

**BORİK ASİT İLAVE EDİLEN BAZI TUTKALLARIN  
AĞAÇ MALZEMENİN YANMA VE YAPIŞMA  
DİRENCİNE ETKİLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**2010  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MOBİLYA VE DEKORASYON EĞİTİMİ**

**Bilal YUCA**

**BORİK ASİT İLAVE EDİLEN BAZI TUTKALLARIN AĞAÇ  
MALZEMENİN YANMA VE YAPIŞMA DİRENCİNE ETKİLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Bilal YUCA**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK**

**Haziran 2010**

Bilal YUCA tarafından hazırlanan “BORİK ASİT İLAVE EDİLEN BAZI TUTKALLARIN AĞAÇ MALZEMENİN YANMA VE YAPIŞMA DİRENCİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. ŞerefKURT



Tez Danışmanı, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 21/ 06/ 2010

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. ŞerefKURT (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Bülent KAYGIN (BÜ)

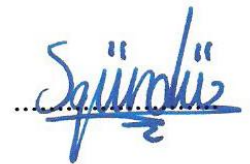


21/06/2010

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*



Bilal YUCA

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **BORİK ASİT İLAVE EDİLEN BAZI TUTKALLARIN AĞAÇ MALZEMENİN YANMA VE YAPIŞMA DİRENCİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Bilal YUCA**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Yrd. Doç. Dr. Şeref KURT**

**Haziran 2010, 93 sayfa**

Bu çalışmada; kayın, çam, meşe ve göknar odunu örneklerinden elde edilen deney örnekleri ASTM-E-69, TS 3891 standartlarında verilen esaslara göre hazırlanmış. Borik asit katkılı fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc tutkallarından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma dirençlerine bakılmış ve yapışma direnci özellikleri araştırılmıştır. Bunun için yanma deney örnekleri, hava kurusu rutubetteki (%12) taslaklar 4,5x19x1016 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Daha sonra yapıştırma işlemleri uygulanmıştır. Bu amaçla, %5'lik çözelti halinde hazırlanan Borik asitten fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc tutkallarına %5 oranında ilave edilerek kullanılmıştır. ASTM-E 69 esaslarına göre yanma değerleri belirlenmiştir. Deneylerde; hava kurusu yoğunluk ( $g/cm^3$ ), ağırlık kaybı (%), açığa çıkan  $O_2$  (%), CO (ppm) ve NO (ppm) belirlenmiştir. Sonuç olarak; en yüksek, hava kurusu yoğunluk (0,69  $g/cm^3$ ) ile meşe ağacında ölçülmüştür.

Yanma deneyinde ise en yüksek; O<sub>2</sub> miktarı PVAc tutkalı ile yapıştırılmış meşe odununda (%17,26), CO miktarı çam odunu kontrol grubunda (3944,38 ppm), en yüksek NO değeri göknar odunu kontrol grubunda (2154,15 ppm) elde edilmiştir. Yanma olayında borik asitin yanmayı geciktirici bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Yapışma direnci deney örnekleri, 5x18x150 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Daha sonra yapıştırma işlemleri uygulanmıştır. Bu amaçla, fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc tutkalları yapıştırıcı madde olarak kullanılmıştır. TS 3891 standartlarına göre 1 cm<sup>2</sup> yüzey alanındaki yapışma dirençleri ölçülmüştür. Sonuç olarak; en yüksek değer üre formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış meşe ağacı kontrol grubunda (19,77 N/mm<sup>2</sup>) elde edilmiştir.

Sonuç olarak, yapışma direncinin önemli olmadığı fakat yangına karşı dayanımın uzun süreli olması istenen yerlerde PVAc tutkalı ile yapıştırılmış meşe odunu kullanılmasında fayda olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

**Anahtar Sözcükler :** Yanma, yapışma, borik asit, tutkal

**Bilim Kodu** : 626.27.01

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

# **IDENTIFICATION OF THE EFFECTS OF SOME BORIC ACID ADDED GLUE ON THE COMBUSTION AND ADHESION RESISTANCE OF WOODEN MATERIALS**

**Bilal YUCA**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Furniture and Decoration Education**

**Thesis Advisor:**

**Asist. Prof. Dr. Şeref KURT**

**June 2010, 93 pages**

In this study, the wood stuff samples obtained from beech, pine, abies and oak trees were prepared according to ASTM-E-69, TS 3891 standards in order to examine the characteristics of combustion and adhesion of the wood stuff applied with phenol formaldehyde with boric acid, Urea formaldehyde and PVAc glues. In order to accomplish this, the combustion samples were prepared in draft forms of 4,5x19x1016 mm in air dried humidity (%12). Later, adhesion processes were also applied by using phenol formaldehyde, Urea formaldehyde and PVAc glues as adhesive materials. The combustion values were determined according to ASTM-E 69 standards. In the experiments, air-dried density ( $\text{g/cm}^3$ ), weight loss (%),  $\text{O}_2$  release (%), CO (ppm) and NO (ppm) were determined. The results showed that the oak tree had the highest amounts with  $0,69 \text{ g/cm}^3$  air dried density. In the combustion experiment, abies trees applied with PVAc glue had the highest value of  $\text{O}_2$

(%17,26). Pine wood kontrol group applied with phenol formaldehyde showed the value of high CO levels (179,75 ppm) and the oak tree kontrol group produced the value of (45,3) ppm NO It was seen that boric acid has delaying effect on combustion.

The samples to observe the resistance to adhesion were prepared in the size of 5x18x150 mm. These were later used in the process of adhesion by using phenol formaldehyde, Urea formaldehyde and PVAc glues as adhesives. The resistance to adhesion on 1 cm<sup>2</sup> surface area was calculated according to TS 3891 standards. According to the results, the highest value was seen in the oak kontrol group trees applied with Urea formaldehyde (19,77 N/mm<sup>2</sup>).

As a result, it was decided that if the resistance of adhesion is not highly important, using pine wood applied with phenol formaldehyde would be very beneficial when it is desired to have higher resistance to fires.

**Key Words** : Combustion, adhesion, boric acid, glue

**Science Code** : 626.27.01



## TEŞEKKÜR

“Borik asit ilave edilen bazı tutkalların ağaç malzemenin yanma ve yapışma dencine etkilerinin belirlenmesi” konulu çalışmamda; çalışma konusunun belirlenmesi, çalışmanın yönlendirilmesi, sorunların giderilmesi ve çalışmanın sonuçlandırılmasında hiçbir yardım ve desteğini esirgemeyen Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Şeref KURT’a teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince hiçbir yardımı esirgemeyen değerli hocalarım; Doç. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ, Yrd. Doç. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL, Yrd. Doç. Dr. Fatih YAPICI, Yrd.. Doç. Dr. Suat ALTUN ve Yrd.. Doç. Dr. Bülent KAYGIN’a şükranlarımı sunarım.

Tezimi sonuçlandırmada gösterdikleri ilgi ve yardımlarından dolayı Sayın Arş. Gör. Cemal ÖZCAN’a deney numunelerini hazırlamamda yardımlarını esirgemeyen arkadaşım İsa BAŞTUĞ’a çalışmalarım için gerekli olan tutkal numunelerini gönderen Polisan A.Ş. müdürü Sayın Ahmet ATEŞ’e yönetimi ve tüm çalışanlarına, teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

KABUL .....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1. ....	1
GİRİŞ VE LİTERATÜR ÖZETİ.....	1
1.1. GİRİŞ.....	1
1.2. LİTERATÜR ÖZETİ .....	2
BÖLÜM 2. ....	4
GENEL BİLGİLER .....	4
2.1. AĞAÇ MALZEMENİN YANMA ÖZELLİĞİ.....	4
2.2.1. Odun Yapısı.....	8
2.2.2. Yüzey Yapısı ve Düzgünlüğü .....	8
2.2.3. Pres Basıncı ve Presleme Süresi.....	8
2.2.4. Tutkal Özellikleri ile İlgili Faktörler .....	8
BÖLÜM 3. ....	10
MATERYAL VE METOD.....	10
3.1. DENEY MATERYALİ.....	10
3.1.1. Sarıçam ( <i>Pinus sylvestris</i> L) .....	10
3.1.2. Meşe ( <i>Quercus petraea</i> L) .....	11
3.1.3. Doğu Kayını ( <i>Fagus orientalis</i> Lipsky).....	11

3.1.4. Gök nar ( <i>Abies bornmülleriana</i> Mattf) .....	12
3.2. YAPIŞTIRICI MADDELER.....	12
3.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı .....	12
3.2.2. Fenol Formaldehit .....	13
3.2.3. Polivinil Asetat (PVAc) .....	14
3.3. KİMYASAL MADDELER.....	14
3.3.1. Borik Asit .....	14
3.4. DENEY METODU .....	15
3.4.1. Yapışma Dene y Stand ı Hakk ında Genel Bilgiler .....	16
3.4.2. Yanma Dene y Stand ı Hakk ında Genel Bilgiler .....	17
3.4.2.1. Ağ ırlık Kayb ı.....	20
3.4.2.2. Yanma Ü rü nü Gaz lar ın Ö lç ü mü .....	21
3.5. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	21
BÖLÜM 4. ....	22
BULGULAR .....	22
4.1. AĞAÇ MALZEME YOĞUNLUKLARI.....	22
4.2. YAPIŞMA DENEYLERİ .....	22
4.3. YANMA DENEYLERİ.....	26
4.3.1. Ö lç ü len Ağ ırlık Kayb ı De ğ erleri.....	26
4.3.1.1. Ç am Odunu İ ç in Ö lç ü len Ağ ırlık Kayb ı De ğ erleri .....	26
4.3.1.2. Kayın Odunu İ ç in Ö lç ü len Ağ ırlık Kayb ı De ğ erleri.....	28
4.3.1.3. Meşe Odunu İ ç in Ö lç ü len Ağ ırlık Kayb ı De ğ erleri .....	31
4.3.1.4. Gök nar Odunu İ ç in Ö lç ü len Ağ ırlık Kayb ı De ğ erleri .....	34
4.3.2. Ö lç ü len <sup>0</sup> C De ğ erleri.....	37
4.3.2.1. Ç am Odunu İ ç in Ö lç ü len <sup>0</sup> C De ğ erleri .....	37
4.3.2.2. Kayın Odunu İ ç in Ö lç ü len <sup>0</sup> C De ğ erleri.....	40
4.3.2.3. Meşe Odunu İ ç in Ö lç ü len <sup>0</sup> C De ğ erleri.....	43
4.3.2.4. Gök nar Odunu İ ç in Ö lç ü len <sup>0</sup> C De ğ erleri .....	46
4.3.3. Ö lç ü len O <sub>2</sub> De ğ erleri.....	49
4.3.3.1. Ç am Odunu İ ç in Ö lç ü len O <sub>2</sub> De ğ erleri.....	49
4.3.3.2. Kayın Odunu İ ç in Ö lç ü len O <sub>2</sub> De ğ erleri.....	52
4.3.3.3. Meşe Odunu İ ç in Ö lç ü len O <sub>2</sub> De ğ erleri.....	55

4.3.3.4. Gök nar Odunu İç in Ö lç ülen O <sub>2</sub> De ğ erleri .....	58
4.3.4. Ö lç ülen CO De ğ erleri.....	61
4.3.4.1. Ç am Odunu İç in Ö lç ülen CO De ğ erleri .....	61
4.3.4.2. Kayın Odunu İç in Ö lç ülen CO De ğ erleri .....	64
4.3.4.3. Meşe Odunu İç in Ö lç ülen CO De ğ erleri .....	67
4.3.4.4. Gök nar Odunu İç in Ö lç ülen CO De ğ erleri.....	70
4.3.5. Ö lç ülen NO De ğ erleri .....	74
4.3.5.1. Ç am Odunu İç in Ö lç ülen NO De ğ erleri .....	74
4.3.5.2. Kayın Odunu İç in Ö lç ülen NO De ğ erleri .....	76
4.3.5.3. Meşe Odunu İç in Ö lç ülen NO De ğ erleri.....	79
4.3.5.4. Gök nar Odunu İç in Ö lç ülen NO De ğ erleri.....	82
BÖ LÜ M 5. ....	86
DENEYS EL SONU Ç LAR VE TARTIŞ MA .....	86
BÖ LÜ M 6. ....	90
SONU Ç LAR VE Ö NER İLER.....	90
KAYNAKLAR.....	91
Ö ZGEÇ Mİ Ş.....	93

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 2.1. Yanma Üçgeni.....	6
Şekil 2.2. Bir Alevdeki Gaz ve Yanma Bölgelerin Şematik Gösterilmesi.....	7
Şekil 3.1. Üniversal Test Makinasında Yapışma Direnci.....	16
Şekil 3.2. Ateş Borusu .....	17
Şekil 3.3. Yanma Deney Standı.....	18
Şekil 3.4. Analiz Cihazı Testo T350 XL Ana Parçaları.....	20

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. AğaçMalzeme Yoğunluk Değerleri.....	22
Çizelge 4.2. Yapışma Direnci Ortalama Değerleri.....	23
Çizelge 4.3. Yapışma Direnci Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	24
Çizelge 4.4. Yapışma Direnci Duncan Testi Sonuçları.....	25
Çizelge 4.5. Çam Ağırlık Kaybı Ortalama Tablosu.....	26
Çizelge 4.6. Çam Ağırlık Kaybı Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	27
Çizelge 4.7. Çam Ağırlık Kaybı Duncan Testi Sonuçları.....	28
Çizelge 4.8. Kayın Ağırlık Kaybı Ortalama Tablosu.....	29
Çizelge 4.9. Kayın Ağırlık Kaybı Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	30
Çizelge 4.10. Kayın Ağırlık Kaybı Duncan Testi Sonuçları.....	31
Çizelge 4.11. Meşe Ağırlık Kaybı Ortalama Tablosu.....	32
Çizelge 4.12. Meşe Ağırlık Kaybı Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	33
Çizelge 4.13. Meşe Ağırlık Kaybı Duncan Testi Sonuçları.....	34
Çizelge 4.14. Gökmar Ağırlık Kaybı Ortalama Tablosu.....	35
Çizelge 4.15. Gökmar Ağırlık Kaybı Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	36
Çizelge 4.16. Gökmar Ağırlık Kaybı Duncan Testi Sonuçları.....	37
Çizelge 4.17. Çam °C Ortalama Tablosu.....	38
Çizelge 4.18. Çam °C Duncan Testi Sonuçları.....	39
Çizelge 4.19. Çam °C Duncan Testi Sonuçları.....	40
Çizelge 4.20. Kayın °C Ortalama Tablosu.....	41
Çizelge 4.21. Kayın °C Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	42
Çizelge 4.22. Kayın °C Duncan Testi Sonuçları.....	43
Çizelge 4.23. Meşe °C Ortalama Tablosu.....	44
Çizelge 4.24. Meşe °C Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	45
Çizelge 4.25. Meşe °C Duncan Testi Sonuçları.....	46
Çizelge 4.26. Gökmar °C Ortalama Tablosu.....	47
Çizelge 4.27. Gökmar °C Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	48
Çizelge 4.28. Gökmar °C Duncan Testi Sonuçları.....	49

## Sayfa

Çizelge 4.29. Çam O <sub>2</sub> Ortalama tablosu.....	50
Çizelge 4.30. Çam O <sub>2</sub> Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	51
Çizelge 4.31. Çam O <sub>2</sub> Duncan Testi Sonuçları.....	52
Çizelge 4.32. Kayın O <sub>2</sub> Ortalama tablosu.....	53
Çizelge 4.33. Kayın O <sub>2</sub> Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	54
Çizelge 4.34. Kayın O <sub>2</sub> Duncan Testi Sonuçları.....	55
Çizelge 4.35. Meşe O <sub>2</sub> Ortalama tablosu.....	56
Çizelge 4.36. Meşe O <sub>2</sub> Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	57
Çizelge 4.37. Meşe O <sub>2</sub> Duncan Testi Sonuçları.....	58
Çizelge 4.38. Gök nar O <sub>2</sub> Ortalama tablosu.....	59
Çizelge 4.39. Gök nar O <sub>2</sub> Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	60
Çizelge 4.40. Gök nar O <sub>2</sub> Duncan Testi Sonuçları.....	61
Çizelge 4.41. Çam CO Ortalama tablosu.....	62
Çizelge 4.42. Çam CO Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	63
Çizelge 4.43. Çam CO Duncan Testi Sonuçları.....	64
Çizelge 4.44. Kayın CO Ortalama tablosu.....	65
Çizelge 4.45. Kayın CO Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	66
Çizelge 4.46. Kayın CO Duncan Testi Sonuçları.....	67
Çizelge 4.47. Meşe CO Ortalama tablosu.....	68
Çizelge 4.48. Meşe CO Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	69
Çizelge 4.49. Meşe CO Duncan Testi Sonuçları.....	70
Çizelge 4.50. Gök nar CO Ortalama tablosu.....	71
Çizelge 4.51. Gök nar CO Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	72
Çizelge 4.52. Gök nar CO Duncan Testi Sonuçları.....	73
Çizelge 4.53. Çam NO ortalama Tablosu.....	74
Çizelge 4.54. Çam NO Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	75
Çizelge 4.55. Çam NO Duncan Testi Sonuçları.....	76
Çizelge 4.56. Kayın NO ortalama Tablosu.....	77
Çizelge 4.57. Kayın NO Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	78
Çizelge 4.58. Kayın NO Duncan Testi Sonuçları.....	79
Çizelge 4.59. Meşe NO ortalama Tablosu.....	80
Çizelge 4.60. Meşe NO Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	81

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 4.61. Meşe NO Duncan Testi Sonuçları.....	82
Çizelge 4.62. Gök nar NO ortalama Tablosu.....	83
Çizelge 4.63. Gök nar NO Çoklu Varyans Analizi Sonuçları.....	84
Çizelge 4.64. Gök nar NO Duncan Testi Sonuçları.....	85



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış fakat tez metni içinde açıklanmamış olan bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamalar ile birlikte sunulmuştur.

### SİMGELER

°C	: Santigrat derece
O <sub>2</sub>	: Oksijen
CO	: Karbon monoksit
NO	: Azot oksit
mm	: Milimetre
mm <sup>2</sup>	: Milimetrekare
cm	: Santimetre
cm <sup>2</sup>	: Santimetrekare
cm <sup>3</sup>	: Santimetreküp
°C	: Santigrat derece
F	: Kuvvet
N	: Newton

### KISALTMALAR

TS	: Türk Standardı
TS EN	: Türk Standardı
ASTM	: American society for testing and materials
SPSS	: Statistical Package for Social Sciences

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ VE LİTERATÜR ÖZETİ

#### 1.1. GİRİŞ

Ağaç malzeme, insanların kullandığı çeşitli yapı malzemeleri içerisinde belki de en eski olanıdır. Çağımızın getirdiği teknik yeniliklere ve çok sayıdaki yeni malzeme ile rekabetine rağmen, sahip olduğu üstün özellikleri nedeniyle günümüzde de birçok kullanım yerinde önemini korumaktadır. Yenilenebilir organik doğal bir hammadde olması, anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal bileşimi çok farklı ürünler halinde kullanımına olanak sağlamakta, gerek masif halde gerekse kompozit ürünlere dönüştürülerek değerlendirilebilmekte, yapısına fiziksel, mekanik, kimyasal ve biokimyasal müdahale edilebilmektedir. Diğer taraftan özgül kütlesine göre direncinin yüksekliği, alet ve makinelerle kolay işlenebilmesi, iyi boya ve cila kabul etmesi, ısı, ses ve elektriğe karşı izolasyon maddesi olarak kullanılabilmesi, kullanıldığı yerde psikolojik bir sıcaklık hissi vermesi, akustik özelliklerinin üstünlüğü ve dekoratif görüntü verebilmesinden dolayı bir çok kullanım yerinde tercih sebebi olmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1981).

