

**SIVI AZOT MUAMELE GÖRMÜŞ VE BORAKS İLE
EMPRENYE EDİLMİŞ AĞAÇ MALZEMENİN
YANMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**2013
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MOBİLYA VE DEKORASYON EĞİTİMİ**

Osman ÇALIM

**SIVI AZOT MUAMELE GÖRMÜŞ VE BORAKS İLE EMPRENYE EDİLMİŞ
AĞAÇ MALZEMENİN YANMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

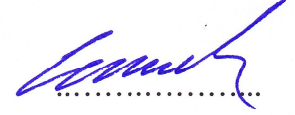
Osman ÇALIM

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2013**

Osman ÇALIM tarafından hazırlanan “SIVI AZOT MUAMELE GÖRMÜŞ VE BORAKS İLE EMPRENYE EDİLMİŞ AĞAÇ MALZEMENİN YANMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Cemal ÖZCAN



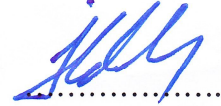
Tez Danışmanı, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 28/ 06/ 2013

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Fatih YAPICI (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Saim ATEŞ (KÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Cemal ÖZCAN (KBÜ)

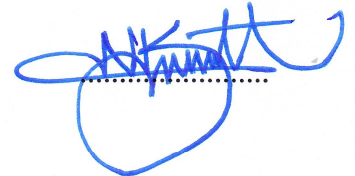


..../..../2013

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

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

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.”

Osman ÇALIM

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SIVI AZOT MUAMELE GÖRMÜŞ VE BORAKS İLE EMPRENYE EDİLMİŞ AĞAÇ MALZEMENİN YANMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Osman ÇALIM

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Cemal ÖZCAN

Haziran 2013, 104 sayfa

Ağaç malzeme insanların kullandığı çeşitli yapı malzemeleri içerisinde en eski olanlardandır. Çağımızın getirdiği teknik yeniliklere ve çok sayıda yeni malzemenin var olmasına rağmen sahip olduğu üstün özellikleri nedeniyle günümüzde de önemini korumaktadır. Ağaç malzeme bu özellikleri yanı sıra istenmeyen bazı özelliklere de sahiptir. Bunlardan en önemli olanı yanmasıdır. Ağaç malzeme bileşiminde karbon ve hidrojen içermesi nedeniyle yanmaya müsaittir. Ağaç malzemenin yanma özelliklerinin belirlenmesi, yapıda kullanım yeri ve amacına uygunluk bakımından önemlidir. Sıvı azot muamelesi sonrası Boraks ile emprenye edilen tüm ağaç malzemelerin retensiyon miktarları artmıştır. Buna paralel olarak sıvı azot muamelesi ve sonrasında boraks emprenye ile edilmiş örneklerde ağırlık kayıpları % 50-65 seviyelerinde azalmıştır. Yangın riski olan yapılarda emprenye işlemi öncesi sıvı azot uygulanması ve boraks ile emprenye edilmesi önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler : Ağaç malzeme, boraks, sıvı azot, yanma.

Bilim Kodu : 711.3.023

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DETERMINATION OF COMBUSTION PROPERTIES OF WOOD MATERIAL TREATED WITH LIQUID NITROGEN AND BORAX

Osman ÇALIM

Karabuk University

Graduated of School Natural and Applied Sciences

Department of Furniture and Decoration Education

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Cemal ÖZCAN

June 2013, 104 pages

Wood material is among the oldest building material that people used. Although there are lots of new techniques and various building materials, it is still very important in terms of its excellent features. Besides these features, wooden material has also some disadvantages. Among these disadvantages, the important one is combustion. It is tend to combustion since wooden material includes carbon and hydrogen in its blend. Defining the features of wooden material is important in terms of its field of usage and purpose. Retention values of wood samples which impregnated with borax chemical after treated to liquid nitrogen were increased. Besides, mass loss of samples which impregnated with borax chemical after treated to liquid nitrogen were decreased between 50- 65%. It is suggested to use liquid nitrogen application before impregnate process and also use borax as a chemical at building where there is fire risk.

Key Words : Wood material, surface, combustion.

Science Code : 711.3.023

TEŞEKKÜR

“Sıvı Azot Muamele Görmüş ve Boraks ile Emprenye edilmiş Ağaç Malzemenin Yanma özelliklerinin Belirlenmesi” isimli bu çalışma Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma akışının belirlenmesi, sorunların giderilmesi ve çalışmanın sonuçlandırılmasında büyük destek ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Cemal ÖZCAN 'a teşekkürlerimi arz ederim.

Tezimi sonuçlandırmada gösterdikleri ilgi ve yardımlardan dolayı, deneylerin yapılmasında her türlü olanağı sağlayan, görüş ve önerileriyle deneylerin yapılmasında ve değerlendirilmesinde büyük katkısı olan sayın Doç. Dr. Şeref KURT 'a ve Sayın Doç. Dr. Fatih YAPICI 'ya teşekkür ederim.

