konsantresi bir paletli besleyici ve elevatörle reaktöre beslenir. Burada ana çözeltisi içinde sıcaklıkta çözünme işlemi tamamlanır. Çözeltinin içerdiği kil, tinkerde floküle edici bir madde ile çöktürüldükten sonra berrak kısım tekrar filtreden geçirilir ve kristallendirilmek üzere kristalizatöre gönderilir. Kristal boraks, ana çözeltisinden santrifüj edilerek ayrılır. Ana çözelti tekrar reaksiyona sokulmak üzere depolanırken, rutubetli kristaller bir nakil bandına dökülerek kurutmaya sevk edilir (Hafizoğlu ve ark., 1994).

Boraks içerdiği billur suyuna göre dekahidrat, pentahidrat ve anhidir olarak üç tipe ayrılır. Deterjan, sabun, temizlik malzemesi, lehimcilik, kalaycılık, fotoğrafçılık, kozmetik imali, borosilikat cam malzemeler, yalıtım cam pamuğu, porselen ve emaye sanayi, gübre, yangın söndürücü, çimento ve deri endüstrisi, elektrik izolatörleri üretimi, flotasyon maddeleri, tekstil boyaları, insektisitler, emprenye endüstrisi, yapıştırıcı üretimi en çok çeşitli kullanım yerleri arasında sayılabilir (Hafizoğlu ve ark., 1994).

**Sodyum perborat;** Sodyum perborat, boraks ve sodyum hidroksit reaksiyona sokularak elde edilmektedir (Hafizoğlu ve ark., 1994).



reaksiyon denklemine göre metaborat elde edilir. Bu çözelti, basınçlı filtrelerde süzülüp soğutulduktan sonra metaborat tankında depolanır. Buradan bir pompa ile kristalizatöre sevk edilen çözeltiye hidrojen peroksit ilave edilir.



bu reaksiyon sonucunda oluşan sodyum Perborat kristalleri, santrifüjle çözeltisinden ayrılır. Rutubetli kristaller kurutucuda kurutulduktan sonra elenerek paketlenmek üzere 50, 30, 10 kg'lık neme dayanıklı kâğıt torbalar veya daha küçük ebatlardaki kutulara konularak arz edilir. Sodyum Perborat, tekstil endüstrisinde, mum, reçine, sünger, fildişi ve tutkal endüstrisinde, renk ağartıcı olarak, kozmetik maddelerinin yapımında, tıpta, deterjan ve sabun üretiminde kullanılmaktadır (Hafizoğlu ve ark., 1994)

**Probertit (NaCaB509.5H2O);** Kirli beyaz, açık sarımsı renklerde olup ışınal ve lifsi şekilli kristaller şeklinde bulunur. Kristal boyutları 5 mm ile 5 cm arasında değişir. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği % 49.6'dır. Kestelek yataklarında üleksit ikincil mineral olarak gözlenir. Ancak Emet'te tekdüze tabakalı birincil olarak ve Doğanlar, İğdeköy bölgesinde kalın tabakalı olarak oluşmuştur (Hafizoğlu ve vd, 1994).

**Çinkoborat;** Çinko boratın, alüminyum trihidrat, magnezyum hidroksit, kalay oksit ve melaminlerde performans geliştirici olarak kullanılması, uç ürünlerde alev geciktirici kullanılmasında daha sıkı standartların uygulanması, çinko boratın antimon oksit ve bromin bazlı alev geciktirici malzemelerde ikame ve alüminyum trihidrat, magnezyum hidroksit içerisinde performans geliştirici olarak kullanılması, bu ürünün gelecek yıllardaki tüketiminin artacağını göstermektedir Çinko borat, alev geciktirici olarak kullanılmasının dışında, mantar ve böcek öldürücü olarak ahşap akşamların korunmasında, bor silikat cam hammaddesi ve seramik sanayiinde ergime noktasını düşürücü (flux) olarak da kullanılabilir (Tektaş, 2003).

**Amonyum fluoborat**

**Di sodyum oktaborat**

**Bakır metaborat**

**Amonyum borat**

**Di amonyum oktaborat**

**Trietil borat**

**Amonyum pentaborat**

### **1.3.3. Borlu bileşiklerin ağaç işleri endüstrisindeki tercih edilme nedenleri**

Borlu bileşiklerin odun koruma endüstrisinde tercih edilmelerinin nedenleri şöyle özetlenebilir (Hafizoğlu ve ark., 1994);

✓ Yangın gibi, ağaç malzemenin yüksek sıcaklıkla karşı karşıya kaldığı durumlarda, dış tabakalardaki suyu süratle dışarı vererek hızla kömürleşmesini, böylece kömürleşen dış tabakadan içeriye ısının iletilmesini önleyerek yavaş

yanmayı temin etmesi ve yangında acil müdahaleye zaman kazandırarak can ve mal kaybının azaltması,

- ✓ Mantar ve böceklerle karşı yüksek koruyuculuk etkisi,
- ✓ Özellikle taze haldeki keresteye süratle ve derinlemesine nüfuzu ve böylece emprenyede pahalı tekniklere ihtiyaç duyulmaması,
- ✓ Ülkemizde, ucuza ve bolca bulunabilme imkanı,
- ✓ Arsenikli, florlu veya çevreye yayılma imkânı bulunan asidik ve bazik zehirli bileşikleri içermemesi nedeniyle çevre dostu olması,
- ✓ Suda veya yüksek rutubetli ortamlarda çözünebilirliği nedeniyle daha önceden koruyucu işlem görmüş veya görmemiş ahşap konstrüksiyonlarda tuz çubukları şeklinde ahşap üzerinde açılan deliklere yerleştirilmesi ve buralarda su veya rutubet etkisi ile çözünerek malzemeye yayılması yoluyla tahribata engel olması vb.

#### **1.3.4. Borlu bileşiklerin ağaç işleri endüstrisindeki dezavantajlı özellikleri**

Borlu bileşiklerin olumlu yönlerinin yanı sıra aşağıda özetlenen sakıncalı özellikleri bu bileşiklerin kullanımını sınırlamaktadır (Hafizoğlu ve ark.,1994):

- ✓ Suyla kolayca yıkanıp odundan uzaklaştığından, dış ortamlarda kullanılmasının sınırlı olması,
- ✓ Taze haldeki odunların emprenyesine difüzyon yöntemi ile uygunluk göstermesine karşın, difüzyon süresinin uzunluğu,
- ✓ Diğer sektörlerde daha yaygın kullanımına karşın, odun koruma sektöründe kullanımının yaygın olmaması.

#### **1.3.5. Borlu bileşiklerin emprenye endüstrisinde kullanımı**

Günümüzde emprenye maddesi olarak kullanılan borlu bileşikler en güvenli kimyasallardan biri olarak kabul edilmekte, insan ve çevreye olan etkisi minimum düzeylerde kaldığından kullanımı gittikçe önem kazanmaktadır. Diğer ağır metal içeren emprenye maddelerinden daha az toksik özellik taşıyan borlu bileşikler, 1900'lü yılların başından itibaren emprenye maddesi olarak kullanılmaya başlanmıştır

ve sonraki yıllarda bir çok geleneksel emprenye maddesinin yerini almıştır. Borlu bileşikler sadece mantar ve termit gibi zararlılara karşı etkinliğinden değil, aynı zamanda yanmaya karşı direncinden dolayıda ağaç malzemenin yangına karşı korunmasında 1930'lu yıllardan buyana kullanılmaya başlanmıştır (Lloyd, 1998; Kartal ve Unamura, 2004).

Ağaç malzeme, fiziksel ve mekanik özelliklerinin yüksek, işlenmesinin kolay olması maliyet bakımından ekonomik ve ısı iletkenliğinin düşük olması gibi nedenlerden dolayı bina konstrüksiyonlarında tercih edilen bir yapı malzemesidir. Ancak ağaç malzeme biyotik ve abiyotik faktörlere karşı korunması gerekmektedir. Borlu bileşikler bina konstrüksiyonlarında kullanılan birçok ağaç malzeme için en uygun koruyucu kimyasal maddelerdendir. Bu bileşikler, gerek binalarda kullanılan kompozit malzemelerin emprenyesinde ve gerekse ana taşıyıcı kolon ve dikmelerin korunmasında önemli olup, uzun yıllar koruma temin edebilmektedir. Bunun yanında, özellikle termit tehlikesinin yüksek olduğu ülkelerde toprağın veya zemin malzemesinin emprenye edilmesinde de katkı malzemesi olarak etkin şekilde kullanılmaktadır (Kartal ve Imamura, 2004).

Borlu bileşikler çeşitli yöntemlerle ağaç malzemeye uygulanabilmekte ancak, yüksek oranda çözünebilir olması nedeniyle emprenye edilen ağaç malzemedeki kolaylıkla yıkanmaktadırlar. Bu nedenle bor bileşikleriyle emprenye edilen ağaç malzemenin toprakla temas edilen yerlerde kullanılması önerilmemektedir. Borlu emprenye bileşiklerinin ağaç malzemedeki yıkanmasını önlemek için veya yıkanma süresini uzatmak için çeşitli emprenye sistemleri ve yeni borlu emprenye maddeleri üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Bor ağaç malzemedeki kimyasal yapılara doğrudan bağlanamamakta ve kimyasal bir fiksasyon gerçekleşmemektedir. Bunun sonucu olarak borlu bileşikler yüksek rutubet şartları altında yıkanma ile karşı karşıya kalmaktadır (Kartal ve Green, 2002).

Borlu bileşiklerin yıkanmasını zor hale getirmek için geliştirilen emprenye maddeleri organik bor bileşikleridir. Organik bor bileşikleri borik asit ve boraksa göre daha yüksek maliyete sahiptirler. Aynı zamanda daha yüksek hidrolitik stabiliteye ve çeşitli polar ve apolar bileşiklerde çözünme kolaylığına sahiptirler (Vmden ve Romero, 1997).

Borlu bileşikler üzerine yapılan araştırmalar borun ağaç malzemededen yıkanması üzerine yoğunlaşmıştır. Bazı alışmalar su alımını azaltma yönünde ilerliyor iken, diğer bir kısım çalışma ise fiksasyon metotları üzerine devam etmektedir. Su itici maddelerin kullanılması borun yıkanmasını önemli derecede engellemiş ve ağaç malzemenin fiziksel özelliklerini de iyileştirmiştir (Kartal ve Green, 2002; Kartal ve Imamura, 2004).

Ancak bu çeşit uygulamalar emprenye maliyetlerini önemli derecede yükseltmektedir. Öte yandan, fiziksel olarak borun ağaç malzeme içerisinde keltimesi işlemleri de borun yıkanmasını önlerken, aynı zamanda biyolojik zararlılara karşı sinerjistik bir etki de oluşturmaktadır. Genel olarak geliştirilen sistemler reçine işlemleri, odunun kimyasal olarak modifikasyonu ve asetilasyon, tanen kondensasyonu, su camı-silikat işlemleri, fenil boronik asit uygulamaları, stabilize olmuş bor esterler, protein borat karışımları, asit metal boratlar, amonyaklımetal boratlar, amin metal boratlar, çeşitli elementler ve madde karışımları ile borun fiksasyonu çalışmalarıdır (zirkonyum, silikon, kalsiyum ktrcler vb.) (Kartal ve Imamura, 2004).

## **1.4. Polimerler**

### **1.4.1. Polimerlerin genel zellikleri**

Yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerin, yani makromoleküllerin varlığı ilk olarak 1920’li yıllarda Hermann Staudinger tarafından ne sürülmüş ve geçen 80 sene içinde polimerler günlük yaşamımızın hemen her safhasında kullanılır hale gelmiştir. Sahip oldukları üstün özellikleri nedeniyle polimerik malzemelerin kullanım alanları giderek yaygınlaşmaktadır. Polimerlerin başlıca avantajları, hafif oluşları, korozyona karşı dayanıklı oluşları ve kolay işlenebilirlikleridir. Polimer, eski yunanca (polimeros) kelimelerinden türetilmiş olup, kelime anlamı “ok-parçalı” dır. Polimerler, en basit tanımıyla çok sayıda aynı veya farklı atomik grupların kimyasal bağlarla az veya çok düzenli bir biçimde bağlanarak oluşturduğu uzun zincirli yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Polimer, birden fazla molekülün ısı ve basıncı altında birleşerek

uzun zincirlerin meydana gelmesiyle oluşur. Plastik malzeme olarak da bilinen suni polimerler, günümüzde hacim olarak metallerle neredeyse eşit oranda kullanılmaktadır. Bunun başlıca nedenleri; bu malzemelerin nispeten ucuz, kolay işlenebilir, hafif, yüksek kimyasal ve korozyon direncine sahip olmalarıdır. Ayrıca yüksek ısı ve elektriksel özelliklere ve yeterli mekanik özelliklere sahiptirler. Cam, karbon vb. gibi liflerle kuvvetlendirilen polimer malzemeler, daha yüksek mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olurlar. Takviyeli polimer plastikler özellikle içten yanmalı motorların ve uçakların yapımında kullanılır. Plastik-beton karışımından elde edilen katı ve çok iyi sönümlene kabiliyetine sahip olan kompozit malzemeler, tezgah ve diğer ağır makine gövdelerinin yapımında kullanılır. Son yüzyıl özellikle sentetik polimerlerle ilgili bilim ve teknolojinin çok hızlı gelişimine tanık olmuştur. Polimerik malzemelerin birçok uygulamalarda diğer malzemelerin yerine alternatif malzemeler olarak kullanılması beklenmektedir. Halen büyük kapasitelerde üretilen ve günlük hayatta kullanımı yüzlerce tonu bulan polyethylene (PE), polypropylene (PP), polystyrene (PS), poly(vinyl chloride) (PVC) gibi klasik polimerlerin yanı sıra mühendislik polimerleri üstün özellikleri nedeniyle uygulamalarda önemli yer tutmaktadırlar

#### **1.4.2. Polimerlerin tarihsel gelişimi**

Polimerlerin endüstriyel uygulamasında ilk basamak doğal kauçuk, selüloz, nişasta, vb. gibi doğal polimerik maddelerin kullanılmasıdır. Doğal polimerik maddelerin kullanımı çok eski tarihlere kadar uzanır. “Pre-Columbian” zamanlarında dahi, Güney ve Orta Amerika yerlilerinin bazı ağaçlardan elde ettikleri lateksi koagüle ederek doğal kauçuğu kullandıkları bilinmektedir. Doğal polimerik maddelerin endüstriyel kullanımında ortaya çıkan problemlerin başında hammaddelerin işlenmesindeki zorluklar ve ürünlerin mekaniksel ve fiziksel özelliklerinin yetersiz olması sayılabilir. Bu ve diğer dezavantajları nedeniyle doğal polimerler yerlerini tarihsel gelişim içinde modifiye edilmiş doğal polimerlere, başka bir ifade ile yarı sentetik polimere bırakmışlardır. 1770’de Priestly’in kâğıt üzerindeki işaretleri sildiği için silgi (“rubber”) dediği doğal kauçuk, ancak 1939 yılında, İngiltere’de Macintosh ve Hancock, Amerika’da Goodyear tarafından kükürt ile vulkanize edilerek

kullanışlı hale getirilebilmiştir. Böylece, su geçirmez botlar, yağmurluklar, dayanıklı taşıma aracı lastikleri, vb. gibi çeşitli ürünlerin üretimi başlamıştır. Doğal kauçuğun bu modifiye formlarının kullanımı, otomotiv endüstrisinde hızlı gelişime paralel olarak artmıştır.

Polimerlerin ikinci büyük grubu olan plastiklerin, ilk ürünü 1868'de Amerika'da John Wesley Hyatt tarafından üretilen selüloid'dir. Araştırmacı pamuk selülozunu nitrik asit ve kamfor ile etkileştirerek, plastik teknolojinin ilk ürünü olan bu yarı sentetik polimeri hazırlamıştır. Yeryüzünde önemli bir rezerve sahip olan selülozun bu yeni şekli ilk yıllarda bilardo topu, fotoğraf filmi, gibi malzemelerin yapımında kullanılmıştır.

Amerikalı bilim adamı Leo Hendrick Baekeland, 1907'de, tamamen sentetik ilk polimer olan fenol-formaldehit reçinelerinin üretimini başarmıştır. Bakalit adıyla anılan bu polimer ilk yıllarda telefon ahizeleri gibi birçok plastik parçaların üretiminde değerlendirilmiştir.

Hermann Staudinger'in, 1924'de, "Makro Molekül Hipotezi"ni ileri sürmesiyle, polimer teknolojisi önemli bir ufuk kazanmıştır. Doğal kauçuğun ve polistirenin, küçük birimlerin bir arada bulunduğu uzun zincirli moleküllerden oluştuğunu ileri sürerek polimer üretiminin deneme yanılma yaklaşımından kurtulmasına neden olan araştırmacı, bu çalışmalarıyla Nobel Ödülü almıştır. Makromolekül hipotezi sonraki yıllarda birçok polimerin üretimine ışık tutmuştur.

1927'de selüloz asetat ve polivinil klorür, 1928'de polimetilmetakrilat, 1929'da üreformaldehit reçineleri üretilmiştir. Aynı yıllarda üretilen polisülfid (Thiokol) kauçuğu ilgi ile karşılanmıştır. 1930'da ilk defa üretilen polistiren ve sonraki yıllarda, özellikle II. Dünya Savaşı'nda önem kazanan stiren-butadien kopolimeri (SBR sentetik kauçuğu) polimer teknolojisinde önemli ürünler olmuşlardır. 1931'de yine bir sentetik kauçuk olan neopren (Dupren) üretimi başlamıştır. Fiber teknolojisinde kullanılan ilk sentetik fiber Naylon'dur. Wallace Carothers doğrusal zincir polimerleşmesi ile polyester ve poliamid üretimini başlatan ilk araştırmacıdır. Bu araştırmacı tarafından 1935'de sentez edilen Naylon 6,6 DuPont firması tarafından 1938'de üretim programına alınmıştır. Aynı yıllarda, Almanya'da P. Schlack

kaprolaktamdan halka açılmasıyla Naylon 6'yı sentez etmiş, bu da 1939'da I. G. Farben tarafından, Perlon ticari adıyla üretilmeye başlanmıştır.

II. Dünya Savaşı'nın hemen öncesindeki yıllarda birçok önemli polimer sentez edilmiştir. 1936'da poliakrilonitril, stiren-akrilonitril kopolimeri ve polivinilasetat, 1937'de R. J. Plunkett tarafından poliüretan, 1938'de teflon ticari adı ile anılan politetrafloretlen, 1939'da melamin-formaldehit (formika) reçineleri üretilmiştir. 1940'da G. E. Rochow tarafından silikonların hammaddesi olan silanlar, aynı yılda Amerika'da butil kauçuğu, 1941'de İngiltere'de polietilen, aynı yılda J. R. Whinfield ve J. T. Dickinson tarafından polietilentereftalat üretilmiştir. 1942'de doymamış polyesterler ve Orlon ticari adıyla poliakrilonitril fiber üretimleri gerçekleştirilmiştir. II. Dünya Savaşı, polimer teknolojisinde inanılmayacak kadar hızlı bir gelişmeye neden olmuştur. Örneğin 1941–1946 yılları arasında stiren-butadien kauçuğunun üretimi 0'dan 700 000 tonun üzerine çıkmıştır.

II. Dünya Savaşı sonrası yıllarda yeni polimerlerin sentezi daha da hız kazanarak devam etmiştir. 1947'de epoksi reçineleri, 1948'de akrilonitril-butadien-stiren terpolimeri (ABS) sentez edilmiştir. Gelişmenin sayısal olarak örneklendirilmesi için ABD'de 1930'da yalnızca yılda 23 000 ton olan plastik üretimi 1949'da 570 000 ton/yıl değerine ulaşmıştır.

1952'de, Almanya'da Max Planck Enstitüsü araştırmacılarından K. Ziegler bazı alüminyum alkali bileşiklerini katalizör olarak kullanarak etilenin düşük basınçta polimerleşmesini gerçekleştirmiştir. Ziegler ve İtalyan Giulio Natta stereospesifik polimerizasyonu diğer olefinlere de uygulamışlardır. 1953'de stereo-düzenli polipropilen sentez edilmiştir. Ziegler ve Natta bu çalışmaları ile 1963'te Nobel Ödülü almışlardır. Sonraki yıllarda stiren-butadien kauçuğu, polivinilklorür ve polietilen kullanımı ve buna bağlı olarak üretimi hızla artmıştır.

### **1.4.3. Polimerlerin Tanımı**

Polimerler, en basit tanımıyla, çok sayıda aynı veya farklı atomik grupların kimyasal bağlarla, az veya çok düzenli bir biçimde, bağlanarak oluşturduğu uzun zincirli, başka bir ifadeyle yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Polimerler büyük



moleküllerden oluşan maddelerdir. Polimer moleküllerini oluşturmak üzere birbirleri ile kimyasal bağlarla bağlanan ve tekrarlanan küçük moleküllere monomer denir. Monomer birimlerinden başlayarak polimer moleküllerinin elde edilmesine yol açan reaksiyonlara polimerizasyon reaksiyonları denir (Baysal, 1981).

Polimerlerin yapı birimleri monomerlerdir. Makromolekül denilen bir polimer molekülünde bu yapı birimlerinden yüzlerce, binlerce bazen daha fazlası birbirine bağlanır. Bu sayıların küçük olduğu alt sınırdaki yer alan polimerlere oligomer, üst sınır bölgesindeki polimerlere de makromolekül denir. Polimerler, oligomerlerden makromoleküle kadar olan bölge için genel bir adlandırma şeklidir. Ancak gerek laboratuvarında gerekse pratik uygulamalar için hazırlanan polimerlerin çoğu genellikle 5,000-250,000 molekül ağırlığı bölgesinde bulunur (Baysal, 1981).

#### **1.4.4. Polimerlerin sınıflandırılması**

##### *1.4.4.1. Elde edilişlerine göre polimerler*

Polimerler elde edilişlerine göre doğal, sentetik ve yarı sentetik olmak üzere üçe ayrılır.

##### *Doğal polimerler*

Örneğin ağaçtan elde edilen ve kâğıt hammaddesi olan selüloz doğal polimerdir. Doğal polimerlerin bazıları ise farklı yapıda değişik birimlerin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Biyopolimer olarak isimlendirilen ve yaşamla ilgili birçok önemli faaliyetin yürütülmesinde rol alan proteinler, nükleik asitler (DNA, RNA) ve enzimler doğal polimerlere örnek olarak verilebilir. Bu karmaşık yapıdaki yüksek molekül ağırlıklı bileşikler çoğu zaman daha uygun bir sözcük olan “Makromoleküller” olarak da isimlendirilirler.

##### *Sentetik polimerler*

Genellikle çok sayıda tekrarlanan “mer” veya “monomer” olarak adlandırılan basit birimlerden oluşur. En basit sentetik polimer olan polyethylene bu guruba örnek olarak verilebilir. Bir polimer zincirindeki monomer sayısı “n” polimerizasyon derecesi ile ifade edilir. Polimerizasyon derecesi  $n=10.000$ , hatta daha büyük

değerlerde olabilir. Molekül ağırlığı MW=500–600 g/mol. civarında olan polimerlere oligomer adı verilir. Bir polimerin yeterli fiziksel özelliklere sahip olabilmesi için molekül ağırlığının 104 g/mol. den fazla olması gerekir. 106 g/mol. ve daha büyük molekül ağırlıklı polimerler için bazen yüksek-polimer sözcüğü de kullanılabilir.

#### *Yarı sentetik polimerler*

Doğal polimerlerin modifikasyonu ile elde edilirler. Doğal selülozdan elde edilen rejenere selüloz ve diğer selüloz türevleri (selüloz asetat gibi) bu guruba örnek olarak verilebilir.

#### *1.4.4.2. Kimyasal bileşimlerine göre polimerler*

Polimerler kimyasal bileşimlerine göre organik ve inorganik polimerler olmak üzere ikiye ayrılır.

#### *Organik polimerler*

Yapılarında başta karbon atomu olmak üzere hidrojen, oksijen, azot ve halojen ( F, Cl, Br, I gibi) atomları içerirler. Eğer polimer zinciri üzerinde dizili atomların hepsi aynı türden ise bu polimerlere “homo zincir”, farklı atomlar ise “hetero zincir” polimer olarak adlandırılır. Bir atomun polimer ana zinciri üzerinde yer alabilmesi için en az iki değerlikli olması gerekir. Bu nedenle, örneğin hidrojen ve halojenler ana zincir üzerinde yer alamazlar. Organik polimerler, diğer organik maddelerin aldıkları isimlere göre sınıflandırılabilirler, alifatik, aromatik gibi.

#### *İnorganik polimerler*

Organik polimerler kadar yaygın kullanılmazlar. Polimer ana zincirinde karbon atomu yerine periyodik cetvelde yer alan 4. ve 6. grup elementleri bulunur, Si, B, Ge gibi.

#### *1.4.4.3. Yapılarına göre polimerler*

#### *Homopolimer*

Tek bir monomer biriminin tekrarlanması ile oluşan polimerlerdir. Örnek olarak etilen grubunun tekrarlandığı polyethylene.