Ağaç malzeme yanabilen ve alevlenebilen bir maddedir. Alevlenebilen maddeler; tutuşma sıcaklığına ulaşıncaya dışarıdan bir aleve gerek duymadan tutuşabilir. Yanabilen maddeler ise yabancı bir alevin içinde yanar, fakat alev söndüğü anda maddenin yanması son bulur. Bu tür maddeleri yanmaz hale getirmek mümkün değildir. Yanmayı önleyen ve/veya geciktiren emprenye maddeleri ağaç malzemenin bozunma sıcaklığının altında bozunarak selülozu hızla odun kömürüne veya suya dönüştürürler. Böylece, daha yüksek sıcaklıkta oluşacak olan uçucu ve yanıcı maddeler oluşmadığı için odunun alevlenme özelliği azalmakta ve alevin savrularak çevreye yayılması önlenmektedir (Uysal vd., 2002).

Bu çalışmada kayın, çam, göknar ve meşe ağaçlarına uygulanan üre formaldehit, fenol formaldehit ve Polivinilasetat (PVAc) tutkallarına ilave edilen %5 çözelti halindeki borik asit çözeltisinin ağaç malzemenin yanma ve yapışma direncine etkileri araştırılmıştır.

## 1.2. LİTERATÜR ÖZETİ

Borlu Bileşiklerle Emprenye Edilmiş Kayın ve Sarıçam Ağaçlarının Yanma Özelliklerini araştırmıştır. Borlu bileşiklerle emprenye edilmiş kayın ve sarıçam ağaçlarının yanması neticesinde, en fazla CO miktarı (1077 ppm) Boraks ile emprenye edilmiş kayın ağacı örneklerinde görülmüştür. En az CO miktarı (184 ppm) ise Boraks-Borik Asit karışımı ile emprenye edilmiş sarıçam ağacı örneklerinde, yanma sonucu oluşan ağırlık kaybı en yüksek (%82,07) kayın ağacının kontrol örneklerinde görülmüş, en düşük değer (%9,89) ise Boraks-Borik Asit karışımı ile emprenye edilmiş sarıçam ağacı örneklerinde elde edildiği bildirilmiştir. Alev kaynaklı yanmada ağırlık kaybı en fazla kayın ağacı kontrol örneklerinde görülmüş, en düşük değer ise Boraks-Borik Asit karışımı ile emprenye edilmiş sarıçam ağacı örneklerinde bulunduğu bildirilmiştir (Uysal ve Kurt, 2005).

Küçük yapraklı ıhlamur (*Tilia argentea*.) odunundan üretilen 3 katmanlı lamine ağaç malzeme (LAM) nin alev kaynaklı ve kendi kendine yanma özellikleri araştırılmıştır. Lamine ağaç malzemenin dış katmanlarında küçük yapraklı ıhlamur (*Tilia argentea*) orta katmanlarında Uludağ göknarı (*abies bornmülleriana mattf.*) akdüt (*Morus alba L.*), sapsız meşe (*Quercus petraea spp.*) ve sarıçam (*pinus sylvestris L.*) odunları kullanılmıştır. PVAc tutkalı ile yapıştırılarak üretilen LAM örneklerin ASTM-E 69 standartlarında belirlenen esaslara göre alev kaynaklı ve kendi kendine yanma değerleri belirlenmiştir. Sonuç olarak en fazla; kütle kaybı (32,17 g), CO (3754,12 ppm) ve CO<sub>2</sub> (% 6,76) miktarı orta katmanı meşe odununda, O<sub>2</sub> (19,53) orta katmanı akdüt odununda, sıcaklık değeri orta katmanı Sarıçam ve göknar örneklerinde, yanmamış parça ve kül miktarı 3 katmanlı ıhlamur odununda (%20) elde edildiği bildirilmiştir (Uysal vd., 2002).

Ahşap malzemeye uygulanan emprenye maddeleri koruyuculuk özelliği sağlamasıyla birlikte yapıştırıcı maddeyle uyum sağlaması da yapışma için çok önemlidir.

Basınç metodu ile emprenye edilmiş ağaç malzemenin tutkalin yapışma direncini azalttığı bilinmektedir. Emprenye çeşidi, emprenye retensiyon miktarı, emprenye maddesinin yüzey ile etkileşimi, ahşap malzemenin tutkallı birleşmelerinde yapışma direncini büyük ölçüde etkilediği belirtilmelidir (Vick, 1993).

Ağaç malzeme, sıcaklığı 100 °C'nin üzerine çıkacak şekilde ısıtıldığında. İçerisindeki kimyasal maddelerde bozunma başlamaktadır. Bu sıcaklıkta önce odunun rengi koyulaşır, fazla su dışarı atılır ve ağaç malzeme ağırlığını kaybetmeye başlar. Sıcaklık 100-200 °C'ler arasında olduğunda bozunma oldukça yavaştır. Odun içerisinde kalan su ile birlikte CO<sub>2</sub> ve CO gazı çıkar. Bu sıcaklıklarda odunsu yapı yavaş yavaş bozunmakta, Piroliz (sıcaklık etkisi ile bozunma) olayı başlamaktadır. Sıcaklık 200 °C nin üzerine çıktığında piroliz hızlanmaya başlar. 260-350 °C ler arasında piroliz hızlanır. Bu sıcaklıklarda yanıcı gazlar çıkar. Ağaç malzeme oksijenli bir ortamda (havada) bu sıcaklıklara kadar ısıtıldığında, çıkan yanıcı gazlar herhangi bir alev kaynağından tutuşabildiği gibi, sıcaklık yeterli yüksekliğe ulaşırsa kendi kendine de tutuşabilir. 270 °C üzerinde, ısınma hızı, gaz çıkması için gerekli ısıdan daha büyük olduğundan, yanma meydana gelmektedir. Yanma, yeterli derecede yüksek sıcaklık muhafaza edildiği sürece devam etmektedir (Göker ve Bozkurt, 1986).

Yangına karşı koruyucu ile işlem görmemiş lamine masif ağaç malzemenin ateşten etkilenmesi 1,3 mm/dak derinliktedir. Emprenye edilmiş lamine elemanlarda ise ateşten etkilenme 0,5 mm/dak'ya düşmektedir. Emprenye maddesi olarak yangına ve böceklerle karşı sudan etkilenmeyen inorganik tuzlar ve çözücü esaslı organikler (amonyum sülfat, di-amonyum fosfat, alüminyum klorür, alüminyum sülfat, çinko borat, boraks, klorid vb.) kullanılmaktadır (Göker ve Bozkurt, 1986).

Ağaç malzemenin yoğunluğu azaldıkça tutuşması da o kadar kolay ve hızlı olmaktadır. Yoğunluk arttıkça tutuşma zorlaşmakta ve yanma hızı yavaşlamaktadır (Uysal, 1997).

## BÖLÜM 2

### GENEL BİLGİLER

#### 2.1. AĞAÇ MALZEMENİN YANMA ÖZELLİĞİ

İnsanoğlunun yaşamına, ister yıldırım düşmesi sonucunda ister kuru ağaç dallarının birbirine sürtünmesi sonucu giren ateş yaşamımızın çok önemli bir parçası olmuştur. Uygarlığın bugünkü aşamaya gelmesinde ateşin yeri tartışmasız büyüktür. Bu olumlu yönlerine karşın denetimden çıktığı andan itibaren ateş, yangını oluşturur (Kordina ve Meyer, 1977).

Yanma; en genel anlamda yanıcı denenen bir maddenin yakıcı olarak adlandırılan bir başka madde ile birleşmesi sonucunda ısı vererek meydana getirdiği olayların tümüdür. Yakıcı, çoğunlukla oksijen veya oksijen içeren bir başka maddedir. Başka bir tanımlamada ise yanma; malzemenin alev, ışık ve ısı özellikleri gösteren ve çevresine ısı vererek hızlı bir şekilde oluşan oksidasyonu veya tutuşma sıcaklığına kadar ısı almış bir cismin oksijenle birleşmesine denir. Bir maddenin yanabilmesi için havanın en az %14-18 oksijen içermesi gerekir. Normal şartlar altında havadaki oksijen oranı %17 dir . Yangın ise "zaman ve mekanda kontrol dışı gelişen yanma olgusudur (Uysal, 1997).

Yangının felaket olarak nitelendirilmesi hiç kuşkusuz onun kontrol dışı bir olgu olmasından ileri gelmektedir. Yalnız, yangın biz insanlar için devamlı bir tehdit ve tehlike unsuru olmasına rağmen toplum nazarında felaket olma görünümüne, neden olduğu can kayıpları ve maddi zararlar sonucu ortaya koyar (Uysal, 1997).

Ahşap malzeme ısıya ve havaya maruz kaldığında yanacaktır. Ahşabın termal bozunması aşamalar halinde meydana gelir. Bozunma prosesi ve termal bozunma ürünlerinin tümüyle ortaya çıkması ısı oranına ve sıcaklık değerine bağlıdır.

Ahşabın tutuşması sırasında meydana gelen olaylar zinciri şöyledir (White, Dietenberger, 1999).

1. Isıya maruz kalan ahşap malzeme uçucu gaza dönüşebilen sıvıya ve kömürleşmeye ayrışır. Kömürleşme, daha ziyade 300 °C nin üzerinden meydana gelen sıvı çıkışına ters olarak 300°C' nin altında meydana gelir.

2. 400-500°C arasında ahşap malzemedan ayrışan sıvı madde havayla temas ettiğinde tutuşabilir. Gaz hali tutuşmaları alev olarak gözlemlenir.

3. Hava dolaşımıyla birlikte oluşan kömürleşme oksidasyonu 360 ve 518°C deki pik noktalarıyla beraber 180°C de belirgin bir şekilde gözlemlenir.

Ahşap malzeme yeterli ısı ve atmosferde yeterli oksijenle bulunduğu anda yanmaya başlar. Yanma kılavuzlu ve kılavuzsuz olarak iki şekilde meydana gelir. Kılavuzlu yanma alev kıvılcım ya da alev gibi kaynağının bulunduğu durumlarda meydana gelir. Kılavuzsuz yanma kaynağı da yanma kaynağının bulunmadığı durumdur. Ahşabın yüzeyindeki yanma enerji akışından ya da alev veya ısıtılmış kaynaklardan dolayı oluşan ısı değişikliğinden meydana gelir. Bu enerji akışı ya da ısı değişimi, her ikisi de ısı ve ışın bileşimlerine sahip olabilir (White and Dietenberger, 1999).

Yangın sırasında ahşap malzemedde 170 °C ye kadar kuruma, 270 °C ye kadar CO, CO<sub>2</sub> ve su buharı çıkışı, 250-300 °C de de tutuşma görülmektedir. Ahşap yüzeyi ısı etkisi ile kömürleşmekte, oluşan kömür tabakası, alevin ahşabın içine girmesini önlemekte ve taşıyıcı sistemin uzun süre dayanıklılığını korumasını sağlamaktadır. Ahşabın yangın anında sağladığı en büyük avantaj, yavaş yanması ve çökmeyi önceden haber vermesi sayesinde can kaybını minimuma indirmesidir. Ahşap yüzeyinde; sürme, püskürtme, daldırma, difüzyon gibi yöntemler ile nem, köpük ve gaz tabakası meydana getirilebilmektedir (Akıncıtürk ve Perker, 2003).

Yangın, tabii afetler içerisinde düşünülmesi gereken önemli bir konudur. Geçmişte meydana gelen yangınlar can ve mal kayıplarının yanı sıra şehir dokularının bile değişmesine sebep olmuştur. Günümüzde de görülen bu sorun önemli derecede mal

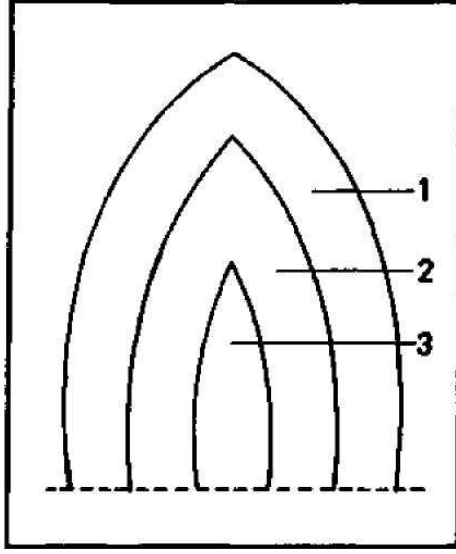
ve iş gücünü yok etmekte, manevi değeri ölçüsüz tarihi öneme sahip kültürümüzün seçkin örnekleri yangınlarla birer birer yitirilmektedir (Uysal, 1997).

Şekil.2.1'de belirtildiği gibi bir yanma olayının meydana gelebilmesi için; yakıt, oksijen, ısı unsurunun tutuşma sıcaklığına ulaşmış olması gerekir. Bu üç unsurdan birinin olmayışı halinde "üçgen" tamamlanmayacaktır. Yani yangın sönecektir. Ya da yanma olayı için ön koşul gerçekleşmeyecektir (Uysal, 1997).



1. Yanma bölgesi
2. Parlama kısmı yanış bölgesi
3. Gaz bölgesi

Şekil 2.1. Yangın Üçgeni



Şekil.2.2. Bir alevdeki gaz ve yanma bölgelerinin şematik gösterilmesi.

Havasız ortamda veya azot altında 180 °C'nin üzerinde ağaç malzeme ısıtıldıkça bozunma artar. Yavaş bozunma ürünleri olarak su, CO<sub>2</sub> ve CO açığa çıkar. Piroлиз olayı ağaç malzemenin türüne göre farklı sıcaklıklar arasında oluştuğu, ladinde piroliz sıcaklık dereceleri 280 °C ile 330 °C arasında iken sarıçamda 270 °C ile 340 °C olduğu bildirilmektedir (Baysal, 1994).

Odun bileşenlerinde düşük sıcaklıklardaki termik stabilite hemiselülozlar, lignin, selüloz sırasını izlerken, yüksek sıcaklıklarda bu sıra; hemiselülozlar, selüloz, lignin şekline dönüşmektedir. Hemiselülozların termik yoldan 180-250 °C'de bozunduğu, selülozun 280 °C'de bozunmaya başlayıp 300-350 °C 'de tamamen bozunduğu, ligninin de 300-350 °C'de bozunmaya başlayıp 400-450 °C'de bozunmayı tamamladığı bildirilmektedir. Hızlı pirolizde, tutuşabilir gazlar içinde CO, metan, formaldehit, ve asetik asit ile metonal yer almaktadır. Selülozun bozunmasıyla levoglukosan (1,6-anhidro-beta -D-glukopiranoz) ve ligninin bozunma ürünleri olarak açığa çıkan aromatik parçalar olan fenoller, ksilenoller, guaiacoller, kresoller ve katesoller de hızlı piroliz ürünleridir. 400-500 °C'de karbonizasyonun tamamlanmasıyla ve tutuşucu gazların uzaklaşması sonucu geriye odun kömürü kalmaktadır (Goldstein, 1977).



Ağaç malzemedeki yapışma direncini; odun yapısı, yüzey düzgünlüğü ve yapısı, pres basıncı, pres süresi ve kullanılan tutkal özellikleri etkilemektedir.

### **2.2.1. Odun Yapısı**

Dağınık traheli ağaç odunları, halkalı traheli ağaç odunlarından farklı yapışma özellikleri göstermektedir. İlkbahar ve yaz odunlarının yıllık halka içindeki katılım oranı (tekstür) ile diri ve öz odun miktarı tutkal hattı dayanımında etkilidir. Diğer taraftan tutkallanma diri odun ve ilkbahar odununda genellikle daha kolay, odun yoğunluğu arttıkça daha zor olmaktadır (Chung, 1968).

### **2.2.2. Yüzey Yapısı ve Düzgünlüğü**

Tutkal sürülecek yüzeylerde makina izleri, ezilme, yanma, dalgalı yüzey vb. işleme kusurları olmamalıdır. Ayrıca tutkallama yüzeyinde bulunan yan bileşiklerin çeşidi ve miktarı ile toz ve yağ gibi artıklar yapışmayı olumsuz etkiler (Uysal, 1997).

### **2.2.3. Pres Basıncı ve Presleme Süresi**

Uygulanan basınç, sıkılacak parçanın her noktasında uniform olmalı ve tutkal hattında normal kalınlıkta ince bir film katmanı oluşturacak şekilde ayarlanmalıdır. Pres basıncı, ağaç cinsi ve yüzey özelliklerine göre değişir. Farklı ağaç türlerinin aynı anda preslenmesi halinde pres basıncı yumuşak oduna göre belirlenir. Ağaç türüne göre pres basınçları yumuşak ağaçlarda  $0,8-1 \text{ N/mm}^2$ , sert ağaçlarda ise  $0,2 - 1,6 \text{ N/mm}^2$  arasında olmalıdır (Göker ve Bozkurt, 1986).

### **2.2.4. Tutkal Özellikleri ile İlgili Faktörler**

Yapıştırma kullanılan tutkalın fiziksel veya kimyasal özellikte olması, yapışma dayanımında etkili olmaktadır. Kimyasal özellikteki tutkalların mekanik dayanımları fiziksel esaslı tutkallara göre daha yüksektir. Yüzeyi düzgün

olmayan ağaç malzemelerin birleştirilmesinde kimyasal esaslı tutkallarda daha güçlü yapıştırma yapılabilmektedir.

Kimyasal esaslı tutkallar, fiziksel esaslı tutkallara göre rutubete ve suya karşı daha dayanıklıdır. Tutkal seçimi yapılırken, nerede ve nasıl kullanılacağı belirlendikten sonra uygun tutkal seçimi yapılmalıdır (Göker ve Bozkurt, 1986).

## BÖLÜM 3

### MATERYAL VE METOD

#### 3.1. DENEY MATERYALİ

Deneysel materyal olarak mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ağaç türlerinden Sarıçam, kayın, göknar ve meşe tutkal türlerinden Polivinilasetat (PVAc), Üre formaldehit, fenol formaldehit ve %5 çözelti halindeki borik asit kullanılmıştır.

##### 3.1.1. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L)

Sarıçam odunu, genellikle bütün Avrupa ve Asya'da yaygın olarak yetişen ağaç türlerindedir. Enine kesitinde yaz odunu oldukça geniş ve traheid çeperleri ilkbahar odunundakine göre daha kalın, lümenler yuvarlak görünüştedir. Reçine kanalları genellikle yaz odununda çok sayıda olup, 100-150 mikron çapında ve enine kesitte daire görünüşündedir. Özışınları genellikle tek sıralıdır. Traheidlerin teğet çeperlerinde kenarlı geçitler uzun aralıklarla yer alır. Reçine dolu keseciklere çok sık rastlamak mümkündür (Örs, 2001).