Sıvı azot temininde yardımcı olan KARDEMİR A.Ş.'ye, teşekkür ederim.

Deneylerin yapıldığı Safranbolu Meslek Yüksek Okulu Mobilya ve Dekorasyon Bölümü Teknik Personeline ve çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Sayın Öğr. Gör. Mehmet Nuri YILDIRIM 'a teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi destekleri ile hep yanımda olan aileme ve son olarak, bu sıkıntılı yüksek lisans ve tez dönemi boyunca manevi desteğiyle hep yanımda olan eşime de sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
GENEL BİLGİLER	4
2.1. LİTERATÜR ÖZETİ.....	6
2.2. AĞAÇ MALZEMENİN YANMA ÖZELLİĞİ	10
2.2.1. Termik Bozunmanın Olumsuz Yönü: Yangın.....	12
2.2.2. Sıcaklığın Ağaç Malzemeye Etkisi.....	15
2.2.3. Yangının Yapı Malzemelerine Etkileri	21
2.3. ÇALIŞMADA KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİNE AİT GENEL BİLGİLER	24
2.3.1. Sarıçam (Pinus Sylvestris L.)	24
2.3.2. Doğu Kayını (Fagus Orientalis L.)	26
2.3.3. Sapelli (Entandrophragma Cylindricum)	28
2.3.4. Kestane (Castanea).....	29
2.3.5. Uludağ Gökmar (Abies bornmülleriana Mattf)	29
2.3.6. Dişbudak (Fraxinus).....	29
2.3.6.1. Dişbudak Ağacının Teknolojik Özellikleri	30

2.3.6.2. Dişbudak Ağacının Kullanım Alanları	30
BÖLÜM 3	31
MATERYAL VE METOD	31
3.1. AĞAÇ MALZEME	31
3.2. DENEYLERDE KULLANILAN KİMYASALLAR.....	31
3.2.1. Sıvı Azot.....	31
3.2.2. Boraks ($Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$).....	32
3.3. DENEY METODU.....	33
3.3.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması	33
3.3.2. Sıvı Azot Muamelesi.....	34
3.3.3. Emprenye.....	34
3.3.4. Özgül Ağırlıklar	35
3.3.4.1. Hava Kuru Özgül Ağırlık	35
3.3.4.2. Tam Kuru Özgül Ağırlık.....	36
3.3.4.3. Çözelti Retensiyon Tespiti	36
3.3.5. Yanma Deneyi	37
3.3.6. Baca Gazı Analizi	38
3.4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	39
BÖLÜM 4	40
BULGULAR	40
4.1. AĞAÇ MALZEMELERİN ÖZGÜL AĞIRLIKLARI.....	40
4.2. YANMA DENEYLERİNİN SONUÇLARI	41
4.2.1. Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri	41
4.2.1.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri.....	41
4.2.1.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri	42
4.2.1.3. Dişbudak Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri	43
4.2.1.4. Kestane Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri	44

4.2.1.5. Gök nar Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri	45
4.2.1.6. Sapelli Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri.....	46
4.2.1.7. Ortalama Ağırlık Kaybı Değerlerinin Çoklu Varyans Analiz Sonuçları	48
4.2.2. Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri	50
4.2.2.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri	50
4.2.2.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri	51
4.2.2.3. Dişbudak Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri	52
4.2.2.4. Kestane Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri.....	53
4.2.2.5. Gök nar Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri.....	54
4.2.2.6. Sapelli Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri.....	55
4.2.3. Ölçülen % O ₂ Değerleri.....	58
4.2.3.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O ₂ Değerleri	58
4.2.3.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O ₂ Değerleri.....	59
4.2.3.3. Dişbudak Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O ₂ Değerleri ...	60
4.2.3.4. Kestane Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O ₂ Değerleri	61
4.2.3.5. Gök nar Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O ₂ Değerleri	62
4.2.3.6. Sapelli Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O ₂ Değerleri	63
4.2.3.7. Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O ₂ Duncan Testi Sonuçları.....	65
4.2.4. Ölçülen CO Değerleri.....	66
4.2.4.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri.....	66
4.2.4.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri.....	67
4.2.4.3. Dişbudak Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri.....	68
4.2.4.4. Kestane Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri	69
4.2.4.5. Gök nar Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri.....	70