### *Kopolimer*

İki monomer karışımından oluşan polimerdir. Kendi içinde aşağıdaki şekillerde sınıflandırılır;

- a- Ardışık (alternatif) polimer:** Styrene-maleic anhydride.
- b- Blok (düzenli) polimer:** Styrene-isoprene.
- c- Gelişigüzel polimer:** Styrene-methyl methacrylate.
- d- Graft (aşılı) polimer:** Ana zincir üzerine başka bir monomerin yan gurup olarak takıldığı polimerdir.

#### *1.4.4.4. Bağ yapılarına göre polimerler*

**-Doğrusal (linear ) polimer:** Yüksek yoğunluklu polyethylene (YYPE veya HDPE)

**-Dallanmış polimer:** :Alçak yoğunluklu polyethylene (AYPE veya LDPE)

**-Çapraz bağlı polimer:** Vulkanize kauçuk

#### *1.4.4.5. Sentez yöntemlerine göre polimerler*

**-Kondenzasyon polimerleri:** İki tane monomerin reaksiyona girerek su açığa çıkması ile oluşan polimer.

**-Zincir (katılma) polimerleri:** Sentez reaksiyonu bir çift bağın açılması ve monomerlerin birbirine zincirin halkaları gibi katılması ile oluşan polimerlerdir.

#### *1.4.4.6. İşleme şekilleri veya çözücülere karşı davranışlarına göre polimerler*

Yapılarındaki kimyasal bağa bağlı olarak plastikler, termoplastik ve termoset olmak üzere ikiye ayrılır.

#### *Termoplastikler (Isıl plastikler–TP)*

Bu plastikler özelliklerinde önemli değişiklikler olmadan defalarca ısıtılarak yeniden şekillendirilebilirler. Bunların çoğu birbirine kovalent bağlı çok uzun karbon atomları zincirlerine sahiptir. Bazen azot, oksijen ya da kükürt atomları da ana

molekül zincirlerine kovalent bağ ile bağlanırlar. Isı ve basınç altında yumuşayarak akarlar ve böylece çeşitli formlarda şekillenebilirler. Doğrusal yapıdadırlar. Ayrıca uygun çözücülerde çözünebilir ve “çözücü döküm” adı verilen yöntemlerle çeşitli şekillere dönüştürülebilirler. Örn. PE, Nylon, PVC

#### *Termoset plastikler (Isıl sertleşen plastikler-TS)*

Bu plastikler kalıcı bir biçimde şekillendirilip kimyasal bir tepkimeyle olgunlaştıktan veya sertleştikten sonra ısıtılarak yeniden yumuşatılamaz veya diğer (başka) bir şekle sokulamazlar. Ancak çok yüksek sıcaklıklara ısıtılınca bozunurlar. Dolayısıyla termoset plastikler yeniden üretim çevrimine girmezler yani diğer bir deyişle geri dönüşümleri yoktur. Isıl sert denmesinin nedeni, plastiğin kalıcı olarak şekillendirilebilmesi için ısıya ihtiyaç olması ve sertleştikten sonra ısı ile sertliğini kaybetmemesidir.

#### *1.4.4.7. Fiziksel durumlarına göre polimerler*

Molekül zincirlerinin birbirlerine göre dizilme şekilleri plastiklerin fiziksel yapısını meydana getirir. Bu bakımdan amorf ve kristalin olmak üzere iki esas yapı vardır:

#### *Amorf polimerler*

Molekül zincirleri birbirlerine göre gelişigüzel şekilde birbiri içine girmiş yün yumakları şeklindedir. Moleküller kendi aralarında rasgele bağlanmış olup, kristalleşme ya da çapraz bağlar yoktur. Bu tip polimerler cama benzer ve saydamdırlar (örn. Methylmethacrylate). Amorf yapıya sahip plastiklerin çoğunda çekme-zorlamaları etkisi altında, molekül zincirleri çekme yönünde bir yönlenme göstermektedir. Bu nedenle çekme mukavemetleri yüksektir.

#### *Kristalin polimerler*

Polimer zincirlerinin tamamı belli bir düzene girmiş veya kristalleşmiştir. Diğer bir deyişle, molekül zincirleri birbirlerine göre üç boyutlu bir düzeni andıran düzenli bir yapıdadır. Kristalin yapı, genellikle polimer eriyiğin veya çözeltisinin soğutulmasıyla elde edilir. Kristalin yapının oluşması, molekül zincirlerinin şekline (lineer, dallanmış ve çapraz bağlı) ve moleküller arasındaki kuvvetlere bağlıdır. Soğutma yoluyla eriyik durumundan katı duruma geçildiğinde lineer zincirler birbirlerine daha

çok yaklaşabilirler ve dolayısıyla kristalin bir düzen oluşturabilirler. Bu nedenle lineer molekül zincirlerine sahip plastikler oldukça büyük kristalleşme kabiliyeti gösterirler. Dallanmış zincirler birbirine çok yaklaşmadığından kolay bir şekilde kristalleşme gösteremezler. Bunlar genelde amorf yapı oluştururlar. Aynı şekilde çapraz bağlı molekül zincirleri amorf yapı meydana getirirler. Bazı plastiklerde ise çekme etkisi altında kristalin yapı oluşabilir.

### **1.5. Odun Polimer Kompozitleri (OPK)**

Genel olarak, kompozit terimi farklı iki ya da daha fazla materyalin değişik yapıştırıcılarla bir araya getirilerek oluşturulan malzemeleri ifade etmektedir (Mallick, 1997).

Odun kompozitleri ise odunsu materyalin odunsu bir materyal ya da başka bir materyal ile yapıştırıcılar kullanılarak birleştirilmesiyle elde edilen malzemeleri ifade eder. Odun kompozitleri terimi oldukça yeni bir terimdir. Orman ürünleri endüstrisinde küçük partiküllerin, liflerin ya da daha geniş parçaların yapıştırılmasıyla geliştirilmiş olan pek çok malzeme değişik isimlerle anılmaktadır. Farklı isimlerle anılan bu ürünlerin odun kompozitleri başlığı altında değerlendirilmesi son 10–15 yılı kapsamaktadır (Maloney, 1986).

Kompozitler yalnızca levha ürünlerini değil aynı zamanda kalıpla şekillendirilmiş ürünleri ve odun ve diğer malzemelerin kombinasyonu ile oluşturulan ürünleri de ifade etmektedir. Bu ürünler lif levhadan lamine malzemelere kadar geniş bir dağılım gösterir (Maloney, 1986).

Odun özellikleri türler arasında, aynı türe ait ağaçlar arasında ve aynı ağacın değişik kısımlarında farklılıklar gösterdiği için, masif odun özellikleri, prosesi kontrol edilerek özelliklerine müdahale edilebilen kompozit malzemelerin özelliklerinden farklıdır. Odun kökenli kompozitlerin özellikleri lif, yonga, kaplama vb. seviyesinde incelenir. Bu tür malzemelerin özellikleri üretim prosesindeki işlemlere müdahale edilerek (Bu elemanların kombinasyonları, kullanılan madde miktarı, işlem süreleri, tabakaların organizasyonu vb.) değiştirilebilir. Kompozit malzemelerin mobilya

endüstrisinde, inşaat sektöründe, iç ve dış mekânlarda çok geniş bir kullanım yelpazesi vardır. Bu ürünlerin özellikleri, hammadde odunun fiziksel şeklinde yapılan değişiklikler, levha yoğunluğu, kullanılan tutkalın cinsi ve miktarı, su ve yangına karşı dayanımı artırmak, ayrıca çeşitli çevresel etkilere karşı dayanımı arttırmak amacıyla eklenen maddeler ile geliştirilebilmektedir. Günümüzde bazı kompozit malzemeler birlikte gruplandırılarak “Engineered Wood Products (EWP)” olarak adlandırılmaktadır. Örneğin, kontrplak, çeşitli yapı levhaları, lamine edilmiş ağaç malzeme, yongalevha, MDF gibi kompozitler son zamanlarda “engineered wood products” olarak adlandırılmaktadır (Maloney, 1996).

### **1.5.1. Odun kompozitlerinin genel olarak sınıflandırılması**

Odun kompozitleri ile ilgili literatürde değişik sınıflandırmalar yapılmıştır (Güller, 2001).

Bunlardan yararlanılarak odun kompozitleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır. Levha ürünleri olarak kontrplak, kontrtabla, yongalevha (particleboard), etiketli yongalevha (waferboard), Serit yongalı levha (flakeboard), OSB (oriented strand board), Lif levha (MDF, HDF, izolasyon levhası) olarak sınıflandırılırlar.

Yapısal kompozitler 2 kısımda incelenebilir.

✓ \*Birincisi yapısal kompozit keresteler PSL (Parallel Strand Lumber), LSL (Laminated Strand Lumber), OSL (Oriented Strand Lumber), LVL (Laminated Veneer Lumber), GLULAM (Glued Laminated Timber).

✓ \*İkinci olarak da yapısal levha ürünleridir. Bunlar da yapısal kontrplaklar, yapısal flakeboardlar (waferboard, OSB), Ahsap I kirisler, COM-PLY keresteler.

Odun ve odun dışı ürünler kompozitlerler sınıflandırılabilirler. Bunlar bağlayıcı olarak inorganik maddelerin kullanıldığı kompozitler (alçılı levhalar, magnezyum çimentolu levhalar, potland çimentolu levhalar), Odun lifi- termoplastik kompozitler (Yüksek termoplastik içerikli kompozitler, düşük termoplastik içerikli kompozitler, dokunmamış tekstil tip kompozitler). Mekanik olarak lamine edilmiş elemanlar ve kalıplanmış ürünler olarak da sınıflandırmak mümkündür (Güller, 2001).

### 1.5.2. Odun polimer kompozitlerin kullanım yerleri

Yapı ürünlerinde bulunan sınırlı yapısal gereksinimlerden dolayı odun polimer kompozitleri için son derece büyük bir gelişme potansiyeli yaşanmıştır. OPK ürünleri; deck (güverte), çit, endüstriyel zemin, bahçe kerestesi, küpeste ve kalıp gibi yerlerde kullanılabilir. Basınçlı koruma işlemi görmüş kereste genellikle daha çok deck (güverte) ve küpeste materyali olarak kullanılmaktadır (% 80 oranında); ama piyasada odun polimer kompozitinin deck (güverte) yapımında kullanımı hızla büyümektedir. 1997 yılında güverte piyasasındaki % 2 olan hisseler, 2000 yılında % 8'e çıkmış ve 2005 yılında bu rakamın 2 katına çıktığı tahmin edilmektedir. Kompozit malzemeler artık gittikçe artan oranlarda ve yeni sektörlerde kullanılmaya başlanmıştır. Uzun zaman uçak sanayisindeki ihtiyaçların yönlendirdiği kompozit malzeme gelişimleri son dönemde yeni birçok sektörde bir çok farklı amaç için kullanılmaktadır. Bu amaçla, yaygın şekilde cam elyafı, bor elyaflar, silisyum karbür elyaflar, alumina elyaflar, grafit (karbon) elyaflar, cam keçe ve cam dokuma ile elyaf oranı % 30– 40 olan polyester reçineden yapılan çeşitli ürünlerde kullanılmaktadır. Havacılık sanayi, denizcilik sanayi, spor araçları, korozyona dayanıklı ürünler, sağlık, ulaşım, otomotiv sektörü, yapı sektörü bu kompozitlerin uygulama alanlarından bazılarıdır. Ayrıca formika, baskılı devre plakası, elektrikçi fiberleri, spor malzemeleri ve araç şarjı atlama sıırıkları, kaynak takımı, tenis raketi, yarış kanoları değişik birleşik malzemelerden yapılan ürünlerdir (Ünal, 2010).

Özellikle uzay ve havacılık sanayisinde, birleşik malzemelerin kullanımı başta hafiflik ve sağlamlık nitelikleri sayesinde. Amaç daha az yakıt harcamak, daha yüksek hıza ulaşmak ve verimliliği sağlamaktır. Bu kullanımda sadece maddi kazanç düşünülmeyp stratejik performanslar da dikkate alınmıştır. Özellikle titreşim, yorulma ve ısı dayanımı gibi nitelikler uzay ve havacılık sanayinde birleşik malzemelerin önde gelen avantajlarıdır. Birleşik malzemeler, değerli niteliklerden dolayı uzay ve havacılık araçlarında gittikçe daha fazla kullanılmaktadır. Bugün bir av bombardıman uçağında birleşik malzeme kullanımı toplam uçak ağırlığının yarısına ulaşmış bulunmaktadır. Bu sayede bor karbür, silisyum karbür, alumina karbon, cam ve kevlar elyafı değişik reçinelerle değişik birleşik malzemeler yapımında kullanılmaktadır. Fakat mühimmat sanayisinde, birleşik malzemelerin

kullanımı pek yaygın değildir. Sadece 3000 bara kadar dayanabilen 60 ve 81 mm gibi küçük çaplı havanlar için bazı çalışmalar olmuştur. Bu silahlar hafifliği nedeniyle piyadenin savaş performansını artırıcı niteliktedir. Roket üretiminde birleşik malzemelerin rolü oldukça büyüktür. Örnek olarak M72 de motor lançeri cam elyafı ve epoksiden, apilasta ve diğer tanksavar roketlerde gövde kısmen kevlar ve epoksiden, M77 MLRS de lüle (nozzle) karbon birleşik malzemesinden yapılmaktadır. Mühimmat üretiminde de birleşik malzemeler kısmen kullanılmaktadır. M19 A/T mayınında gövde ABS reçine ve cam elyaf parçacıklarından, bu mayına ait küçük ve büyük belleville yayları cam doku ve fenolik reçineden yapılmışlardır. 155 mm lik ICM mühimmatı gövdelerinde cam elyafı epoksi sargı vardır. Miğfer konusunda kevlar ve değişik reçineler kullanılmaktadır. Kurşun geçirmez yeleklerde günümüzde bitişli kevlardan, balistik testler için zırh levhaları cam ve fenolik reçineler imal edilmektedir ve tasarım alternatiflerinin bulunmasıyla git gide artacak ve birçok avantajlarıyla insanlığın hizmetine verilmiş olacaktır (Ünal, 2010).

### **1.5.3. Odun polimer kompozitlerin elde edilişi**

Odunun önce bir sıvı monomerle empenye edilmesi ve sonra hücre boşluklarına yerleşen monomer çeşitli yöntemlerle polimerleştirilmesi sonucunda odun-polimer kompozitleri (OPK) elde edilmektedir. OPK haline dönüşen ağaç malzemenin başta mekanik özellikleri olmak üzere bir çok teknolojik özellikleri iyileştirilmektedir. 1930-1960 yılları arasında, odunun teknolojik özelliklerini iyileştirmeye yönelik bir çok yeni yöntem geliştirilmiştir. Asetilleme, formaldehit selüloz zincirlerinin çapraz bağlanması, etilen oksit muamelesi, fenol formaldehit muamelesiyle impreg ve kompreg gibi özel ürünler elde edilmesi ve polietilen glikol muamelesi bu dönemde geliştirilen ve endüstriyel uygulamaya konu olan yöntemlerdir. 1960'lı yılların başından itibaren, bir ya da daha fazla sayıda çift bağ içeren kimyasal maddelerle yeni yöntemler kullanılmaya başlamıştır. Sıvı monomerlerle odunun muamele edilmesi bu kapsamda en çok araştırılan ve uygulamaya geçirilen yöntem olmuştur. Söz konusu yöntemin serbest radikal üreten katalizörleri asidik ya da bazik



olmadıklarından, selüloz zincirlerinin degrade olması ve bunun sonucunda odunun kırılabilir bir hal alması sakıncası bulunmaktadır. (Meyer, 1977; Meyer, 1982).

OPK malzemeleri, günümüzde, ABD, Almanya, İngiltere, Polonya, İtalya, Japonya, Tayvan, Yeni Zelanda, Avusturya, Belçika, Danimarka, Fransa, Hollanda, Norveç, İsveç ve Finlandiya endüstriyel olarak üretilmekte ve kullanılmaktadır (Rowell ve Konkol, 1987, Meyer 1982, Kinell ve Aagaard, 1969).

OPK üretimi için en uygun monomer grubunun vinil monomerler olduğu belirtilmektedir. Stiren (ST), vinil klorür, akriloritritil (ACN), metil metakrilat (MMA), t-bütül stiren gibi vinil monomerler odun yapısı içindeki boşlukları doldurmada ve hücre çeperindeki hidroksil gruplarıyla etkileşime girmeyerek odunu degrade etmemektedir (Meyer, 1981).

Hücre yapısına verilen monomerin polimerleştirilmesinde radyasyon tekniği ve katalizör-ısı tekniği olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Ayrıca, monomerin hücre çeperi bileşenleriyle kimyasal bağ yapmasını içeren graft polimerizasyonu ve odun korumaya ilgili toksit maddelerin polimer zincirine eklenmesini içeren bioaktif polimerlerle muamele yöntemleri geliştirilmiştir (Kenaga et al., 1962).

#### *1.5.3.1. Vinil monomerlerin polimerizasyon mekanizması*

**Vinil Yapısı;** Vinil grubu, alifatik hidrokarbonlar içinde yer alan ve olefin hidrokarbonları olarak da bilinen alkenler grubuna ait bulunmaktadır. Alken strüktürünün karakteristik özelliği karbon-karbon çift bağı içermesidir, yani alkenler  $-C=C-$  fonksiyonel grubunu içeren ve oldukça reaktif bileşiklerdir (İkizler, 1985). Vinil yapısı, alkenlerden bir eksik sayıda hidrojen atomu içeren ve alkenil grupları olarak adlandırılan gruplardan birini oluşturmaktadır.

#### **Vinil Polimerizasyonunun Karakteristik Özellikleri**

Vinil monomerler, termal veya fotokimyasal yollarla, radikal-üreten katalizörler yada sodyum kullanarak polimerleştirilebilir. Vinil monomerlerin polimerizasyonunu bir radikal mekanizmasıyla kataliz eden en tanınmış maddeler peroksitlerdir. Ayrıca, azo bileşikleri, persülfatlar ve disülfürler de kullanılır. Radikal polimerizasyonlarında reaksiyonlar, serbest radikal denilen ve çiftleşmemiş tek bir elektronu bulunan ara

maddeler üzerinde yürümektedir. Benzolperoksit gibi organik peroksitler, ve 2,2'-bisazoizobutironitril gibi azo bileşiklerinde zayıf bağların homolitik olarak kopması sonucunda serbest radikaller oluşur. Başlatıcı radikaldeki tek elektronla, monomerin çift bağının  $\pi$  elektronları (doymamışlık elektronları) arasındaki reaksiyonun yürütücü kuvveti, spinleri ters olan iki elektronun çiftleşerek kovalent bir bağ oluşturma eğilimine dayanmaktadır. (Baysal,1981; İkizler, 1985)

#### *Ağaç malzemenin vinil monomerlerle emprenye edilmesi*

Ağaç malzemenin monomerle emprenye edilmeden önce bünyesindeki hava dışarı çıkarılmalıdır. Emprenye silindire alınan odunun hücresel yapısındaki hava vakum uygulamasıyla alınmaktadır. Vakum değeri arttıkça hava daha hızlı bir şekilde uzaklaştırılabilmektedir. 30-70 cmHg değerinde bir vakum uygulamasının yarım saat sürdürülmesinin yeterli olacağı belirtilmektedir (Meyer, 1977; Meyer,1981).

Vakum kaldırıldıktan sonra, katalizör, çapraz bağlayıcı ve bazan boyar madde içeren monomer çözeltisi emprenye silindire verilmektedir. Bu arada, monomer çözülmüş bulunan havanın bir dengeleme tankına aktarılması sağlanmaktadır. Monomerle tamamen kaplandıktan sonra normal atmosfer basıncına bırakılan odunun tabi tutulacağı batırma süresi odunun yapısına bağlı bulunmaktadır (Meyer, 1977).

Odunun vinil monomerlerle emprenyesinde, boşluk hacmi kullanımı emprenyedeki etkinliğin bir ölçüsüdür. Boşluk hacmi kullanımı, absorbe edilen monomer hacminin odunun boşluk hacmine oranını ifade etmektedir (Kinell, 1969).

Emprenye işleminden sonra, ağaç malzemenin OPK haline dönüşmesi için bünyesindeki monomerin polimerleştirilmesi gerekmektedir. Katalizör-ısı tekniği ve radyasyon tekniği bu amaca yönelik olarak geliştirilmiş iki ana yöntemdir.

#### *1.5.3.2. Katalizör-Isı tekniği ile odun polimer kompoziti uygulaması*

Vinil monomerlerle emprenye edilen ağaç malzemenin OPK haline dönüştürülmesi için bünyesindeki monomerin yerinde (in situ) polimerleştirilmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik yöntemlerden biri olan katalizör-ısı tekniği, monomer çözeltisi içinde

yer alan ve belli sıcaklıklarda parçalanarak polimerleşmeyi sağlayıcı serbest radikal üreten katalizör maddelerin kullanılması esasına dayanmaktadır.

#### *Katalizör maddeler*

Katalizör madde olarak genellikle azo bileşikleri ve peroksitler kullanılmaktadır (Meyer, 1977). Düşük parçalanmakta sıcaklığına gösterilmeleri, okside olamayan yapıları ve monomer içindeki boyar maddeleri ağartmamaları azo bileşiklerinin avantajlı yönleridir (Meyer, 1977).

Azo bileşiklerinin en tanınanı, ‘‘Vazo’’ ticari adıyla da bilinen 2,2’ azobisizobütironitrildir. Vazo katalizörünün sıcaklıktaki artışa bağlı olarak hızlı parçalanması, odunda vinil polimerizasyonu açısından bir avantaj olarak değerlendirilmektedir. Reaksiyonu başlatmak için 60°C’lik ortalama sıcaklık yeterli olabilmekte ve Vazo’nun yarılanma zamanı yirmi yıl civarında olduğundan katalizörlenmiş monomer uzunca bir süre depolanabilmektedir (Meyer, 1977).

Diğer önemli bir katalizör peroksitlerdir. Bir organik benzol peroksit molekülünden en zayıf ve en ısı-duyarlı kimyasal bağ -O-O- bağıdır (Tarkow, 1964). Bu bağın bozulması için gereken ayrılma enerjisi 146,5 kJoule/mol’dür.

Katalizör konsantrasyonunun OPK’lerine etkisi araştırılmış, vazo’nun yüksek konsantrasyonlarında, (%1,2-1,6) daha büyük ekzoterm sıcaklığı ve daha kısa ekzoterm sıcaklığa erişme hızı kaydedilmiştir. Yüksek konsantrasyonun, ayrıca, kısa polimer zincirlerini ve düşük polimer özellikleri verdiği ortaya konulmuştur (Kenaga, 1969). Diğer yandan, vazo’nun yüksek konsantrasyonlarda kullanımı, monomerin polimere dönüşme oranını da azaltmaktadır (Duran ve ark., 1972). Genellikle vazo için %0,25-0,75 benzol peroksit için %0,25-2’ lik konsantrasyonlar kullanılmaktadır (Meyer, 1965; Duran ve ark., 1972).

#### *1.5.3.3. Radyasyon tekniği ile odun polimer kompoziti uygulaması*

Radyasyon tekniği ile polimerleştirme OPK üretiminde özellikle 1960’lı yıllarda yoğun biçimde araştırılmış ve uygulanmıştır. Yöntem, monomer çözeltisinde gamma radyasyonu kullanılarak serbest radikaller üretmek esasına dayanmaktadır.

### *Gama radyasyonu*

Gama ışınları radyoaktif bozunma sırasında atom çekirdeklerinden salınan yüksek enerjili fotonlardır. OPK üretiminde, gama radyasyonu kaynağı olarak Kobalt mineralinin bir radyoizotopu olan Kobalat-60 kullanılmaktadır (Meyer, 1965; Meyer, 1977).

Gama ışını radyasyonu, elastik ve inelastik çarpışmalarda, malzemede (odun ve/veya polimer) enerjisini bırakmaktadır. Bu gama ışınlarının izi üzerinde uyarılmış ve iyonlaşmış moleküller oluşturmaktadır. Bir elektronun önemli bir kinetik enerjiyle orbitinden çıkarılması durumunda, ikincil olarak uyarılmış ve iyonlaşmış moleküller ortaya çıkabilir. En sonunda, gama ışını hızını kaybedecek ve kaybolacaktır (Meyer, 1965).

#### *1.5.3.4. Graft (Aşılama) tekniği ile odun polimer kompoziti uygulaması*

Genel olarak, graft (aşılama) kopolimeri, daha önce şekillenen bir polimerle bir monomer reaksiyona girdiğinde oluşmaktadır. Yani, bir polimerle monomerin kimyasal reaksiyona girmesi sözkonusudur (Schwab ve ark., 1961). Gelişen bir polimerin radikalleri, herhangi bir bileşiğe radikal karakterini taşıyarak o bileşiğin hidrojen atomlarını koparma yeteneğine sahiptir (Schwab ve ark., 1961). Bu işlemi selülozun polimerik yapısından yararlanarak selüloz zinciri üzerinde gerçekleştirmek mümkündür. Bu amaca yönelik yöntemlerden biri, bir çözücü içindeki monomerle (özellikle stiren veya metil metakrilat) selüloz liflerinin emprenye edilmesi ve monomer içindeki foto-sensitizer yardımıyla graft polimerleşmesinin gerçekleştirilmesi esasına dayanan fotografting yöntemidir. Böyle bir işlem, selülozik liflerin su iticilik ve kimyasal meddelere dayanıklılık gibi özelliklerini artırarak biyolojik dayanımını iyileştirmektedir.