Tam kuru yoğunluğu  $0,49 \text{ g/cm}^3$ , hava kurusu yoğunluğu  $0,52 \text{ g/cm}^3$  tür. E-modülü  $11700 \text{ N/mm}^2$ , eğilme direnci ( $\Sigma E$ )  $98 \text{ N/mm}^2$ , liflere paralel çekme direnci ( $\sigma_g$ )  $102 \text{ N/mm}^2$ , liflere paralel basınç direnci ( $\Sigma B$ )  $54 \text{ N/mm}^2$  dir (Bozkurt ve Göker, 2000).

Sarıçam odunu kolay kurutulur, çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi azdır. İyi işlenir ve yapıştırılır. Yüzey işlemlerinde reçine sızıntısı nedeniyle güçlük çıkar. Güç cilalanır. Öz odunu oldukça dayanıklı, diri odunu mantar ve böceklere karşı hassas odununun rutubeti %25'ten fazla olduğu hallerde, 20-25 °C sıcaklıklarda mavi renk oluşumu görülür. Öz odun orta derecede güç, diri odun kolay emprenye edilmektedir (Bozkurt ve Göker, 2000).

Binalarda iç ve dış maksatlarda, pencere doğramalarında, emprenye edildiğinde toprak ve su tahkimatında, maden direği, tel direği ve travers olarak, kaplama levha, kontrplak, lif ve yonga levha ile kağıt endüstrisinde ve mobilya yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca dikili ağaçlardan reçine elde edilmektedir (Bozkurt ve Göker, 2000).

### **3.1.2. Meşe (*Quercus petraea* L)**

Ülkemizde geniş bir alanda yetişmektedir. Ak meşeler grubundan olan *Quercus petraea* ağaç boyu 18-40 m, gövde orta çapı 1-2 m, kullanılabilir gövde uzunluğu 10-18 m'dir. Diri odun çoğunlukla dar, 2.5 cm genişlikte, sarımsı beyaz renkte, öz odun açık kahverengi ile sarımsı kahverenginde, kesimden sonra koyulaşır. İlbahar odunu traheleri çok büyük çıplak gözle görülebilir ve 1-2 sıralı genişlikte bir halka oluşturur. Radyal kesitte traheler kaba iğne çizikli, tül oluşumu ile doludur. Özışınları tek ve çok sıralı olmak üzere iki çeşittir. Tekstür kaba, iğne çizikli, genellikle düzgün bazen düzensiz lifli, parlak, dekoratif, sert ve ağır bir odunu vardır (Örs, 2001).

### **3.1.3. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky)**

Fagaceae familyası türlerinden olup, ülkemizde doğal olarak yetişmektedir. Diri odun ile öz odun arasında renk farkı yoktur. Kayın odunu kırmızımsı beyaz renktedir. Olgun odun özelliklerine sahiptir. Geniş öz ışınları çıplak gözle dahi görülebilmekte, 0,5-0,1 mm aralıkla uzanmakta ve kalın öz ışınları yıllık halka sınırında genişlemektedir. Radyal yüzeylerde koyu renkli geniş aynacıklar, teğet kesitte kırmızımsı iğ şeklinde lekeler halindedir, odunu sert ve ağırdır (Bozkurt ve Göker, 2000).

Tam kuru yoğunluğu (D<sub>0</sub>) 0,68 g/cm<sup>3</sup>, hava kurusu yoğunluğu (D<sub>12</sub>) 0,72 g/cm<sup>3</sup> tür. E-modülü 15700 N/mm<sup>2</sup>, eğilme direnci (σ<sub>E</sub>) 120 N/mm<sup>2</sup>, liflere paralel çekme direnci (σ<sub>g</sub>) 132 N/mm<sup>2</sup>, liflere paralel basınç direnci (σ<sub>B</sub>) 60 N/mm<sup>2</sup> dir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Geniş bir kullanım alanına sahiptir. Masif mobilya, bükme mobilya, spor aletleri, alet sapları, tornacılıkta, kontrplak, kaplama levha, parke, fiçî sanayinde, karoser yapımı, yonga levha, lif levha ve kâğıt odunu olarak, emprenye edildiği takdirde travers yapımında kullanılır. Ayrıca odun kömürü yapımında da değerlendirilmektedir (Bozkurt ve Göker, 2000).

İşlenmesi kolaydır. körleştirme etkisi orta derecededir. Soyulabilir, kesilebilir, çok iyi tornalanabilir. Yapıştırma ve yüzey işlemlerinde güçlük yoktur (Bozkurt ve Göker, 2000).

#### **3.1.4. Gökmar(*Abies bornmülleriana* Mattf )**

Odunu sarımsı veya kırmızımsı beyaz renktedir. Yaz odunu kırmızımsı veya morumsu kahve renkli olup, açık renkli ilkbahar odunundan belirgin bir şekilde ayırt edilebilir. Yıllık halka sınırları ladine benzer. Ancak, reçine kanalları yoktur, yapısı daha kaba, rengi kırmızımsı beyaz olup radyal kesitte mat görüntü verir. Gökmar, özellikle mobilya, lambri, pervaz, kaplama levhası üretiminde ve inşaat sektöründe yapı malzemesi olarak kullanılır. Ayrıca kutu, kafes, ambalaj, sandık, fiçî, oyuncak vb. yapımında tercih edilir (Örs, 2001).

### **3.2. YAPIŞTIRICI MADDELER**

#### **3.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı**

Üre formaldehit (UF) tutkalı ucuz olması, kullanım kolaylığı ve teknik üstünlükleri ile odun esaslı levhaların üretiminde ve masif konstrüksiyon işlerinde en fazla kullanılan tutkallardandır. Avrupa'da tüm levha endüstrisinde kullanılan tutkalların %90'nı üre formaldehit oluşturmaktadır (Özen, 1980).

Üre formaldehit sulu ortamda dağılmış, üre ile formaldehitin yüksek moleküllü ağır su ayrışarak üre elde edilmektedir (Özen, 1980).

pH'in 5-5,5 olduğu ortamda sulu çözeltide 1 molekül üre için 1,125-2 molekül formaldehitin konsantrasyonu ile bir reaksiyon vuku bulmakta pH değeri ve sıcaklığa bağlı olarak reaksiyon hızı ayarlanmaktadır. Reaksiyon pH'ın 7 veya 8'e çıkarılması soğutma ile durdurabilmektedir. Tutkal %40-60 katı madde içerecek şekilde satışa sunulmaktadır. Katalizör olarak; genellikle düşük konsantrasyonlu asit veya asit oluşturabilen amonyum sülfat veya amonyum klorür ilave edildiğinde sertleşme hızlanır.

Viskozite kullanım yerine göre 180-300 cps arasında değişmektedir (Özen, 1980).

Üre formaldehit tutkalının sertleşmesi için levha orta kısmının sıcaklığı 100°C civarında olmalıdır. Ayrıca, sertleşme hızı sıcaklık ve rutubete bağlı olarak 15-118 sn arasında, yapışma direnci yüksek, rengi beyaz veya seffaftır (Özen, 1980).

Üre formaldehit oduna selüloz zincirlerinin "-OH" grupları ile bağlanır. Tutkal kullanım oranları odunsu materyalin; sertlik, rutubet ve pH değerine göre belirlenir (Özen, 1980)

### **3.2.2. Fenol Formaldehit**

Fenol formaldehit, alkali katalizör yardımıyla fenol ve formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu ile elde edilmektedir. Sıcak tutkallama için saf halde veya bir sertleştirici katılarak üretilen fenol formaldehit tutkalı Resol ve novalac tipi olarak iki gruba ayrılan fenol formaldehit tutkalı; rutubet, su ve atmosferik koşullara karşı dayanıklı yapışma sağlaması nedeniyle ağır hava şartlarında ve dış cephelerde kullanılacak levhaların üretimi için uygun bulunmaktadır. Fenol formaldehit tutkalları esas olarak kahverenginde olup novalac fenol formaldehit ise resolden daha açık renktedir. Resol ise koyu sarı portakal kırmızısı ve kahvemsidir. Ancak bu renkler saf maddelerle yapılan Üretimlerde ortaya çıkabilmektedir. Levha Üretiminde %12-15 oranında tam kuru tutkal miktarı levhanın su absorblamasına karşı yeterli direnç sağlar. Tutkala mum-parafin, wax gibi su iticiler ilave edilebilir (Özen, 1980).

Fenolik tutkallar 180 °C'nin üzerine kadar stabildir. Bu sıcaklığın üzerinde yavaşça yanmaya başlar ve daha yüksek sıcaklıklarda yanma hızlanır (Özen, 1980).

### **3.2.3. Polivinil Asetat (PVAc)**

PVAc, kokusuz, yanıcı olmayan tutkaldır. Oda sıcaklığında ve hızlı bir şekilde katılaşır. Bu tutkalın uygulanması çok kolaydır, bu tutkal makinelerde kesilmesi durumunda makinelere zarar vermez. Ancak; ısı arttıkça PVAc tutkalının mekanik özellikleri azalır. 70 °C'nin üstünde yapışma direncini kaybeder. Uygun şartlarda malzemenin sadece bir yüzeyine 150 – 200 g/m<sup>2</sup> tutkal sürülür (Örs, 2001).

TS 3891 standardına göre PVAc tutkalı uygulanmıştır. PVAc tutkalının yoğunluğu, 1.1 g/cm<sup>3</sup>, 20°C'deki pH değeri 2.8 ± 0.1 ve kül oranı %3'dür. Pres süresi %6-15 rutubet derecelerinde, soğuk preste 20 dakika ve 80 °C'deki preste 2 dakika olarak tavsiye edilmektedir. Sıcak pres sürecinden sonra, malzeme normal sıcaklığa gelinceye kadar beklenilir (TS 3891, 1983).

## **3.3. KİMYASAL MADDELER**

Çalışmada, özellikle yanmayı geciktirici veya önleyici özelliği olan bor bileşenlerinden Borik Asit tercih edilmiştir. Çözelti % 5'lik konsantrasyonda hazırlanmış ve %5'lik olarak tutkala ilave edilmiştir.

### **3.3.1. Borik Asit**

Renksiz, parlak ve parmaklar arasında kayan kokusuz, kristal halinde bir maddedir. Zayıf bir asit olduğu için tadı ekşimsidir. Birçok maden sularında ve bazı göllerde sodyum borat ve magnezyum tuzları halinde bulunur. Hafif bir asit olduğu için tadı ekşimsidir bir antiseptiktir, mikropların üremelerini yavaşlatır ve durdurur. Borik asit, elementel borun bir oksiasidi olup, formülü H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> şeklindedir. Molekül ağırlığı 61.83, erime noktası 169°C ve kaynama noktası 300°C'dir. Özgül ağırlığı 1.46 g/cm tür. Borik asit suda orta derecede çözünür. Sıcak sudaki çözünürlüğü soğuk

sudakinden fazladır. Alkol ve gliserinde çözülür. Ahşap malzemeyi havaya karşı korumada ve kumaşları ateşe dayanıklı hale getirmede kullanılır.

### **3.4. DENEY METODU**

#### **Deney Örneklerinin Hazırlanması**

##### **Yapışma Deney Örnekleri**

Yapışma direnci numunelerinin hazırlanması için PVAc, üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkalları ile yapıştırılmıştır. TS 3891'e göre yapışma direnci deney numuneleri şekilde görülmektedir. Tutkal çeşidine göre, yüzeylere 180-200 g/m<sup>2</sup> oranında tutkal sürülmüştür. Tutkal çeşidine göre, üretici firma tarafından belirtilen sıcaklık, basınç ve süre değerlerine göre parçalar presleme konumuna yerleştirildikren sonra yapışma gerçekleştirilmiştir. Çam, göknar, meşe ve kayın ağaçlarından 3 değişik tutkal çeşidi için 5'er adet deney numunesi kesilmiştir. Buna göre; 5X3=15 adet sarıçam, 5X3=15 adet göknar, 5X3=15 adet meşe , 5X3=15 adet kayından ve 5'er adet sarıçam, göknar, meşe ve kayın oluşan kontrol parçaları ile birlikte toplam 118 adet örnek hazırlanmıştır.

##### **Yanma Deney Örnekleri**

Deney örneklerinin hazırlanmasında ASTM-E-69 standartlarında verilen esaslara uyulmuştur. Buna göre, örnekler seçilen ağacı temsil edecek şekilde budaksız, ardaksız, sağlam, düzgün lifli, ağacın diri odun kısmından, reçinesiz, büyüme kusurları bulunmayan parçalardan seçilmiştir. Deney örnekleri çita şeklinde olup, 9.5mm X 19mm X 1016 mm ± 0.8mm boyutlarında düzgün şekilde kesilmiştir (Uysal, 1997).

Sarıçam, göknar, meşe ve kayın ağaçlarından 3 değişik tutkal çeşidi için 3'er adet deney numunesi kesilmiştir. Buna göre; 3X3 = 9 adet sarıçam, 3X3 = 9 adet göknar, 3X3 = 9 adet kayın, 3X3 = 9 adet meşeden ve 2'er adet sarıçam, göknar, meşe ve kayın oluşan kontrol parçaları ile birlikte toplam 60 adet örnek hazırlanmıştır.



### 3.4.1. Yapışma Deney Standı Hakkında Genel Bilgiler

TS 3639'daki standardına göre deney örnekleri üniversal test cihazında, deney makinesinin hassasiyeti  $0,1 \text{ N/mm}^2$  olup, kuvvet uygulama hızı  $10 \text{ mm/dk}$  olarak ayarlanmıştır olup, kademeli çekme kuvveti uygulanarak tutkal hattından koparılmaya çalışılmaktadır.



Şekil 3.1. Üniversal test makinesinde yapışma direnci(TS, 3639)

### Yanma Deneylerinin Yapılması

Üst yüzey işlemleri yapılan deney örnekleri ASTM-E 69'a göre yanma deneylerine tabi tutuldu. Bunun için %12 (hava kurusu) rutubetteki ağaç malzeme ateş borusu içerisine dikey olarak asıldıktan sonra, alt tarafta bulunan gaz ocağının ağız ile malzemenin alt ucu arasında açıklık ayarlanıp, asetilen gazı ile elde edilen standart alev kaynağının malzemeye teması sağlanarak yanma deneyi başlatıldı ve ölçümler yapıldı.

### 3.4.2. Yanma Deneý Standı Hakkında Genel Bilgiler

Ateş borusu cihazı yaklaşık olarak 1928 yılında Amerika Birleşik Devletleri Orman Ürünleri Laboratuvarı (U.S. Forest Products Laboratory) da T.R. TRUAA ve C.A.HARRISON tarafından geliştirilmiş olup, o zamandan beri Amerikan Standardları (ASTM) içerisine alınmış bulunmaktadır. Yayınlanmış birçok ağaç malzemeyi yangına karşı koruyucu emprenye maddelerinin koruma etkisi üzerine yapılmış deneylerde bu metottan faydalanılmıştır.

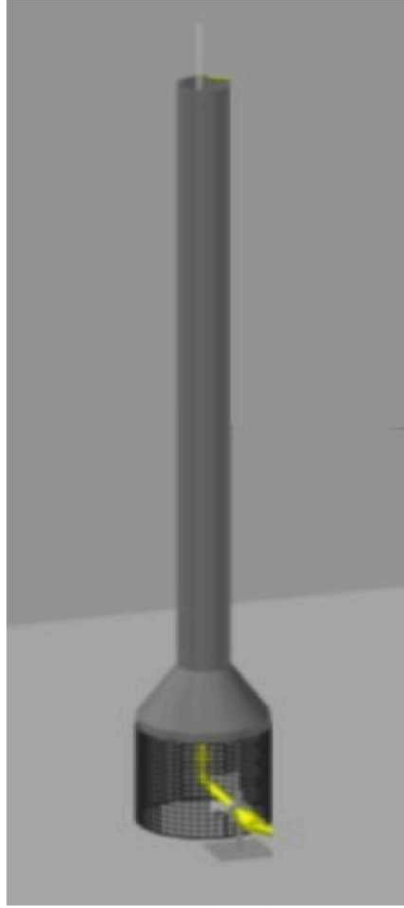
Ateş borusu cihazı ile yapılan deneylerde standart bir alev etkisi ile yanmakta olan ağaç malzemenin yanma ile meydana gelen ağırlık kaybı devamlı olarak tespit edilmekte ve böylece yanma hızı elde edilmektedir (Uysal, 1997).

Bu metotta kullanılan ateş borusu şekil-3.3'de gösterilmiştir. Ateş borusu 38 mm merkezli 9.5 mm çapında 25 adet karşılıklı delikten oluşan 711 mm çapında galvanizli demirden yapılmıştır ve alt tarafı 152 mm çapında ve 183 mm uzunluğunda çelik tel kafesten oluşmaktadır. Bu boru içerisine tutkallanmış deney örneği özel olarak yapılmış terazinin bir koluna asılmaktadır. Çelik tel kafesin yan tarafından 9.5mm çapında bir borudan gaz sevki yapılmaktadır. Ateş borusu içerisine asılmış deney parçasının alt ucu ile gaz borusunun arasında 2.54 cm (1 inç) açıklık olacak şekilde yerleştirme yapılmaktadır. Gaz alevi Standart olup alevin yüksekliği 25 cm sıcaklığı 1000 °C dir. Böyle bir gaz alevi üst tarafta bulunan ve içerisinde deney parçası bulunmayan "Ateş borusu"nun en üst kısmında (180 ±5) °C'lik bir sıcaklık meydana getirmektedir (Uysal, 1997).

Ateş borusunun yukarıdan 18 inci delik hizasında çelik telden yapılmış bir halka yukarıdan asılı bulunan deney parçasını deney esnasında alt taraftan tespit etmektedir. Ateş borusu aletinde terazinin diğer koluna dengeyi sağlamak üzere ağırlık yerleştirilmiş bulunmaktadır (Berkel, 1972).