	<u>Sayfa</u>
4.2.4.6. Sapelli Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri.....	71
4.2.4.7. Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Duncan Testi Sonuçları.....	73
4.2.5. Ölçülen NO Değerleri	74
4.2.5.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri.....	74
4.2.5.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri	75
4.2.5.3. Dişbudak Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri.....	76
4.2.5.4. Kestane Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri	77
4.2.5.5. Gök nar Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri.....	78
4.2.5.6. Sapelli Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri.....	79
4.2.5.7. Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Duncan Testi Sonuçları.....	81
4.2.6. Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri.....	82
4.2.6.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri	82
4.2.6.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri	84
4.2.6.3. Dişbudak Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri	85
4.2.6.4. Kestane Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri	86
4.2.6.5. Gök nar Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri	87
4.2.6.6. Sapelli Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri	88
4.2.6.7. Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri Duncan Testi Sonuçları.....	90
BÖLÜM 5	91
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	91
5.1. SONUÇLAR	91
KAYNAKLAR.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Yangın üçgeni.	14
Şekil 2.2. Yanma olayının ısı gelişimi.	14
Şekil 2.3. Bir alevdeki gaz ve yanma bölgeleri.	15
Şekil 2.4. Ağaç malzemede kömürleşmenin oluşumu.	17
Şekil 3.1. Deney örneklerinin emprenyesinde kullanılan cam havuz düzeneği.	35
Şekil 3.2. Bilgisayar kontrollü yanma düzeneği.	37
Şekil 3.3. Analiz cihazı testo t350 xl ana parçaları.	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Ağaç malzemenin farklı sıcaklıklara gösterdiği tepkileri.....	19
Çizelge 3.1. Sıvı azotun fiziksel ve atom özellikleri.....	32
Çizelge 3.2. Boraks'ın teknik özellikleri.....	33
Çizelge 3.3. Baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL bazı ölçüm parametreleri.....	38
Çizelge 3.4. Baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL bazı ölçüm parametreleri.....	39
Çizelge 4.1. Kullanılan ağaç malzemelerin özgül ağırlık değerleri (g/cm ³).....	40
Çizelge 4.2. Boraks ile empenye edilen ağaç malzemelerin retensiyon değerleri (%).....	41
Çizelge 4.3. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.....	42
Çizelge 4.4. Doğu kayını ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.....	43
Çizelge 4.5. Dişbudak ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.....	44
Çizelge 4.6. Kestane ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.....	45
Çizelge 4.7. Gökmar ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.....	46
Çizelge 4.8. Sapelli ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.....	47
Çizelge 4.9. Çoklu varyans analiz sonuçları.....	48
Çizelge 4.10. Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün % ağırlık kaybı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	49
Çizelge 4.11. Ortalama üst sıcaklık değerleri (°C).....	50
Çizelge 4.12. Ortalama üst sıcaklık değerleri (°C).....	51
Çizelge 4.13. Ortalama üst sıcaklık değerleri (°C).....	52
Çizelge 4.14. Ortalama üst sıcaklık değerleri (°C).....	53
Çizelge 4.15. Ortalama üst sıcaklık değerleri (°C).....	54
Çizelge 4.16. Ortalama üst sıcaklık değerleri (°C).....	55
Çizelge 4.17. Ağaç malzeme örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	56

Çizelge 4.18. Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün üst sıcaklık ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları...	57
Çizelge 4.19. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde % O ₂ ortalama değerleri.....	58
Çizelge 4.20. Doğu kayını ağaç malzeme örneklerinde % O ₂ ortalama değerleri.....	59
Çizelge 4.21. Dişbudak ağaç malzeme örneklerinde % O ₂ ortalama değerleri.....	61
Çizelge 4.22. Kestane ağaç malzeme örneklerinde % O ₂ ortalama değerleri.....	62
Çizelge 4.23. Gök nar ağaç malzeme örneklerinde % O ₂ ortalama değerleri.....	63
Çizelge 4.24. Sapelli ağaç malzeme örneklerinde % O ₂ ortalama değerleri.....	64
Çizelge 4.25. Ağaç malzeme örneklerindeki % O ₂ ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	65
Çizelge 4.26. Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün % O ₂ ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	66
Çizelge 4.27. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).....	67
Çizelge 4.28. Doğu kayını ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).....	68
Çizelge 4.29. Dişbudak ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).....	69
Çizelge 4.30. Kestane ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).....	70
Çizelge 4.31. Gök nar ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).....	71
Çizelge 4.32. Sapelli ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).....	72
Çizelge 4.33. Ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	73
Çizelge 4.34. Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün CO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	74
Çizelge 4.35. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).....	75
Çizelge 4.36. Doğu kayını ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).....	76
Çizelge 4.37. Dişbudak ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).....	77
Çizelge 4.38. Kestane ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).....	78