Graft polimerizasyonu yöntemi doğrudan oduna uygulamak da mümkündür. Kenaga ve Stannet, dioksan içinde çözdükleri stireni radyasyon tekniği ile oduna aşılamaşlardır %90 oranında bir polimer yüklenmesi gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca, %70 su itici etkenlikle birlikte, az da olsa çekme ve aşınma dirençlerinde bir artış belirlenmiştir (Kenaga ve ark., 1962).

#### *1.5.3.5. Biyoaktif tekniği ile odun polimer kompoziti uygulaması*

Bioyaktif nitelikli polimer, organik kalay polimerleri olarak da bilinmektedir. Trialkil kalay grubundaki organik kalay bileşikleri, bir kovalent bağ ile tipik bir karboksilli asit esteri biçiminde polimere bağlanmaktadır (Subramanian ve ark., 1977).

Kullanılan ilk organik kalay polimerleri politribütil kalay polimeri politribütil kalay akrilat ve politribütil kalay metakrilat dır. Bu polimerlerin yetersiz olan mekanik özellikleri, metil metakrilat ve diğer vinil monomerlerin kopolimerizasyonu ile bertaraf edilebilmektedir. Kopolimerizasyonun temel şeması, sözkonusu organik kalay bileşiklerini bir epoksi veya hidroksil grubu ihtiva eden vinil monomerlerle kopolimerleştirmektedir. Böylece oluşan organik kalay kopolimerinin hidroksil gruplarıyla reaksiyon veren uygun bir çapraz bağlayıcı, organik kalay kopolimerlerini çapraz olarak bağlamaktadır (Subramanian ve ark., 1977).

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Yalınkılıç ve ark., (1993), borun ağaç malzemedan yıkanmasını engellemek amacıyla, borlu bileşiklerle emprenye işleminin ardından ikincil olarak ağaç malzemeyi çeşitli vinil monomerlerle emprenye ederek, odun polimer kompozitleri elde etmişlerdir. Elde edilen odun polimer kompozitlerinde, borun ağaç malzemedan yıkanması önemli ölçüde giderilirken; ayrıca bor muamelesi ile ağaç malzemenin çürüklük ve termitlere karşı direncinde de önemli derecede iyileşmeler sağlandığını bildirmişlerdir.

Rowell (1987), odun bünyesindeki hücre boşluklarını dolduran monomerlerin yerinde polimerleştirilmeleriyle, elde edilen odun polimer kompozitlerinin özgül ağırlık, su iticilik ve boyutsal kararlılık gibi fiziksel özelliklerin yanısıra mekanik özellikleri ve sertliği de önemli ölçüde arttırdığını belirtmiştir.

Yalınkılıç ve ark., (1998), odun örneklerini borik asitle ön emprenye işlemini takiben vinil monomerler (stiren ve metilmetakrilat) ile muamele etmişlerdir. Çalışma sonucunda, borun yıkanmasının polimerleşme nedeniyle beş kat daha azaldığını ancak iyi bir etkinlik için yüksek miktarda monomer gereksinimine ihtiyaç olduğunu açıklamışlardır.

Yalınkılıç ve ark., (1999 ), borik asit ile ön emprenye işlemine tabi tuttıkları Japon sediri (*Cryptomeria japonica D. Don.*) odunundan elde edilen örneklerden, stiren ve metilmetakrilat monomerlerini kullanarak odun polimer kompozitlerini elde etmişlerdir. Daha sonra bu örnekleri çürüklük testlerine tabi tutmuşlardır. Çalışma sonuçlarına göre; borlu bileşiklerin odun polimer kompozitlerinin çürüklük testlerinde önemli derecede iyileşmeler sağladığını tespit etmişlerdir.

Baysal ve ark., (2007), borik asit ve boraks kimyasallarıyla ön emprenye işleminin ardından polimerleştirdikleri odun örneklerinde azalan SAO değerlerini hücre boşlukları ile hücre çeperine penetre olan monomerin hidrofobik karakteristik özelliğinden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Ayrıca borlu bileşik ve polimer muamelesi ile emprenye edilen örneklerde bulunan bor nedeniyle odunun daha güç tutuşur hale geldiğini ve daha fazla oksijene ihtiyaç duyduğunu açıklamışlardır.

Yıldız ve ark., (2005), stiren (ST), metil metakrilat (MMA) ve stiren / metil metakrilat (ST / MMA) karışımı ile emprenye edilen odun örneklerinde, hücre çeperinin polimer ile kaplanması nedeniyle, çeperin kalınlığının arttığı ve bununda lateral stabiliteyi arttırdığını rapor etmişlerdir.

Örs ve ark., (1995), Doğu kayını ve sarıçam odunlarını borlu bileşikler ve monomer maddelerle emprenye işlemine tabi tutmuşlardır. Çalışma sonuçlarına göre kontrol örneğine oranla, gerek sarıçam gerekse kayın'da monomer maddelerin (St, MMA, ISO) yoğunluğu 2 kat arttırdığını bildirmişlerdir.

Baysal (1994), kızılçam odunundan (*Pinus brutia* Ten.) hazırlanan deney örneklerini borik asit, boraks ve sodyum perborat'ın sulu veya PEG - 400'de çözündürülmüş çözeltileri ve monomer maddelerle muamele etmiş, borlu bileşiklerin odunun yanma direncini artırdığı ve su itici maddeler (SİM)'den kaynaklanan yanmayı artırıcı etkinin belirli ölçüde borlu maddelerle engellendiğini bildirmiştir.

Harrow, (1991), su itici maddelerle boyama ve vernikleme işlemlerinde ağaç malzemenin bor ile emprenye edilmesinin dış ortam şartlarına olan dayanımını artırdığını bildirmiştir.

Hafizoğlu ve ark., (1994), çeşitli borlu bileşikler ve su itici maddelerle kızılçam ve duglas odununu emprenye etmişler; su itici maddelerin, borlu tuzların odundan yıkanmasını önemli ölçüde engellediğini ve odunun su alma oranını düşürerek, odunun boyut stabilizasyonunu önemli derecede iyileştirdiğini belirtmişlerdir.

Meyer (1984) ve Stamm (1946), odunun boyutsal kararlılığını artırmak için kullanılan yöntemlerden birinin, odunun genişlemesi ve çalışmasını azaltmak için, hücre lümenlerini metilmetakrilat ve stiren ile polimerizasyon yöntemi olduğunu bildirmişlerdir..

Baysal ve ark., (2004), monomerlerle emprenye edilen odun örneklerinde, tüm süreleri itibarıyla deney örneklerinin su alma oranlarında % 100'lere varan oranlarda azalma kaydedildiğini bildirmişlerdir. Çalışmada stiren ve metilmetakrilat karışımının su alımını azaltan en etkili uygulama olduğu bildirilmiştir

Siau ve ark., (1968), odun polimer kompozitlerinin statik eğilme direncinin ağaç türüne ve polimer yüküne bağlı olarak yüksek oranlarda iyileştirilebildiğini bildirmişlerdir.

Yalınkılıç (1993), Sahil çamı ve melez kavak odunlarını, stiren ve metilmetakrilat ile 30 dk. süreyle 7 cm / Hg vakum ve 24 saat normal oda sıcaklığında emprenye ettikten sonra yoğunluklarının yaklaşık 2,5 kat arttığını bildirmiştir.

Baysal ve ark., (2003), çeşitli emprenye maddesi grupları ile muamele edilen kayın odununda; yoğunluk, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan çalışmada en yüksek retensiyon oranları su itici maddeler, bor bileşikleri ve PEG-400 üzerine uygulanan ikincil su itici madde muamelesi ile elde edildiğini bildirmişlerdir.

Hafors (1990), arkeolojik ve tarihi ahşap eserlerin korunmasında boyutsal stabilizasyonu sağlamak ve çatlamaı önlemek amacıyla kullanılan polietilenglikol-400 ( PEG-400 )'lü çözeltilerin kullanılması gerektiğini ve borlu bileşiklerin yıkanmasının mekanik bir şekilde engellenmesi amacıyla su itici maddelerle (SİM) muamele edilmesi gerektiğini bildirmiştir.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Ağaç türü

Çalışmada, ağaç işleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan geniş yapraklı ağaçlardan Doğu kayını odunu seçilmiştir.

##### 3.1.1.1. Doğu kayını (*Fagus Orientalis Lipsky*)'nin özellikleri

###### ✓ Botaniksel özellikleri

Doğu kayını, genel görünüşü bakımından kardeş tür olan Avrupa kayını'na çok benzerdir. Hatta bazı botanikçiler tarafından onun bir formu olarak kabul edilmektedir. 30-40 m ye kadar boy, 1m ye kadar çap yapabilen Doğu kayını, dolgun ve düzgün gövdeli 1. sınıf orman ağaçlarımızdandır (Hafizoğlu ve ark., 1994).

Kabuğu açık kül renginde olup, ince ve düzgün yapıdadır. Genç sürgünler kırmızımsı kahverengi renktedir. Yapraklar elips veya ters yumurta biçiminde olup, kenarları tam veya hafif dalgalıdır. Yaprak uçları, sivri uzun veya kısa olup, körpe iken kenarları kirpiklidir (Hafizoğlu ve ark., 1994).

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).

###### ✓ Yayılış sahası

Avrupa kayınına göre daha yerel bir coğrafi yayılışı vardır. Avrupa kayını yayılışının doğusunda yer alır. Doğu kayının genel coğrafi yayılışı, Bulgaristan, Türkiye,

Kafkasya ve İnan'dır. Batıda Balkan yarımadasından başlar, Trakya'nın kuzey ve güney dağları ile bağlantı kurarak İstanbul mıntıkası 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).

✓ Makroskopik özellikleri

Odununun doğal görünümü kırmızımsı beyazdır. Su buharı ile muamele edilmiş veya fırınlanmış halde daha koyu kırmızımsı renktedir. İleri yaşlarda; örneğin Türkiye'de Ayancık İşletmesi Bartu ve Çangal ormanlarında 80-100 yaşından itibaren oluşmaya başlayan özodun (kırmızı yürek) şekli gövde içerisinde düzenli ve iğ şeklinde olup alt ve üst uçları sivridir. Yüksekliği gövdenin kökle birleştiği yerden itibaren gövde genel yüksekliğinin 2/3'üne ulaşmaktadır. Ağaç yaşı arttıkça kırmızı yüreğin çapı ve gövde hacmindeki oranı da artmaktadır (Yaltırık, 1988).

✓ Mikroskopik özellikleri

Doğu kayını odunu, dağınık küçük traheli olup, küçük traheler bütün yıllık halka içerisinde dağınık durumda, özışınları kalın ve çok belirgin, radyal kesitte iri özışını levhaları, teğet kesitte iki ucu sivri iğ öz çizgileri bulunmaktadır (Hafizoğlu ve ark., 1994).

Traheler küçük olduğu için çıplak gözle görülememektedir. Enine kesitte, yıllık halkanın her tarafına dağılmış durumda ve yaz odununa gidildikçe sayı ve çapları yavaş yavaş azalmaktadır. Kalın ve parlak özışınları göze çarpıcı, aralarında düzenli olmak üzere 0,5-1 mm'lik aralıklar bulunur. Yıllık halka sınırları belirgin ve yaz odunu ilkbahar odununa göre daha koyu renktedir. İki kalın öz ışını arasında yıllık halka biraz dışarıya doğru çıkık ve bombelidir (Hafizoğlu ve ark., 1994). Radyal kesitte özışını levhaları parlak koyu renkte ve yüzeyin yaklaşık olarak 1/10'unu kaplamaktadır (Yaltırık, 1988).

- ✓ Bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Doğu kayını odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1. Doğu kayını odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri (Malkoçoğlu, 1994).**

Özellikler	Ortalama değerler
Tam kuru özgül ağırlık	0.645 gr/cm <sup>3</sup>
Hava kuru özgül ağırlık	0.669 gr/cm <sup>3</sup>
Basınç direnci	572 kp/cm <sup>2</sup>
Eğilmede elastiklik modülü	130822 kp/cm <sup>2</sup>

- ✓ Bazı teknolojik özellikleri

Doğu kayını odunun bazı teknolojik özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir (Malkoçoğlu, 1994):

**Çizelge 2. Doğu kayını odununun teknolojik özellikleri**

Özellikler	Birimi	Sembol	Ortalama değeri	
Yıllık halka genişliği	Mm	X	1.58	
Tam kuru özgül ağırlık	gr/cm <sup>3</sup>	$\delta_0$	0.645	
Hava kuru özgül ağırlık	gr/cm <sup>3</sup>	$\delta_{12}$	0.669	
Hacim yoğunluk değeri	gr/cm <sup>3</sup>	Y	0.538	
Daralma Miktarı	Liflere paralel yönde	%	Bl	0.288
	Radyal yönde		Br	4.95
	Teğet yönde		$\beta_T$	11.04
	Hacmen		Bv	16.21
Basınç direnci	kp/cm <sup>2</sup>	$\sigma_B$	572	

Çizelge 2. (devam)

Özellikler		Birimi	Sembol	Ortalama değeri
Eğilme direnci		kp/cm <sup>2</sup>	Σe	1123
Eğilmede elastiklik modülü		kp/cm <sup>2</sup>	E	130822
Dinamik eğilme direnci		kp/cm <sup>2</sup>	A	0.95
Çekme direnci		kp/cm <sup>2</sup>	σÇ	1316
Liflere dik çekme Direnci	Radyal yönde	kp/cm <sup>2</sup>	Σçr	34.74
	Teğet yönde		Σçt	38.07
Liflere paralel Makaslama direnci	Radyal yönde	kp/cm <sup>2</sup>	Σmr	96.27
	Teğet yönde		Σmt	99.75
Yarılma direnci	Radyal yönde	kp/cm <sup>2</sup>	Σyr	7.48
	Teğet yönde		Σyt	10.76
Brinell sertlik değeri	Liflere paralel yön.	kp/mm <sup>2</sup>	H Be	5.49
	Radyal yönde		H Br	2.69
	Teğet yönde		H Bt	2.86

### 3.1.2. Kullanılan empenye maddeleri

Çalışmada kullanılan borlu bileşikler Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Bandırma, Bigadiç, Kırka, Emet ve Kestelek tesislerinden temin edilmiştir.

#### 3.1.2.1. Borik asit

Çalışmada kullanılan ve Eti Maden İşletmeleri ürünü olan borik asidin özellikleri Çizelge 3'de verilmiştir (URL-9, 2011).

**Çizelge 3. Borik asidin özellikleri**

<b>Kimyasal İçerikleri ve Özellikleri (Tipik)</b>		
	Normal sülfat	Düşük sülfat
Saflik	99.90% min	99.90% min
B2O3	56.25% min	56.25% min
SO4	500 ppm max	130 ppm max
<b>Fiziksel İçerikleri ve Özellikleri (Tipik)</b>		
Kristal		
Molekül Ağırlığı	61.83	61.83
Özgül Ağırlık	1.435 gr/cm <sup>3</sup>	1.435 gr/cm <sup>3</sup>
Yığın Yoğunluğu	0.8 gr/cm <sup>3</sup>	0.8 gr/cm <sup>3</sup>
Tane Boyutu	+1 mm 4% max	+1 mm 4% max
<b>Toz</b>		
Özgül Ağırlık	1.435 gr/cm <sup>3</sup>	-
Yığın Yoğunluğu	0.7 gr/cm <sup>3</sup>	-
Molekül Ağırlığı	61.81 mg <sup>3</sup>	-

Borik asit, elementel borun bir oksiasidi olup, formülü H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> şeklindedir. Borik asit, kokusuz, tatsız, havada kararlı, beyaz kristaller şeklinde bir maddedir. Molekül ağırlığı 61.83, erime noktası 169 °C ve kaynama noktası 300 °C'dir. Özgül ağırlığı 1.46 g/cm<sup>3</sup>'tür. Borik asit suda orta derecede çözünür.

Borik asit 175 °C'ye kadar ısıtılırsa su kaybederek metaborik asit (HBO<sub>2</sub>) şeklini alır. Sıcaklığın artışıyla birlikte tetraborik asit (H<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>) meydana gelir. Hatta daha da ısıtıldığında camsıbor trioksit halini alır. Borik asit, sodyum peroksit ile reaksiyona sokulursa, beyazlatıcı olarak ticarete kullanılan peroksoborat elde edilir. Gliserin gibi belirli polialkollerle reaksiyona girer ve asidik çelat kompleksleri verir. Metal

oksitlerle eritildiği zaman gerçek metal iyonlarını karakterize eden oldukça renkli camsı boratları verir.

### 3.1.2.2. Boraks

Çalışmada kullanılan ve Eti Maden İşletmeleri ürünü olan boraks'ın özellikleri Çizelge 4'de verilmiştir.

**Çizelge 4. Boraks'ın genel özellikleri**

<b>Kimyasal İçerikleri ve Özellikleri (Tipik)</b>	
Safılık	99.90% min
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 47.76% min	47.76% min
Kimyasal Özellikler:	
Kristal	
Molekül Ağırlığı	291.35
Özgül Ağırlık	1.815 gr/cm <sup>3</sup>
Yığın Yoğunluğu	0.980 gr/cm <sup>3</sup>
Tane Boyutu	+1 mm 6 % max
	-0.06 mm 2% max

Boraks bor madeninin en önemli rezervidir. Rezerv bakımından dünyada en çok Türkiye 'de bulunmaktadır. Türkiye, çıkardığı borun %80 'ini işlemeden ihraç etmektedir. Boraks çok güç eriyen sert bir malzemedir. Elektriği çok az iletir (Baysal, 1994).

Genellikle, kimyasal formülü Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>.10H<sub>2</sub>O olarak yazılır. Kristal haldeki boraks renksizdir. Sodyum borat beyaz olup, toz ve kristal halinde bulunabilir. Yoğunluğu 1,73 gr/cm<sup>3</sup> 'tür. Sodyum borat suda ve gliserinde çözünür. Fakat alkolde çözünmez. Boraks 75 °C'de erimeye başlar. Eridikçe kristal suyunu kaybeder. 200 °C'de kaynar. Sodyum, borat, kızıl derecede, boraks camı olarak adlandırılan camımsı kütle

şeklinde erir. Birçok metalik bileşikler çözünmüş metalik iyonlara mahsus bir renkte boraks incisi vererek erimiş materyalde çözünebilir. Renklenmiş boraks incisinin meydana gelmesi bakır, nikel, demir ve krom gibi gerçek metal iyonlarının mevcudiyetini anlamak için analitik tahlilde kullanılır.

Sodyum borat, bazı yabancı madde ile birlikte sodyum borat bulunduran tabii boraksta bulunur. Sodyum borat, kolomanit ( $\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), kernit ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), uleksit ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 16 \text{HO}$ ) gibi çok sayıdaki diğer borat minerallerinden de elde edilir. Sodyum borat, tuzlu göl sularının buharlaştırılıp kristallendirilmesinden elde edilir. Boraks, laboratuvarında borik asit ile susuz sodyum karbonatı reaksiyona sokarak elde edilir (URL-9, 2011).

## 3.2. Deney Metodu

### 3.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması

#### 3.2.1.1. Ağaç malzeme

Çalışmada kullanılan deney örnekleri, I. sınıf ağaç malzemedен, düzgün lifli, budaksız, çatlaksız, tül teşekkülü ve büyüme kusurları bulunmayan, renk ve yoğunluk farkı olmayan, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış, yıllık halkaları yüzeylere dik (radyal) gelecek şekilde ve tomruğun yerden 150 cm üstünden diri odun kısımlarından hazırlanmıştır.

Eğilme direnci testi deney örneklerinin hazırlanmasında TS EN 326 (TS EN 326, 1999), liflere dik eğilme direnci için TS 2474 (TS 2474, 1976) standardına uyulmuştur. Bu maksatla 20x20x360 ±1mm ölçülerinde toplam 150 adet olarak deney örnekleri hazırlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Liflere dik eğilme direnci deney örnekleri

Tez çalışmasında liflere paralel basınç direnci testi için TS 2595 (TS 2595, 1977) esaslarına uyulmuştur. Bu maksatla 20x20x30±1 mm boyutlarında toplam 150 adet olarak deney örnekleri hazırlanmıştır (Şekil 3). Mekanik testlerde deney örnekleri 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl nem şartlarında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar TS 2471 (TS 2471, 1976) esaslarına göre iklimlendirme dolabında bekletilmiştir.





**Şekil 3. Liflere paralel basınç direnci deney örnekleri**

Su alma deneyleri TS 4083 (TS 4083, 1984) esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılmak üzere 20x20x20 mm boyutlarında toplam 150 adet deney örneği hazırlanmıştır (Şekil 4).



**Şekil 4. Su alma deney örnekleri**

Doğu kayınının üst yüzey performans özelliklerinin belirlenmesi için ise 160x80x13 mm'lik ebatlarında toplam 75 adet olarak deney parçası hazırlanacak şekilde kaba boyutları hesaplanmıştır. Kereste hesaplara uygun olarak kaba boyutlarda uzun parçalar olarak kesildikten sonra 2 hafta süre ile bekletilmiştir. Bu uzun parçalar iklimlendirme cihazına sığacak boyutlarda bölünmüşlerdir. Örnekler, temiz ölçüye getirilmeden önce iklimlendirme dolabında bekletilerek deneylere hazır hale getirilmiştir (TS 2471, 1976). Hava kurusu örnekler, 151x76x7 mm'lik (zımpara fazlalıklı) boyutlarda kesilmişlerdir. 151x76x7 mm' lik örnekler önce 80' lik kum zımpara, daha sonra 100'lük kum zımpara ile perdah işlemleri yapılarak, 150x75x6 mm' lik temiz ölçüsüne getirilerek emprenye işlemlerine ve deneylere hazır hale getirilmiştir (Şekil 5).



**Şekil 5. Üst yüzey deney örnekleri**

Doğu kayını odunu yongaları TAPPI T 11 os-75 (Anonim, 1998) standardına göre Şekil 6'daki laboratuvar tipi değirmende öğütülerek 50 mesh'lik elekde elenmiş ve termal analiz için deneylere hazır hale getirilmiştir.



Şekil 6. Termal analiz deney örnekleri

### 3.2.1.2. Emprenye maddeleri

Emprenye maddelerinin hazırlanmasında destile su kullanılmış ve karışımlar ağırlık esasına göre % olarak hazırlanmıştır. Toz halindeki borik asit ve boraks % 0.25, % 1.00 ve % 4.70 konsantrasyonlarda destile su ile oda sıcaklığında ( $20 \pm 2$  °C) hazırlanmıştır.

### 3.2.1.3. Emprenye işlemi

Emprenye işleminden önce tüm örneklerin ağırlıkları 0,01gr duyarlıklı analitik terazi ile tartıldıktan sonra  $103 \pm 2$  °C sıcaklıktaki etüvde değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir. Daha sonra içerisinde  $\text{CaCl}_2$  bulunan desikatörde soğutulularak tam kuru ağırlıkları  $\pm 0,001$ gr duyarlıklı analitik terazi yardımıyla belirlenmiştir.

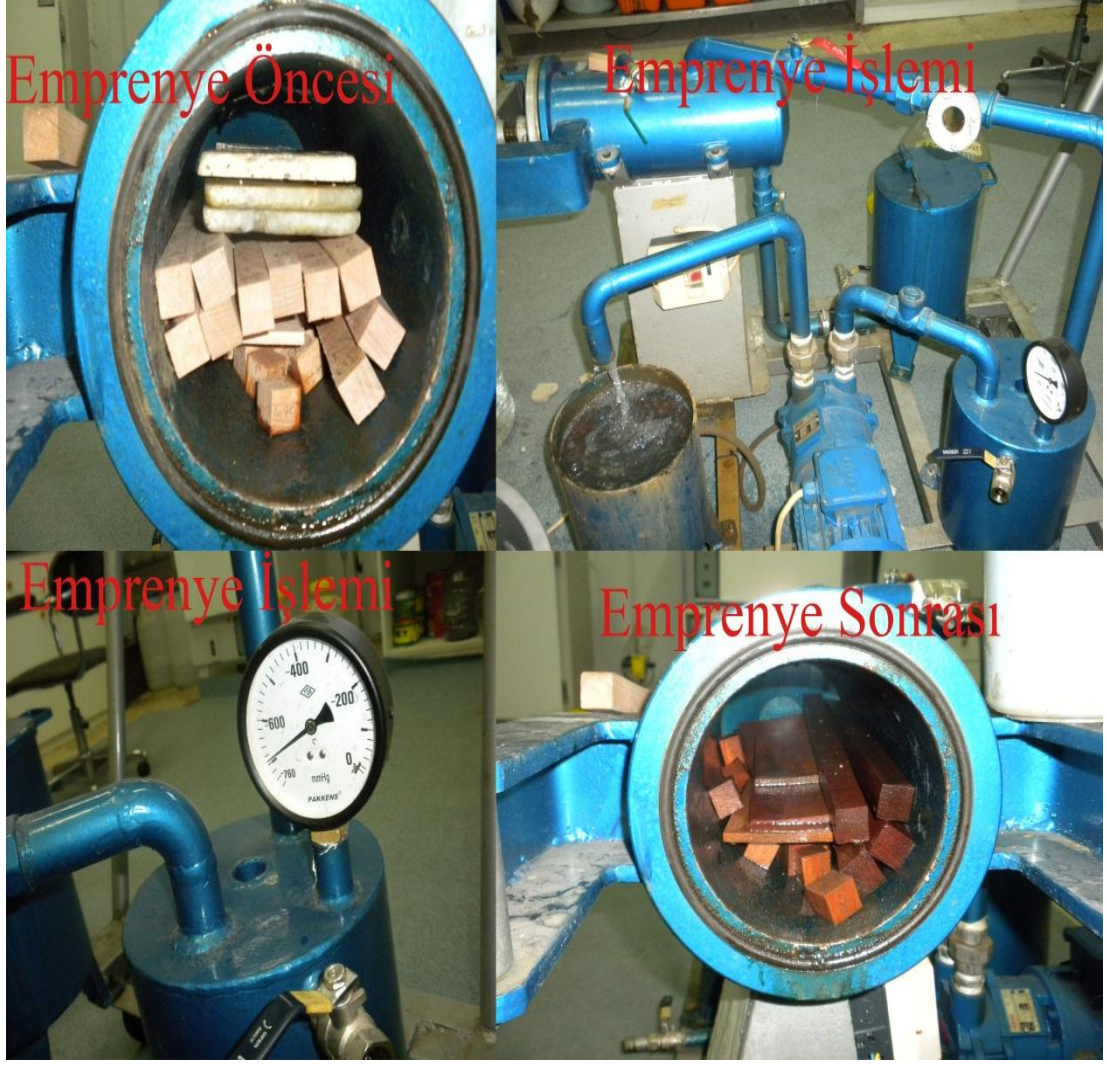


Emprenye işleminde ASTM D 1413 esaslarına uygun olarak difüzyon metodu tercih edilmiştir.