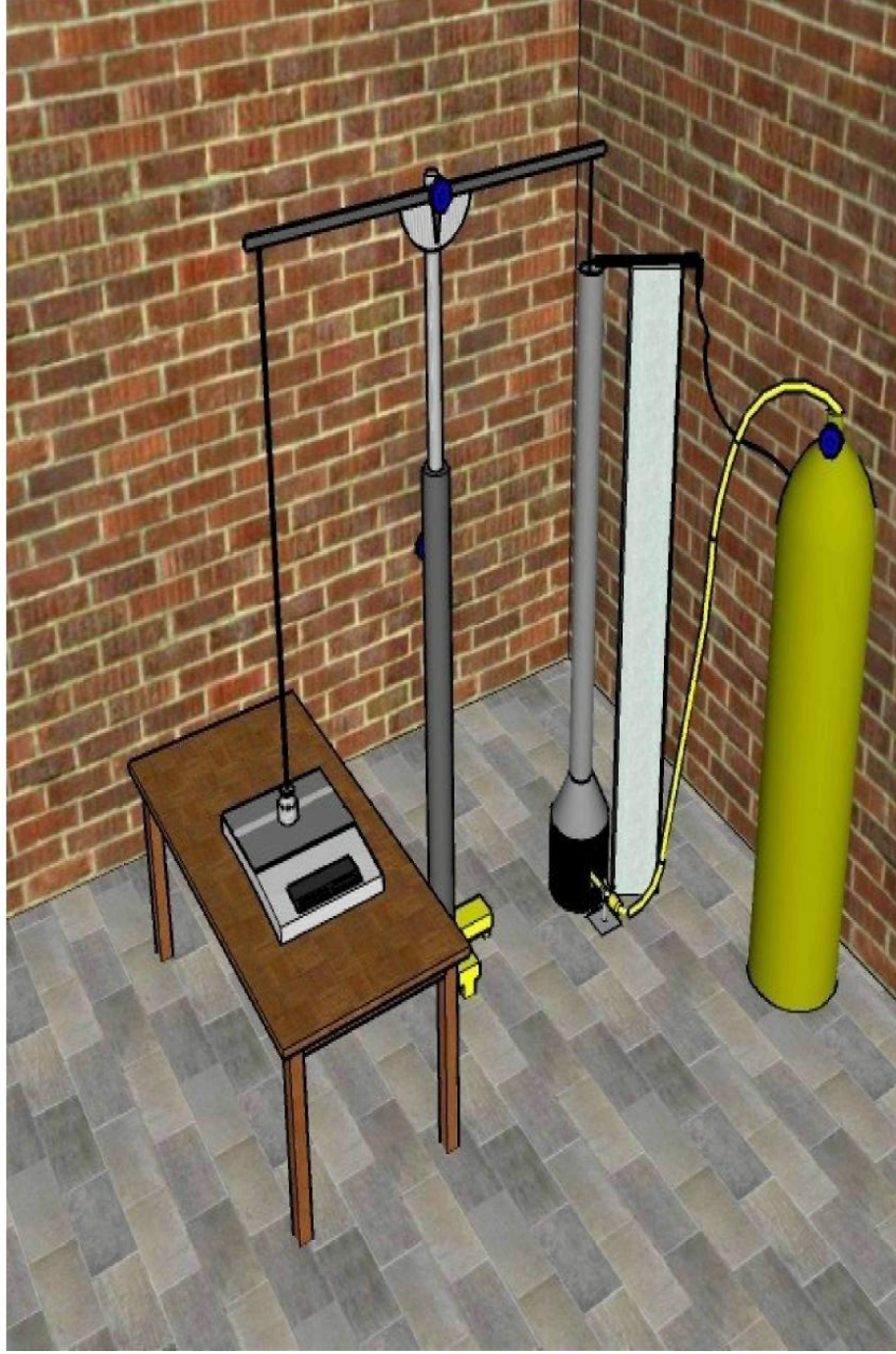
Ancak, bu yöntemin klasik olduğu ve hassas ölçüm yapamayacağı düşünülerek, 1997 yılında Burhanettin UYSAL tarafından Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi laboratuvarında deney standında değişiklik yapılmış, ağaç malzemede

yanmadan dolayı meydana gelen ağırlık kaybı ölçümü Şekil 3.3'de gösterildiği şekilde analitik hale getirilmiştir. Bu amaçla 0,01 g duyarlılıkta ölçüm yapabilen bir elektronik teraziden faydalanılmıştır(Uysal, 1997).



Şekil 3.2. Ateş Borusu

Ateş borusunun üst tarafına baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL probu yerleştirilerek malzemenin yakılmasıyla meydana gelecek sıcaklık değişiminin ve yanma ürünü olarak açığa çıkan gazların ölçümü yapıldı.



Şekil 3.3. Yanma Deney Standı

Baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL üç parçadan oluşmaktadır. Bunlar;

- Kontrol Ünitesi
- Analiz Kutusu
- Prob



KONTROL UNİTESİ



ANALİZ KUTUSU

Şekil 3.4. Analiz cihazı Testo T350 XL ana parçaları.

#### 3.4.2.1. Ağırlık Kaybı

Deney numunelerinde yanmayla birlikte oluşan ağırlık kayıpları ölçüldü. Bunlar;

Yanma deneyinin başlamasıyla birlikte her 1/2 dakikada ağaçta meydana gelen ağırlık kaybı bir analitik terazi yardımıyla tesbit edildi. Bu amaçla, 0,01 duyarlılıkta 4,6 kg'na kadar tartım yapabilen bir dijital terazi kullanıldı (Uysal, 1997).

Deneyin başlamasından 4 dakika sonra gaz ocağı ateş borusu içerisinden dışarıya alındı ve ağaç malzemenin alev kaynaksız olarak yanması sırasında oluşan ağırlık kaybı her 1/2 dakikada tesbit edilerek kayıt edildi (Uysal, 1997).

Deneyin başlamasından gaz ocağının Ateş borusu dışına alınmasına kadar geçen 4 dakikalık süre içerisinde ateş borusunun üst tarafı içinde meydana gelen sıcaklık değişimleri her 1/2 dakikada 1180 °C sıcaklığa kadar ölçüm yapabilen analiz cihazı yardımıyla kaydedildi. Böylelikle Ateş borusu üst ucu iç kısmında meydana gelen

maksimum sıcaklık, bu maksimum sıcaklığa erişilme zamanı, sıcaklığın zamanla değişimi belirlenmiştir. Gaz ocağının ateş borusu dışına alınarak ağacın kendi kendine yanması son bulana kadar ölçümler alev kaynaklı yanmada olduğu gibi yapıldı (Uysal, 1997).

#### **3.4.2.2. Yanma Ürünü Gazların Ölçümü**

Alev kaynaklı ve alev kaynaksız yanmada açığa çıkan O<sub>2</sub>, CO ve NO gazlarının ölçümü ayrı ayrı yapıldı.

Alev kaynaklı yanmada ateş borusunun üst tarafına yerleştirilen baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL probu malzemenin yakılmasıyla oluşan yanma ürünü gazların ölçümü yapıldı.

Gaz ocağının ateş borusundan uzaklaştırılmasından sonra ağacın kendi kendine yanması son bulana kadar alev kaynaklı yanmada olduğu gibi gazların ölçümü yapıldı.

### **3.5. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Bu çalışmada, malzeme çeşidi, tutkal türleri ve tutkal türlerine ilave edilen borik asitin malzeme çeşidine alevli-alevsiz yanma direnci ve yanma ürünü olarak açığa çıkan gazlar araştırılmıştır. Bu verileri belirlemek amacıyla deneylerden elde edilen sonuçlara çoklu varyans analizi uygulanmıştır. Faktörlerin karşılıklı etkileşiminin %5 hata payı ile anlamlı çıkması halinde önem derecesini belirtmek için duncan testi uygulanmıştır.

## BÖLÜM 4

### BULGULAR

#### 4.1. AĞAÇ MALZEME YOĞUNLUKLARI

Ağaç malzemelerin tam kuru ve hava kuru yoğunlukları ölçülerek çizelge 4.1 de ölçülen değerler verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ağaç malzeme yoğunluk değerleri

Ağaç Türü	Hava Kuru Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )
Kayın	0,66
Çam	0,50
Gök nar	0,43
Meşe	0,69

#### 4.2. YAPIŞMA DENEYLERİ

Fenol formaldehit, Üre formaldehit ve PVAc uygulanan kayın, çam, meşe ve göknar odunlarının yapışma deneyi sonucu elde edilen ölçümlere ait ortalama değerler ve bazı istatistik veriler çizelge 4.2'de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.3'de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Kontrol ve deney grubu odunlarının yapışma direncine ilişkin ortalama değerler (N/mm<sup>2</sup>)

Ağaç	Etkileşim	Ortalama Değer	Standart Sapma
Çam	Üre-Borikasit	3,00	1,22
	Üre kontrol	5,73	0,38
	Fenol-Borikasit	9,18	0,41
	Fenol kontrol	10,16	0,41
	PVAc-Borikasit	9,51	0,46
Kayın	PVAc	8,53	0,36
	Üre-Borikasit	8,29	0,73
	Üre kontrol	9,80	0,66
	Fenol-Borikasit	5,76	0,43
	Fenol kontrol	6,33	0,31
Meşe	PVAc-Borikasit	14,81	2,08
	PVAc	11,40	0,33
	Üre-Borikasit	15,33	0,81
	Üre kontrol	19,77	0,36
	Fenol-Borikasit	7,07	0,58
Gök nar	Fenol kontrol	10,11	0,47
	PVAc-Borikasit	8,00	0,57
	PVAc	9,33	0,35
	Üre-Borikasit	3,26	0,56
	Üre kontrol	6,54	1,09
	Fenol-Borikasit	7,51	1,45
	Fenol kontrol	4,49	0,57
	PVAc-Borikasit	4,52	0,40
	PVAc	7,14	1,36

Kontrol ve deney grubu odunlarının yapışma direncine ilişkin yapışma direnci tablosuna bakıldığı zaman en yüksek değer üre formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış olan kontrol grubu meşe odununda (19,77 N/mm<sup>2</sup>), ve en düşük yapışma direnci



değeri üre formaldehit tutkalı borik asit ilaveli çam odun grubu (3,0 N/mm<sup>2</sup>) malzemede bulunmuştur.

Çizelge.4.3. Tutkal türü ve ağaç türünün yapışma direncine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi	Varyans Kaynakları
Düzeltilmiş Model	1747,38	23	75,97	114,57	0,00	0,96
Sabit Terim	8809,44	1	8809,44	13285,93	0,00	0,99
Ağaç	588,07	3	196,02	295,63	0,00	0,90
Tutkal	107,35	5	17,47	32,38	0,00	0,62
Ağaç-Tutkal	1051,96	15	70,13	105,76	0,00	0,94
Hata	63,65	96	0,66			
Toplam	10618,48	118				

Çizelge 4.4. Kontrol ve deney gruplarının yapışma dirençlerine ait % 95 güven aralığındaki Duncan testi sonuçları.

Etkileşim	Ortalama	Homojenlik grubu
Meşe-Üre Formaldehit Kontrol	19,77	a
Meşe-Üre Formaldehit-Borik Asit	15,33	b
Kayın- PVAc-Borik Asit	14,81	c
Kayın-PVAc Kontrol	11,40	c
Çam-Fenol Formaldehit Kontrol	10,16	d
Meşe-Fenol Formaldehit Kontrol	10,11	d
Kayın-Üre Formaldehit Kontrol	9,80	d
Çam -PVAc-Borik Asit	9,51	ef
Meşe-PVAc Kontrol	9,33	efg
Çam-Üre Formaldehit Kontrol	9,18	efg
Çam-PVAc Kontrol	8,53	efg
Kayın-Üre Formaldehit-Borik Asit	8,29	gh
Meşe-PVAc	8,00	ghi
Gök nar-Fenol Formaldehit-Borik Asit	7,51	ghi
Gök nar-PVAc Kontrol	7,14	jih
Meşe- Fenol Formaldehit-Borik Asit	7,07	jih
Gök nar-Üre Formaldehit Kontrol	6,54	kji
Kayın -Fenol Formaldehit Kontrol	6,33	kj
Kayın-Fenol Formaldehit- Borik Asit	5,76	k
Çam-Üre Formaldehit- Borik Asit	5,73	k
Gök nar-PVAc- Borik Asit	4,52	l
Gök nar-Fenol Formaldehit Kontrol	4,49	l
Gök nar-Üre Formaldehit-Borik Asit	3,26	m
Çam-Üre Formaldehit-Borik Asit	3,00	m

### 4.3. YANMA DENEYLERİ

#### 4.3.1. Ölçülen Ağırlık Kaybı Değerleri

#### 4.3.3. Çam Odunu İçin Ölçülen Ağırlık Kaybı Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan çam ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin odunlarının yanma deneyi sonucu elde edilen ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistik veriler çizelge 4.5'de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.6'de verilmektedir.

Çizelge 4.5. Çam odunu için ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri (g)

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit-Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	5,24	2,04	1,98	3,44	1,90	3,44	2,32
2*	8,81	4,40	3,07	5,60	3,25	10,41	6,22
3*	12,07	5,52	8,05	11,56	5,08	19,97	10,16
4*	14,33	8,06	11,62	23,67	6,94	31,91	17,53
5*	16,22	11,05	14,76	36,65	8,71	47,64	23,72
6*	25,05	12,99	20,58	39,69	11,97	58,95	33,75
7*	31,25	16,87	27,91	44,61	14,56	76,31	46,30
8*	32,22	21,93	32,80	49,73	18,23	85,56	57,84
9	37,39	27,73	44,58	56,58	22,31	86,30	69,60
10	45,85	34,56	49,93	62,53	35,73	94,80	82,60
11	57,36	38,30	55,25	70,13	43,84	94,78	90,44
12	60,05	45,49	63,91	74,58	48,16	94,75	91,12
13	69,13	53,48	69,81	81,30	56,61	94,75	91,42
14	70,83	62,78	80,60	87,23	64,88	94,75	94,14
15	74,31	70,35	90,60	89,16	70,77	94,75	96,22
16	77,49	75,28	94,64	91,91	77,81	94,75	97,88
17	86,59	82,83	96,37	93,74	85,82	94,75	98,42
18	91,13	87,97	98,09	96,33	89,23	94,75	99,12
19	96,06	93,44	98,48	96,74	94,75	94,75	99,44
20	98,59	96,03	98,48	97,55	97,19	94,76	99,65

\*Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.6. Çam odunu için ölçülen % ağırlık kaybı değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	464646,37	159	2922,30	20,26	0,00
Sabit Terim	1038231,45	1	1038231,45	7198,95	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	44517,25	3	14839,08	102,89	0,00
C: Ölçüm Zamanı	377900,18	19	19889,48	137,91	0,00
Etkileşim A*B	9869,14	3	3289,71	22,81	0,00
Etkileşim A*C	5482,65	19	288,56	2,00	0,01
Etkileşim B*C	10581,43	57	185,63	1,28	0,13
Etkileşim A*B*C	16295,64	57	285,88	1,98	0,00
Hata	23075,158	160	144,22		
Toplam	1525952,98	320			
Düzeltilmiş Toplam	487721,53	319			

$$a.R^2 = 0.937$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, çam odununun yanma deneyi sonucu ölçülen ağırlık kaybı etkileri üzerinde önemli bulunmuştur.

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.7'de verilmektedir.

Çizelge 4.7. Çam odunu için ölçülen % ağırlık kaybı değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
PVAc-Kontrol	99,65	a
Masif-Kontrol	98,59	ab
Üre formaldehit-Kontrol	98,49	abc
Fenol formaldehit-Borik asit	97,55	bc
Fenol formaldehit-Kontrol	97,19	bc
Üre formaldehit-Borik asit	96,03	bc
PVAc -Borik asit	94,76	c

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit tutkalları ve PVAc uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen % ağırlık kaybı değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek ağırlık kaybı değeri (%99,65) PVAc tutkalı kullanılarak hazırlanmış çam ağacı kontrol grubu malzemedeki, en düşük ağırlık kaybı değeri de (%94,76) borik asit ilaveli PVAc tutkalı deney grubu malzemedeki bulunmuştur.

#### 4.3.3. Kayın Odunu İçin Ölçülen Ağırlık Kaybı Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan kayın ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiksel veriler çizelge 4.8'de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.9'da verilmektedir.

Çizelge 4.8. Kayın odunu için ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değer tablosu

Ölüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	1,74	1,65	2,89	1,30	1,20	1,15	1,27
2*	4,62	3,27	3,54	2,46	2,01	3,05	3,26
3*	6,72	5,25	5,60	4,04	3,19	5,20	7,07
4*	8,81	7,38	10,83	5,78	5,28	9,36	12,65
5*	10,33	16,34	14,18	8,65	7,76	13,30	19,03
6*	14,70	30,64	19,06	11,43	12,49	19,47	28,21
7*	16,87	44,57	24,54	14,24	18,12	28,19	42,32
8*	24,00	51,08	28,94	18,90	24,29	44,20	52,21
9	27,36	66,42	36,28	24,42	33,54	61,45	59,57
10	34,73	71,04	45,58	29,03	43,33	75,67	67,85
11	39,86	90,48	52,32	38,59	47,40	80,63	81,72
12	46,37	96,91	56,17	43,20	53,25	86,77	91,19
13	53,41	97,83	62,45	52,35	60,81	88,54	96,35
14	57,84	97,84	68,56	58,03	67,72	92,09	96,50
15	68,53	98,24	74,69	67,86	75,76	94,97	96,50
16	72,95	98,24	79,97	79,12	80,86	94,97	96,50
17	76,99	98,24	82,81	89,06	85,48	94,97	96,50
18	87,56	98,23	89,33	92,61	87,63	94,97	96,50
19	94,76	98,23	91,97	96,05	90,56	94,97	96,50
20	98,21	98,23	99,81	97,60	94,48	94,97	96,50

\* Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.9. Kayın odunu için ölçülen % ağırlık kaybı değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	423751,99	159,00	2665,11	111,30	0,00
Sabit Terim	869711,55	1,00	869711,55	36319,95	0,00
A:Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B:Tutkal Türü	82,37	1,00	82,37	3,44	0,07
C:Ölçüm Zamanı	13346,35	3,00	4448,78	185,79	0,00
Etkileşim A*B	381235,45	19,00	20065,02	837,93	0,00
Etkileşim A*C	9362,65	3,00	3120,89	130,33	0,00
Etkileşim B*C	352,70	19,00	18,56	0,78	0,73
Etkileşim A*B*C	9210,62	57,00	161,59	6,75	0,00
Hata	10161,85	57,00	178,28	7,45	0,00
Toplam	3831,33	160,00	23,95		
Düzeltilmiş Toplam					

a R = 0.947

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, kayın odununun yanma deneyi sonucu ölçülen ağırlık kaybı etkileri üzerinde önemli bulunmuştur.

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.10'da verilmektedir.

Çizelge 4.10. Kayın odunu için ölçülen % ağırlık kaybı değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Fenol formaldehit-Kontrol	99,81	a
PVAc -Borik asit	98,23	ab
PVAc-Kontrol	98,21	ab
Fenol formaldehit-Borik asit	97,60	abc
Masif-Kontrol	96,50	bcd
Üre formaldehit-Borik asit	94,97	dc
Üre formaldehit-Kontrol	94,48	d

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen % ağırlık kaybı değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek ağırlık kaybı değeri (%99,81) Fenol formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemede, en düşük ağırlık kaybı değeri de (%99,81) üre formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemede bulunmuştur.

#### 4.3.1.3. Meşe Odunu İçin Ölçülen Ağırlık Kaybı Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan meşe ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistikî veriler çizelge 4.11'de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.12'de verilmektedir.