Sayfa

Çizelge 4.39. Gök nar ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).....	79
Çizelge 4.40. Sapelli ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).....	80
Çizelge 4.41. Ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	81
Çizelge 4.42. Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün NO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	82
Çizelge 4.43. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C).....	83
Çizelge 4.44. Doğu kayını ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C).....	84
Çizelge 4.45. Dişbudak ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C).....	85
Çizelge 4.46. Kestane ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C).....	86
Çizelge 4.47. Gök nar ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C).....	87
Çizelge 4.48. Sapelli ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C).....	88
Çizelge 4.49. Ağaç malzeme örneklerindeki baca sıcaklığı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.....	89
Çizelge 4.50. Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün baca sıcaklığı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	90

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

%	: Yüzde
°C	: Santigrad derece
µm	: Mikrometre
CaCl ₂	: Kalsiyum klorür
cm	: Santimetre
cm ³	: Santimetreküp
CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbon dioksit
Cu ₂ SO ₄	: Bakır sülfat
d	: Özgül ağırlık
D ₀	: Tam kuru özgül ağırlık
D ₁₂	: Hava kurusu özgül ağırlık
dak	: Dakika
E-modülü	: Elastikiyet modülü
g	: Gram
H	: Hidrojen
h	: Saat
Kcal	: Kilo kalori
KNO ₃	: Potasyum nitrat
m	: Metre
mA	: Miliamper
mm	: Milimetre
mm ²	: Milimetrekare
ms	: Milisaniye
N	: Newton
Na ₂ B ₄ O ₇	: Sodyum tetra borat

Na ₂ O ₂	: Borat
Na ₂ SO ₄	: Sodyum sülfat
NO	: Azot monoksit
NO ₂	: Azot dioksit
O ₂	: Oksijen
OH	: Hidroksil
ppm	: Parts per million
s	: Saniye
σ_B	: Liflere paralel basınç direnci
σ_E	: Eğilme direnci
σ_g	: Liflere paralel çekme direnci

KISALTMALAR

ASTM	: American Society for Testing and Materials
A/D	: Analog/Dijital
D/A	: Dijital/Analog
MAX.	: Maksimum Değer
MİN.	: Minimum Değer
MOR	: Eğilme Direnci (Modulus of Rupture)
MOE	: Elastikiyet Modülü (Modulus of Elasticity)
MOR	: Eğilme Direnci (Modulus of Rupture)
ORT.	: Ortalama Değer
PCI	: Peripheral Component Interconnect
RTWT	: Real Time Windows Target
TS	: Türk Standartları

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ağaç malzeme dahili ve harici dekorasyon işlemlerinde çok eski çağlardan beri kullanılan önemli bir yapı malzemesidir. Hafif olması, fiziksel ve mekaniksel etkilere karşı dirençli olması en belirgin özelliklerindedir. Bunların yanında ısıyı ve sesi az iletmesi, kolay işlenebilmesi, renk ve desen bütünlüğünün sağlanması, boya ve vernik gibi işlemlere tabi tutularak istenilen renk ve desenin sağlanması ağaç malzemeyi diğer yapı elamanlarından daha cazip hale getirmektedir. Bu çalışmada ağaç malzemenin avantajlarının yanında bazı dezavantaj yanlarının da olması hasebiyle bazı kimyasallarla muamele ederek retensiyon miktarını arttırarak yanmaya karşı direncini arttırmak amacıyla bazı çalışmalar yapılmıştır.

Orman ürünleri ile mobilya ve dekorasyon sektörünün hammaddesi olan ağaç malzeme uygun kullanım ve koruma yöntemleriyle, artan odun hammaddesi ihtiyacını karşılamada yeterli olabilecektir. Odun hammaddesi masif, çeşitli levha ve kompozit ürünlere dönüştürülerek çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik zararları engellemek amacıyla, yapısına müdahale edilebilen odun hammaddesi, işlenebilirliğinin kolay olması, ısı ve elektriğe karşı izolasyon özelliği göstermesi, akustik özelliklerinin istenilen düzeyde olması, özgül ağırlığının düşük olmasına karşılık, yüksek mekanik özelliklerine sahip olması nitelikleriyle önemini devam ettirmektedir. Ağaç malzeme kullanımında farklı hava şartları ve boyutlarında meydana gelen değişiklikler, böcek, mantar ve oyucu deniz organizmalarının zararları gibi etkiler dikkate alınmalıdır [1].

Ağaç malzeme hammaddesinin organik bir madde olması nedeni ile uygun şartların oluşması durumunda yanması önemli olumsuz özelliklerindedir. Ağaç malzemenin yanicılığı dışındaki diğer olumsuz özellikleri sadece maddi kayıplara neden olurken,

ağaç malzemenin yanması durumunda hayati tehlikeler de oluşmaktadır. Ağaç malzemenin yanması durumunda oluşan alevler ve gazlar insan hayatını tehdit etmekte ve ölümlere neden olabilmektedir [2].