Emprenye işlemi için örnekler önce Şekil 7 ve Şekil 8’de verilen emprenye düzeneğinde  $760\text{mm Hg}^{-1}$  ’ya eşdeğer 30 dakika ön vakum, 30 dakika serbest difüzyona tabi tutulmuştur. Difüzyon işlemi bittikten sonra tahliye motoru vasıtasıyla emprenye silindirinden emprenye sıvısı depolama tankına gönderilerek emprenye işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 7. Emprenye Düzeneği



Şekil 8. Emprenye işlem basamakları

#### 3.2.1.4. Stirenin polimeştirilmesi

Stiren (St), ön işlemlerde polimerşme başlatıcı benzol peroksit (%2) ve divinilbenzen (%5) katılarak inhibitörlerden temizlenmiş ve kalıntısı  $\text{CaCl}_2$  ile temizlendikten sonra saf halde kullanılmıştır.

#### 3.2.2. Retensiyon miktarı

Deney örneklerinin retensiyon miktarı ( $R$ ,  $\text{kg/m}^3$ ) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$R=[(GxC)/V]x10^3 \text{ Kg/m}^3 \quad (3.1)$$

Burada;

$$G= T_2 - T_1$$

$T_1$ = Emprenye öncesi deney örneğinin ağırlığı (g)

$T_2$ = Emprenye sonrası deney örneğinin ağırlığı (g)

$V$ = Örnek hacmi ( $\text{cm}^3$ )

$C$ = Çözelti konsantrasyonu (%)

### 3.2.3. Polimer yükü

Polimerleşme aşamasından sonra, odun-polimer kompoziti haline dönüşen deney örneklerindeki net polimer miktarının ( $P_m$ ) tam kuru odun ağırlığına ( $A_o$ ) oranına ifade eden polimer yükü ( $PY$ ) değeri ise aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$PY = [(PA_o - A_o)/A_o]x100 = (P_m/A_o)x100$$

Burada;

$PA_o$ = Polimerleşme sonrası tam kuru ağırlık (g)

$A_o$ = Tam kuru odun ağırlığı (g)

$P_m$ = Polimer miktarı

$PY$ = Polimer yükü

### 3.2.4. Fiziksel testler

#### 3.2.4.1. Tam kuru yoğunluk

Ağaç malzemelerin tam kuru yoğunluk değerlerini belirlemek için hava kurusu haldeki örneklerden yararlanılmıştır. Bu maksatla TS 2472 (TS. 2472, 1976) esaslarına uyulmuştur. Buna göre hava kurusu haldeki örnekler  $103 \pm 2$  °C sıcaklıktaki havalandırılabilen kurutma dolabında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar



kurutulmuştur. Daha sonra kurutma dolabından alınarak içerisinde  $\text{CaCl}_2$  bulunan desikatörde soğutulduktan sonra 0,01 g duyarlıklı analitik terazide tartılmış, boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlıklı dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri stereometrik metot ile belirlendikten sonra tam kuru yoğunluk ( $\delta_o$ ); tam kuru ağırlık ( $M_o$ ) ve hacim ( $V_o$ ) değerlerine göre;

$$\delta_o = M_o / V_o \text{ g/cm}^3 \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.} \quad (3.2)$$

Yoğunluk ölçümlerinde yararlanılan analitik terazi Şekil 9 ve dijital kumpas Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 9. Deneylerde kullanılan analitik terazi



Şekil 10. Deneylerde kullanılan dijital kumpas

### 3.2.4.2. Su alma testi

Su alma deneyleri TS 4083 (TS. 4083, 1984) esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Su alma oranı (SAO) değerleri, odun örneklerinin  $20\pm 1$  °C' de destile su içerisinde 24, 48 ve 72 saat süre ile bekletilerek aşağıdaki eşitliklerin yardımı ile hesaplanmıştır:

$$SAO = [(Mr-Mo)/Mo] \times 100 \quad (3.4)$$

SAO: Su alma oranı (%)

Mr: Su alımından sonraki ağırlık (g)

Mo: Başlangıçtaki tam kuru ağırlık (g)

### 3.2.4.3. Üst yüzey testi

Emprenye sonrası ve Şekil 11'de görülen hızlandırılmış yaşlandırma test cihazında 500 saat bekletilmiş deney örneklerinin renk ve parlaklık değerleri belirlenmiştir.



Şekil 11. Deneylerde kullanılan hızlandırılmış yaşlandırma test cihazı



## Renk değişimi

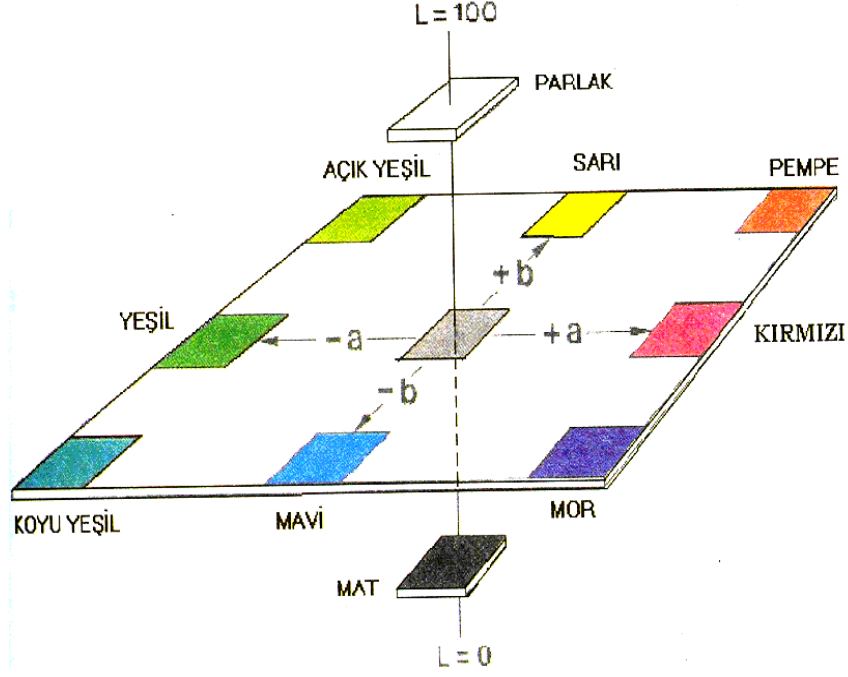
Renk ölçümleri ASTM–D 2244–02 (ASTM–D 2244–02, 2003) esaslarına göre belirlenmiştir. Renk ölçümleri, deney örnekleri iklimlendirme cihazında %12 rutubete getirilerek deneylere hazır hale getirilmiş olup, Şekil 12’de kalibresi yapılmış olan ölçüm kalıbıyla birlikte görülen X-Rite marka renk ölçüm cihazında emprenye sonrası ve hızlandırılmış yaşlandırma test cihazında 500 saat bekletilmiş örneklerin renk değerleri ölçülerek, renk değişimleri belirlenmiştir.



Şekil 12. Deneylerde kullanılan renk ölçüm cihazı ve ölçüm kalıbı

Sonuçlar, ISO 7724-2 (CIELAB–76) standartları esaslarına göre değerlendirilmiştir. ISO 7724-2 standardında elde edilen renk değerlerinden L; Şekil 13’de görülen renk koordinat sisteminde, 0-100 aralığındaki ışık değerini, a ve b değerleri ise; sayısal olarak + ve – yönlerindeki renk değerlerini ifade eder. Çalışmada renk ölçümü yapılmadan önce, cihaz kendi kalibrasyon plakasında kalibre edilmiştir. Cihazın kalibrasyon plakası değerleri ise;

$$L^* = 95,39 \quad a^* = -0,87 \quad b^* = +1,41 \text{ dir.}$$



Şekil 13. CIELAB-76 renk sistemi.

Renklerde meydana gelen değişiklikler ISO 7724-2 standardına göre aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır:

$$\Delta L^* = L^*_f - L^*_i$$

$$\Delta a^* = a^*_f - a^*_i$$

$$\Delta b^* = b^*_f - b^*_i$$

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \text{ (Toplam renk değişimi)} \quad (3.5)$$

$\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$  değerleri; renklerin ilk hali (i) ile son hali (f) arasında oluşan değişiklikleri belirten değerlerdir.  $\Delta E^*$  ise, renklerin L, a ve b yönlerinde meydana gelen toplam renk değişikliklerini belirten bir parametredir. Burada en büyük değer, en yüksek renk değişimini göstermektedir.

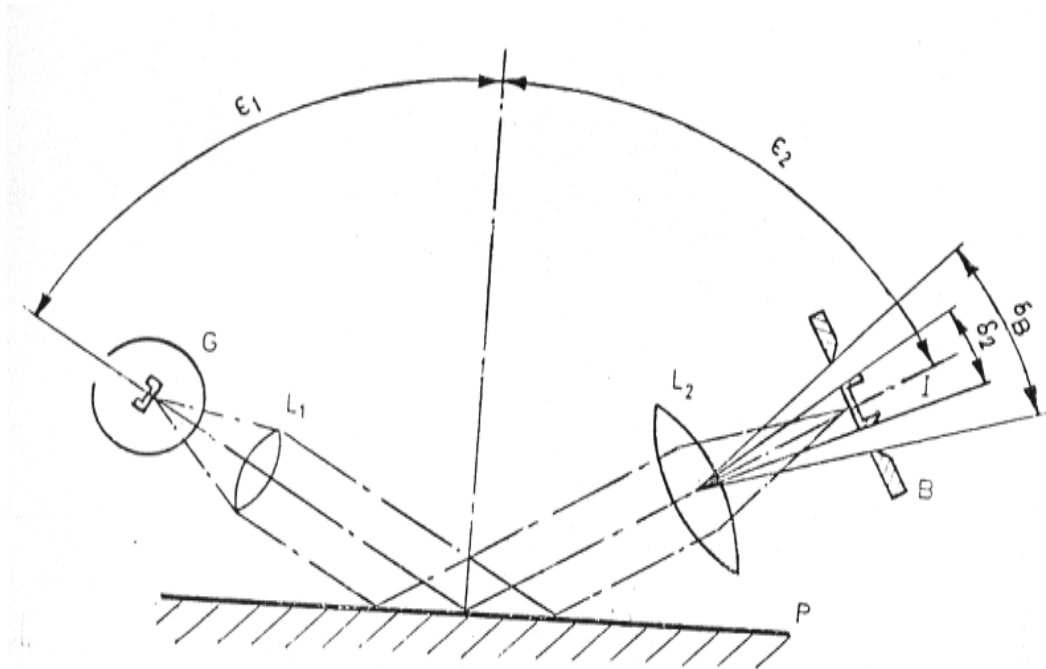
#### 3.2.4.3.2. Yüzey parlaklık değişimi

Deney örneklerinin ışığı yansıtma kabiliyetlerinden yararlanılarak parlaklık ölçümleri liflere paralel olarak yapılmıştır. Ölçümler Şekil 14'de görülen BYK Gardner marka yüzey parlaklığı ölçüm cihazı (Gloss-metre) ile yapılmıştır.



Şekil 14. Deneysel olarak kullanılan yüzey parlaklığı ölçüm cihazı

Gloss-metre, bir ışık kaynağından birbirine paralel veya yaklaşan ışık demetini deney alanına yönelten mercek ile mercek fotosel alıcı penceresinin oluşturduğu alıcıdan meydana gelmektedir (Sönmez, 1989). Yüzey parlaklığı ölçüm cihazının çalışma prensibi Şekil 15’de görülmektedir.



Şekil 15. 60° Gloss-metre ölçüm prensibi (Sönmez, 1989)

G : Lamba

L1,L2 : Mercekler

B : Alıcı pencere

P : Boya filmi

$\epsilon_1 = \epsilon_2 = 60 \pm 0,2^\circ$

$\delta B = \text{Alıcı açıklığı} = 4,4 \pm 0,1^\circ$

$\delta_2 = \text{Kaynak görüntü açısı} = 0.75 \pm 0.25^\circ$

I = Filament görüntüsü

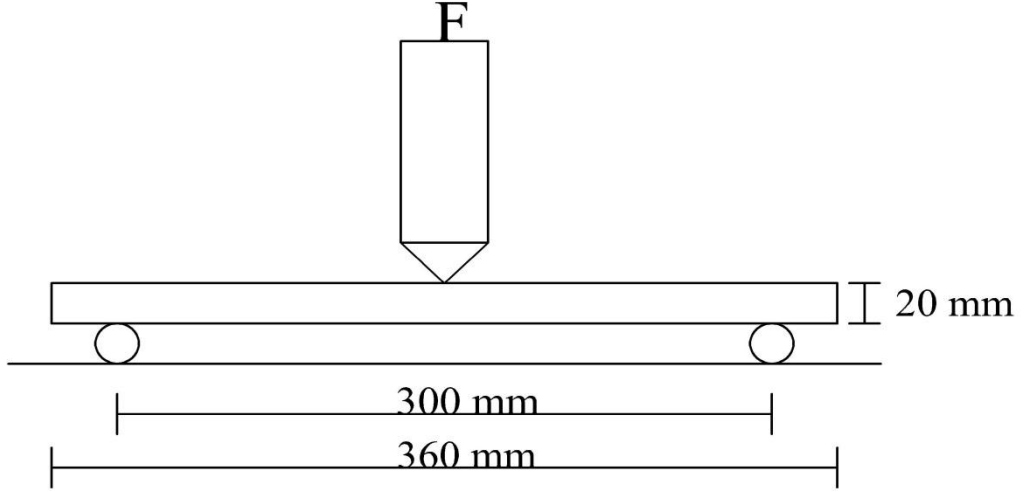
Boya ve vernik katmanlarının parlaklığı tespit edilirken, 20° mat katmanların, 60° hem mat hem de parlak katmanların, 85° ise çok parlak katmanların yüzey parlaklığını belirlemek için kullanılmaktadır (TS EN 24624, 1996). Tez kapsamında, iklimlendirme cihazında %12 rutubete getirilerek testlere hazır hale gelen örnekler, 60°±2° parlaklık seviyesinde ölçülmüştür. Cihazın 60° parlaklık kalibrasyonu; kalibrasyon derecesi 95,4 olan cihazın kendi kalibrasyon plakasında yapılmıştır.

### **3.2.5. Mekanik testler**

#### *3.2.5.1. Eğilme direnci testi*

Eğilme direnci testinde TS 2474 (TS 2474, 1976) esaslarına uyulmuştur. Deney parçaları her grup için 10'ar adet olarak hazırlanmıştır.

Mekanik test cihazının yükleme mekanizması, kırılmanın yükleme anından itibaren 1-2 dakika içinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde 5 mm/dk deneme hızıyla çalışılmıştır. Şekil 16'da deney düzeneği şeması ve eğilme direnci testinin uygulanışı Şekil 17'de ve testin uygulama sonrası Şekil 18'de verilmiştir.



Şekil 16. Eğilme direnci deney düzeneği (ölçüler mm)

Kırılma anında ölçülen kuvvet ( $F_{max}$ ) için eğilme direnci ( $\sigma_e$ );

$$\sigma_e = (3 \times F_{max} \times l) / (2 \times b \times h^2) \text{ N/mm}^2 \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.} \quad (3.6)$$

Burada;

$l$  = Dayanaklar arası açıklık (300 mm)

$b$  = Örnek genişliği (20 mm)

$h$  = Örnek yüksekliği (20 mm)' dir.



Şekil 17. Eğilme direnci testi deney uygulanması.

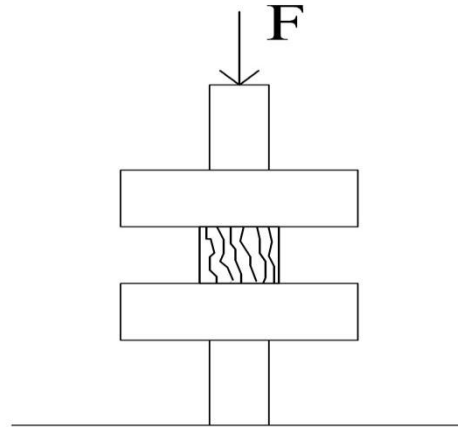




Şekil 18. Eğilme direnci testi deney uygulaması sonrası deney parçası

#### 3.2.5.2. Basınç direnci testi

Liflere paralel yönde basınç direnci TS 2595 (TS 2595, 1977) esaslarına uyularak belirlenmiştir. Deney parçaları her grup için 10'ar adet olarak hazırlanmıştır. Basınç direnci deney düzeneği Şekil 19'da, basınç direnci uygulaması Şekil 20'de ve basınç direnci testinin uygulama sonrası Şekil 21'de gösterilmiştir.



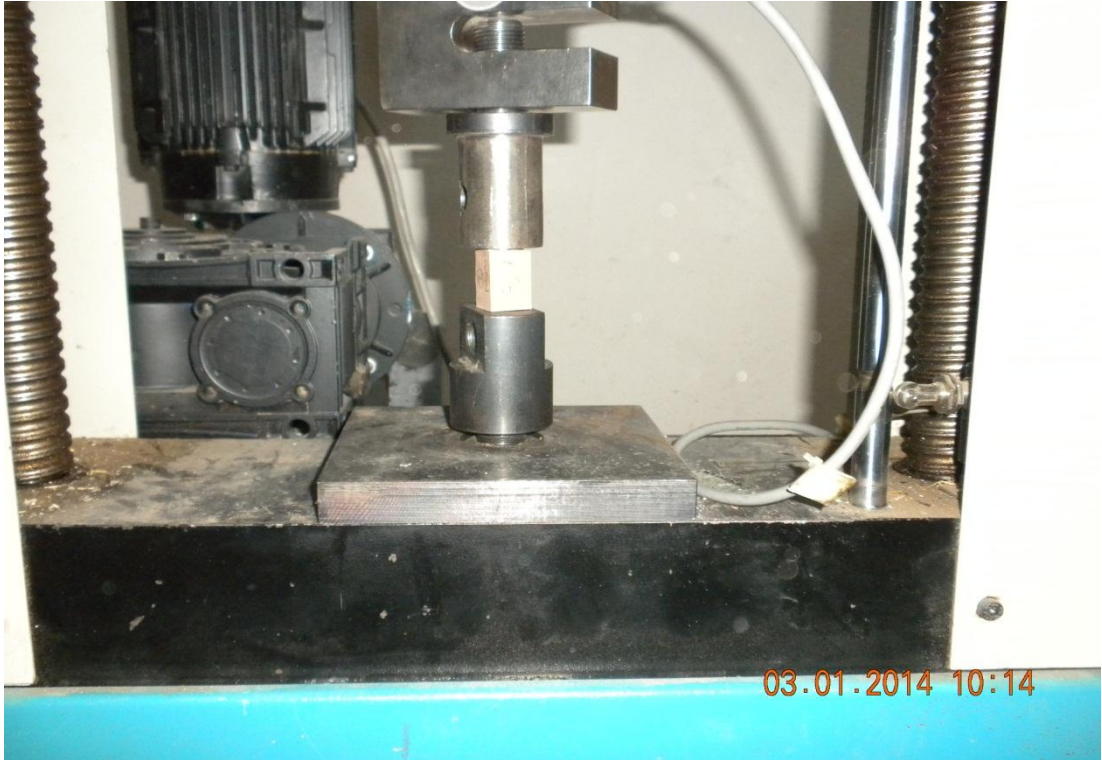
Şekil 19. Liflere paralel basınç direnci deney düzeneği

Mekanik test cihazının basınç direnci mekanizması, ezilmenin yükleme anından itibaren 1-2 dakika içinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde 6 mm/dk hızla çalıştırılmış olup deney anı Şekil 20'de gösterilmiştir. Deneylerden önce, kuvvetin uygulandığı enine kesit alanı ölçülüp, ezilme anındaki maksimum kuvvet ( $F_{max}$ ) belirlenerek basınç direnci ( $\sigma_b$ );

$$\sigma_b = F_{max}/A \text{ N/mm}^2 \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.} \quad (3.8)$$

Burada;

$A$  = Örneğin enine kesit alanı ( $\text{mm}^2$ )



Şekil 20. Liflere paralel basınç direnci deneyinin uygulanış



**Şekil 21. Liflere paralel basınç direnci deneyinin uygulama sonrası deney örnekleri**

### **3.2.6. Termal test**

Doğu kayını odunu yongaları TAPPI T 11 os-75 (Anonim, 1998) standardına göre Şekil 22'de görülen laboratuvar tipi değirmende öğütülerek, 50 mesh'lik elekde elendikten sonra emprenye edilerek termal analiz için deneylere hazır hale getirilmiştir (Şekil 23).





Şekil 22. Laboratuvar tipi değirmen



Şekil 23. Emprenye edilen deney örnekleri

Yaklaşık olarak 10-20 mg örnek Şekil 24'de görülen LABSYS marka termogravimetrik analizör cihazında oda sıcaklığından 600 °C'ye kadar 10 °C/dk ısıtma hızıyla azot atmosferinde (20ml/dk) ısıtılmıştır. Örneklere ait kütle kaybı (%) değerleri bilgisayar programı aracılığıyla alınmıştır.



Şekil 24. LABSYS marka thermogravimetrik analizör cihazı

### 3.2.7. Verilerin değerlendirilmesi

Çalışmada gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla istatistik programlarından SPSS paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Gruplararası farklılığın belirlenmesinde Duncan testi uygulanmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Retensiyon ve Polimer Yüğü Değerleri

Deney örneklerinde elde edilen retensiyon miktarları ve polimer yüğü değerleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Deney örneklerinin retensiyon ve polimer yüğü değerleri

Emprenye Maddesi	Konsantrasyon (%)	Doğu Kayını	
		Bor retensiyonu (Kg/m <sup>3</sup> )	Polimer yüğü (%)
Kontrol	-	-	-
ST	-	-	92.57
BA+ ST	(0.25)	1.60	88.86
	(1.00)	5.52	80.62
	(4.70)	27.78	76.48
BX+ST	(0.25)	1.55	85.84
	(1.00)	6.16	83.97
	(4.70)	29.35	80.78
(BA+BX)+ST	(0.25)	1.37	85.96
	(1.00)	4.90	77.51
	(4.70)	28.15	71.38

Çizelge 5 incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

1. Çalışma sonunda en yüksek bor retensiyon oranı %4.70 BX + ST ile emprenye edilen deney örneklerinde elde edilirken; en düşük bor retensiyon oranı %0.25 (BA+BX) + ST ile emprenyeli deney örneklerinde elde edilmiştir.

2. Çalışma sonunda en yüksek polimer yükü ST ile emprenye edilen örneklerinde elde edilirken; en düşük polimer yükü ise %4.70 (BA+BX) + ST ile emprenyeli deney örneklerinde elde edilmiştir.