Çizelge 4.11. Meşe odunu için ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	3,00	3,19	2,75	1,41	1,78	2,04	4,59
2*	4,62	5,06	5,90	2,81	3,07	6,27	6,87
3*	6,75	12,09	9,63	5,08	5,36	10,22	12,16
4*	7,68	28,03	13,06	8,57	6,68	12,49	20,92
5*	10,86	39,96	17,28	13,35	9,29	25,22	38,90
6*	15,73	58,23	29,31	18,87	13,21	53,32	52,87
7*	18,60	86,80	48,00	27,54	17,49	55,20	72,09
8*	20,56	94,32	53,06	35,49	24,82	58,29	86,00
9	32,65	96,67	56,50	42,67	31,41	63,78	91,63
10	38,73	99,21	61,73	47,12	40,99	69,60	94,54
11	54,51	99,48	67,70	57,84	49,64	72,87	95,22
12	58,64	99,49	74,35	66,24	57,46	75,88	97,77
13	67,07	99,53	80,35	75,95	64,15	79,23	98,47
14	70,21	99,53	85,51	81,79	73,00	84,24	98,65
15	76,24	99,57	87,43	83,40	81,00	89,76	98,69
16	84,76	99,57	89,05	88,00	85,23	93,40	98,69
17	88,89	99,57	91,58	89,63	90,70	95,68	98,69
18	92,45	99,57	94,20	93,43	93,83	97,84	98,69
19	96,65	99,57	92,53	95,52	97,55	98,70	98,69
20	98,94	99,57	92,53	98,34	97,65	99,20	98,69

\* Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.12. Meşe odunu için ölçülen % ağırlık kaybı değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	427157,94	159,00	2686,53	10,09	0,00
Sabit Terim	1110068,79	1,00	1110068,79	4168,22	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	53,11	1,00	53,11	0,20	0,66
C: Ölçüm Zamanı	23064,78	3,00	7688,26	28,87	0,00
Etkileşim A*B	361451,94	19,00	19023,79	71,43	0,00
Etkileşim A*C	12222,60	3,00	4074,20	15,30	0,00
Etkileşim B*C	1988,48	19,00	104,66	0,39	0,99
Etkileşim A*B*C	18932,21	57,00	332,14	1,25	0,14
Hata	9444,82	57,00	165,70	0,62	0,98
Toplam	42610,73	160,00	266,32		
Düzeltilmiş Toplam					

$$a.R^2 = 0.937$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, meşe odununun yanma deneyi sonucu ölçülen ağırlık kaybı etkileri üzerinde önemli bulunmuştur.

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.13'de verilmektedir.

Çizelge 4.13. Meşe odunu için ölçülen % ağırlık kaybı değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Üre formaldehit-Borik asit	99,57	a
PVAc -Borik asit	99,20	a
Masif-Kontrol	98,95	a
PVAc-Kontrol	98,69	a
Fenol formaldehit-Borik asit	98,34	a
Fenol formaldehit-Kontrol	97,65	a
Üre formaldehit-Kontrol	92,53	b

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen % ağırlık kaybı değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek ağırlık kaybı değeri (%99,57) Borik asit ilave edilen üre formaldehit tutkalı deney grubu malzemede, en düşük ağırlık kaybı değeri de (%92,53) üre formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemede bulunmuştur.

#### 4.3.1.4. Gök nar Odunu İçin Ölçülen Ağırlık Kaybı Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan göknar ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiki veriler çizelge 4.14'de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.15'de verilmektedir.

Çizelge 4.14. Gök nar odunu için ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit-Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	1,32	2,21	3,66	1,75	2,02	2,10	2,23
2*	2,81	5,23	5,14	4,15	4,39	6,23	6,01
3*	4,14	9,22	10,55	7,89	7,60	14,32	14,59
4*	5,19	25,94	17,37	11,08	11,10	26,44	24,59
5*	7,90	28,29	21,44	15,90	16,97	40,19	45,58
6*	13,37	50,14	25,10	20,43	21,42	56,14	77,96
7*	15,63	54,27	32,21	25,96	27,12	72,86	82,34
8*	35,22	56,86	43,08	31,54	32,76	77,96	84,75
9	48,68	59,59	51,61	39,01	37,25	79,93	86,88
10	61,26	61,74	59,80	48,21	43,26	90,22	92,75
11	85,32	65,74	68,82	55,11	49,75	97,44	96,18
12	91,47	70,12	85,32	61,01	56,42	97,42	96,78
13	93,28	73,13	93,89	68,61	61,05	97,41	96,87
14	94,85	77,86	93,97	75,39	66,61	97,42	98,28
15	95,15	80,49	94,59	83,77	73,40	97,41	98,29
16	96,12	85,78	94,67	88,73	79,87	97,42	98,30
17	97,20	89,02	94,81	93,40	88,18	97,42	98,30
18	97,55	93,44	95,24	96,84	94,29	97,42	98,30
19	97,49	95,08	95,32	98,09	97,05	97,42	98,30
20	98,24	95,77	96,49	98,65	97,05	97,42	98,34

\*Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.15. Gök nar odunu için ölçülen % ağırlık kaybı değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	393484,96	159,00	2474,75	16,44	0,00
Sabit Terim	1158882,04	1,00	1158882,04	7700,63	0,00
A:Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B:Tutkal Türü	83,15	1,00	83,15	0,55	0,46
C:Ölçüm Zamanı	22405,28	3,00	7468,43	49,63	0,00
Etkileşim A*B	344626,87	19,00	18138,26	120,53	0,00
Etkileşim A*C	565,25	3,00	188,42	1,25	0,29
Etkileşim B*C	1002,78	19,00	52,78	0,35	1,00
Etkileşim A*B*C	18868,70	57,00	331,03	2,20	0,00
Hata	4358,71	57,00	76,47	0,51	1,00
Toplam	23928,21	159,00	150,49		
Düzeltilmiş Toplam					

$$a.R^2 = 0.937$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, meşe odununun yanma deneyi sonucu ölçülen ağırlık kaybı etkileri üzerinde önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.16'da verilmektedir.

Çizelge 4.16. Gök nar odunu için ölçülen % ağırlık kaybı değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Fenol formaldehit-Borik asit	98,65	a
PVAc-Kontrol	98,34	a
Masif-Kontrol	98,24	a
PVAc -Borik asit	97,42	a
Fenol formaldehit-Kontrol	97,05	a
Üre formaldehit-Kontrol	96,49	a
Üre formaldehit-Borik asit	95,77	a

Fenol Formaldehit ve Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen % ağırlık kaybı değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek ağırlık kaybı değeri (%98,65) Borik asit ilave edilen fenol formaldehit tutkalı deney grubu malzemede, en düşük ağırlık kaybı değeri de (%95,77) Borik asit ilaveli üre formaldehit tutkalı deney grubu malzemede bulunmuştur.

#### 4.3.2. Ölçülen <sup>0</sup>C Değerleri

##### 4.3.2.1. Çam Odunu İçin Ölçülen <sup>0</sup>C Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan çam ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen <sup>0</sup>C ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiki veriler çizelge 4.17'de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.18'de verilmektedir.

Çizelge 4.17. Çam Odunu Ölçülen Sıcaklık °C Ortalama Değer Tablosu

Ölçüm Zamanı	Kontrol	Üre formaldehit-Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	46,00	37,50	51,90	89,60	50,85	37,89	57,80
2*	50,00	51,00	61,05	125,65	61,30	142,71	71,45
3*	56,50	69,50	75,20	185,30	94,70	187,21	84,62
4*	62,00	86,00	106,70	251,10	122,40	335,33	97,20
5*	74,50	135,50	162,60	302,15	158,05	371,94	107,70
6*	149,00	172,00	212,50	328,15	200,60	396,27	135,30
7*	245,50	191,50	264,60	261,10	232,45	418,66	163,45
8*	249,50	246,50	343,76	246,60	275,55	330,62	187,60
9	272,00	312,00	482,20	198,50	378,85	186,90	198,95
10	278,50	352,00	524,60	270,50	432,60	164,57	210,70
11	295,50	361,00	461,80	280,80	498,80	214,41	283,30
12	304,00	334,00	387,55	310,25	509,75	222,61	306,25
13	311,50	287,00	354,10	341,60	464,70	200,76	330,50
14	353,00	246,50	316,80	312,15	294,15	179,11	349,40
15	338,00	196,00	271,30	318,50	196,15	164,11	447,90
16	372,50	165,00	230,75	347,05	129,55	149,37	305,40
17	400,50	145,50	168,30	354,90	120,60	129,05	270,90
18	417,50	121,00	146,65	349,65	92,90	101,25	240,85
19	427,00	108,50	116,40	371,10	81,20	111,35	184,35
20	454,00	93,50	98,60	367,10	77,55	90,58	122,15

\*Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.18. Çam odunu için ölçülen sıcaklık °C değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	5643454,05	159,00	35493,42	1,32	0,04
Sabit Terim	17800741,02	1,00	17800741,02	662,69	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	3014,25	1,00	3014,25	0,11	0,74
C: Ölçüm Zamanı	220800,86	3,00	73600,29	2,74	0,05
Etkileşim A*B	2144589,35	19,00	112873,12	4,20	0,00
Etkileşim A*C	137707,36	3,00	45902,45	1,71	0,17
Etkileşim B*C	426265,34	19,00	22435,02	0,84	0,66
Etkileşim A*B*C	1968123,27	57,00	34528,48	1,29	0,11
Hata	742953,63	57,00	13034,27	0,49	1,00
Toplam	4297798,81	160,00	26861,24		
Düzeltilmiş Toplam					

$$a.R^2 = 0,857$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, çam odununun yanma deneyi sonucu ölçülen sıcaklığa etkileri önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.19’da verilmektedir.



Çizelge 4.19. Çam odunu için ölçülen sıcaklık °C değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Fenol formaldehit-Borik asit	280,59	a
Masif-Kontrol	257,85	ab
Üre formaldehit Kontrol	241,87	ab
Fenol formaldehit Kontrol	223,64	ab
PVAc Kontrol	207,79	ab
PVAc Borik Asit	206,73	ab
Üre formaldehit-Borik asit	185,58	b

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen sıcaklık değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek sıcaklık değeri (280,59 °C) borik asit ilave edilmiş fenol formaldehit tutkalı deney grubu malzemedeki, en düşük sıcaklık değeri de (185,57 °C) borik asit ilave edilmiş üre formaldehit tutkalı deney grubu malzemedeki bulunmuştur.

#### 4.3.2.2. Kayın Odunu İçin Ölçülen °C Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan kayın ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen °C ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiksel veriler çizelge 4.20'de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.21'de verilmektedir.

Çizelge 4.20. Kayın Odunu Ölçülen Sıcaklık °C Ortalama Değer Tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	112,60	67,15	51,00	49,50	49,59	74,70	80,00
2*	143,40	98,45	76,50	57,60	53,14	97,15	100,25
3*	161,80	115,50	95,50	88,65	61,11	118,50	161,25
4*	180,90	163,75	118,50	114,10	75,09	164,95	201,75
5*	286,20	389,40	170,50	141,55	93,59	208,00	276,45
6*	356,20	535,20	205,00	169,90	118,61	312,35	484,10
7*	523,30	554,20	241,50	226,40	143,09	403,35	757,40
8*	708,80	607,95	114,00	309,35	209,09	504,60	754,40
9	765,20	631,60	331,50	321,09	212,35	629,40	520,40
10	720,30	523,95	337,50	368,65	322,80	596,55	410,90
11	622,10	286,75	405,50	457,05	401,75	593,80	336,30
12	457,50	145,30	432,00	407,45	412,10	473,05	201,90
13	259,70	109,90	493,00	344,85	356,80	410,65	119,10
14	189,90	93,80	520,50	268,55	288,25	265,00	96,25
15	163,60	82,30	538,50	211,35	240,70	141,05	79,25
16	132,60	78,45	565,00	163,65	199,65	134,25	77,50
17	106,10	70,60	606,50	140,60	168,05	111,40	73,55
18	97,10	62,65	625,00	120,65	130,40	101,05	72,25
19	96,30	61,90	643,50	106,35	112,35	93,50	70,35
20	93,10	60,70	663,00	95,56	105,15	91,60	69,45

\*Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.21. Kayın odunu için ölçülen sıcaklık °C değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	11327835,04	159,00	71244,25	9,48	0,00
Sabit Terim	20682103,71	1,00	20682103,71	2750,53	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	156458,76	1,00	156458,76	20,81	0,00
C: Ölçüm Zamanı	422083,79	3,00	140694,60	18,71	0,00
Etkileşim A*B	4656634,78	19,00	245086,04	32,59	0,00
Etkileşim A*C	386982,41	3,00	128994,14	17,16	0,00
Etkileşim B*C	130272,97	19,00	6856,47	0,91	0,57
Etkileşim A*B*C	1680201,60	57,00	29477,22	3,92	0,00
Hata	3895200,72	57,00	68336,86	9,09	0,00
Toplam	1203088,89	160,00	7519,31		
Düzeltilmiş Toplam					

$$a.R^2 = 0,857$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, kayın odununun yanma deneyi sonucu ölçülen sıcaklığa etkileri önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.22’de verilmektedir.

Çizelge 4.22. Kayın odunu için ölçülen sıcaklık °C değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Üre formaldehit Kontrol	361,70	a
Masif-Kontrol	308,84	Ab
PVAc Borik asit	276,25	abc
PVAc Kontrol	247,14	bc
Üre formaldehit Borik asit	236,98	bc
Fenol formaldehit Borik asit	208,14	a
Fenol formaldehit Kontrol	187,68	a

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen sıcaklık değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek sıcaklık değeri (361,7 °C) üre formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemedir, en düşük sıcaklık değeri de (187,68 °C) fenol formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemedir bulunmuştur.

#### 4.3.2.3. Meşe Odunu İçin Ölçülen °C Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan meşe ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen °C ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiksel veriler çizelge 4.23'de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.24'de verilmektedir.

Çizelge 4.23. Meşe Odunu Ölçülen Sıcaklık °C Ortalama Değer Tablosu

Ölçüm Zamani	Masif Kontrol	Üre formaldehit-Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	109,60	54,00	50,10	48,01	67,10	90,30	53,70
2*	135,40	218,40	95,15	61,62	75,00	186,54	140,00
3*	152,80	378,75	142,35	91,80	86,50	274,11	210,20
4*	172,90	524,95	151,65	121,75	94,00	379,99	307,40
5*	292,20	598,75	219,80	164,50	117,00	417,89	448,60
6*	345,50	626,70	428,00	241,95	126,50	438,56	712,40
7*	506,30	682,30	449,50	326,85	159,50	352,69	580,50
8*	700,80	548,15	488,50	409,45	218,50	222,98	463,90
9	742,50	378,90	504,75	473,90	342,50	172,15	237,00
10	725,30	114,68	408,30	458,75	427,50	152,28	186,25
11	641,10	165,90	374,00	426,75	516,50	233,75	163,20
12	475,50	126,50	305,80	364,00	653,50	259,65	121,55
13	295,80	104,70	261,65	364,05	589,50	225,80	100,20
14	168,90	97,18	239,10	291,95	544,00	201,30	96,25
15	136,70	88,20	192,30	314,40	418,50	181,30	88,80
16	123,60	81,90	172,15	226,05	332,50	162,90	83,10
17	106,20	75,65	135,60	204,70	258,00	136,25	74,95
18	98,40	70,68	112,60	179,80	191,00	106,80	72,20
19	95,30	68,20	93,01	145,65	158,00	93,65	67,25
20	93,20	61,65	87,01	112,65	136,00	133,55	66,35

\*Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.24. Meşe odunu için ölçülen sıcaklık °C değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	10217988,12	159,00	64264,08	3,63	0,00
Sabit Terim	22191793,47	1,00	22191793,47	1253,12	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	3192,93	1,00	3192,93	0,18	0,67
C: Ölçüm Zamanı	469251,90	3,00	156417,30	8,83	0,00
Etkileşim A*B	3832127,11	19,00	201690,90	11,39	0,00
Etkileşim A*C	34236,69	3,00	11412,23	0,64	0,59
Etkileşim B*C	436595,75	19,00	22978,72	1,30	0,19
Etkileşim A*B*C	3296991,09	57,00	57841,95	3,27	0,00
Hata	2145592,66	57,00	37641,98	2,13	0,00
Toplam	2833474,01	160,00	17709,21		
Düzeltilmiş Toplam					

$$a.R^2 = 0,857$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, meşe odununun yanma deneyi sonucu ölçülen sıcaklığa etkileri önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.25'de verilmektedir.

Çizelge 4.25. Meşe odunu için ölçülen sıcaklık °C değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Masif-Kontrol	305,90	ab
Fenol formaldehit Kontrol	275,58	ab
Üre formaldehit Borik Asit	253,31	ab
Fenol formaldehit Borik Asit	251,43	ab
Üre formaldehit Kontrol	245,57	ab
PVAc Borik Asit	221,12	b
PVAc Kontrol	213,69	b

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen sıcaklık değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek sıcaklık değeri ( $305,90^{\circ}\text{C}$ ) meşe odunu kontrol grubu malzemede, en düşük sıcaklık değeri de ( $213,69^{\circ}\text{C}$ ) PVAc tutkalı kontrol grubu malzemede bulunmuştur

#### 4.3.2.4. Gök nar Odunu İçin Ölçülen $^{\circ}\text{C}$ Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan gök nar ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen  $^{\circ}\text{C}$  ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiki veriler çizelge 4.26'da ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.27'de verilmektedir.

Çizelge 4.26. Gök nar Odunu için Ölçülen Sıcaklık °C Ortalama Değer Tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	112,60	73,50	54,60	54,50	62,50	117,00	102,41
2*	143,40	115,60	65,95	62,60	73,60	180,10	168,20
3*	161,80	178,80	71,20	72,15	99,15	255,00	220,20
4*	180,90	334,00	80,40	84,10	121,60	475,40	378,60
5*	286,20	378,90	94,05	99,55	158,55	525,40	557,30
6*	356,20	432,10	104,55	119,40	206,40	552,05	587,50
7*	523,30	356,60	119,80	133,90	251,90	500,05	423,35
8*	708,80	304,30	133,70	214,85	327,85	1700,35	281,95
9	765,20	312,60	157,30	223,09	328,59	193,05	192,95
10	720,30	310,60	167,60	268,65	331,15	157,60	120,25
11	622,10	330,40	247,60	319,55	361,55	117,15	105,75
12	457,50	304,10	311,75	337,45	320,95	105,95	87,35
13	259,70	245,01	399,40	350,85	281,35	93,70	84,25
14	189,90	225,33	379,55	351,05	221,55	82,90	79,70
15	163,60	200,36	302,10	339,85	183,85	76,60	77,70
16	132,60	176,42	236,55	329,15	146,15	73,10	75,60
17	106,10	138,40	207,85	326,60	116,10	72,20	72,90
18	97,10	95,91	187,10	341,65	105,15	69,70	69,30
19	96,30	68,99	158,90	347,35	91,35	68,25	68,70
20	93,10	58,49	119,20	347,06	82,56	65,85	68,50

\*Alev kaynaklı yanma



Çizelge 4.27. Gök nar odunu için ölçülen sıcaklık °C değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	11412289,46	159,00	71775,41	1,65	0,00
Sabit Terim	17997489,00	1,00	17997489,00	413,33	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	112828,36	1,00	112828,36	2,59	0,11
C: Ölçüm Zamanı	388162,82	3,00	129387,61	2,97	0,03
Etkileşim A*B	3021673,50	19,00	159035,45	3,65	0,00
Etkileşim A*C	130213,73	3,00	43404,58	1,00	0,40
Etkileşim B*C	528166,24	19,00	27798,22	0,64	0,87
Etkileşim A*B*C	4295705,14	57,00	75363,25	1,73	0,00
Hata	2935539,67	57,00	51500,70	1,18	0,21
Toplam	6966808,25	160,00	43542,55		
Düzeltilmiş Toplam					

$$a.R^2 = 0,857$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, gök nar odununun yanma deneyi sonucu ölçülen sıcaklığa etkileri önemli bulunmuştur.