Orman ürünleri ile mobilya ve dekorasyon sektörünün hammaddesi olan ağaç malzeme uygun kullanım ve koruma yöntemleriyle, artan odun hammaddesi ihtiyacını karşılamada yeterli olabilecektir. Odun hammaddesi masif, çeşitli levha ve kompozit ürünlere dönüştürülerek çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik zararları engellemek amacıyla, yapısına müdahale edilebilen odun hammaddesi, işlenebilirliğinin kolay olması, ısı ve elektriğe karşı izolasyon özelliği göstermesi, akustik özelliklerinin istenilen düzeyde olması, özgül ağırlığının düşük olmasına karşılık, yüksek mekanik özelliklerine sahip olması nitelikleriyle önemini devam ettirmektedir. Ağaç malzeme kullanımında farklı hava şartları ve boyutlarında meydana gelen değişiklikler, böcek, mantar ve oyucu deniz organizmalarının zararları gibi etkiler dikkate alınmalıdır [1].

Ağaç malzeme sahip olduğu üstün özellikler nedeniyle günümüzde birçok kullanım yerinde önemini korumaktadır. Kişi başına tüketimin artması ve orman alanlarının gün geçtikçe azalması üretilen ağaç malzemenin uzun süre kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Ağaç malzemenin bileşikleri çevre şartlarına göre kimyasal ya da biyolojik etkenlerle bozulmaktadır. Bu olumsuz etkilere karşı ağaç malzemelere kurutma, emprenye ve üst yüzey işlemleri uygulanmaktadır [3].

Ağaç malzemenin doğal olması, estetik olarak güzel görünmesi ve bazı türlerinin de doğada kolay ve kısa sürede yetişiyor olması gibi özelliklerinden dolayı yüzyıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, yüzeylerinin kaplanmaması durumunda kullanım ömrü kısalmaktadır. Bu konuda yapılan literatür araştırmalarında; açık hava şartlarında odun renginin çok hızlı değiştiği ve genellikle yan bileşikler ve ligninin kimyasal bozunmasından dolayı sarı ve kahverengimsi renge dönüştüğü bildirilmektedir [4].

Ağaç malzeme yanabilen ve alevlenebilen bir maddedir. Alevlenebilen maddeler, tutuşma sıcaklığına ulaşıncaya yabancı bir alevle gerek duymadan tutuşabilir. Yanabilen

maddeler ise, yabancı bir alevin içinde yanar; fakat alev söndürülür söndürülmez 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 kömürü ve suya dönüştürürler. Böylece, daha yüksek sıcaklıkta oluşacak olan uçucu ve yanıcı maddeler oluşmadığı için odunun alevlenme özelliği azalmakta ve alevin savrulması çevreye yayılması önlenmektedir [5].

Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ağaç malzemeyi tamamen yanmaz bir duruma getiremezler. Bu maddelerin etkisi tutuşmayı güçleştirmek ve yanma başladıktan sonra ateşin yayılmasını geciktirmektir [6]. Bu maksatla yanmayı geciktirici kimyasallarla muamele için iki genel uygulama metodu vardır [7].

Bu çalışmada, ağaç malzemeyi yanmaya karşı korumak amacıyla farklı özelliklere sahip kimyasallarla muamele ederek, sıvı azot ve boraks gibi yangın geciktiricilerin, ağaç malzeme olarak Sarıçam, Doğu kayını, Dişbudak, Kestane, Göknaar, Sapelli üzerindeki yanma direncine etkileri, ASTM-E 69 standartlarına göre yanma dirençleri ve yanma sonucu açığa çıkan gazlar araştırılmıştır.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

Maddenin, ısı ve oksijenle birleşmesi sonucu oluşan kimyasal olaya yanma denir. Yavaş yanma; yanıcı maddenin bünyesi itibariyle, yanıcı buhar ve gaz meydana getirmediği, yeterli ısının olmadığı, yeterli oksijenin olmadığı halde gerçekleşen yanmadır. Hızlı yanma; yanmanın bütün belirtileri ile olduğu bir olaydır. Belirtileri alev, ışık, ısı ve korlaşmadır. Parlama-Patlama şeklinde yanma; kolayca ateş alan maddelerde parlama görülmektedir. Bir anda parlayarak yanan maddeler çeşitli gazlar halinde gelmekte ve son derece büyük bir hacim genişlemesine uğrayarak etrafını zorlamakta ve patlamalar oluşmaktadır. Kendi kendine yanma; yavaş yanmanın zamanla hızlı yanmaya dönüşmesidir [8].

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 bir çok kullanım yerinde tercih sebebi olmaktadır [9].