3. Borlu bileşiklerle ön emprenye işlemi, deney örneklerinin polimer yükü değerlerinin azalmasına sebep olmuştur.

## 4.2. Fiziksel Testler

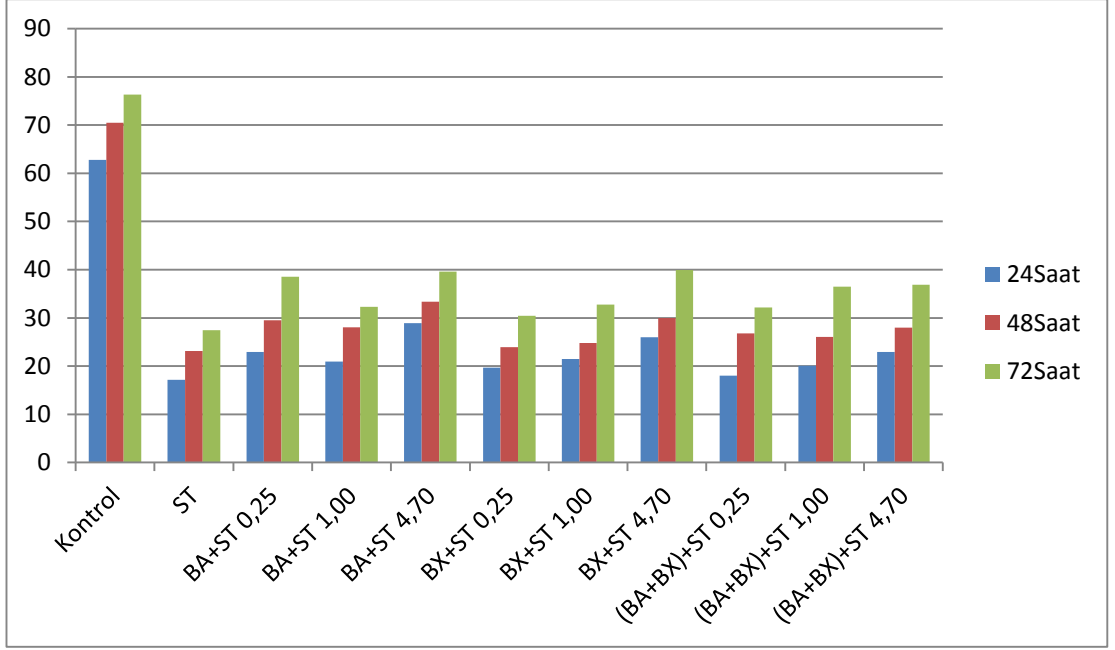
### 4.2.1. Su alma

Deney örneklerinin 24, 48 ve 72 saatlik sürelerde su alma oranına ilişkin elde edilen ortalama değerler Çizelge 6 ve Şekil 25’de verilmiştir.

Çizelge 6. Deney örneklerinin su alma oranına ait ortalama değerler

Emp. Mad.	Kon. (%)	Doğu Kayını								
		Su Alma Oranı (%)*								
		24 Saat SAO			48 Saat SAO			72 Saat SAO		
		Ort.	St.Sp	HG	Ort.	St.Sp	HG	Ort.	St.Sp	HG
<b>Kontrol</b>	-	62.79	5.43	A	70.48	3.57	A	76.32**	6.39	A
<b>ST</b>	-	17.14*	3.01	F	23.15	3.47	G	27.44	3.24	D
<b>BA+ST</b>	0.25	22.94	3.46	D	29.49	4.26	D	38.53	4.84	B
	1.00	20.94	1.38	E	28.03	3.59	E	32.30	2.40	C
	4.70	28.9	3.49	B	33.33	4.28	B	39.58	3.12	B
<b>BX+ST</b>	0.25	19.67	2.65	DEF	23.94	2.64	FG	30.43	3.89	D
	1.00	21.49	2.82	D	24.79	2.60	EF	32.79	3.51	C
	4.70	25.96	3.90	C	29.96	4.56	C	39.96	4.30	B
<b>(BA+BX)+ST</b>	0.25	18.03	2.67	F	26.81	3.53	F	32.18	3.85	C
	1.00	20.05	1.80	F	26.08	2.05	G	36.51	4.97	B
	4.70	22.94	3.85	D	27.96	3.94	DE	36.85	3.71	B

St. Sp.: Standart Sapma, ST: Stiren, BA: Borik Asit, BX: Boraks, Kon.: Konsantrasyon değeri SAO: Su alma oranı, Ort.: Ortalama, HG: Homojen grubu, aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur. \*En düşük su alma değeri, \*\*En büyük su alma değeri



Şekil 25. Deney örneklerinin su alma oranları (%)

Çizelge 6 ve Şekil 25 incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

1. Çalışmada 24, 48 ve 72 saat süre sonunda en yüksek su alma oranı kontrol örneklerinde elde edilirken; en düşük su alma oranı ise stiren ile emprenyeli deney örneklerinde elde edilmiştir.
2. Çalışma sonuçlarına göre, su alma oranları bakımından emprenyesiz kontrol örneği ile tüm konsantrasyon düzeyleri ile emprenyeli deney örnekleri arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar tespit edilmiştir.
3. Borlu bileşiklerle ön emprenye işlemi deney örneklerinin su alma oranında artışa sebep olmuştur. Bununla birlikte, çözelti konsantrasyon yüzdesinin deney örneklerinin su alma değeri üzerine belirgin bir etkisi gözlemlenmemiştir.
4. Genel olarak stiren emprenyesi öncesi, borik asit ile ön emprenye işlemine tabi tutulan deney örneklerinin su alma oranı değerleri, diğer borlu bileşiklerine göre tüm su alma sürelerinde daha yüksek değerler vermiştir.
5. Kontrol ve deney örneklerinin su alma oranı 24 saat'lik süre sonunda diğer su alma periyotlarına oranla daha yüksek düzeyde gerçekleşmiştir.

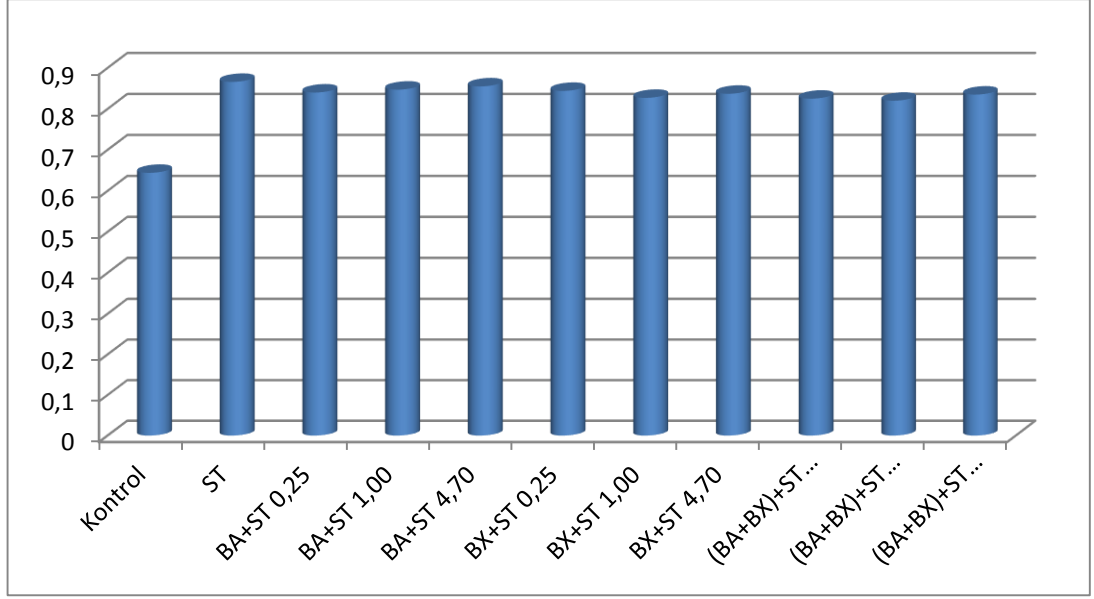
#### 4.2.2. Tam kuru yoğunluk

Deney örneklerinin tam kuru yoğunluklarına ait ortalama değerler Çizelge 7 ve Şekil 26'da verilmiştir

Çizelge 7. Deney örneklerinin tam kuru yoğunluk değerine ilişkin ortalama değerler

Emprenye Maddesi	Çözelti Konsantrasyonu (%)	Retensiyon	Doğu Kayını		
			Yoğunluk* (g/cm <sup>3</sup> )		
			Ortalama	St.Sp.	HG
Kontrol	-	-	0.644*	0.016	A
ST	-	-	0.866**	0.064	B
BA+ST	(0.25)	1.51	0.840	0.040	B
	(1.00)	5.40	0.847	0.050	B
	(4.70)	29.52	0.855	0.027	B
BX+ST	(0.25)	1.58	0.844	0.027	B
	(1.00)	6.04	0.827	0.057	B
	(4.70)	29.11	0.837	0.040	B
(BA+BX)+ST	(0.25)	1.42	0.825	0.071	B
	(1.00)	5.21	0.820	0.069	B
	(4.70)	27.07	0.835	0.074	B

St. Sp.: Standart Sapma, ST: Stiren, BA: Borik Asit, BX: Boraks, HG: Homojen grubu, aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur. \*En düşük yoğunluk değeri, \*\*En büyük yoğunluk değeri



**Şekil 26. Deney örneklerinin tam kuru yoğunluğunu değerleri (g/cm<sup>3</sup>)**

Çizelge 7 ve Şekil 26 incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

1. Çalışmada en düşük yoğunluk değeri 0.644 gr/cm<sup>3</sup> ile kontrol örneğinde ölçülürken; en yüksek yoğunluk değerleri ST ile muamele edilen deney örneklerinde 0.866 gr/cm<sup>3</sup> ile elde edilmiştir.
2. Çalışma sonuçlarına göre, yoğunluk değerleri arasında emprenyesiz kontrol örneği ile tüm konsantrasyon düzeyleri ile emprenyeli deney örnekleri arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar tespit edilmiştir.
3. Borlu bileşiklerle ön emprenye işlemi deney örneklerinin tam kuru yoğunluk değerinde düşüşe sebep olmuştur. Bununla birlikte, çözelti konsantrasyon yüzdesinin deney örneklerinin tam kuru yoğunluk değeri üzerine belirgin bir etkisi gözlemlenmemiştir.
4. Genel olarak stiren emprenyesi öncesi borik asit ile muamele edilen deney örneklerinin tam kuru yoğunluk değeri, diğer borlu bileşiklere kıyasla daha yüksek değerler vermiştir.

### 4.2.3. Üst yüzey testleri

#### 4.2.3.1. Renk değişim değerleri

Borlu birleşiklerle ön işleme tabi tutulan Doğu kayınından hazırlanan odun polimer kompoziti deney örneklerinin; emprenye ve 500 saat hızlandırılmış yaşlandırma sonrası  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerlerinin aritmetik ortalamaları ile 500 saat hızlandırılmış yaşlandırma sonrası  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  ve toplam renk değişimi göstergesi olan  $\Delta E^*$  değerlerine ilişkin aritmetik ortalamalar değerler Çizelge 8’de verilmiştir.

**Çizelge 8. Deney örneklerinin renk değişimine ait ortalama değerler**

Emp. Mad.	Kon. (%)	Doğu Kayını									
		Renk Değişim Değerleri									
		Hızlandırılmış yaşlandırma öncesi			500 saat hızlandırılmış yaşlandırma sonrası			500 saat hızlandırılmış yaşlandırma sonrası			
		$L_i^*$	$a_i^*$	$b_i^*$	$L_f^*$	$a_f^*$	$b_f^*$	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$
Kontrol	-	67.18	10.82	19.67	54.59	16.73	31.65	-12.59	5.91	11.99	18.36
ST	-	55.07	13.14	20.84	52.56	17.44	33.59	-2.51	4.30	12.74	13.68
BA+ST	0.25	45.15	7.84	16.57	39.26	11.28	20.14	-5.89	3.45	3.57	7.70
	1.00	50.92	13.92	21.74	50.69	14.16	26.54	-0.23	0.24	4.81	4.82
	4.70	48.66	14.10	20.35	45.17	17.35	25.98	-3.49	3.26	5.64	7.38
BX+ST	0.25	46.99	10.96	16.43	46.56	15.08	27.42	-0.43	4.13	10.99	11.74
	1.00	45.63	10.40	17.93	43.20	15.23	26.54	-2.44	4.83	8.62	10.17
	4.70	48.85	10.87	15.35	47.40	12.64	26.05	-1.46	1.77	10.71	10.95
(BA+BX)+ST	0.25	50.46	11.73	19.80	49.18	12.72	27.03	-1.29	0.98	7.23	7.41
	1.00	50.56	14.04	21.51	50.00	16.22	30.73	-0.56	2.19	9.22	9.49
	4.70	43.40	14.67	19.79	39.74	17.53	24.30	-3.66	2.85	4.51	6.47

ST: Stiren, BA: Borik Asit, BX: Boraks, Emp. Mad.: Emprenye maddesi, Kon.: Konsantrasyonu,

Çizelge 8 incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

1. Hızlandırılmış yaşlandırma öncesi  $L^*$  değeri en yüksek kontrol örneğinde elde edilirken, en düşük % 4.70 (BA+BX) + ST ile emprenyeli deney örneklerinde elde edilmiştir.
2. Çalışma sonuçlarına göre borlu bileşiklerle ön emprenye işlemi deney örneklerinin  $L^*$  değerlerinde düşüşe sebep olmuşlardır.



3. 500 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonunda deney örneklerinin L\* değerlerinde azalma gözlemlenmiştir.
4. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonunda kontrol örneğinin L\* değerinde meydana gelen azalma, test örneklerine göre daha yüksek düzeyde gerçekleşmiştir.
5. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonunda genellikle kontrol ve deney örneklerinin a\* ve b\* değerleri pozitif olarak gerçekleşmiştir.
6. Hızlandırılmış yaşlandırma süresi sonunda en fazla toplam renk değişimi kontrol örneklerinde gözlemlenirken, bunu sırasıyla stiren ve borlu bileşiklerle ön emprenye işlemine tabi tutulan deney örnekleri izlemiştir. Buna göre borlu bileşiklerle ön emprenye işlemi deney örneklerinin hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonrasında deney örneklerinin toplam renk değişimleri üzerinde olumlu etkide bulunduğu söylenebilir.

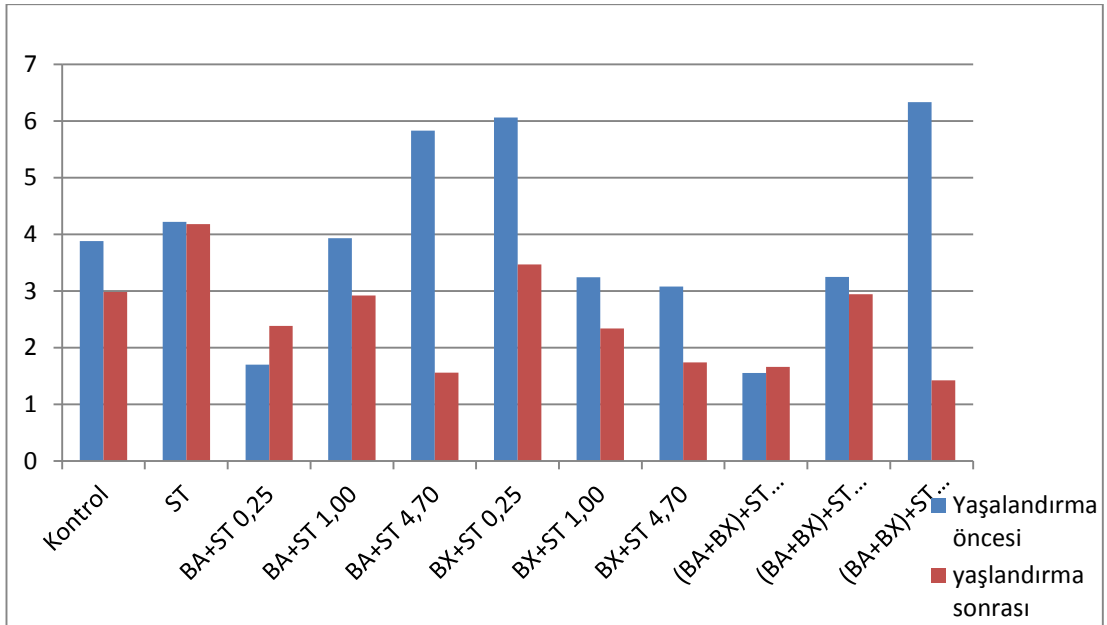
#### *4.2.3.2. Yüzey parlaklığı değişim değerleri*

Borlu birleşiklerle ön işleme tabi tutulan Doğu kayınından hazırlanan odun polimer kompoziti deney örneklerinin; emprenye ve 500 saat'lik hızlandırılmış yaşlandırma sonrası liflere paralel yüzey parlaklığı (60°) değerlerine ilişkin elde edilen aritmetik ortalamalar değerler Çizelge 9'da verilmiştir.

**Çizelge 9. Deneş örneklerinin parlaklık değerlerine ait ortalama değerler**

Emprenye Maddesi	Çözelti Konsantrasyonu (%)	Örnek Sayısı	Doğu Kayını			
			Parlaklık Değerleri (60°)			
			Yaşlandırma Öncesi		Yaşlandırma sonrası	
			Ortalama	St. Sp.	Ortalama	St. Sp.
Kontrol	-	5	3.88	0.22	2.98	0.36
ST	-	5	4.22	2.81	4.18**	2.47
BA+ST	(0.25)	5	1.70	0.43	2.38	3.24
	(1.00)	5	3.93	2.61	2.92	3.22
	(4.70)	5	5.83	5.35	1.56	0.40
BX+ST	(0.25)	5	6.06	3.47	3.47	2.47
	(1.00)	5	3.24	2.59	2.34	1.18
	(4.70)	5	3.08	0.90	1.74	0.83
(BA+BX)+ST	(0.25)	5	1.55*	0.13	1.66	0.73
	(1.00)	5	3.25	1.85	2.94	3.37
	(4.70)	5	6.33**	9	1.42*	0.57

St. Sp.: Standart Sapma, ST: Stiren, BA: Borik Asit, BX: Boraks, \*En düşük yaşlandırma öncesi ve sonrası değerleri, \*\*En yüksek yaşlandırma öncesi ve sonrası değerleri



**Şekil 27. Deneş örneklerinin yaşlandırma öncesi ve sonrası parlaklık değerleri**

Çizelge 9 ve Şekil 27 incelendiğinde aşığdaki bulgular elde edilmiştir:

1. Çalışmada; hızlandırılmış-yaşlandırma öncesi en düşük parlaklık değeri 1.55 ile % 0.25 (BA+BX) + ST çözeltisi ile muamele edilen deney örneklerinde ölçülürken; yaşlandırma öncesi en yüksek parlaklık değerleri %4.70 (BA+BX) + ST çözeltisi ile muamele edilen deney örneklerinde 6.33 ile elde edilmiştir.
2. Çalışmada hızlandırılmış-yaşlandırma sonrası en düşük parlaklık değeri 1.42 ile % 4.70 (BA+BX) + ST çözeltisi ile muamele edilen deney örneklerinde ölçülürken; yaşlandırma sonrası en yüksek parlaklık değerleri ST ile muamele edilen deney örneklerinde 4.18 ile elde edilmiştir.
3. Çalışma sonuçlarına göre, parlaklık değerleri empenyesiz kontrol örneği ile tüm konsantrasyon düzeyleri ile empenyeli deney örnekleri arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermiştir.

### 4.3. Mekanik Testler

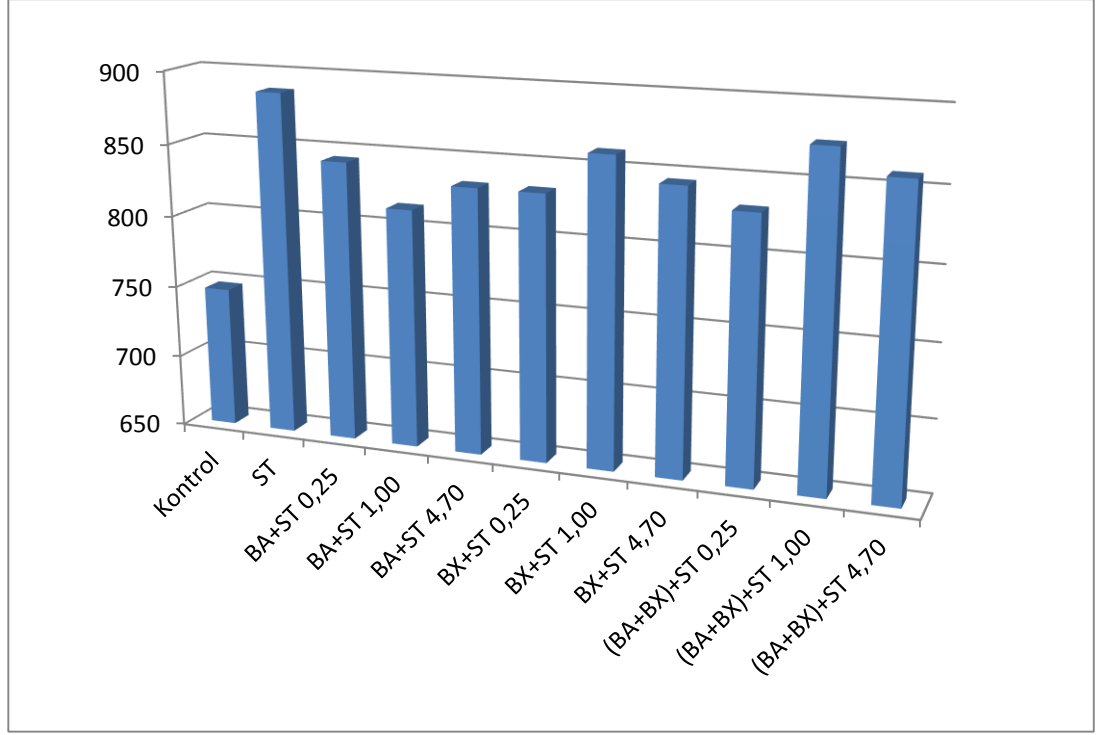
#### 4.3.1. Basınç direnci

Deney örneklerinin liflere paralel basınç direnci ölçümlerine ilişkin elde edilen ortalama değerler Çizelge 10 ve Şekil 28’de verilmiştir.

**Çizelge 10. Deney örneklerinin basınç direncine ait ortalama değerler**

Emprenye Maddesi	Çözelti Konsantrasyonu (%)	Retensiyon Kg/m <sup>3</sup>	Doğu Kayını		
			Basınç Direnci (Kg/cm <sup>2</sup> )		
			Ortalama	St.Sp.	HG
Kontrol	-	-	747.40*	56.56	D
ST	-	-	887.25**	52.90	A
BA+ST	(0.25)	1.38	843.38	28.57	BC
	(1.00)	4.58	832.73	25.05	BC
	(4.70)	26.03	814.53	12.92	C
BX+ST	(0.25)	1.29	860.77	50.81	B
	(1.00)	5.08	844.40	36.52	BC
	(4.70)	25.06	822.85	45.15	C
(BA+BX)+ST	(0.25)	1.16	838.52	37.52	BC
	(1.00)	4.92	847.95	32.94	BC
	(4.70)	20.37	830.80	41.20	BC

St. Sp.: Standart Sapma, ST: Stiren, BA: Borik Asit, BX: Boraks, HG: Homojen grubu, aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur. \*En düşük basınç direnci değeri, \*\*En büyük basınç direnci değeri



**Şekil 28 . Deney örneklerinin basınç direnci değeri**

Çizelge 10 ve Şekil 28 incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

1. Çalışmada en düşük basınç direnci değeri  $747.40 \text{ kg/cm}^2$  ile kontrol örneğinde ölçülürken; en yüksek basınç direnci değerleri ST ile muamele edilen deney örneklerinde  $887.25 \text{ kg/cm}^2$  ile elde edilmiştir.
2. Çalışma sonuçlarına göre, emprenyesiz kontrol örneği ile tüm konsantrasyon düzeyleri ile emprenyeli deney örnekleri arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar tespit edilmiştir.
3. Borlu bileşiklerle ön emprenye işlemi deney örneklerinin basınç direnci değerinde düşüşe sebep olmuştur. Borlu bileşiklerin çözelti konsantrasyonunun artmasına paralel olarak, deney örneklerinin basınç direnci değerlerinde genel olarak düşüşler gözlemlenmiştir.
4. Genel olarak stiren emprenyesi öncesi (BA+BX) ile muamele edilen deney örneklerinin basınç direnci değeri, diğer borlu bileşiklere kıyasla daha yüksek değerler vermiştir.

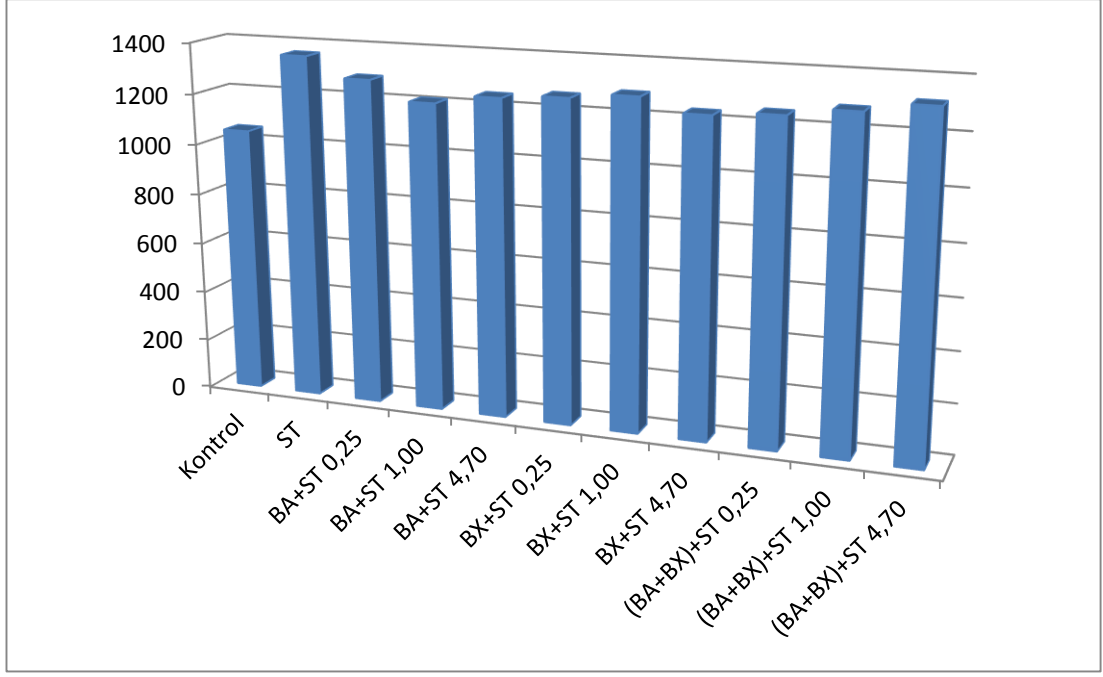
#### 4.3.2. Eğilme direnci

Deney örneklerinin liflere dik eğilme direnci ölçümlerine ilişkin elde edilen ortalama değerler Çizelge 11 ve Şekil 29’da verilmiştir.