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.28’de verilmektedir.

Çizelge 4.28. Gök nar odunu için ölçülen sıcaklık °C değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Masif-Kontrol	308,83	a
PVAc Borik Asit	274,07	ab
Fenol formaldehit Borik Asit	236,17	ab
Üre formaldehit Borik Asit	232,02	ab
Fenol formaldehit Kontrol	193,59	ab
PVAc Kontrol	191,12	ab
Üre formaldehit Kontrol	179,96	b

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen sıcaklık değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek sıcaklık değeri (308,83<sup>0</sup>C) göknar odunu kontrol grubu malzemed, en düşük sıcaklık değeri de (179,95<sup>0</sup>C) üre formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemedde bulunmuştur.

### 4.3.3. Ölçülen O<sub>2</sub> Değerleri

#### 4.3.3.1. Çam Odunu İçin Ölçülen O<sub>2</sub> Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan çam ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen % O<sub>2</sub> ölçümlerine ait

ortalama değerler ve bazı istatistiki veriler izelge 4.29'de ve çoklu varyans analizi sonuçları izelge 4.29'da verilmektedir.

Çizelge 4.30. Çam odunu için lülen % O<sub>2</sub> ortalama değer tablosu

lüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit-Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	20,80	21,00	20,13	20,24	21,00	20,95	20,42
2*	19,04	21,00	19,81	19,50	20,65	20,33	18,46
3*	18,54	20,83	18,61	18,64	20,41	18,26	15,83
4*	17,96	20,12	18,20	17,70	19,44	16,03	14,79
5*	16,69	19,20	15,11	16,65	17,92	13,08	13,23
6*	15,88	18,56	13,21	16,07	16,66	12,66	13,09
7*	15,45	16,81	11,95	14,65	15,47	12,68	11,49
8*	14,25	14,91	10,22	14,05	13,49	11,73	9,25
9	13,64	13,46	10,56	12,49	12,42	12,75	8,60
10	11,27	11,42	12,62	11,75	8,82	11,41	7,46
11	10,59	9,05	12,21	10,54	8,83	10,69	5,70
12	10,05	9,99	13,68	11,35	8,75	12,51	4,49
13	9,03	10,66	15,16	12,80	10,46	13,38	3,95
14	8,53	12,92	16,66	12,97	12,23	14,01	6,09
15	8,65	16,49	17,86	12,67	15,77	14,49	7,52
16	15,00	18,30	18,60	18,93	19,11	16,82	10,67
17	19,17	19,24	19,66	19,64	19,47	18,73	14,65
18	20,25	20,20	20,39	20,44	19,76	20,59	16,75
19	20,80	20,48	20,93	20,75	19,98	20,07	17,92
20	20,89	20,56	21,00	21,00	20,12	21,00	19,69

\*Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.30. Çam odunu için ölçülen % O<sub>2</sub> değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	5954,23	159,00	37,45	4,01	0,00
Sabit Terim	76088,54	1,00	76088,54	8153,45	0,00
A: Borik Asit	115,85	1,00	115,85	12,41	0,00
B: Tutkal Türü	344,68	3,00	114,89	12,31	0,00
C: Ölçüm Zamanı	4551,31	19,00	239,54	25,67	0,00
Etkileşim A*B	163,92	3,00	54,64	5,86	0,00
Etkileşim A*C	43,05	19,00	2,27	0,24	1,00
Etkileşim B*C	294,79	57,00	5,17	0,55	0,99
Etkileşim A*B*C	440,64	57,00	7,73	0,83	0,79
Hata	1493,13	160,00	9,33		
Toplam	83535,90	320,00			
Düzeltilmiş Toplam	7447,36	319,00			

$$a.R^2 = 0,857$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, çam odununun yanma deneyi sonucu ölçülen O<sub>2</sub> değerleri üzerinde etkileri önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.31'de verilmektedir.

Çizelge 4.31. Çam odunu için ölçülen % O<sub>2</sub> değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
PVAc Kontrol	16,76	a
PVAc Borik Asit	16,35	b
Fenol formaldehit Borik Asit	16,14	b
Üre formaldehit Kontrol	16,04	b
Masif-Kontrol	15,52	b
Fenol formaldehit Kontrol	14,88	b
Üre formaldehit- Borik asit	12,00	b

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen O<sub>2</sub> değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek O<sub>2</sub> değeri (%16,76) PVAc tutkalı kullanılarak hazırlanmış kontrol grubu malzemede, en düşük O<sub>2</sub> değeri de (%12,00) üre formaldehit tutkalı ile muamele edilmiş borik asit grubu malzemede bulunmuştur.

#### 4.3.3.2. Kayın Odunu İçin Ölçülen O<sub>2</sub> Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan kayın ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen % O<sub>2</sub> ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistik veriler çizelge 4.32'de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.33'de verilmektedir.

Çizelge 4.32. Kayın odunu için ölçülen % O<sub>2</sub> ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	20,05	20,49	20,79	21,00	20,45	20,46	19,28
2*	19,25	20,47	19,86	20,86	20,07	20,20	18,87
3*	19,12	19,07	18,24	20,43	19,19	19,56	17,78
4*	18,85	18,89	16,75	19,79	19,26	19,14	17,11
5*	18,76	18,20	13,15	18,78	18,61	18,70	16,03
6*	18,52	17,47	12,51	17,54	18,41	17,95	13,71
7*	17,26	16,81	10,19	15,62	16,01	17,21	10,25
8*	14,83	14,62	9,81	14,14	13,13	15,86	5,75
9	14,12	12,65	9,01	12,60	10,18	8,36	4,18
10	10,11	9,02	8,50	10,65	7,16	5,70	2,74
11	7,42	11,46	7,80	10,23	4,66	7,27	7,27
12	6,05	12,74	7,03	10,28	5,73	9,69	9,59
13	7,14	13,40	7,43	10,68	7,64	11,48	11,76
14	12,36	15,77	7,79	12,68	10,28	15,10	16,74
15	17,78	17,29	7,96	14,67	11,88	18,42	17,88
16	18,30	18,34	9,69	16,77	14,50	19,74	18,47
17	19,55	18,69	10,70	18,28	16,66	20,16	18,55
18	19,67	19,97	12,59	19,24	18,70	20,25	19,27
19	19,98	20,24	13,35	20,08	19,58	20,31	19,53
20	20,01	20,26	13,31	20,67	20,13	20,21	19,61

\*Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.33. Kayın odunu için ölçülen % O<sub>2</sub> değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	7359,21	159,00	46,28	8,74	0,00
Sabit Terim	72277,17	1,00	72277,17	13642,03	0,00
A: Borik Asit	115,85	1,00	115,85	12,41	0,00
B: Tutkal Türü	246,70	1,00	246,70	46,56	0,00
C: Ölçüm Zamanı	59,44	3,00	19,81	3,74	0,01
Etkileşim A*B	5099,37	19,00	268,39	50,66	0,00
Etkileşim A*C	441,10	3,00	147,03	27,75	0,00
Etkileşim B*C	110,11	19,00	5,80	1,09	0,36
Etkileşim A*B*C	774,28	57,00	13,58	2,56	0,00
Hata	628,22	57,00	11,02	2,08	0,00
Toplam	847,70	160,00	5,30		
Düzeltilmiş Toplam					

a . $R^2 = 0.850$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, kayın odununun yanma deneyi sonucu ölçülen O<sub>2</sub> değerleri üzerinde etkileri önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.34'de verilmektedir.

Çizelge 4.34. Kayın odunu için ölçülen % O<sub>2</sub> değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu
Üre formaldehit Borik asit	16,79	a
PVAc Borik Asit	16,29	ab
Fenol formaldehit Borik asit	16,25	ab
Masif-Kontrol	15,96	ab
Fenol formaldehit Kontrol	14,61	ab
PVAc Kontrol	14,22	b
Üre formaldehit Kontrol	11,82	c

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen O<sup>2</sup> değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek O<sub>2</sub> değeri (%16,78) üre formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemedeyken, en düşük O<sub>2</sub> değeri de (%11,82) üre formaldehit tutkalı ile muamele edilmiş borik asit grubu malzemedeyken bulunmuştur.

#### 4.3.3.3. Meşe Odunu İçin Ölçülen O<sub>2</sub> Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan meşe ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen % O<sub>2</sub> ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiksel veriler çizelge 4.35'de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.36'da verilmektedir.



Çizelge 4.35. Meşe odunu için ölçülen % O<sub>2</sub> ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	20,02	20,83	20,06	20,53	20,46	19,99	19,82
2*	19,56	18,54	20,12	19,20	19,75	11,04	20,54
3*	19,28	16,42	20,46	16,67	19,19	11,25	21,00
4*	18,98	13,66	19,27	16,20	17,89	19,97	21,00
5*	18,86	13,04	16,72	15,08	17,02	16,75	19,12
6*	18,73	11,76	15,06	14,68	15,14	11,21	18,12
7*	17,42	9,98	13,27	13,50	13,14	19,57	14,62
8*	14,37	12,42	11,26	11,16	11,71	14,90	11,31
9	14,06	15,14	10,08	9,85	9,47	14,22	10,49
10	10,23	17,97	9,66	8,81	7,65	17,47	10,54
11	7,85	18,91	10,00	7,14	7,18	18,56	15,23
12	5,06	19,04	10,21	5,32	8,75	20,61	19,56
13	8,41	19,43	11,13	6,14	10,42	17,64	19,79
14	11,63	19,83	15,19	9,58	12,78	15,60	21,13
15	16,87	19,93	17,60	11,88	15,68	15,56	21,48
16	18,03	20,40	18,15	13,81	17,68	19,03	18,79
17	19,57	20,40	20,19	16,10	19,13	17,61	18,44
18	19,76	20,52	20,84	18,30	20,09	19,52	17,71
19	19,89	20,62	19,64	19,62	19,65	19,95	16,71
20	20,01	20,78	19,06	20,49	20,22	20,24	16,61

\* Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.36. Meşe odunu için ölçülen % O<sub>2</sub> değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	299838,96	159,00	1885,78	0,97	0,58
Sabit Terim	190836,93	1,00	190836,93	97,88	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	21851,17	1,00	21851,17	11,21	0,00
C: Ölçüm Zamanı	75098,16	3,00	25032,72	12,84	0,00
Etkileşim A*B	9253,15	19,00	487,01	0,25	1,00
Etkileşim A*C	66765,80	3,00	22255,27	11,41	0,00
Etkileşim B*C	19183,36	19,00	1009,65	0,52	0,95
Etkileşim A*B*C	60079,64	57,00	1054,03	0,54	1,00
Hata	47607,68	57,00	835,22	0,43	1,00
Toplam	311960,82	160,00	1949,76		
Düzeltilmiş Toplam					

a .R<sup>2</sup> = 0,909

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, meşe odununun yanma deneyi sonucu ölçülen O<sub>2</sub> değerleri üzerinde etkileri önemli bulunmuştur.

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.37’de verilmektedir.

Çizelge 4.37. Meşe odunu için ölçülen % O<sub>2</sub> değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
PVAc Borik asit	19,18	a
PVAc Kontrol	17,65	b
Üre formaldehit Borik asit	17,48	b
Masif-Kontrol	15,93	b
Üre formaldehit Kontrol	15,90	b
Fenol formaldehit Kontrol	15,15	b
Fenol formaldehit Borik asit	13,70	b

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen O<sub>2</sub> değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek O<sub>2</sub> değeri (%19,18) PVAc tutkalı ile muamele edilmiş borik asit grubu malzemede, en düşük O<sub>2</sub> değeri de (%13,70) fenol formaldehit tutkalı ile muamele edilmiş borik asit grubu malzemede bulunmuştur.

#### 4.3.3.4. Gök nar Odunu İçin Ölçülen O<sub>2</sub> Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan gök nar ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen % O<sub>2</sub> ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiki veriler çizelge 4.38’da ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.39’de verilmektedir.

Çizelge 4.38. Gök nar odunu için ölçülen % O<sub>2</sub> ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	20,05	21,00	20,71	21,00	21,00	21,00	21,00
2*	19,25	20,44	19,35	20,19	20,94	19,86	19,52
3*	19,12	20,31	18,88	19,17	20,53	18,81	19,06
4*	18,85	19,60	18,57	17,76	19,94	18,25	18,42
5*	18,76	18,98	17,38	16,35	19,00	17,41	17,14
6*	18,52	18,62	15,28	15,05	17,29	15,28	16,14
7*	17,26	17,56	14,03	14,05	16,40	12,03	15,37
8*	14,83	17,19	11,59	13,12	14,66	12,24	14,07
9	14,12	15,11	9,69	12,29	13,94	15,21	14,02
10	10,11	13,51	7,98	11,07	11,75	17,44	13,42
11	7,42	14,39	6,04	9,31	10,84	19,49	17,31
12	6,05	14,26	4,80	8,10	10,28	19,90	18,05
13	7,14	13,09	7,94	10,55	10,16	20,29	18,85
14	12,36	14,87	9,31	11,63	11,67	20,46	19,01
15	17,78	15,92	12,30	14,25	14,49	20,63	19,11
16	18,30	17,27	15,82	16,77	16,78	20,82	19,77
17	19,55	19,31	17,41	18,23	18,29	21,00	20,22
18	19,67	19,49	18,12	19,20	19,19	21,00	20,72
19	19,98	20,34	20,26	20,33	19,74	21,00	20,83
20	20,01	20,54	20,57	21,00	20,52	21,00	20,86

\* Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.39. Gök nar odunu için ölçülen % O<sub>2</sub> değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	5657,864	159	35,584	6,285	,000
Sabit Terim	86375,139	1	86375,139	15256,377	,000
A: Borik Asit	18,031	1	18,031	3,185	,076
B: Tutkal Türü	435,401	3	145,134	25,635	,000
C: Ölçüm Zamanı	3650,928	19	192,154	33,940	,000
Etkileşim A*B	243,733	3	81,244	14,350	,000
Etkileşim A*C	104,729	19	5,512	,974	,495
Etkileşim B*C	994,539	57	17,448	3,082	,000
Etkileşim A*B*C	210,503	57	3,693	,652	,968
Hata	905,852	160	5,662		
Toplam	92938,855	320			
Düzeltilmiş Toplam	6563,716	319			

$$a.R^2 = 0,909$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, göknar odununun yanma deneyi sonucu ölçülen O<sub>2</sub> değerleri üzerinde etkileri önemli bulunmuştur.

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.40'de verilmektedir.

Çizelge 4.40. Gökmar odunu için ölçülen % O<sub>2</sub> değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
PVAc Borik asit	18,69	a
PVAc Kontrol	18,14	ab
Üre formaldehit Borik asit	17,60	abc
Fenol formaldehit Kontrol	16,37	bcd
Masif-Kontrol	15,96	dc
Fenol formaldehit Borik asit	15,47	D
Üre formaldehit Kontrol	14,30	D

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen O<sub>2</sub> değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek O<sub>2</sub> değeri (%18,69) PVAc tutkalı ile muamele edilmiş borik asit grubu malzemedeki, en düşük O<sub>2</sub> değeri de (%14,30) üre formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemedeki bulunmuştur.

#### 4.3.4. Ölçülen CO Değerleri

##### 4.3.4.1. Çam Odunu İçin Ölçülen CO Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan çam ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen CO ölçümlerine ait

ortalama değerler ve bazı istatistiki veriler izelge 4.41'de ve çoklu varyans analizi sonuçları izelge 4.42'da verilmektedir.

Çizelge 4.41. Çam odunu için lülen CO ortalama değer tablosu

lüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	45,50	4,00	55,00	73,50	19,50	22,00	58,50
2*	74,00	29,00	73,50	106,00	37,50	24,50	77,50
3*	92,50	98,50	96,50	236,00	57,00	211,50	94,00
4*	126,50	161,00	538,00	296,50	88,00	327,00	180,50
5*	155,50	236,00	666,00	296,00	146,00	1768,00	312,50
6*	204,00	289,00	827,00	296,00	171,00	2307,00	650,00
7*	277,50	396,00	869,50	331,00	225,50	1436,00	920,50
8*	356,50	766,00	905,50	922,00	284,00	1310,50	1248,50
9	455,00	1299,00	1538,50	1537,50	506,50	1137,50	1510,50
10	533,00	2338,50	2003,50	1705,50	944,00	903,00	1848,50
11	753,00	2710,50	1080,50	1862,50	1724,50	3229,50	2568,00
12	894,00	3049,00	1103,50	2051,00	2300,50	2964,00	2780,50
13	1045,00	2339,00	1198,50	2429,50	2576,00	2731,00	3353,00
14	1540,50	1766,00	1293,50	2763,00	2156,00	2617,50	3979,00
15	1808,50	1351,50	866,50	2714,00	1477,00	2529,50	4283,00
16	2154,00	922,50	565,00	2691,50	906,50	2521,50	3499,50
17	40205,00	706,00	406,50	2610,50	708,50	2521,00	2777,50
18	25250,50	536,00	273,50	2528,50	521,00	1369,00	2192,00
19	1640,50	401,00	204,00	2197,50	359,00	624,00	1529,00
20	1276,50	299,50	156,00	149,50	204,50	375,50	659,50

\*Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.42. Çam odunu için ölçülen değerleri CO çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	4544772122,87	159,00	28583472,47	0,99	0,53
Sabit Terim	831956477,63	1,00	831956477,63	28,71	0,00
A:Emprenye Türü	10295766,25	1,00	10295766,25	0,36	0,55
B:Tutkal Türü	196602763,61	3,00	65534254,54	2,26	0,08
C:Ölçüm Zamanı	830581470,93	19,00	43714814,26	1,51	0,09
Etkileşim A*B	90393584,63	3,00	30131194,88	1,04	0,38
Etkileşim A*C	387247725,81	19,00	20381459,25	0,70	0,81
Etkileşim B*C	1724511479,58	57,00	30254587,36	1,04	0,41
Etkileşim A*B*C	1305139332,05	57,00	22897181,26	0,79	0,85
Hata	4635898582,50	160,00	28974366,14		
Toplam	10012627183,00	320,00			
Düzeltilmiş Toplam	9180670705,37	319,00			

$$a.R^2 = 0.228$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, çam odununun yanma deneyi sonucu ölçülen CO değerleri üzerinde etkileri önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.43'de verilmektedir.



Çizelge 4.43. Çam odunu için ölçülen CO değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Masif-Kontrol	3944,38	a
PVAc Kontrol	1726,10	ab
PVAc Borik asit	1546,48	ab
Fenol formaldehit Borik asit	1389,88	ab
Üre formaldehit Borik asit	984,90	b
Fenol formaldehit Kontrol	770,63	b
Üre formaldehit Kontrol	726,03	b

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen CO değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek CO değeri (3944,37 ppm) masif kontrol grubu malzemedeki, en düşük CO değeri de (726,02ppm) üre formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemedeki bulunmuştur.