Ağaç malzeme bu özelliklerinin yanı sıra bazı istenmeyen özelliklere de sahiptir. Bunlar; organik bir madde olmasından dolayı bakteriler, mantar ve tahripçi böcekler

ile oyuncu deniz organizmaları tarafından kolayca tahrip edilmesi, higroskopik ve anizotropik yapısı nedeniyle içinde bulunduğu ortamın sıcaklığı ve bağıl nemine göre elde edeceği denge rutubeti miktarına bağılı olarak ortam ile rutubet alış verişinde bulunmaktadır. Bu su alış verişi higroskopik sınırlar olan % 0 ile lif doygunluğu noktası olarak kabul edilen ortalama % 30 arasında meydana geldiğinde boyutlarında değişimlere neden olmaktadır. Boyutsal değişimler lif yönünde çok az olduğu halde, teğet yönde radyal yönün 1.5-3 katı kadar olabilmektedir. Ağaç malzeme bileşiminin karbon ve hidrojen içermesi nedeniyle yanmaya müsaittir [10].

Ağaç malzemenin emprenyesi amacıyla geniş spektrumlu biyositlerin kullanımının sınırlanması ve ağır metaller içeren kimyasal maddelerin oluşturduğu çevresel sorunlar nedeniyle, bor esaslı koruyucu emprenye maddeleri son yıllarda büyük önem kazanmakta ve bu konuda yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bor esaslı emprenye maddeleri hem masif hem de odun esaslı kompozit malzemelerin korunmasında oldukça önemli maddeler olup, hem odunu degrade eden mantarlara hem de termit ve böcek gibi zararlılara karşı yüksek oranda toksik özellikler taşımaktadır. Bu yüzden borlu emprenye maddeleri odun esaslı malzemeleri toprak üstü yapılarda korumak için önemli kimyasal maddeler olarak kabul edilmektedir [11].

Ağaç malzemenin istenilmeyen sakıncalı özelliklerini iyileştirici metodlar geliştirilmiştir. Bu maksatla uygulanan teknik işlemlerin en önemlileri kurutma, emprenye ve üst yüzey işlemleridir. Kullanma yerindeki denge rutubeti miktarına uygun olarak fazla suyun atılması sonucu kurutulan ağaç malzemenin direnci, sertliği, çivi tutma kabiliyeti, boya tutma özelliği ile rendeleme, frezeleme, lamba, zıvana açma delik açma vb. işlerde daha düzgün yüzeyler elde edildiği gibi tutkallanma ve yapışma kabiliyeti artmaktadır [12].

Ağaç malzemenin, tekniğe uygun kullanım, uygun üretim şekli (konstrüksiyon), biyotik ve abiyotik, zararlılara karşı emprenye ve uygun üst yüzey işlemleri ile ortadan kaldırılabilmekte veya en aza indirilebilmektedir [13].

Ağaç malzemedен üretilen mobilya ve yapı elemanlarının zararlı dış etkilерden korunması gerekir. Doğal halde harici etkilere karşı bırakılan ağaç eşyanın dayanımı sınırlıdır. Kullanma koşulları ve harici etkenler ağaç eşyanın yıkılmasına ve bozulmasına sebep olur. Bu nedende ağaç malzemedен üretilen eşya yüzeylerinin koruyucu örtücü bir katmanla kaplanması gerekmektedir [14].

Başlangıçta sadece ağacı koruma düşüncesi ile yapılan yüzey işlemleri daha sonraları koruyuculuğunun yanı sıra ağacın doğal güzelliklerini de ortaya çıkarması amacıyla uygulanmaya başlanmıştır. Bunun sonucu olarak verniklerle işlem görmüş ağaç yüzeylerinin teknik, ekonomik ve estetik olarak değerlendirilmesi sağlanmıştır. Değişik cins ağaçlarda anatomik yapıya bağlı olarak birtakım yapısal farklılıklar görülmektedir. Değişik cinsler arasında görülen bu yapısal farklılıklar aynı cinsе ait ağaçlarda, hatta aynı tomruğun değişik bölümlerinden alınan veya farklı şekillerde biçilmeleri sonucu elde edilen parçalarda da görülmektedir. Bu yapısal farklılıklar aynı cins ağaçlardan elde edilen masif ve kaplamalar için de söz konusudur. Kaplamaların üretimi esnasında geçirdiği süreçler (buharlama, kesme, kurutma v.b.), özelliklerinin farklılaşmasına sebep olmaktadır. Bu durumda, aynı cins koruyucu gerecin değişik cins ağaçlar üzerinde, hatta cins ve türleri aynı bile olsa masif ve kaplama üzerinde verdikleri katmanların değişik dış etkenlere karşı dayanıklılıklarının aynı olamayacağı düşünülmektedir [15].

Ağaç malzemedен yapılan mobilyaların korunması ve görünüş özelliklerinin belirgin hale getirebilmesi amacıyla farklı vernikler kullanılmaktadır. Ahşap yüzeylerinin korunması ise vernik katmanlarının dış etkilere gösterdiği dirence bağlıdır [16].