**Çizelge 11. Deney örneklerinin eğilme direncine ait ortalama değerler**

Emprenye Maddesi	Çözeltili Konsantrasyonu (%)	Doğu Kayını		
		Eğilme Direnci (kg/cm <sup>2</sup> )		
		Ortalama	St.Sp.	HG
Kontrol	-	1051.73*	89.42	C
ST	-	1359.78**	82.82	A
BA+ST	(0.25)	1283.64	58.53	AB
	(1.00)	1260.08	104.54	AB
	(4.70)	1246.20	127.54	AB
BX+ST	(0.25)	1285.24	115.17	AB
	(1.00)	1262.42	106.74	AB
	(4.70)	1254.60	182.66	AB
(BA+BX)+ST	(0.25)	1314.01	144.89	AB
	(1.00)	1278.74	186.17	AB
	(4.70)	1249.08	112.20	AB

St. Sp.: Standart Sapma, ST: Stiren, BA: Borik Asit, BX: Boraks, HG: Homojen grubu, aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur. \*En düşük eğilme direnci değeri, \*\*En büyük eğilme direnci değeri



**Şekil 29. Deney örneklerinin eğilme direnci değerleri**

Çizelge 11 ve Şekil 29 incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

1. Çalışmada en düşük eğilme direnci değeri  $1051.73 \text{ kg/cm}^2$  ile kontrol örneğinde ölçülürken; en yüksek eğilme değerleri stiren çözeltisi ile muamele edilen deney örneklerinde  $1359.78 \text{ kg/cm}^2$  ile elde edilmiştir.
2. Çalışma sonuçlarına göre, emprenyesiz kontrol örneği ile tüm konsantrasyon düzeyleri ile emprenyeli deney örnekleri arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar tespit edilmiştir.
3. Borlu bileşiklerle ön emprenye işlemi deney örneklerinin eğilme direnci değerinde düşüşe sebep olmuştur. Borlu bileşiklerin çözelti konsantrasyonunun artmasına paralel olarak, deney örneklerinin eğilme direnci değerlerinde düşüşler gözlemlenmiştir.
4. Genel olarak stiren emprenyesi öncesi (BA+BX) ile muamele edilen deney örneklerinin basınç direnci değeri diğer borlu bileşiklere kıyasla daha yüksek değerler vermiştir.

#### 4.4. Termal Test

Borlu bileşiklerle ön emprenye işlemine tabi tutulan Doğu Kayını odunu deney örneklerinin termal test sonucu elde edilen kütle kaybına ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri Çizelge 12 ve Ek A - J’de verilmiştir.

**Çizelge 12. Doğu kayını odunu deney örneklerinin termogravimetrik analiz sonucu ölçülen kütle kaybı değerleri**

Deney Grubu	Sıcaklık Aralığı (°C)	Kütle Kaybı (%)	Toplam Kütle Kaybı (%)
Kontrol	45-282	6.17	67.3
	283-387	53.89	
	388-597	7.24	
Stiren	27-294	8.45	65.24
	295-370	39.62	
	371-597	17.17	
% 0.25 BA + Stiren	31-279	6.66	67.66
	280-373	46.05	
	373-597	14.95	
% 1.00 BA + Stiren	36-303	6.56	66.77
	304-462	58.07	
	463-597	2.14	
% 4.70 BA + Stiren	47-303	6.90	67.10
	304-468	57.74	
	469-597	2.46	
% 0.25 BX + Stiren	26-288	6.86	63.03
	289-359	41.28	
	360-597	14.89	
% 1.00 BX + Stiren	31-292	6.78	61.86
	293-363	38.35	
	363-597	16.73	
% 4.70 BX + Stiren	47-287	6.15	57.98
	288-360	36.38	
	361-597	15.45	



**Çizelge 12.** (devam)

Deney Grubu	Sıcaklık Aralığı (°C)	Kütle Kaybı (%)	Toplam Kütle Kaybı (%)
% 0.25 (BA+BX) + Stiren	35-283	6.14	63.38
	284-360	39.49	
	361-597	17.75	
% 1.00 (BA+BX) + Stiren	39-295	6.31	66.93
	296-357	31.42	
	358-597	29.20	
% 4.70 (BA+BX) + Stiren	27-292	7.23	60.14
	293-364	33.47	
	365-597	19.44	

Çizelge 12 ve Ek A – J incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

1. Termal analiz sonucu, en yüksek ağırlık kaybı % 67.66 ile % 0.25 BA+ ST ile emprenyeli deney örneklerinde elde edilirken; en düşük ağırlık kaybı % 4.70 BX + ST ile emprenyeli deney örneklerinde % 57.98 ile elde edilmiştir.
2. Çalışmada ön işlem olarak borik asitin % 0.25, % 1.00 ve % 4.70 sulu çözeltileriyle emprenye edilen ve arkasından stiren ile emprenye işlemine tabi tutulan deney örneklerinde gözlemlenen ağırlık kaybı değerleri, yalnızca stiren ile emprenye edilen örneklere göre daha yüksek değerler vermesi ilginç bir sonuç olarak karşımıza çıkmıştır.
3. Çalışmada, termal analiz sonuçlarına göre en düşük kütle kaybı değerleri, boraks ile emprenye işlemine tabi tutulan deney örneklerinde elde edilmiştir. Çalışmada boraksın konsantrasyonunun artmasına paralel olarak daha düşük kütle kaybı değerleri elde edilmiştir.
4. Borik asit ve boraks karışımlarında, % 1.00'lik BA+BX karışımı dışında, diğer iki çözelti ile muamele edilen deney örneklerinin kütle kaybı değerleri yalnızca stiren ile emprenyeli deney örneklerine kıyasla daha düşük değerler vermiştir.

5. Çizelge ve şekiller incelendiğinde deney örneklerinin asıl kütle kaybının yanma sırasında kimyasal reaksiyonların daha sıklıkla görüldüğü ikinci bölgede gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Borlu bileşiklerle ön emprenye işlemine tabi tutulan kayın odunundan hazırlanan odun polimer kompozitlerinde en yüksek bor retensiyonu BX + ST'nin % 4.70'li çözeltisiyle muamele edilen deney örneklerinde elde edilirken; en düşük bor retensiyonu (BA+BX) + ST'nin % 0.25'lik çözeltisiyle işlem gören deney örneklerinde elde edilmiştir. Çalışmada, borlu bileşiklerin çözelti konsantrasyonunun artmasına paralel olarak deney örneklerinin retensiyon miktarlarında da artış kaydedilmiştir. Buna göre, tüm deney örneklerinde en yüksek retensiyon miktarına % 4.70'lik çözeltilerle işlem gören deney örneklerinde; en düşük retensiyon miktarına % 0.25'lik çözeltilerle emprenye edilen deney örneklerinde ulaşılmıştır.

Çalışmada en yüksek polimer yükü, ST ile işlem gören deney örneklerinde elde edilirken; en düşük polimer yüküne (BA+BX)+ST'nin % 4.70'lik çözeltisiyle işlem gören deney örneklerinde ulaşılmıştır. Borlu bileşiklerde çözelti konsantrasyonunun artması ile deney örneklerinde elde edilen polimer yükü miktarlarında düşüş gözlemlenmiştir.

Su alma oranlarında, en yüksek su alma oranına ilk 24 saat'lik süre sonunda ulaşılmıştır. Kontrol örneğinin su alma oranı 24, 48 ve 72 saatlik süreler sonunda, test örneklerine oranla istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek değerler vermiştir. Su alma oranı bakımından yalnızca ST ile muamele edilen deney örneklerinde tüm süreler itibarıyla en düşük su alma oranları elde edilirken; borlu bileşiklerle ön emprenye işlemi uygulaması, deney örneklerinin su alma oranında artışa sebep olmuştur. Genellikle, borlu bileşiklerin çözelti konsantrasyonunun artmasıyla, deney örneklerinin aldığı su miktarında da artışlar gözlemlenmiştir. Baysal ve ark. (2006), duglas odununu önce (BA+BX)'in % 7'lik sulu çözeltisi ile muamele etmişler ve daha sonra stiren ile emprenye ederek, odun polimer kompozitleri elde etmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, odun polimer kompozitlerinde (BA+BX) ile ön emprenye işlemine tabi tutulan ve arkasından stiren kullanılarak elde edilen OPKların su alma oranları 24, 48 ve 72 saatlik süreler sonunda, sadece stiren kullanılarak elde edilen OPK'lara göre daha yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. Borlu bileşiklerin higroskopik karakterde olması sebebiyle, deney örneklerinin su alma oranlarında belli düzeyde

artıya sebep olabileceği sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla elde ettiğimiz sonuçlar, Baysal ve ark. (2006) ile uyum göstermektedir.

Tez çalışmasında deney örneklerinin tam kuru yoğunluk değerleri, kontrol örneğine kıyasla anlamlı derecede yüksek değerler vermiştir. Borlu bileşiklerle ön emprenye işlemi deney örneklerinin tam kuru yoğunluk değerinde düşüşe sebep olurken, meydana gelen bu düşüş istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur.

Hızlandırılmış-yaşlandırma işlemi sonunda deney ve kontrol örneklerinde koyulaşma görülmüştür. Bu koyulaşmanın lignin ve selülozik olmayan polisakkaritlerin bozunması sonucu oluştuğu bildirilmektedir (Hon ve Chang 1985; Grelier ve ark., 1991; Petric ve ark., 2004). Hızlandırılmış-yaşlandırma işlemi sonunda görülen koyulaşma deney örneklerinde, kontrol örneğine nazaran çok daha düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Hızlandırılmış-yaşlandırma işlemi sonunda deney örneklerinin pozitif a\* ve b\* değerleri göstermesi deney örneklerinde yaşlandırma işlemi sonunda kırmızılaşma ve sarılaşma oluştuğunu göstermektedir. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonucunda toplam renk değişimi en yüksek kontrol örneğinde gözlemlenirken, bunu sırasıyla ST ve ST öncesi borlu bileşiklerle emprenye edilen deney örnekleri izlemiştir. Buradan borlu bileşiklerle ön emprenye işleminin deney örneklerinin hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonunda toplam renk değişimini olumlu yönde iyileştirdiği sonucuna varılmıştır. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonunda genel olarak, deney örneklerinin parlaklık değerlerinde düşüşler gözlemlenmiştir. Genellikle ST ile emprenye öncesi borlu bileşiklerle ön muamele işleminin hızlandırılmış yaşlandırma işleminden sonra, deney örneklerinin parlaklık değerinde olumsuzluğa neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

Deney örneklerinin eğilme ve basınç direnci değerleri, kontrol örneğine kıyasla istatistiksel anlamda önemli derecede yüksek değerler vermiştir. Bunla birlikte ST ile emprenye öncesi borlu bileşiklerle muamele işlemi deney örneklerinin eğilme ve basınç direnci değerlerinde belli düzeyde düşüşe sebep olmuştur. Çalışmada, borlu bileşiklerin çözelti konsantrasyonunun artmasına paralel olarak, deney örneklerinin eğilme direnci değerlerinde düşüş gözlemlenirken; basınç direnci değerlerinde, (BA+BX)+ ST'nin %1.00'lik çözeltisi ile muamele edilen deney örnekleri dışında, düşüş kaydedilmiştir. Baysal ve ark. (2007), stiren kullanarak, sarıçamdan elde ettikleri OPK'ları % 1.00'lik borik asit ve boraks karışımının sulu çözeltileri ile ön

emprenye işlemine tabi tutuktan sonra, eğilme direncini araştırmışlardır. Çalışmadan elde ettikleri sonuca göre, % 1.00'lik borik asit ve boraks karışımı ile emprenye edilen OPK'ların eğilme direnci sadece ST ile emprenye edilerek elde edilen OPK'lara nazaran daha düşük değerler vermiştir. Çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar Baysal ve ark. (2007)'nin sonuçları ile uyum arz etmektedir.

Termal analiz testi sonucuna göre borlu bileşikler içinde kütle kaybı açısından en olumlu sonucu boraks verirken; borik asit ile muamele edilen deney örneklerinde elde edilen kütle kaybı değerlerinin yalnızca ST ile emprenye edilen deney örneklerinden daha yüksek değerler vermesi ilginç bir bulgu olarak karşımıza çıkmıştır. Çalışmada boraks konsantrasyonunun artmasına paralel olarak, deney örneklerinin kütle kaybı değerlerinde de düşüşler gözlemlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Asarcıklı, M., Keskin, H. (2002). *Ahşap Süsleme Teknikleri*, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, I. Baskı, Ankara.
- Autio, T., Miettinen, J.K. (1970). *Experiments in Finland on properties of wood polymer combinations*, Forest Prod. J. 20: 36-42.
- Baysal, B., (1981), *Polimer Kimyası*. Cilt No:I, O.D.T.Ü. , FEF. Yayın No:33  
Ankara
- Bayar, B., Parsapajouh, D., Khademieslam, H. (2010). *An Investigation on Some Physical Properties of Oil Heat Treated Poplar Wood*, Paper Prepared for the 41st Annual Meeting, Biarritz, France.
- Baysal, E. (1994). *Çeşitli Borlu ve WR Bileşiklerin Kızılçam Odununun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi*. Yük. Lis. Tezi, K.T.Ü. Fen Bil. Enst., Trabzon, s. 114.
- Baysal, E., Peker H., Çolak M., Gökteş O. (2003). *Çeşitli Emprenye Maddeleri İle Muamele Edilen Kayın Odununun Yoğunluğu, Eğilme direnci ve Elastikiyet Modülü*, F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Elazığ, 15.
- Baysal, E., Peker H., Çolak M. (2004). *Borlu Bileşikler ve Su İtici Maddelerin Cennet Ağacı Odununun Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri*, Erciyes Üniversitesi Fen Bil. Enst. Dergisi 20, 1-2.
- Baysal E, Sonmez A, Colak M, Toker H. (2006). *Amount of leachant and water absorption levels of wood treated with borates and water repellents*. Bioresource Technology 97(18):2271-2279.
- Baysal, E., Yalınkılıç, M.K., Altınok, M., Sönmez, A., Peker, H., Çolak, M. (2007). *Some Physical, Biological, Mechanical and Fire Properties of Wood Polymer*
- Berkel, A. (1970). *Ağaç Malzeme Teknolojisi*, I. Cilt, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No: 1448, İstanbul, s. 590.

- Berkel, A. (1972). Ağaç Malzeme Teknolojisi Cilt II: *Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No: 1745, O.F. Yayın No: 183, s. 386.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y. (1985). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Kitabı*, İ.Ü Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3311, İstanbul s. 263.
- Bozkurt, A.Y. (1986). *Ağaç Teknolojisi*, İ.Ü Yayın No: 3403, O.F. Yayın No: 380, Taş Matbaası, İstanbul, s. 220.
- Bozkurt, A.Y. (1992). *Odun Anatomisi*. İ.Ü. Yayın No: 3652, Orm. Fak., Yayın No: 415, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Erdin, Y. (1993). *Emprenye Tekniği*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3779, O.F. Yayın No. 425, s. 429.
- Bozkurt, A.Y., Erdin, N. (1997). *Ağaç Teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul, Üniversite Yayın No: 3998, Fakülte Yayın No: 445, s. 372.
- Callister, W. D. (1990). *Materials Science and Engineering*, second Edition, John Wiley & Sons Inc., Singapore.
- Crawford, R.J. (1985). *Plastic and Rubbers; Engineering Desing and Applications*, MEP, London.
- Composite (WPC) Pretreated with Boric Acid and Borax Mixture, Construction and Building Materials, 21, 9, (1879-1885).
- Çehreli, T.H. (1981). *Yönlendirilmiş Yongalı Levhaların Üretimi, teknolojik özellikleri ve kullanma Yerleri*. K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi 4, 98-120.
- Çolakoğlu, G., Çolak, S., Aydın, Ğ., Yıldız, Ü.C., Yıldız, S. (2003). *Effect of Boric Acid Treatment on Mechanical Properties of Laminated Beech Veneer Lumber*, Silva Fennica, 37, 505-510.
- Doruk Ş., Perçin O. (2010) *Isıl İşlemin Bazı Ağaç Malzemelerin Eğilme ve Basınç Direncine Etkileri*, Politeknik Dergisi Cilt:13 Sayı: 2 s. 143-150.

- DPT, (2000). İnternet Sitesi. [http://www.dpt.gov.tr/türkiye bor yatakları](http://www.dpt.gov.tr/türkiye_bor_yatakları). Erişim Tarihi: 08.01.2010 URL-7, 2010 Yılı Bor Sektör Raporu
- Duran, J.A. and Meyer, J.A., (1972). *Exothermic Heat Released During Catalytic Polymerization of Basswood-Methyl Methacrylate Composites*. Wood Science and Technology. 59-66.
- Feist, W.C. (1990). Weathering Performance of Finishing Wood Pretreated Water Repellent Preservatives. Forest Products Journal, 40, 21-22.
- Goldstein, I.S. (1973). *Degradation and Protection of Wood From Thermal Attack, in: Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments, ed: Nicholas, D.D., Syracuse Univ. Pres, Vol I: 307-339.*
- Grelier, S., Castellan, A., Kamdem, D.P., (2000). *Photo-protection of copper amine treated wood*, Wood and Fiber Science 32(2): 196-202.
- Güller, B. (2001). *Odun Kompozitleri*. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 2: 135–160.
- Gürtekin, A. ve Oğuz M., (2002). “Mobilya ve Dekorasyon Gereç Bilgisi”, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, İstanbul, 71-76.
- Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, M.K., Yıldız, Ü.C., Baysal, E., Demirci, Z., Peker, H. (1994). *Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilme İmkanları*, (TÜBİTAK Projesi), TOAG-875 Nolu Proje, s. 377.
- Hafors, B. (1990), *The role of the wasa in the development of PEG preservation method In: Archeological Wood Properties. Chemistry and Preservation Series: 225, 195-217.*
- Harrow, K.M. (1991). *Leachability of some Water-Soluble Wood Preservatives*, NZ, Wood Sci Technology, B 32, 33-40.
- Hon, D.N.S., Chang, S.T., (1985) *Photoprotection of wood surfaces by wood-ion complexes*, Wood and Fiber Science 17(1): 92-100.
- İkizler, A., (1985). *Organik Kimyaya Giriş*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, FEF. Yayın No:4, Trabzon.



- İlhan, R., (1980). *Ağaç Malzeme Koruma ve Emprenye Tekniği*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayını, Yayın No: 74, Trabzon. 154s.
- İlhan, R. (1999). *Ağaç Malzeme Teknolojisi I*, Muğla Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Muğla, 165 s.
- İnger, E. (2008). *İnternet Sitesi*. <http://www.otam.itu.edu.tr/index/duyuru/5/1şerks.pdf>. Erişim tarihi:25.05.2008.
- Karayazıcı, I., Nal, N., Celayir, F., (1980). *Bor ve Bor Bileşikleri, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. Kimya Sektör Araştırma Müdürlüğü*, İstanbul, 193s.
- Kartal, S.N., Green, F. (2002). *Development and Application of Colorimetric Microassay for Determining Boron-Containing Compounds*. Forest Prod J, 52, 75-79.
- Kartal, S.N., Imamura, Y. (2004). *Borlu Bileşiklerin Emprenye Maddesi Olarak Ağaç Malzeme ve Kompozitlerde Kullanımı*, II. Uluslar arası Bor Sempozyumu, Eylül, Eskişehir, Bildiriler kitabıII: 333-338.
- Karus M., (2005). *Woodfiber-plastic composites*, VTT Technical Research Centre, Finland.
- Kenaga, D.L., Fennessey, J.P., Stannett, V.T. (1962). *Radiation grafting of vinyl monomers to wood*, Forest Prod. J., 12, 161- 168s.
- Kenaga, D.L., (1969). *The heat cure of high boiling styrene type monomers in Wood*, The Dow Chemical Company Midleand.
- Kılıç, A. (1998). *Ağaç Türlerine Göre Suda Çözünen Emprenye Maddelerinin Yıkanma Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, s. 32-39.
- Kinell P.Ö. and Aagaard, P., (1969). *Status and Technology of Polymer Containing Fibrous Materials In The Western Hemisphere*
- Kollman, F., Cote, J.R. (1968). *Principles of Wood Science and Technology: I. Solid Wood*, Springer-Verlag, 149-151s.

- Kurtoğlu, A. (2000). *Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri Genel Bilgiler*, İ.Ü. Orman Fak. Orman End. Müh. Böl., 1, s.97-103
- Kurtoğlu, A., Sofuoğlu, S.D. (2007). *Mobilya ve ağaç işlerinde kullanılan ahşap malzemeler*, Mobilya Sektöründe Ağaç Malzeme Seçimi ve Kullanımı Semineri, İzmir, 85-97s.
- Küreli İ., Altınok M., Serbes T. (2009). *Vakumlu ve Klasik Kurutma Yöntemlerinin Ahşap Malzemenin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi*, Politeknik Dergisi Cilt:12 Sayı: 4 s.271-278.
- Langwig, J.E., Meyer, J.A., Davidson, R.W. (1968). *Influence of plymer impregnation on mechanical properties basswood*. Forest Products Journal, 18, 33-36.
- Levan, S.L., Tran. H.C. (1991). *The role of boron in flame-retardant treatments*. First International Conference on Wood protection With Diffusible Preservatives Nashville, 39- 41,Tennessee, 28–30 November.
- MALLICK, P.K. (1997). *Random fiber composites. Composites engineering handbook*. (Mallick pk, editör) New York, Marcel Dekker, s: 891–938.
- Mali, J., Sarsama, P., Suomi, L., Lindberg, Metsa, Kortelainen, S. (2003). *Woodfiberplastic composites*, VTT Technical Research Centre, Finland
- Maloney, T.M. (1986). *Terminology And Products Definitions A Suggested Approach To Uniformity Worldwide*. Proceedings. International Union Of Forest Research Organization World Congress, Yugoslavia, 18: 12–18.
- Maloney, T.M. (1996). *The family of wood composite materials*. The Forest Products Journal, 46: 19–26.
- Metsateollinen, V. (2002). *Woodfiber-plastic composites*, VTT Technical Research Centre, Finland,
- Meyer, J.A., (1965). *Treatment of Wood-Polymer Systems Using Catalyst-Heat Techniques*, Forest Prod. J. 15,10. 362-364.

- Meyer, J.A. (1977). *Wood-Polymer composites and their industrial applications*, ACS Symp., 43: 301-325.
- Meyer, J.A. (1981). *Wood-Polymer materials*, State of Art, Wood Science, 14, 49-54
- Meyer, J.A. (1982). *Industrial Use of wood-polymer materials state of art*, Forest Prod. J., 32, 24-29.
- Meyer, J.A. (1984). *Wood Polymer Materials*, In: R. Rowell ed. The Chemistry of Solid Wood, Advances in Chemistry Series 207, American Chemical Society, Washington D.C.
- Miyafuji, H., Saka, S. (2001). *Na<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> wood-inorganic composites prepared by the solgel process and their fire-resistant properties*, J Wood Sci, 47, 483-489
- Örs, Y., Atar, M., Peker, H. (1995). *Bazı Emprenye Maddelerinin Sarıçam ve Doğu Kayını Odunlarının Yoğunluklarına Etkileri*, Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 25.
- Örs, Y., Atar, M., Peker, H. (1999). *Bazı emprenye maddelerinin sarıçam ve doğu kayını odunlarının yoğunluklarına etkileri*, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, Ek Sayı 5: 1169- 1179
- Örs, Y., Keskin, H. (2001). *Ağaç Malzeme Bilgisi*, Atlas Matbaacılık, İstanbul, s.47-48.
- Örs, Y., Keskin, H. (2008). *Ağaç Malzeme Teknolojisi*, Gazi Üniversitesi Yayınları, Yayın No:2000/352, Ankara,1-6,144-155.
- Peker H. (1997). *Ağaçtan Yapılmış Mobilya Üst Yüzeylerinde Kullanılan Verniklerin Dış Mekanda Gösterdiği Değişiklikler*, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Petric, M., Kricej, B., Humar, H., Pavlic, M., Tomazic, M., (2004) *Patination of cherry wood and spruce wood with ethanolamine and surface finishes*, Surface Coatings International Part B. Coatings Transactions 87(B3): 195-201.
- Powell, J. (1996). *The recycled plastic lumber industry: Moving toward adulthood*, Resource Recycling and Compositing Journal, 15, 20–29.