#### 4.3.4.2. Kayın Odunu İçin Ölçülen CO Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan kayın ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiksel veriler çizelge 4.44'de verilmiştir.

Çizelge 4.44. Kayın odunu için ölçülen CO ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	7,00	104,50	19,00	3,50	34,50	105,00	197,00
2*	22,00	218,00	41,00	12,50	42,50	297,50	426,00
3*	43,00	316,50	64,00	54,50	58,00	592,00	752,50
4*	74,00	568,00	94,50	298,50	75,00	937,50	1273,50
5*	106,00	817,50	122,00	641,00	144,50	1181,00	1830,50
6*	142,00	964,50	144,00	858,50	292,50	1160,00	3256,00
7*	238,00	1808,00	176,00	1065,50	451,00	1241,50	3674,00
8*	345,00	2798,00	255,00	1466,50	911,00	1994,00	3957,00
9	478,00	2260,50	348,00	1763,50	2565,00	4071,50	3406,50
10	561,00	1816,00	521,50	2009,00	1107,00	3928,00	2324,50
11	1972,00	1578,50	626,50	2728,00	3750,50	2012,00	2125,50
12	3685,00	1464,50	829,50	3900,50	4150,00	1136,00	1930,50
13	5000,00	1256,00	1729,72	3550,00	5000,00	874,00	1777,50
14	4357,00	1005,00	3265,00	3400,50	5000,00	846,00	1461,00
15	3982,00	590,50	3578,00	2648,50	5000,00	953,50	1318,00
16	2296,00	530,50	3463,50	1859,50	4400,50	872,50	1269,00
17	1249,00	484,00	1088,28	1159,50	3750,00	540,00	776,50
18	1423,00	437,50	3226,50	829,00	1718,00	490,00	761,00
19	1006,00	429,00	3000,00	691,50	1414,00	528,50	662,50
20	762,00	500,50	847,00	509,00	1209,50	610,50	647,60

\* Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.45. Kayın odunu için ölçülen değerleri CO çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	540952255,35	159,00	3402215,44	4,59	0,00
Sabit Terim	563071101,67	1,00	563071101,67	758,75	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	19934548,64	1,00	19934548,64	26,86	0,00
C: Ölçüm Zamanı	29600764,13	3,00	9866921,38	13,30	0,00
Etkileşim A*B	202990206,85	19,00	10683695,10	14,40	0,00
Etkileşim A*C	3702781,63	3,00	1234260,54	1,66	0,18
Etkileşim B*C	59049475,10	19,00	3107867,11	4,19	0,00
Etkileşim A*B*C	158388573,08	57,00	2778746,90	3,74	0,00
Hata	67285905,92	57,00	1180454,49	1,59	0,01
Toplam	118737313,86	160,00	742108,21		
Düzeltilmiş Toplam					

$$a.R^2 = 0.665$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, kayın odununun yanma deneyi sonucu ölçülen CO değerleri üzerinde etkileri önemli bulunmuştur.

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.46'da verilmektedir.

Çizelge 4.46. Kayın odunu için ölçülen CO değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Fenol formaldehit Kontrol	2053,68	a
PVAc Kontrol	1691,33	ab
Fenol formaldehit Borik asit	1472,45	ab
Masif-Kontrol	1387,40	ab
PVAc Borik asit	1218,55	c
Üre formaldehit Kontrol	1171,95	c
Üre formaldehit Kontrol	997,38	c

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen CO değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek CO değeri (2053,67 ppm) fenol formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemede, en düşük CO değeri de (997,38 ppm) borik asit ilaveli üre formaldehit tutkalı deney grubu malzemede bulunmuştur.

#### 4.3.4.3. Meşe Odunu İçin Ölçülen CO Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan meşe ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiki veriler çizelge 4.47’de verilmiştir.

Çizelge 4.47. Meşe odunu için ölçülen CO ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	9,00	74,50	34,00	50,00	20,50	86,00	66,00
2*	28,00	211,50	61,50	57,50	29,00	207,50	57,50
3*	45,00	262,00	112,00	71,00	51,50	245,00	78,00
4*	76,00	1480,00	199,00	127,00	68,00	230,50	257,00
5*	107,00	2284,00	497,00	211,00	131,50	1389,50	327,00
6*	157,00	2698,00	871,50	405,00	259,50	2634,00	691,00
7*	228,00	2743,50	1303,50	553,00	341,00	2690,00	1332,00
8*	354,00	2788,00	2020,50	769,50	434,00	2810,00	2832,50
9	487,00	2681,50	3741,50	1034,00	599,50	2987,50	4281,00
10	516,00	2553,50	4155,00	1367,00	1300,50	3456,00	5000,00
11	1792,00	1575,00	3965,00	1812,00	3806,00	3163,50	5000,00
12	3865,00	859,00	3672,00	2704,00	5000,00	2854,00	4847,00
13	5000,00	740,50	3114,00	2689,00	5000,00	2903,50	3575,50
14	4537,00	591,50	2653,00	2762,50	4690,50	2882,50	2621,00
15	3892,00	480,50	2010,50	2458,50	4300,50	2213,00	1738,50
16	2926,00	403,50	1412,50	2056,00	4040,50	1513,00	1171,00
17	1942,00	339,00	878,50	1558,50	2609,00	777,50	775,50
18	1342,00	289,00	595,50	1273,50	2022,50	5186,50	277,50
19	1060,00	220,50	453,00	927,00	1262,50	537,00	184,50
20	726,00	172,00	201,00	404,00	727,50	486,50	170,00

\*Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.48. Meşe odunu için ölçülen değerleri CO çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	696796089,45	159,00	4382365,34	2,45	0,00
Sabit Terim	768904783,57	1,00	768904783,57	429,41	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	11000336,56	3,00	3666778,85	2,05	0,11
C: Ölçüm Zamanı	364168412,16	19,00	19166758,54	10,70	0,00
Etkileşim A*B	9330587,06	3,00	3110195,69	1,74	0,16
Etkileşim A*C	69297002,07	19,00	3647210,64	2,04	0,01
Etkileşim B*C	195041114,81	57,00	3421773,94	1,91	0,00
Etkileşim A*B*C	43901838,95	57,00	770207,70	0,43	1,00
Hata	286499697,12	160,00	1790623,11		
Toplam	1752200570,15	320,00			
Düzeltilmiş Toplam	983295786,58	319,00			

$$a.R^2 = 0,786$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, meşe odununun yanma deneyi sonucu ölçülen CO değerleri üzerinde etkileri önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.49'da verilmektedir.

Çizelge 4.49. Meşe odunu için ölçülen CO değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu
PVAc-Borik asit	1962,65	a
Fenol formaldehit Kontrol	1834,70	a
PVAc Kontrol	1764,13	a
Üre formaldehit Kontrol	1597,53	a
Masif-Kontrol	1454,45	A
Üre formaldehit Borik asit	1172,35	a
Fenol formaldehit Borik asit	1164,50	ca

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen CO değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek CO değeri (1962,65 ppm) borik asit ilaveli PVAc tutkalı deney grubu malzemede, en düşük CO değeri de (11164,5 ppm) borik asit ilaveli fenol formaldehit tutkalı deney grubu malzemede bulunmuştur.

#### 4.3.4.4 Gökmar Odunu İçin Ölçülen CO Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan gökmar ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiksel veriler çizelge 4.50'de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.51'da verilmektedir

Çizelge 4.50. Gök nar odunu için ölçülen CO ortalama değ er tablosu

Ölçüm Zamanı	Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	7,00	35,50	50,00	43,50	2,50	20,00	29,00
2*	22,00	46,00	60,50	60,00	11,00	67,00	62,50
3*	43,00	126,00	79,50	111,50	66,00	197,50	136,00
4*	74,00	208,50	98,50	336,50	318,50	301,50	228,00
5*	106,00	287,00	120,50	614,50	641,00	365,50	297,00
6*	142,00	419,00	182,50	745,50	757,50	350,50	336,00
7*	238,00	532,00	234,00	881,50	912,50	487,50	462,00
8*	345,00	978,00	499,50	1329,00	1113,50	521,50	508,00
9	478,00	1530,50	623,50	1626,50	1508,50	1614,50	601,00
10	561,00	1743,00	736,00	2694,50	2077,00	1191,00	574,00
11	1972,00	1896,50	896,00	3693,50	2838,50	614,00	704,00
12	3685,00	2693,50	1166,50	3900,50	3258,50	380,00	542,00
13	5000,00	2643,50	2973,00	3550,00	2508,50	269,00	345,50
14	4357,00	2063,00	3483,50	2608,50	1561,00	186,50	223,00
15	3982,00	1686,00	3486,50	2667,00	1666,50	162,50	220,00
16	2296,00	1402,50	2834,00	2370,50	1317,00	158,50	198,00
17	1249,00	996,50	2236,00	1408,50	900,50	137,00	176,00
18	1423,00	768,50	1596,50	784,00	730,50	106,00	165,50
19	1006,00	437,50	1284,00	686,00	606,00	101,00	159,00
20	762,00	240,00	793,50	1162,00	464,00	93,00	154,00

\*Alev kaynaklı yanma



Çizelge 4.51. Gök nar odunu için ölçülen değerleri CO çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	424459831,19	159,00	2669558,69	2,20	0,00
Sabit Terim	418498132,81	1,00	418498132,81	345,50	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	5968873,80	1,00	5968873,80	4,93	0,03
C: Ölçüm Zamanı	87616996,51	3,00	29205665,50	24,11	0,00
Etkileşim A*B	187958515,94	19,00	9892553,47	8,17	0,00
Etkileşim A*C	9438038,63	3,00	3146012,88	2,60	0,05
Etkileşim B*C	13812652,70	19,00	726981,72	0,60	0,90
Etkileşim A*B*C	84840101,74	57,00	1488422,84	1,23	0,16
Hata	34824651,88	57,00	610958,81	0,50	1,00
Toplam	193804014,00	160,00	1211275,09		
Düzeltilmiş Toplam					

$$a.R^2 = 0,857$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, göknar odununun yanma deneyi sonucu ölçülen CO değerleri üzerinde etkileri önemli bulunmuştur.

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.52’de verilmektedir.

Çizelge 4.52. Gökmar odunu için ölçülen CO değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Fenol formaldehit Borik asit	1563,68	a
Masif-Kontrol	1387,40	A
Üre formaldehit Kontrol	1171,70	a
Fenol formaldehit Kontrol	1162,95	a
Üre formaldehit Borik asit	1036,65	a
PVAc Borik asit	366,20	b
PVAc Kontrol	306,03	b

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen CO değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek CO değeri (1563,68 ppm) borik asit ilaveli fenol formaldehit deney grubu malzemede, en düşük CO değeri de (306,02 ppm) PVAc tutkalı kontrol grubu malzemede bulunmuştur.

#### 4.3.5. Ölçülen NO Değerleri

##### 4.3.5.1. Çam Odunu İçin Ölçülen NO Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan çam ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiki veriler çizelge 4.53'de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.54'de verilmektedir.

Çizelge 4.53. Çam odunu için ölçülen NO ppm ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit-Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	6,00	1,50	6,00	8,00	1,50	1,00	2,00
2*	12,00	5,00	7,50	13,50	3,00	3,50	5,50
3*	16,50	9,50	11,00	20,50	5,50	7,50	11,50
4*	21,00	12,00	11,00	26,00	7,00	9,50	16,00
5*	27,00	14,00	13,50	39,50	10,00	35,00	20,00
6*	28,50	16,00	14,50	38,50	14,00	35,50	24,00
7*	29,00	19,00	17,50	36,50	17,00	17,50	29,00
8*	36,50	22,50	27,00	52,00	20,00	40,00	38,00
9	42,00	27,50	31,00	37,50	27,00	38,00	56,50
10	50,50	33,50	38,00	38,50	33,00	31,00	62,00
11	50,00	40,00	45,50	38,50	40,00	25,50	59,50
12	62,00	39,50	43,50	39,50	45,00	22,00	59,50
13	47,50	35,00	34,50	34,50	48,00	21,50	50,50
14	50,50	29,50	32,50	30,50	47,50	13,00	43,00
15	44,50	24,00	31,00	28,50	40,50	17,00	37,50
16	43,00	19,00	25,50	25,00	34,00	26,00	32,50
17	30,50	14,50	22,50	12,50	25,50	29,50	21,00
18	28,50	11,00	19,50	8,00	17,50	27,50	18,00
19	25,00	8,50	11,50	5,50	11,00	8,50	13,50
20	16,00	6,00	9,00	2,00	8,00	10,00	7,00

\*Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.54. Çam odunu için ölçülen değerleri NO ppm çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	70663,17	159,00	444,42	1,94	0,00
Sabit Terim	205791,33	1,00	205791,33	895,95	0,00
A: Borik Asit	1143,83	1,00	1143,83	4,98	0,07
B: Tutkal Türü	3334,51	3,00	1111,50	4,84	0,03
C: Ölçüm Zamanı	47870,86	19,00	2519,52	10,97	0,00
Etkileşim A*B	1993,51	3,00	664,50	2,89	0,037
Etkileşim A*C	7161,86	19,00	376,94	1,64	0,052
Etkileşim B*C	3507,05	57,00	61,53	0,27	1,00
Etkileşim A*B*C	5651,55	57,00	99,15	0,43	1,00
Hata	36750,50	160,00	229,69		
Toplam	313205,00	320,00			
Düzeltilmiş Toplam	107413,67	319,00			

$$a.R^2 = 0.732$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, çam odununun yanma deneyi sonucu ölçülen NO değerleri üzerinde etkileri önemli bulunmuştur.

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.55’de verilmektedir.

Çizelge 4.55. Çam odunu için ölçülen NO ppm değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Masif-kontrol	33,33	a
PVAc Kontrol	30,33	ab
Fenol formaldehit Borik asit	26,75	abc
Fenol formaldehit Kontrol	22,75	bc
Üre formaldehit Kontrol	22,60	bc
PVAc Borik asit	20,95	c
Üre formaldehit Borik asit	19,38	c

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen NO değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek NO değeri (33,32 ppm) masif kontrol grubu malzemede, en düşük NO değeri de (19,37 ppm) borik asit ilaveli üre formaldehit tutkalı deney grubu malzemede bulunmuştur.

#### 4.3.5.2. Kayın Odunu İçin Ölçülen NO Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan kayın ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistik veriler çizelge 4.56’de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.57’de verilmektedir.

Çizelge 4.56. Kayın odunu için ölçülen NO ppm ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	5,00	3,50	6,50	1,50	4,50	4,00	5,50
2*	7,00	4,50	19,00	5,00	9,00	5,00	8,50
3*	8,00	6,00	25,00	8,00	13,50	7,50	13,50
4*	12,00	8,50	28,00	12,00	18,00	10,50	16,00
5*	14,00	11,50	35,00	15,00	23,00	14,00	22,50
6*	18,00	12,50	43,00	19,50	28,50	15,50	23,50
7*	23,00	29,50	46,00	22,50	36,00	25,00	30,00
8*	42,00	54,00	50,50	26,50	41,00	32,00	36,50
9	58,00	55,50	56,00	31,50	44,50	63,50	47,00
10	74,00	58,00	58,50	36,00	43,50	78,50	76,50
11	97,00	76,00	56,50	42,00	43,50	89,50	93,00
12	101,00	69,00	48,50	41,50	41,00	81,00	117,00
13	89,00	56,00	39,50	48,00	42,00	74,00	108,00
14	72,00	42,50	35,50	41,00	41,50	48,00	91,00
15	36,00	20,50	31,50	37,00	37,50	26,50	69,00
16	12,00	11,50	29,00	30,50	34,00	14,00	56,00
17	8,00	9,50	17,50	74,50	27,50	12,00	37,50
18	7,00	9,50	13,50	22,00	23,00	11,50	22,00
19	7,00	9,00	10,50	15,00	17,50	10,50	18,00
20	6,00	9,00	3,50	7,50	13,00	9,50	16,50

\*Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.57. Kayın odunu için ölçülen değerleri NO ppm çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	192920,85	159,00	1213,34	5,57	0,00
Sabit Terim	333271,65	1,00	333271,65	1529,89	0,00
A:Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B:Tutkal Türü	3296,03	1,00	3296,03	15,13	0,00
C:Ölçüm Zamanı	4913,13	3,00	1637,71	7,52	0,00
Etkileşim A*B	133373,28	19,00	7019,65	32,22	0,00
Etkileşim A*C	1528,96	3,00	509,65	2,34	0,08
Etkileşim B*C	3366,66	19,00	177,19	0,81	0,69
Etkileşim A*B*C	26476,68	57,00	464,50	2,13	0,00
Hata	19966,10	57,00	350,28	1,61	0,01
Toplam	34854,50	160,00	217,84		
Düzeltilmiş Toplam					

$$a.R^2 = 0.747$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, kayın odununun yanma deneyi sonucu ölçülen NO değerleri üzerinde etkileri önemli bulunmuştur.

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.58'de verilmektedir.

Çizelge 4.58. Kayın odunu için ölçülen NO ppm değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Masif-kontrol	45,38	a
PVAc Kontrol	34,80	ab
Fenol formaldehit Borik asit	32,65	ab
Fenol formaldehit Kontrol	31,60	ab
Üre formaldehit Kontrol	29,10	ab
PVAc Borik asit	27,80	ab
Üre formaldehit Borik asit	26,83	ab

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen NO değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek NO değeri (45,38 ppm) PVAc tutkalı kontrol grubu malzeme, en düşük NO değeri de (26,83 ppm) Fenol Formaldehit tutkalı ile muamele edilmiş borik asit grubu malzeme bulunmuştur.

#### 4.3.5.3. Meşe Odunu İçin Ölçülen NO Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan meşe ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistik veriler çizelge 4.59'da ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.60'de verilmektedir.



Çizelge 4.59. Meşe odunu için ölçülen NO ppm ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	2,00	5,50	3,00	2,50	0,50	30,00	6,00
2*	8,00	16,50	2,50	6,50	2,50	17,00	8,50
3*	9,00	29,50	3,00	11,00	6,00	24,50	7,00
4*	11,00	37,50	3,50	16,50	11,50	38,00	9,00
5*	13,00	151,50	8,00	21,00	13,50	506,00	27,50
6*	16,00	508,00	14,00	25,50	17,00	61,00	36,50
7*	25,00	76,00	30,00	29,00	22,00	63,00	50,00
8*	44,00	82,00	46,00	39,50	28,00	49,00	57,00
9	60,00	61,50	55,50	44,50	34,00	31,00	67,00
10	72,00	43,00	49,00	49,50	39,00	27,00	84,50
11	98,00	24,50	39,50	53,50	48,00	23,50	84,00
12	109,00	12,00	37,00	59,50	54,50	27,50	54,50
13	79,00	10,50	30,50	49,50	50,00	33,50	47,00
14	72,00	9,50	25,00	41,50	43,50	29,50	30,00
15	37,00	7,50	17,50	35,00	38,00	24,00	20,50
16	12,00	7,00	14,00	29,50	30,50	26,50	19,00
17	11,00	6,00	9,50	22,00	23,50	18,00	16,00
18	9,00	5,50	8,00	17,50	16,00	19,50	15,00
19	9,00	4,00	5,50	14,00	10,00	13,00	7,00
20	6,00	3,50	4,00	8,00	7,00	9,50	5,00

\* Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.60. Meşe odunu için ölçülen değerleri NO ppm çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	1083357,72	159,00	6813,57	1,07	0,33
Sabit Terim	395718,78	1,00	395718,78	62,40	0,00
A: Borik Asit	15694,00	1,00	15694,00	2,48	0,12
B: Tutkal Türü	11424,93	3,00	3808,31	0,60	0,62
C: Ölçüm Zamanı	210899,53	19,00	11099,98	1,75	0,03
Etkileşim A*B	17959,61	3,00	5986,54	0,94	0,42
Etkileşim A*C	183176,06	19,00	9640,85	1,52	0,09
Etkileşim B*C	335493,50	57,00	5885,85	0,93	0,62
Etkileşim A*B*C	308710,08	57,00	5415,97	0,85	0,75
Hata	1014606,50	160,00	6341,29		
Toplam	2493683,00	320,00			
Düzeltilmiş Toplam	2097964,22	319,00			

$$a.R^2 = 0,857$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, meşe odununun yanma deneyi sonucu ölçülen NO değerleri üzerinde etkileri önemli bulunmuştur.