2.1. LİTERATÜR ÖZETİ

Odun yanabilen bir maddedir. Bu bakımdan, odunun yanmaya karşı direncinin artırılması için, kimyasal maddelerle emprenye edilmiş olması, birçok kullanım yerinde zorunlu görülmektedir [10].

Alevlenebilen maddeler, tutuşma sıcaklığına ulaşınca 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 savrulması çevreye yayılması önlenmektedir [17].

Kantay'ın araştırmasına göre ağaç malzemenin yoğunluğu azaldıkça tutuşması da o kadar kolay ve hızlı olmaktadır. Yoğunluk arttıkça tutuşma zorlaşmakta ve yanma hızı yavaşlamaktadır [18].

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:

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

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

Son olarak da hava dolaşımıyla birlikte oluşan kömürleşme oksidasyonu 360 ve 520 °C deki pik noktalarıyla beraber 200 °C de belirgin bir şekilde gözlemlenir.

Ahşap malzeme yeterli ısı ve atmosferde yeterli oksijenle buluştuğunda 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. Yapı kod ve standart tanımlarıyla

buluşabilmek için kereste ve kontraplak malzemeler yanma performanslarını arttırmak için yangın geciktiricilerle muamele edilmektedirler. Genellikle kullanılan uygulama metodu basınçlı muamele ve yüzey kaplama şeklindedir. Emprenye uygulamalarında kimyasal koruyucu uygulamalarındaki gibi ahşap malzeme de kimyasal solusyonlara basınçlı metodla tabi tutulur. Bazı uygulamalar için yangın engelleyicilerin yüzey kaplama metoduyla uygulanması kabul edilebilir [19].

Ahşap, karbon ve hidrojen içeren organik esaslı bir materyal olduğundan yanıcıdır. Kendi kendine yanabilmesi için sıcaklığın 275 °C'ye çıkarılması gerekmektedir. Bununla birlikte herhangi bir tutuşturucu alev kaynağı varlığında çok daha düşük sıcaklıklarda tutuşarak yanabilmektedir. Oksijen, ısı kaynağı ve yanabilir madde üçlüsünden birinin olmaması durumunda tutuşma olmaz. Her ne kadar yangın esnasında çoğu yapısal materyale oranla üstün yönleri varsa da yanmaya karşı direnci artırıcı emprenye maddeleriyle muamele, emniyetin sağlanması ve yanmanın engellenmesi bakımından kaçınılmaz olmaktadır [20].

Uysal, çalışmasında farklı kimyasal maddelerin ağaç malzemenin yanma dayanıklılığına etkisini doktora tezi olarak araştırmıştır. Araştırmada iki farklı ağaç (Sarıçam ve Doğu kayını) iki farklı emprenye yöntemi (uzun süreli batırma ve dolu hücre yöntemi) ve beş farklı kimyasal madde (potasyum nitrat (KNO_3), çinko sülfat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), boraks (Na_2O_2), sodyum sülfat (Na_2SO_4), bakır sülfat (CU_2SO_4)) kullanmıştır. Kimyasal maddelerin emprenye öncesi ve sonrasında pH değerlerinde önemli bir değişim olmadığı bildirilmiştir. ASTM-E-69 standardına göre yapılan ateş borusu deneyleri sonucunda; CU_2SO_4 , $ZnSO_4$ ve Na_2SQ_4 Sarıçam ve Kayında yanmaya dayanıklılık kazandırmıştır. Yöntem olarak da dolu hücre metodu ile yapılan işlemlerin daha etkili olduğunu belirtilmiştir [12].

Bir başka çalışmada ise Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odunları; potasyum nitrat (KNO_3), çinko sülfat ($ZnSO_4$), sodyum tetra borat ($Na_2B_4O_7$), sodyum sülfat (Na_2SO_4) ve bakır sülfat (CU_2SO_4) ile emprenye edilmiştir. Emprenye metodu olarak uzun süreli daldırma ve 1 saat vakum-1 saat basınç, 30 dakika vakum-30 dakika basınç olmak üzere dolu hücre metotları uygulanmıştır. Emprenye edilen numunelerde, alev kaynaklı ve alev kaynaksız

yanma sırasında oluşan ağırlık kayıpları esas alınarak yapılan değerlendirme sonuçlarına göre; Cu_2SO_4 , $ZnSO_4$ ve Na_2SO_4 Sarıçam ve Kayında yanmaya dayanıklılık kazandırdığı bildirilmiştir [21].

Kızılağaç odununun yanma özelliklerine etkileri araştırılmış ve borlu bileşiklerin kıızılağaç odununda yanmayı önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Tuzların (Borik asit ve Boraks) özellikle dış ortam tesirinde yıkanmasını önlemek amacıyla Stiren, Metilmetakrilat ve Stiren + Metilmetakrilat karışımı ikinci işlem olarak uygulandığı bildirilmiştir [22].