- Richardson, B. (1978). *Wood Preservation*, The Construction Pres. Ltd., Lancaster, England, Pp: 238.
- Rowell, R.M., Kongol, P. (1987). *Treatments That Enhance Physical Properties of Wood*, Gen. Tech. Rep., FPL-GTR-55, U.S., Department of Agriculture, Forest Product Laboratory, Madison, WI, 12.
- Rowell, R.M. (2006). *Chemical modification of wood: A short review*, Wood Material Science and Engineering, 1: 29-33.
- Sarihan, E. (2006). *Bor Sektör Profili İstanbul Ticaret Odası Raporu*, İstanbul. 37s.
- Schwab, E., Stannet, V. And Hermans, J.J., *Grafting onto Cellulose and Cellulose Fibers*, Tappi 44,4. 251-256.
- Siau, J.F., Davidson, R.W., Meyer, J.A., Shaar, C. (1968). *Geometrical model for wood-polymer composites*. Wood Science, 1,2, 116-128.
- Sivrikaya, H. (2003). *Diri ve öz odunun emprenye edilebilirliği ve dayanım özellikleri*, Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 23-27.
- Sivrikaya, H. (2004). *Uluslararası Bor Sempozyumu*, Eskişehir 365-371s,
- Smdth, P. (2001), *U.S. Woodfiber-Plastic Composite Decking Market, The Sixth Conference on Woodfiber-Plastic Composites*, May 15-16 2001, 13-17.
- Sönmez, A. (2000). *Ağaçlarında Üstyüzey işlemleri I*, Çizgi Matbaacılık, Ankara, 1.
- Sönmez, A., Budakçı, M. (2004). *Ağaçlarında Üstyüzey işlemleri II*, Sevgi Ofset, Ankara, 1,61,64.
- Sönmez, A. (2005). *Üstyüzey işlemleri I*, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Düzeltilmiş ve genişletilmiş II. Baskı, Ankara, 132.
- Subramanian, R. V. And Garg, B.K., (1977). *Controlled Release Antifouling Coatings Based Upon Organotin Epoxide Polymers*, Proc. Controlled Release Pesticide Symposium, Corvallis OR, 154-160.

- Stamm, A.J., (1946). *Dimensional Changes of Wood and Their Control*, In. F. S. Goldstein ed., Wood Technology, Chemical Aspects, Advances In Chemistry Series 43, American Chemical Society, Washington D.C.,
- Şen, S. (2001). *Bitki Fenollerinin Odun Koruyucu Etkinliklerinin Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Bartın.
- Şen, S. (2005). *Ağaç Malzemenin Korunmasında Basınçlı Emprenye Sistemleri*. Düzce Üniversitesi, Düzce, 80s.
- Tarkow, H. And Southerland, C. (1964). Interaction of Wood with Polymeric Materials, Forest Prod. J.14,4 – 184-186.
- Tektaş, E. (2003). *Çinko Borat Üretimi*, Ankara, 43s.
- Temasan, (2010). *İnternet sitesi*. <http://www.temasan.com.tr>. Erişim Tarihi: 15.01.2010.
- TS 344/Kasım (1981), *Ahşap Koruma Genel Kuralları*, Ankara
- Ünal, O. (2010). *Yapı Malzemesi Kompozit Malzemeler Ders Notları*, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Afyon, 1-22.
- Vmden, P., Romero, J. (1977). *Developments in the Application of Organic Boron Compounds*, The Second International Conference on Wood Protection With Diffusible Preservatives and Pesticides, Forest Products Society, Madison 119-126.
- White, R.H. (1985). *Reporting of Fire Incidents in Heavy Timber Structures*, USDA, Forest Products Research Paper, FPL 464, Pp: 9
- Williams, L.H. (1986), J.K. Mouldin Integrated protection against lyctid beetle infestation. III. Implenting Boron Treatment of Virola Lumber in Brasil, Forest Products Journal, 36, 24-28.

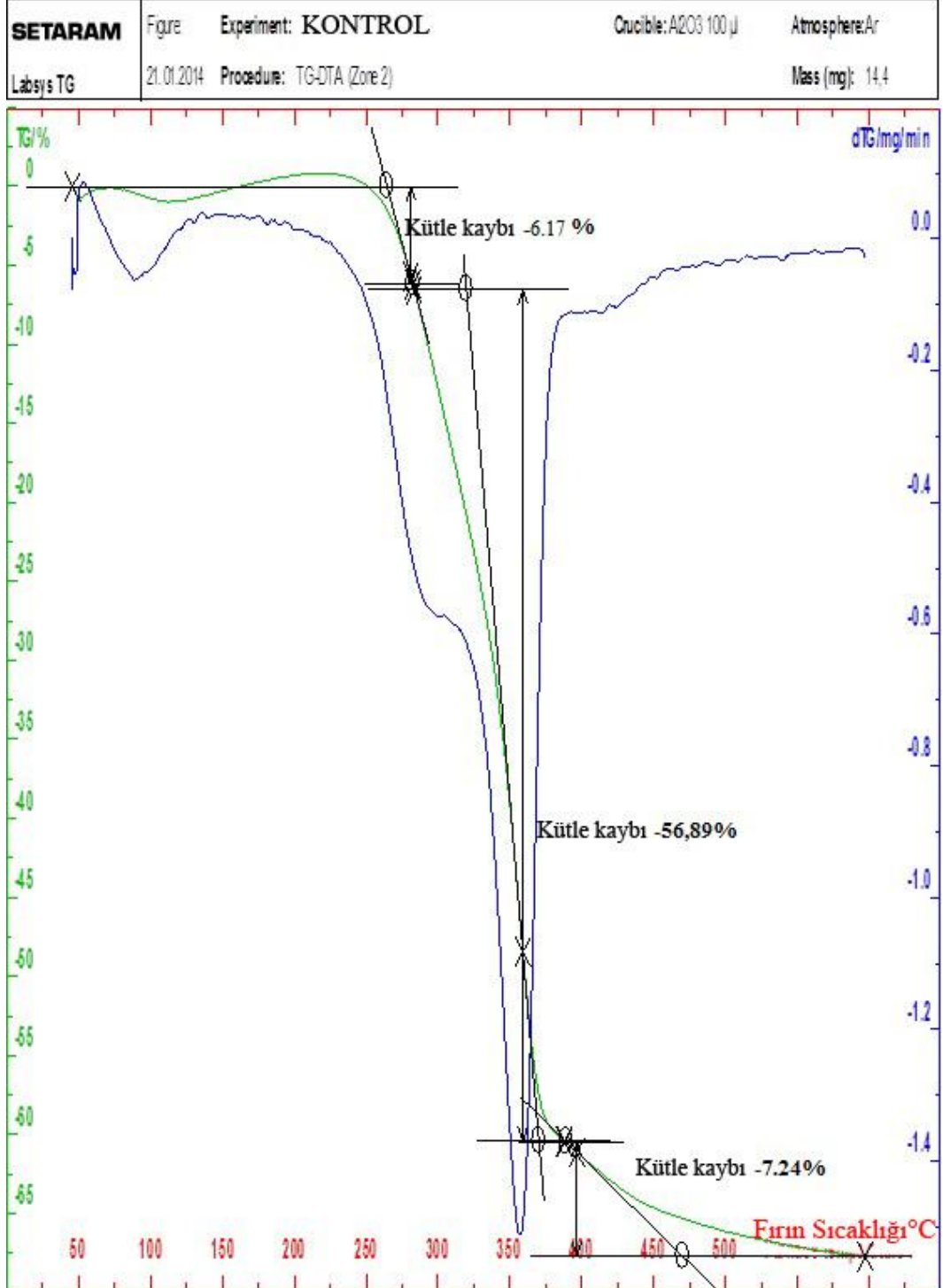
- Williams, L.H. (1990). *Potential benefits of diffusible preservatives for wood protection*, An analysis with emphasis on building protection with diffusible preservatives. M. Hamel, Ed., Forest Products Research, Society, 29-35.
- Winandy, J.E., Morell, J.J., (1990). *Protection of Wood Design in Adverse Environments*, In: Proceedings of I. Forest Product, 354-359.
- Yalınkılıç, M.K. (1992). *Daldırma ve Vakum Yöntemleriyle Sarıçam ve Doğu Kayın Odunlarının Kreozot WR, Tanalith CBC ve Tanalith C-S Kullanılarak Emprenye ve Emprenye Edilen Örneklerin Yanma Özellikleri*, I. Ulusal Orman Ürünleri End. Kongresi, Trabzon, Bildiri Metinleri,
- Yalınkılıç, M.K. (1993). *Ağaç Malzemenin Yanma, Higroskopisite ve Boyutsal Stabilite Özelliklerinde Çeşitli Emprenye Maddelerinin Neden Olduğu Değişiklik ve Bu Maddelerin Odundan Yıkanabilirlikleri*, K.T.Ü. Orman Fak., Doçentlik Tez Çalışması, Trabzon .
- Yalınkılıç, M.K., Baysal, E., Demirci, Z. (1997). *Bazı Borlu Bileşiklerin ve Su İtici Maddelerin Kızılçam Odununun Yanma Özellikleri Üzerine Etkileri*, Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 21: 423-431.
- Yalınkılıç, M.K., Imamura, Y., Takahashi, M., Yalınkılıç, A.C. (1999). *In situ polymerization of vinyl monomers during compressive deformation of wood treated with boric acid to delay boron leaching*, Forest Product Journal, 49, 43 – 41.
- Yalınkılıç, M.K., İlhan, R., Imamura, Y., Takahashi, M., Demirci, Z., Yalınkılıç, A.C. ve Peker, H. (1999). *Weathering Durability of CCB-Impregnated Wood for Clear Varnish Coatings*, J. Wood Sci. 45: 502–514.
- Yalınkılıç, A.C. (2008). *Ağaç Malzemedeki Su Bazlı Vernikler ile Su Çözücülü Ağaç Boyası Etkileşiminin Kahverengi Renk Tonuna Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 3-4.
- Yıldız, S. (2002). *Isıl işlem uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri*, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Yıldız, Ü.C., Yıldız, S., 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.

Youngquist, J.A. (1995), *Unlikely Partners?, The Marriage Of Wood And Nonwood Materials*. Forest Prod. Journal, 45, 25-30.

Zorlu, İ. (1997). *Ağaçşleri Konstrüksiyon Bilgisi Temel Ders Kitabı*, 4. Baskı, ISBN: 975.11.1267.2, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1.

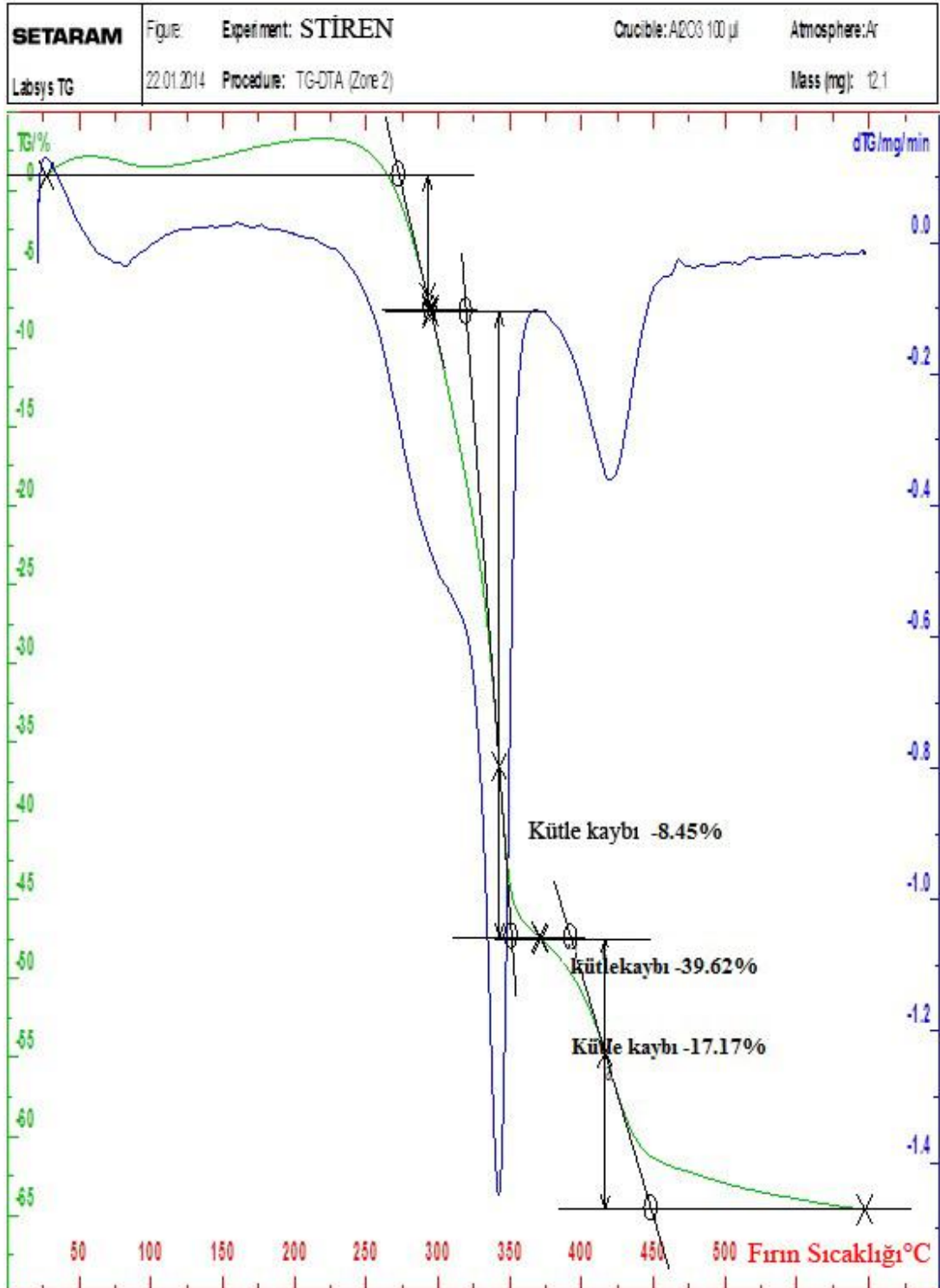
## EKLER

### Ek A. TGA analizi sonucu kontrol örneğine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri

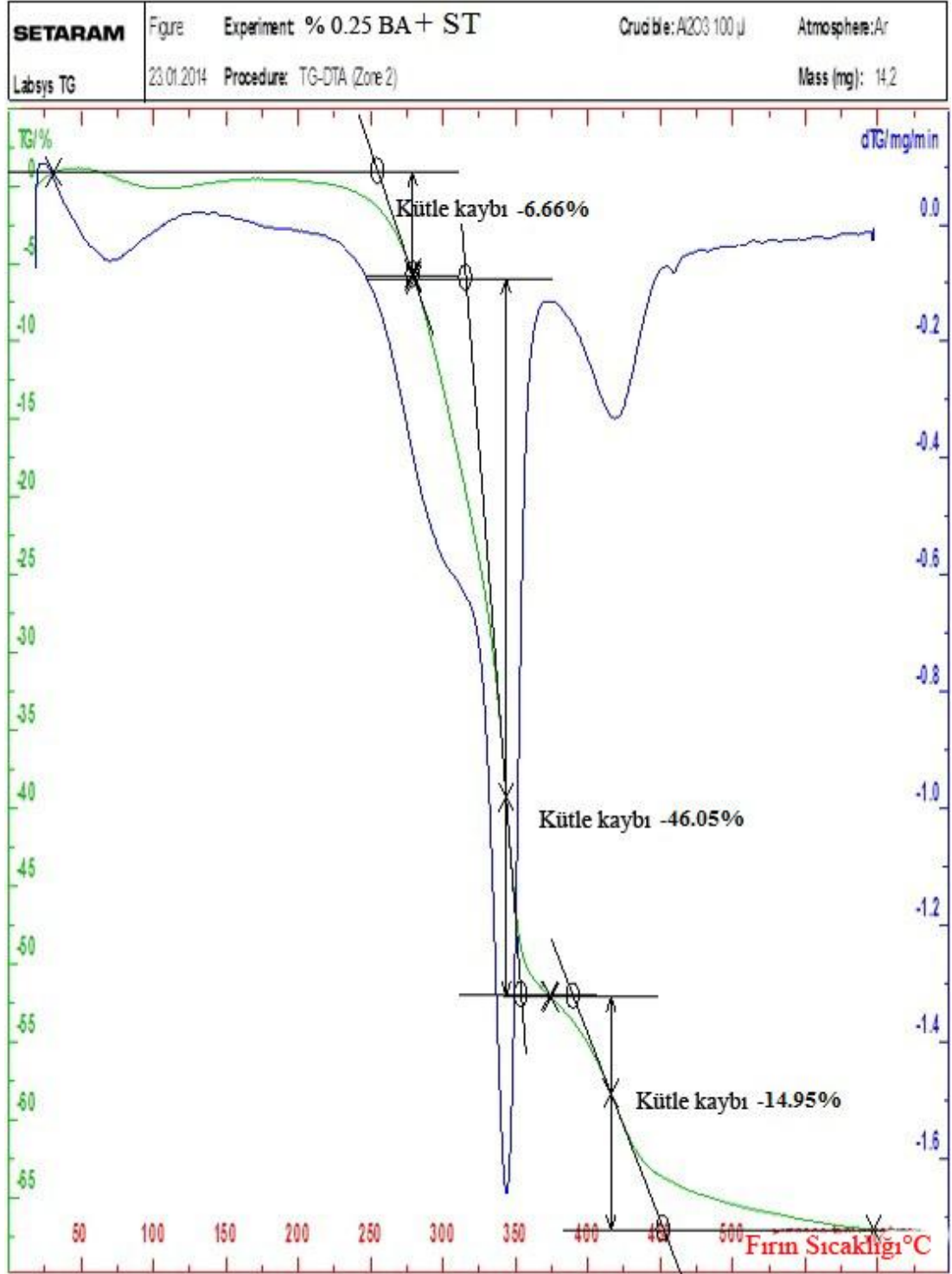




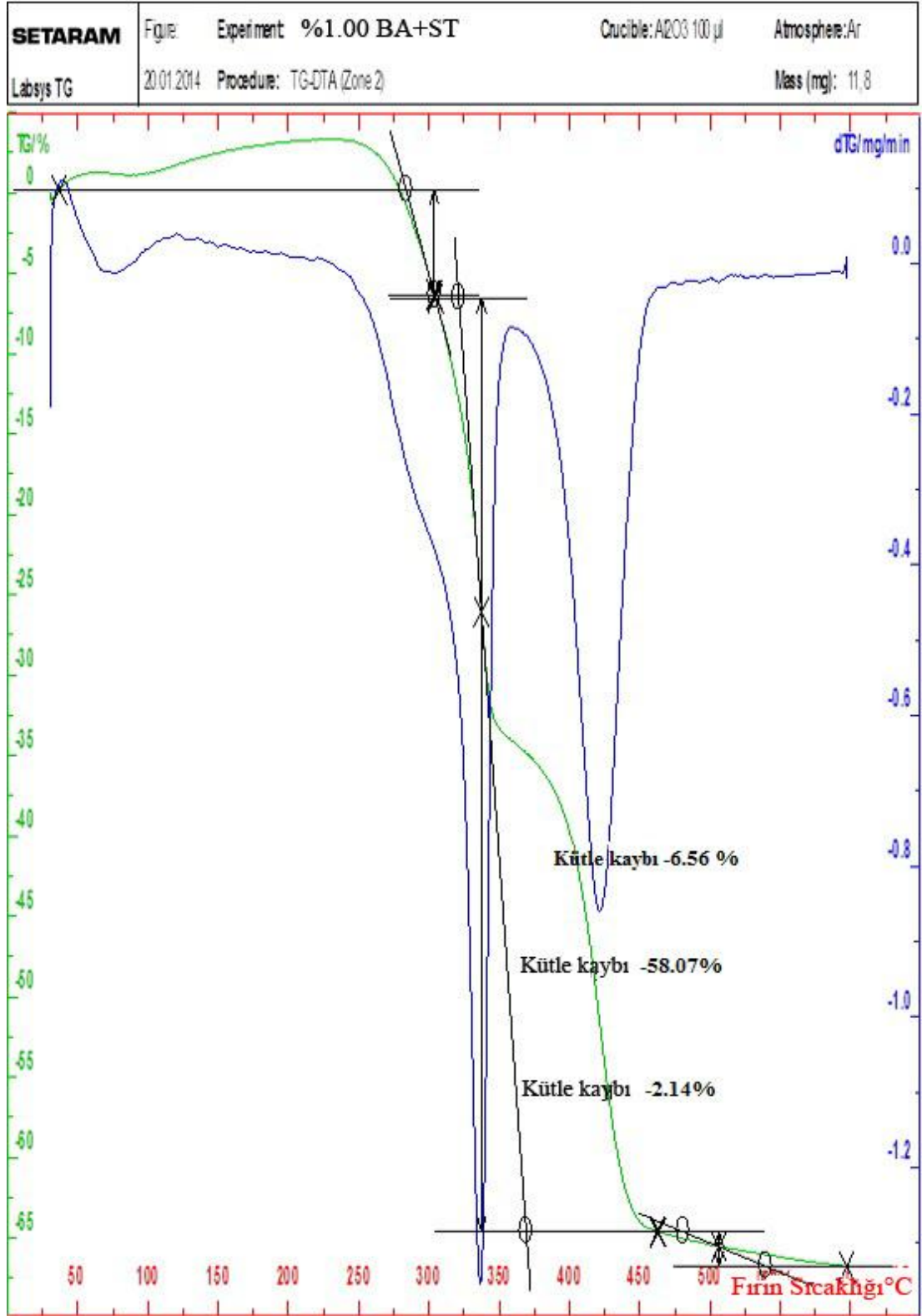
**Ek B. TGA analizi sonucu stiren ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri**



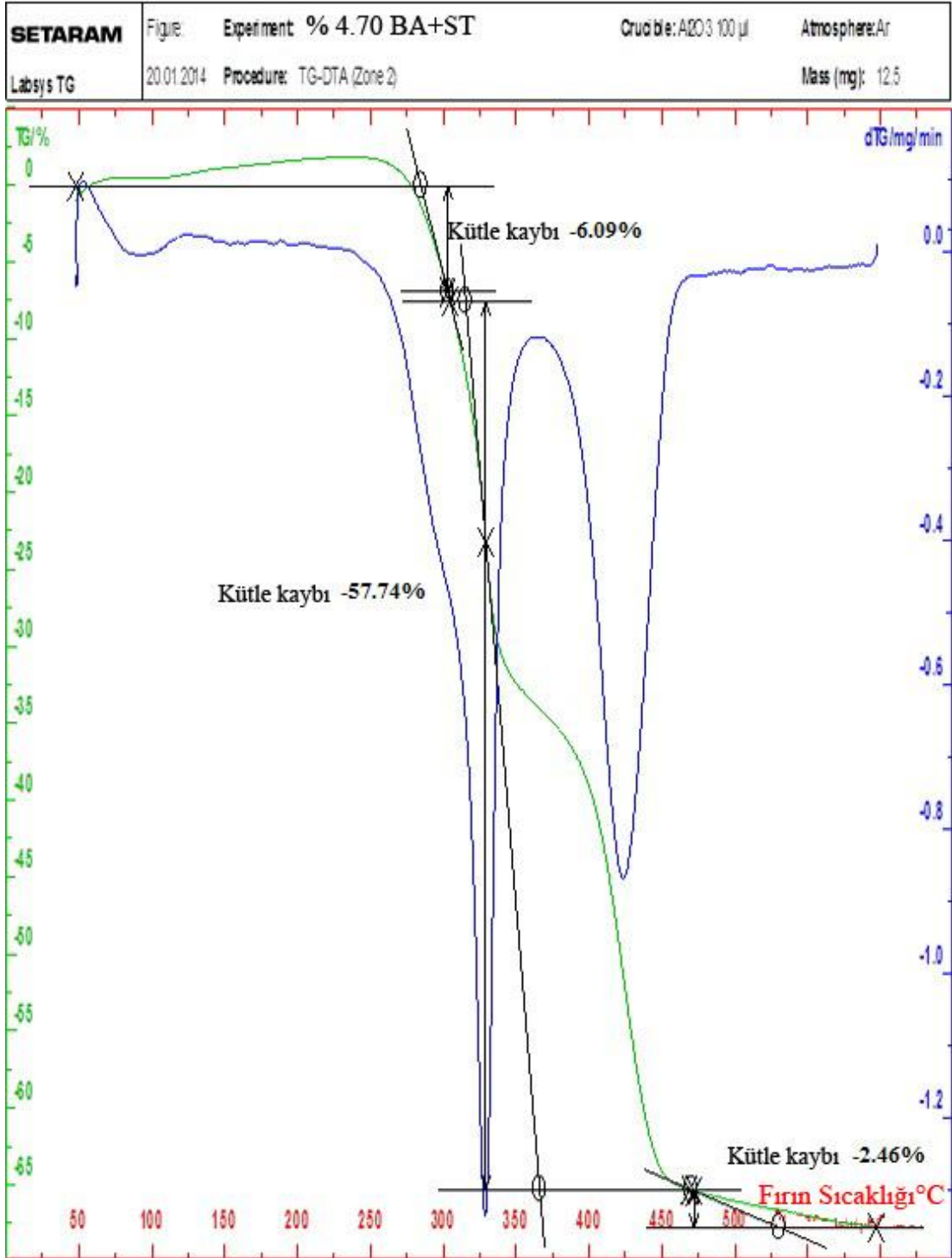
**Ek C. TGA analizi sonucu % 0.25 BA + ST ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri**