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.61’de verilmektedir.

Çizelge 4.61. Meşe odunu için ölçülen NO ppm değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Üre formaldehit Borik asit	55,05	a
Üre formaldehit Kontrol	53,55	a
Masif-Kontrol	35,10	a
PVAc-Kontrol	32,55	a
Fenol formaldehit-Borik asit	28,78	a
Fenol formaldehit-Kontrol	24,75	a
Üre formaldehit-Kontrol	20,25	a

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen NO değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek NO değeri (55,05 ppm) Üre Formaldehit tutkalı ile muamele edilmiş borik asit grubu malzemede, en düşük NO değeri de (20,25 ppm) üre formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemede bulunmuştur

#### 4.3.5.4. Gökmar Odunu İçin Ölçülen NO Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan gökmar ağaçından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistik veriler çizelge 4.62’de ve çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.63’de verilmektedir.

Çizelge 4.62. Gök nar odunu için ölçülen NO ppm ortalama değeri tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	5,00	2,50	3,50	3,00	0,00	2,50	5,00
2*	7,00	4,50	7,00	8,00	1,50	6,50	9,00
3*	8,00	6,50	9,50	12,00	3,00	11,00	11,50
4*	12,00	9,50	12,00	15,00	6,00	17,50	16,50
5*	14,00	14,00	15,50	22,00	9,50	28,00	29,00
6*	18,00	23,50	18,00	28,50	14,00	42,00	44,00
7*	23,00	35,00	20,50	33,00	17,00	55,50	55,00
8*	42,00	35,00	42,50	39,00	19,50	51,50	50,00
9	58,00	34,00	51,00	44,00	24,00	33,50	39,00
10	74,00	29,50	53,00	48,00	28,00	19,00	29,00
11	97,00	24,50	61,50	47,00	36,00	11,50	18,50
12	101,00	23,00	59,50	42,50	41,00	9,50	15,50
13	89,00	24,50	58,50	45,50	47,50	7,50	13,00
14	72,00	26,00	48,50	36,50	41,00	6,00	12,50
15	36,00	23,50	43,50	32,50	36,50	5,00	10,50
16	12,00	20,00	36,00	25,00	27,50	5,00	7,50
17	8,00	17,00	29,00	20,50	23,00	4,50	6,50
18	7,00	12,00	24,00	18,00	19,50	3,50	5,50
19	7,00	8,50	17,50	12,50	14,00	3,50	4,50
20	6,00	6,00	8,50	5,00	5,50	3,50	4,50

\* Alev kaynaklı yanma

Çizelge 4.63. Gök nar odunu için ölçülen değerleri NO ppm çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	135667,10	159,00	853,25	6,97	0,00
Sabit Terim	206400,40	1,00	206400,40	1685,29	0,00
A: Borik Asit	350,70	1,00	350,70	2,86	0,09
B: Tutkal Türü	12225,91	3,00	4075,30	33,28	0,00
C: Ölçüm Zamanı	69772,03	19,00	3672,21	29,98	0,00
Etkileşim A*B	3475,96	3,00	1158,65	9,46	0,00
Etkileşim A*C	4648,48	19,00	244,66	2,00	0,01
Etkileşim B*C	40780,90	57,00	715,45	5,84	0,00
Etkileşim A*B*C	4413,10	57,00	77,42	0,63	0,98
Hata	19595,50	160,00	122,47		
Toplam	361663,00	320,00			
Düzeltilmiş Toplam	155262,60	319,00			

$$a.R^2 = 0,857$$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, göknar odununun yanma deneyi sonucu ölçülen NO değerleri üzerinde etkileri önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 4.64'de verilmektedir.

Çizelge 4.64. Gökmar odunu için ölçülen NO ppm değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Masif-Kontrol	34,8	a
Üre formaldehit Kontrol	30,95	a
Fenol formaldehit-Borik asit	26,87	a
Fenol formaldehit-Kontrol	20,7	ab
PVAc-Kontrol	19,32	ab
Üre formaldehit-Borik asit	18,95	ab
PVAc-Borik asit	16,32	b

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen NO değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek NO değeri (34,8 ppm) göknar ağacı kontrol grubu malzemede, en düşük NO değeri de (16,32 ppm) borik asit ilaveli PVAc tutkalı deney grubu malzemede bulunmuştur.

## BÖLÜM 5

### DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan yoğunluk ölçümlerinde en yüksek yoğunluk meşe odunu örneklerinde daha sonra sırasıyla kayın, çam ve göknar odununda ölçülmüştür. Örs (1801)'e göre Odunların yoğunluğundaki farklılığın başlıca sebebi birim hacimlerdeki hücre çeperi maddesi ve hava boşluğu oranlarının farklı oluşudur.

Yapışma direnci deneyinde ölçülen en yüksek değer üre formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış meşe ağacı kontrol grubunda (19,77 N/mm<sup>2</sup>), en düşük değer ise üre formaldehit tutkalına ilave edilen borik asit grubu malzemede (3,0 N/mm<sup>2</sup>) elde edilmiştir.

Yanma deneylerinde ölçülen ağırlık kaybı değerlerine göre en yüksek değer (%81,30) PVAc tutkalı kullanılarak hazırlanmış çam ağacı kontrol grubu malzemede elde edilmiş en düşük değer ise (%41,73) üre formaldehit tutkalına ilave edilen borik asit-göknar grubu malzemede elde edilmiştir ancak yanma olayının ilk evrelerinde kontrol grupları ağaçlar daha az miktarda ağırlık kaybetmektedirler. Kontrol gruplarındaki ağırlık kaybı miktarları ağaç malzeme yoğunluklarıyla paralellik taşımaktadır.

Yanma deneylerinde ölçülen O<sub>2</sub> değerlerine göre en yüksek değer PVAc tutkalı ile yapıştırılmış meşe odununda (%19,18), %5 Borik Asit ilaveli PVAc tutkalında en düşük değer ise çam odununda (%12,18), %5 Borik Asit ilaveli üre formaldehit tutkalında ölçülmüştür; bunun nedeni meşe odunu grubunun diğer gruplara nazaran daha çabuk yanma olayını tamamlamasından kaynaklanabilir. Zira yanma olayını çabuk tamamlayan meşe deney grubunda yanma sonrası ölçülen O<sub>2</sub> miktarı artmakta ve O<sub>2</sub> ortalamasını yükseltmektedir. Çam deney grubu hızlı bir şekilde

yanarken femol formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış kontrol grubu çam odunu diğer gruplara nazaran daha yavaş yanmıştır.

Yanma deneylerinde ölçülen CO değerlerine göre en yüksek değer çam odunu kontrol grubunda (3944,37 ppm) elde edilmiş en düşük değer ise (306,02 ppm) PVAc tutkal kontrol grubu göknar odunu malzemede elde edilmiştir. Ağaç malzemenin yavaş pirolizi (yanması) sonucu su, CO<sub>2</sub> ve CO açığa çıkar (Baysal 1994). Çam odunu kontrol grubu yavaş yandığı için tespit edilen CO miktarlarının daha fazla olması, bu grubun daha yavaş yanmasından kaynaklanabilir. Göknar odunu çok daha hızlı yandığı için CO miktarı daha düşük çıkmıştır.

Yanma deneylerinde ölçülen NO değerlerine göre en yüksek değer göknar odunu kontrol grubunda (2154,15 ppm) elde edilmiş en düşük değer (19,38 ppm) Üre Formaldehit tutkal ile muamele edilmiş borik asit grubu çam odunu malzemede elde edilmiş tir. NO değerlerinin sıcaklıkla doğru orantılı artması beklenmektedir.

Borik asit ilave edilen tutkallı malzemelerdeki yanma değerlerinin % ağırlık kaybı değişimleri;

Çam odunu borik asit ilaveli üre formaldehitin / kontrol grubu üre formaldehite göre %2, Çam odunu borik asit ilaveli fenol formaldehitin / kontrol grubu fenol formaldehite göre %0,003, Çam odunu borik asit ilaveli PAVc / kontrol grubu PAVc göre %6,

Kayın odunu borik asit ilaveli üre formaldehitin / kontrol grubu üre formaldehite göre %2, Kayın odunu borik asit ilaveli fenol formaldehitin / kontrol grubu fenol formaldehite göre %3, Kayın odunu borik asit ilaveli PAVc / kontrol grubu PAVc göre %2,

Meşe odunu borik asit ilaveli üre formaldehitin / kontrol grubu üre formaldehite göre %7, Meşe odunu borik asit ilaveli fenol formaldehitin / kontrol grubu fenol formaldehite göre %1, Meşe odunu borik asit ilaveli PAVc / kontrol grubu PAVc göre %1.4,



Göknar odunu borik asit ilaveli üre formaldehitin / kontrol grubu üre formaldehite göre %1.2, Göknar odunu borik asit ilaveli fenol formaldehitin / kontrol grubu fenol formaldehite göre %1.6, Göknar odunu borik asit ilaveli PAVc / kontrol grubu PAVc göre %1,

R. Kantay'ın 1987'de yaptığı Pratikte Uygulanan Kurutma Yöntemleri çalışmasında, (ağaç malzemenin yoğunluğu azaldıkça tutuşması da o kadar kolay ve hızlı olmaktadır. Yoğunluk arttıkça tutuşma zorlaşmakta ve yanma hızı yavaşlamaktadır.) sonucuna ulaşmıştır bulunan sonuçlar örtüşmektedir.

Borik asit ilave edilen tutkallı malzemelerdeki yanma değerlerinin % NO değişimleri; Çam odunu borik asit ilaveli üre formaldehitin / kontrol grubu üre formaldehite göre %3, Çam odunu borik asit ilaveli fenol formaldehitin / kontrol grubu fenol formaldehite göre %6, Çam odunu borik asit ilaveli PAVc / kontrol grubu PAVc göre %3,

Kayın odunu borik asit ilaveli üre formaldehitin / kontrol grubu üre formaldehite göre %5.5, Kayın odunu borik asit ilaveli fenol formaldehitin / kontrol grubu fenol formaldehite göre %5.5, Kayın odunu borik asit ilaveli PAVc / kontrol grubu PAVc göre %7,

Meşe odunu borik asit ilaveli üre formaldehitin / kontrol grubu üre formaldehite göre %0.5, Meşe odunu borik asit ilaveli fenol formaldehitin / kontrol grubu fenol formaldehite göre %1, Meşe odunu borik asit ilaveli PAVc / kontrol grubu PAVc göre %4.5,

Göknar odunu borik asit ilaveli üre formaldehitin / kontrol grubu üre formaldehite göre %2.5, Göknar odunu borik asit ilaveli fenol formaldehitin / kontrol grubu fenol formaldehite göre %0.5, Göknar odunu borik asit ilaveli PAVc / kontrol grubu PAVc göre %1,

Borik asit ilave edilen tutkallı malzemelerdeki yanma değerlerinin % O<sub>2</sub> değişimleri;

Çam odunu borik asit ilaveli üre formaldehitin / kontrol grubu üre formaldehite göre %0.5, Çam odunu borik asit ilaveli fenol formaldehitin / kontrol grubu fenol formaldehite göre %0.8, Çam odunu borik asit ilaveli PAVc / kontrol grubu PAVc göre %1.3,

Kayın odunu borik asit ilaveli üre formaldehitin / kontrol grubu üre formaldehite göre %7 ,Kayın odunu borik asit ilaveli fenol formaldehitin / kontrol grubu fenol formaldehite göre %5, Kayın odunu borik asit ilaveli PAVc / kontrol grubu PAVc göre %0.6,

Meşe odunu borik asit ilaveli üre formaldehitin / kontrol grubu üre formaldehite göre %1.7, Meşe odunu borik asit ilaveli fenol formaldehitin / kontrol grubu fenol formaldehite göre %0.2, Meşe odunu borik asit ilaveli PAVc / kontrol grubu PAVc göre %3.6,

Gökmar odunu borik asit ilaveli üre formaldehitin / kontrol grubu üre formaldehite göre %0.03, Gökmar odunu borik asit ilaveli fenol formaldehitin / kontrol grubu fenol formaldehite göre %0.08, Gökmar odunu borik asit ilaveli PAVc / kontrol grubu PAVc göre %0.14,

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda aşağıda verilen sonuçlara ulaşılmıştır.

- Yapışma direnci deneyinde ölçülen en yüksek değer üre formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış meşe ağacı kontrol grubunda ( $19,77 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük değer ise üre formaldehit tutkalına ilave edilen borik asit grubu malzemedeki ( $3,0 \text{ N/mm}^2$ ) bulunmuştur.
- Yanma deneylerinde ölçülen ağırlık kaybı değerlerine göre en yüksek değer (%81,30) PVAc tutkalı kullanılarak hazırlanmış çam ağacı kontrol grubu malzemedeki elde edilmiş en düşük değer ise (%41,73) üre formaldehit tutkalına ilave edilen borik asit-gök nar grubu malzemedeki bulunmuştur.

Bu çalışma sonucunda aşağıdaki önerilerde bulunulabilir;

Bu çalışmada borik asit katkı üre, fenol ve PVAc tutkallarının meşe, gök nar, çam ve kayın ağaçlarının yanma dirençlerini artırdığı, yapışma direncini önemli ölçüde etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır.

Yapışma direncinin önemli olmadığı fakat yangına karşı dayanımın uzun süreli olması istenen yerlerde üre formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış olan meşe odunu kullanılmasında fayda olduğu düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

Akıncıtürk, N., Perker S., “700 yıllık tarihi cumalıkızık yerleşimindeki ahşap yapılarda yangın yalıtımı”, *TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi*, Ankara, 15-18 (2003).

Baysal, E., “Çeşitli borlu ve wr bileşiklerinin kızılcam odunun bazı fiziksel özelliklerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *K. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 42-44 (1994).

Berkel, A., “Ağaç malzeme teknolojisi, ağaç malzemenin korunması ve empenye tekniği”, *İ. Ü. Orman Fakültesi Yayını*, İstanbul, 125-127 (1972).

Bozkurt, Y. ve Göker, Y., “Orman ürünlerinden faydalanma”, *İ. Ü. Orman Fakültesi Yayını*, İstanbul, 27-31 (1981).

Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Erdin, N., “Odun anatomisi”, *İ. Ü. Orman Fakültesi Yayını*, İstanbul, 117-120 (2000).

Chung, Y., “Glueability of southern pine early and late wood”, *Forest Products Journal*, USA., 145-147 (1968).

Goldstein, S., “Ahşap yapıştırıcılar”, *İ. Ü. Orman Fakültesi Yayını*, İstanbul, 77-85 (1977).

Göker, Y. ve Bozkurt, Y. “tabakalı ağaç malzeme teknolojisi”, *İ. Ü. Orman Fakültesi Yayını*, İstanbul, 81-87 (1986).

Kalaycıoğlu, H., Colakoglu, G, Nemli, G, “Orman ürünleri endüstrime giriş ders notları”, *K. T. Ü. Orman Fakültesi Yayını*, Trabzon, 234-237 (2003).

Kordina, K., Meyer-Ottens, C., “*Feuerwiderstandsklassen von bauteilen aus holz und holzwerkstoffen*”, Dusseldorf, 73-75 (1977).

Özen, R., “Yongalevha endüstrisi ders notları”, *K. T. Ü. Orman Fakültesi Ders Notlan*, Trabzon, 54-57 (1980).

Örs, Y., “Kama dişli birleşmeli masif ağaç malzemedeki mekanik özellikleri”, *K. T. Ü. Orman Fakültesi Yayını*, Trabzon, 112-116 (1987).

Örs, Y., ve Keskin, H., “Ağaç malzeme bilgisi”, *Atlas Yayın Dağıtım*, İstanbul, 43-47 (2001).

Örs, Y., Keskin, H., “Ağaç malzeme bilgisi”, *G. Ü. Teknik Eğitim Fakültesi*, Ankara, 213-218 (2001).

Uysal, B., “Çeşitli kimyasal maddelerin ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığı üzerine etkileri”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 65-72 (1997).

Uysal, B., Özçifçi, A., ve Yılmaz S., “Farklı ağaç türlerinin yanma özellikleri”, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Elazığ, 79-87, (2002).

Uysal, B., Kurt, Ş., “Borlu bileşiklerle emprenye edilmiş kayın ve sarıçam ağaçlarının yanma özellikleri”, *1. Ulusal Bor Çalıştay Bildiriler Kitabı*, Ankara, 33 (2005).

TS 3639, “Odun lifi levhaları-sert ve orta sert levhalar su emme ve kalınlığına şişmenin tayini”, *TSE Standardı*, Ankara, (1981).

TS 3891 “Yapıştırıcılar-polivinilasetat emülsiyonu”, *TSE Standardı*, Ankara, (1983).

TS 3891, “Yapıştırıcılar-polivinilasetat emülsiyonu”, *TSE Standardı*, Ankara., (1983).

Vick, CB., “Christiansen awc üre of phenol-formaldehyde adhesive in the presence of cca-treated wood by differential scanning calorimetry”. *Wood and Fiber Science*; USA, 77-86 (1993).

White R.H., “Dietenberger M.A., “Wood handbook” *Wood and Fiber Science*, USA, 93-95 (1999).

## ÖZGEÇMİŞ

Bilal YUCA 1983 yılında Kayseride doğdu. ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı.. Seyyid Burhaneddin Endüstri Meslek Lisesinden mezun olduktan sonra 2002 yılında ZKÜ Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümün'de eğitime başlayıp; 2006 yılında "iyi" derece ile mezun oldu. 2007 yılında ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında başlamış olduğu yüksek lisans programını, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı altında tamamladı

### ADRES BİLGİLERİ

Adres: Emine Mehmet Baysal Eğitim Uygulama Okulu ve İş Eğitim Merkezi /BOLU

Cep Tel: 0505 307 25 28

E-posta: [bilalyuca38@hotmail.com](mailto:bilalyuca38@hotmail.com)