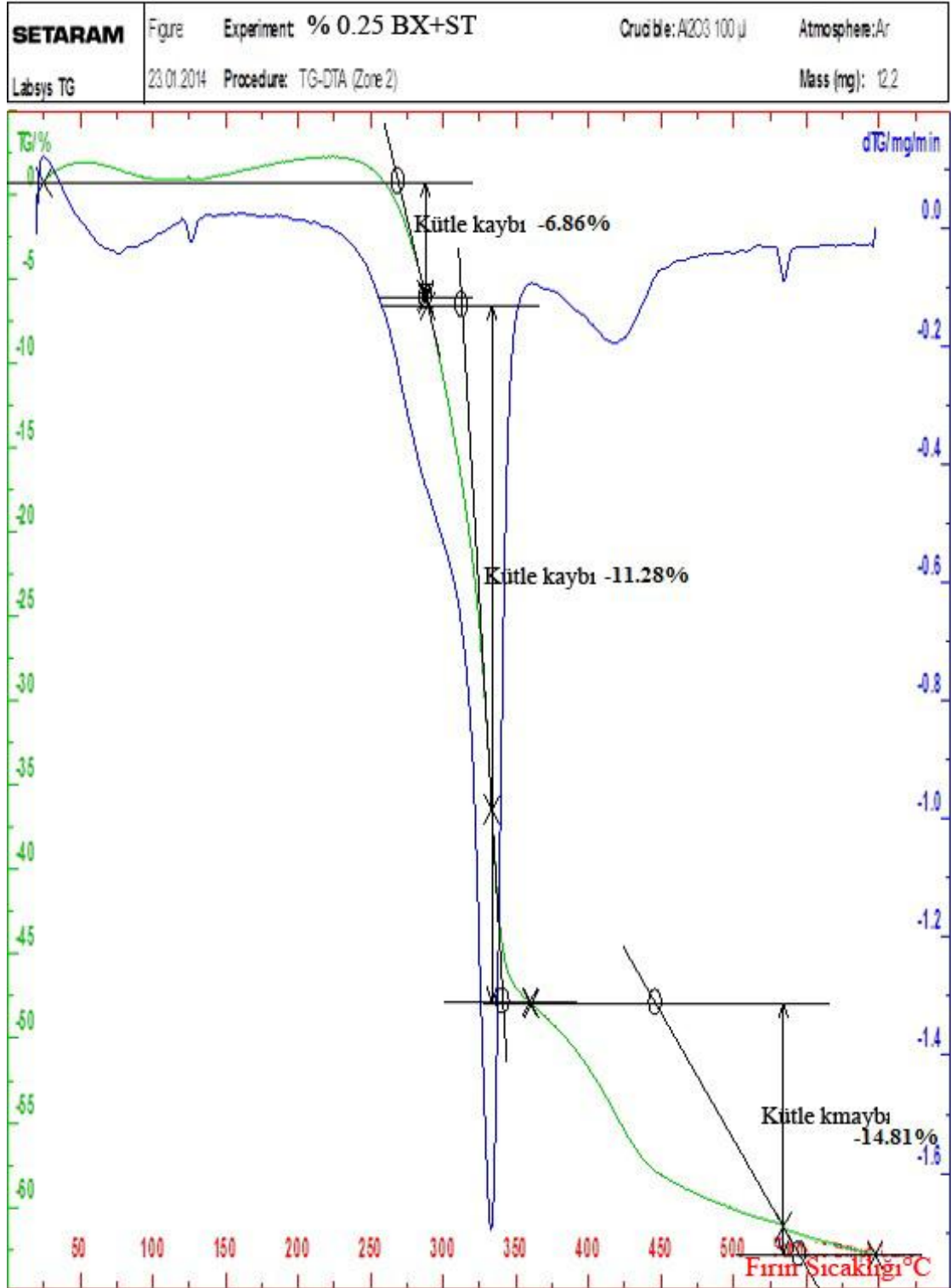
**Ek D. TGA analizi sonucu % 1.00 BA + ST ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri**



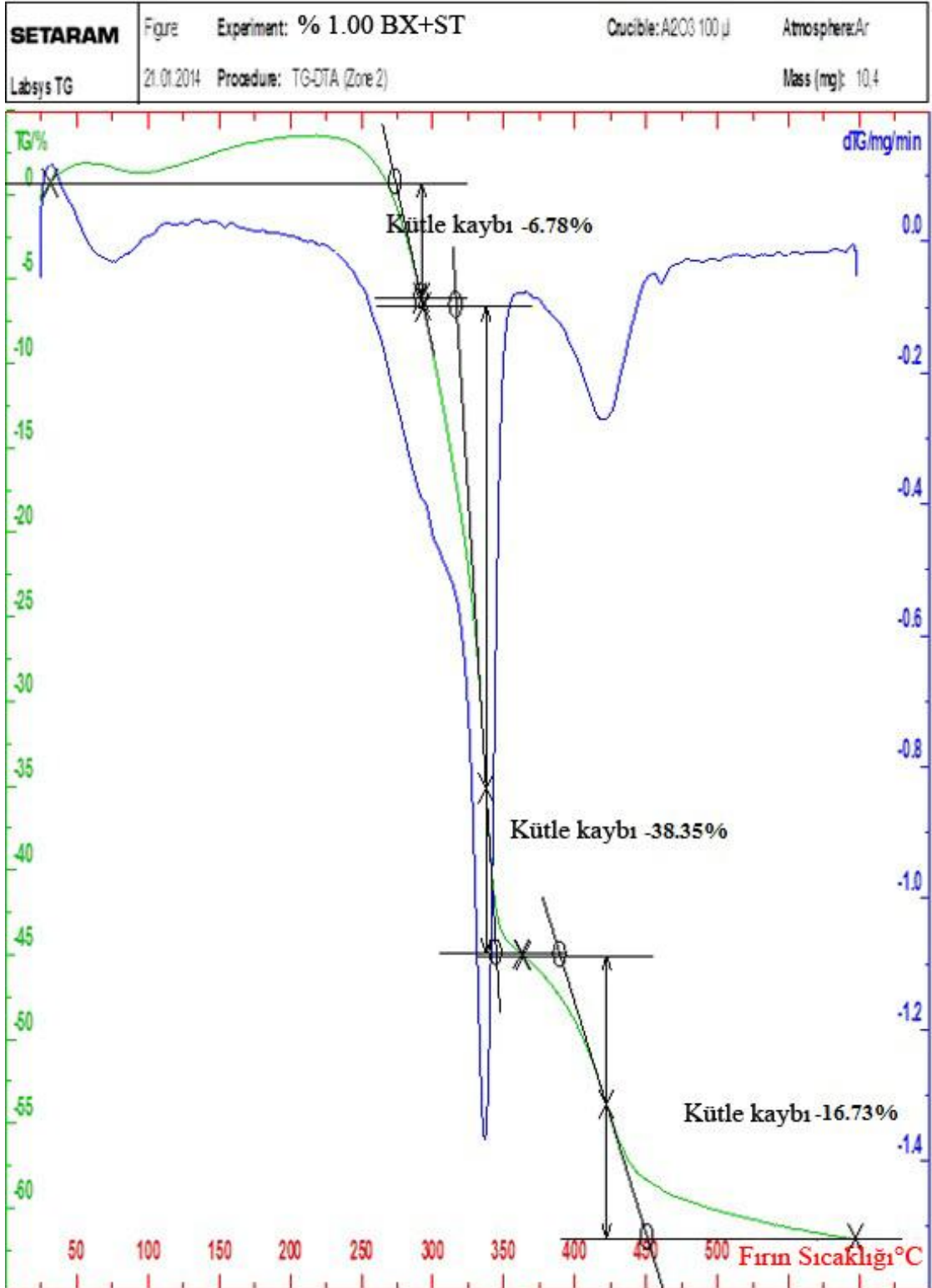
**Ek E. TGA analizi sonucu % 4.70 BA + ST ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri**



**Ek F. TGA analizi sonucu % 0.25 BX + ST ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri**

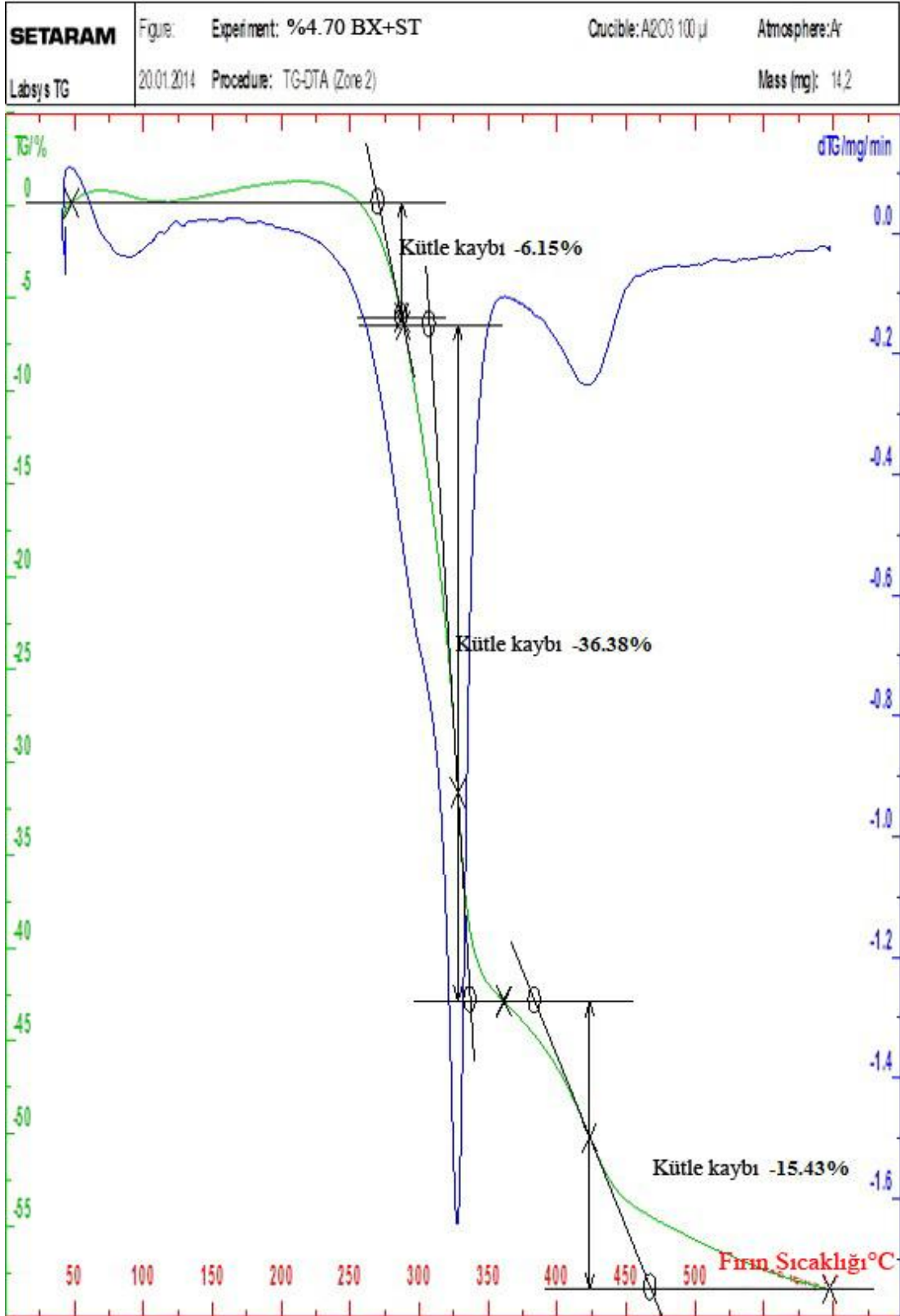


**Ek G. TGA analizi sonucu % 1.00 BX + ST ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri**

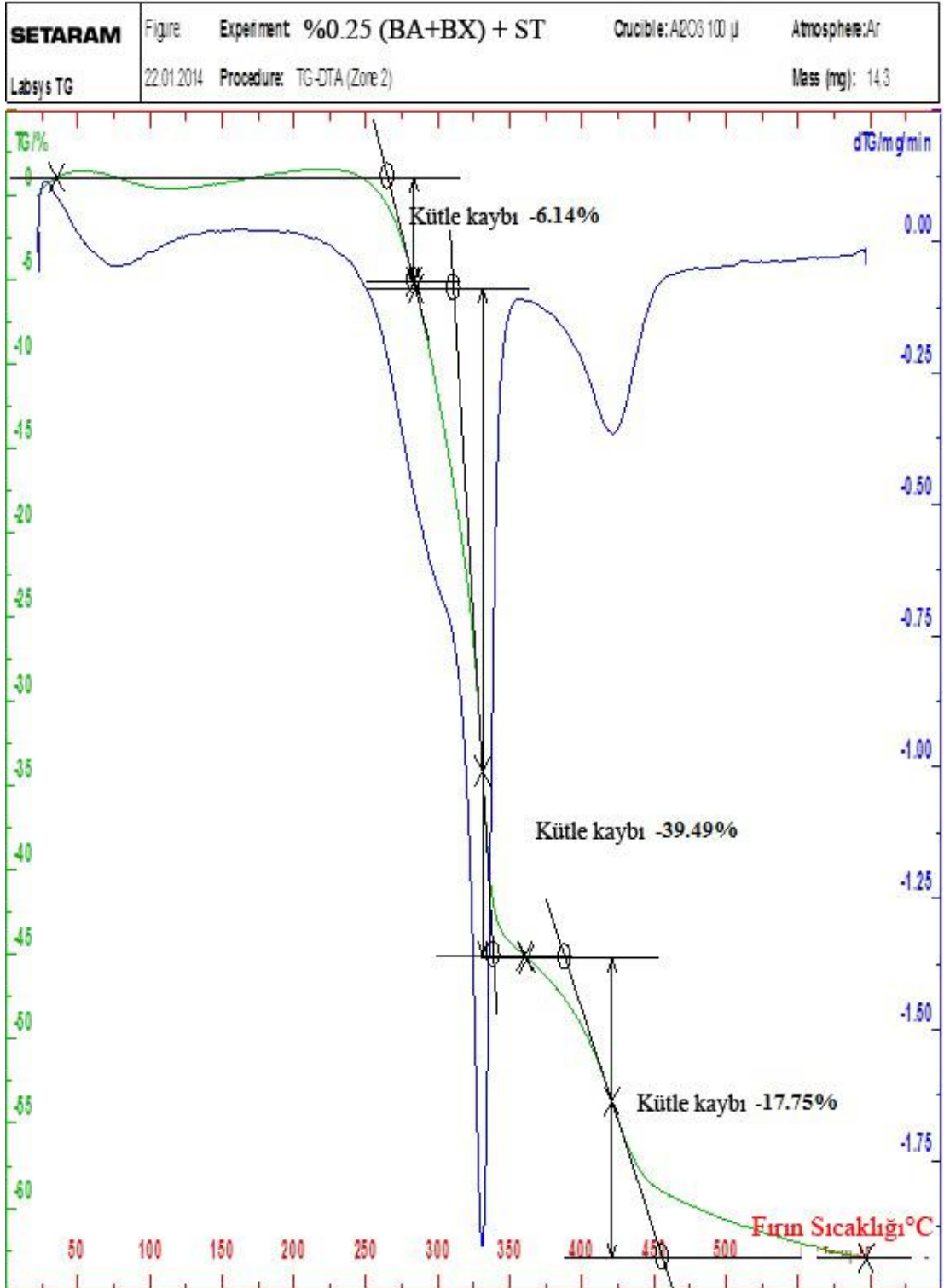




**Ek H. TGA analizi sonucu % 4.70 BX + ST ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri**

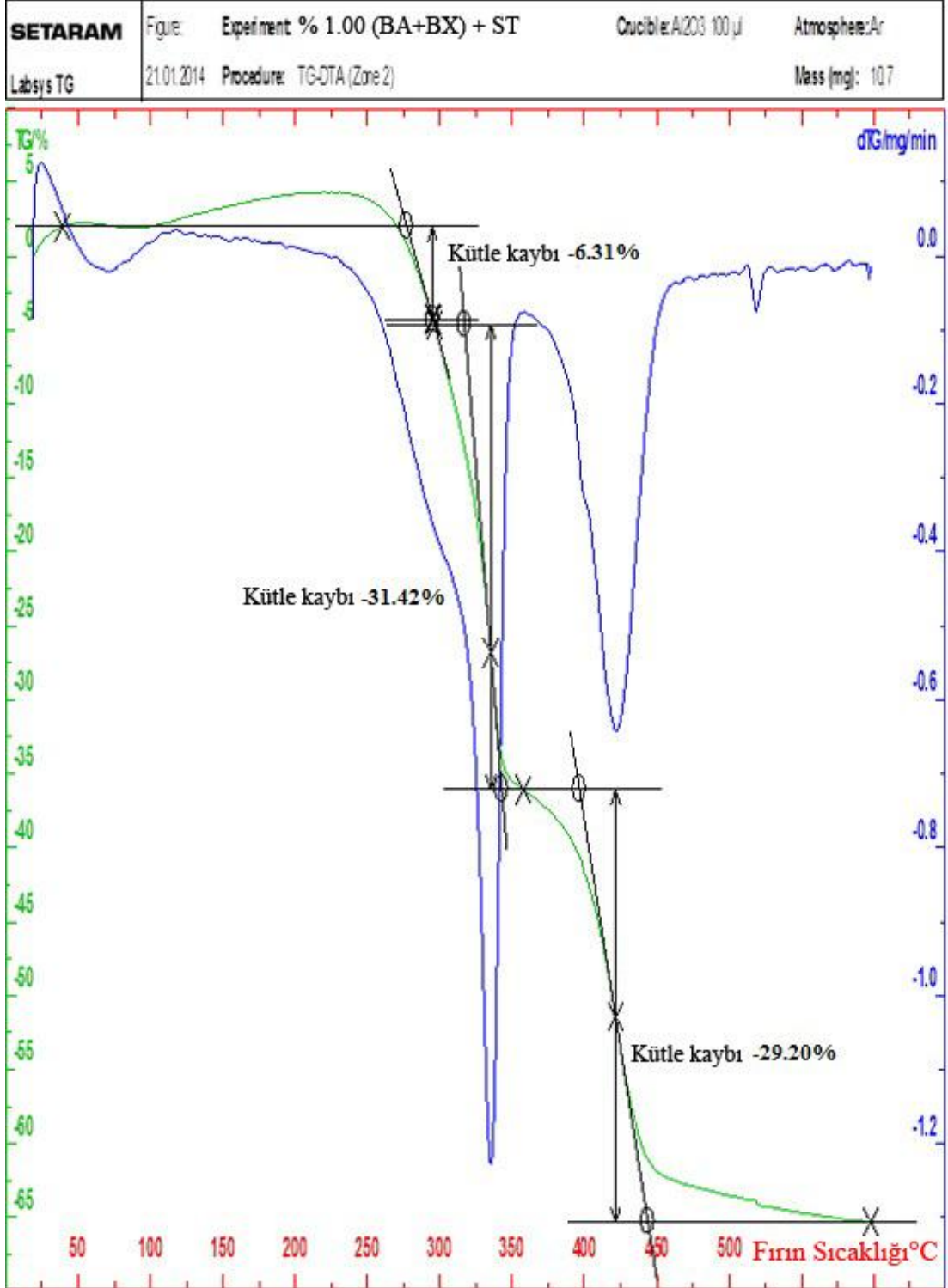


**Ek I. TGA analizi sonucu % 0.25 (BA+BX) + ST ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri**

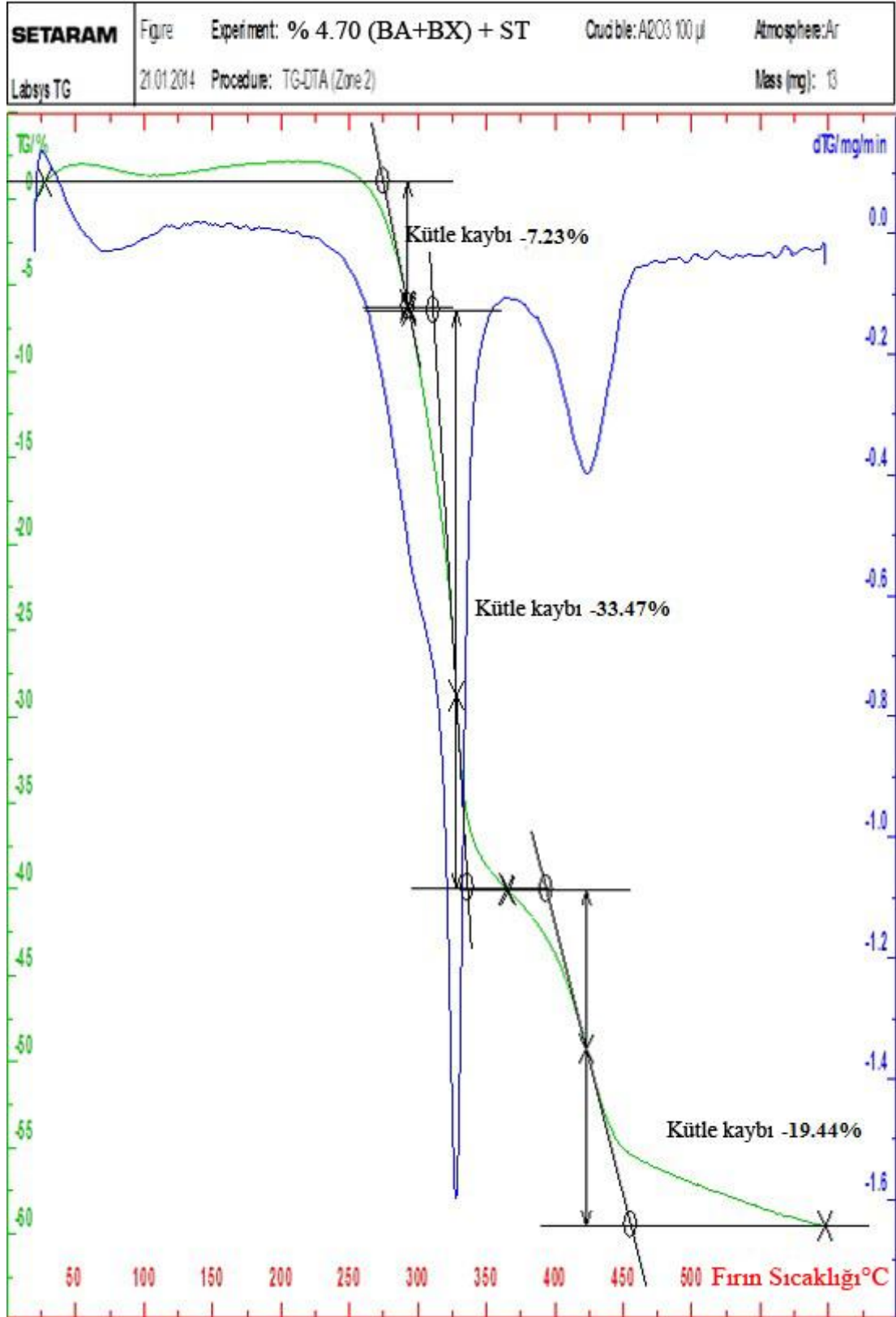




**Ek İ. TGA analizi sonucu % 1.00 (BA+BX) + ST ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri**



**Ek J. TGA analizi sonucu % 4.70 (BA+BX) + ST ile emprenyeli deney örneklerine ilişkin elde edilen kütle kaybı değerleri**



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler:

Soyadı, Adı GEÇER Mehmet  
Uyruk TC  
Doğum yeri Konya  
Doğum tarihi 05.05.1987  
Medeni hali Bekar  
Tel 0506 438 84 64  
Mail mgecer@windowlive.com

### Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	Konya Selçuklu Endüstri Meslek Lisesi	2003
Ön Lisans	Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O.	2006
Lisans	Muğla Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi	2011
Yüksek Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2015

### İş Deneyimi:

Yıl	Yer	Pozisyon/görev
2006-2008	Konaltaş Ltd Şti	Proje Teknikeri
2011- Devam	Alpraf Ltd Şti	Proje ve Satış Yönetmeni

**Yabancı Dil** İngilizce

**Sertifikalar** KOMEK Auto CAD Eğitimi Sertifikası (2005)  
B.S.A. Bilişim Alphacam Eğitimi Sertifikası (2013)  
Yıldız Gelişim Satış ve Pazarlama Sertifikası(2014)

**Yayınlar** Gecer, M., Baysal, E., Toker, H., Turkoğlu, T., Vargun, E., Yuksel, M. 2015. The Effect of Boron Compounds Impregnation On Physical and Mechanical Properties of Wood Polymer Composites. Wood Research (Accepted).