Bor bileşikleri ile emprenye edilmiş Kayın ve Sarıçam ağaçları kullanılarak yapılan yanma deneyleri sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak analizi neticesinde, yanmayı geciktirici ve/veya önleyici emprenye maddesi olarak Boraks-Borik Asit karışımı ve iğne yapraklı ağaç olan Sarıçam ağacı daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir [23].

Ihlamur (*Tilia argentea*.) odunundan üretilen 3 katmanlı lamine ağaç malzeme (LVL) nin alev kaynaklı ve kendi kendine yanma özellikleri araştırılmıştır. Lamine ağaç malzemenin dış katmanlarında küçük yapraklı Ihlamur (*Tilia argentea*) orta katmanlarında Uludağ Gökmarı (Ağabeyes bornmülleriana Mattf.) Akdut (*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 CO₂ (% 6,76) miktarı orta katmanı meşe odununda, O₂ (19,53) orta katmanı Akdut odununda, sıcaklık değeri orta katmanı Sarıçam ve Gökmar örneklerde, yanmamış parça ve kül miktarı 3 katmanlı Ihlamur odununda (% 20) elde edildiği bildirilmiştir [24].

Duglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Frankco) odunu borlu bileşikler ve PEG-400'lü gruplarla emprenye edilmek suretiyle yanma özellikleri incelenmiş, polietilenglikollü grupların olumsuz etkilerine rağmen borlu bileşiklerin daha etkili sonuçlar verdiği görülmüştür [25].

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Kestane (*Castanea sativa* Mill.) odunlarından hazırlanan deney örnekleri, Tanalith-CBC, Su itici madde+sentetik vernik ve StM+poliüretan vernik ile ASTM-D 1413-76 esaslarına göre empenye edildikten sonra üst yüzey işleminde sentetik ve poliüretan vernikler kullanılmıştır. Tanalith-CBC ile empenye edildikten sonra vernikleme her iki odun türünde ilk anda yanmayı geciktirici etki sağlamıştır. Buna karşılık Kestanede % 20, Sarıçamda % 13 kütle kaybı olmuştur. Emprenye işlemlerinden sonra uygulanan vernikler odunun yanma özelliklerini etkilemediği bildirilmiştir [26].

Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky.) odunundan hazırlanan deney örnekleri, (ASTM-D 1413-76) esaslarına uyularak empenye edilmiştir. Emprenye maddesi olarak; borik asit, boraks, sodyum perborat'ın sulu veya PEG-400' de çözündürülmüş preparatları, su itici maddelerden; parafin, stiren, metilmetakrilat ve izosiyanat kullanılmıştır. Yanma deneyi sonuçlarına göre, en fazla ağırlık kaybı stiren ve sodyum perborat'ta gerçekleşmiştir. Borlu maddeler kendi kendine ve kor halinde yanma sırasında etkili olmuşlardır. Yanma deneyi sonrasında en çok ağırlık kaybının stirenin tek başına kullanımında, en az olanın ise PEG-400 + stiren kullanımında gerçekleşmiştir. Alev kaynaklı yanma halinde en yüksek değer PEG-400 + borik asit'te, kendi kendine yanma sırasında en yüksek değer PEG-400+borikasit'te elde edildiği bildirilmiştir [26].

2.2. AĞAÇ MALZEMENİN YANMA ÖZELLİĞİ

Alevlenebilen bir malzeme olan ağaç malzeme, yeterli ısı ve atmosferde yeterli oksijenle bulduğunda yanmaya başlar. Yanma kılavuzlu ve kılavuzsuz olarak iki şekilde meydana gelir. Kılavuzlu yanma kıvılcım ya da alev gibi kaynağının bulunduğu durumlarda meydana gelir. Kılavuzsuz yanma kaynağı da yanma kaynağının bulunmadığı durumdur. Ağaç malzemenin 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 [19].

Ağaç malzemenin ısı etkisiyle bozunduğu, insanoğlunun ateşi keşfinden bu yana bilinmektedir. Termik bozunma, ısı ve ışık sağladığı için geçmişte olumlu bir işlem olarak görülmüştür. Günümüzde de ağaç malzemededen ısı ve ışık kaynağı olarak zorunlu veya zevk için (şömine ve kamp ateşi) yararlanılmaktadır [27].

Ağaç malzemenin ısı etkisiyle bozunduğu, insanoğlunun ateşi keşfinden bu yana bilinmektedir. Termik bozunma, ısı ve ışık sağladığı için geçmişte olumlu bir işlem olarak görülmüştür. Günümüzde de ağaç malzemededen ısı ve ışık kaynağı olarak zorunlu veya zevk için (şömine ve kamp ateşi) yararlanılmaktadır [27].

Eğer uçucu bileşikler hava ve tutuşma sıcaklığını sağlayacak ısı ile karşılaşılırsa yanma reaksiyonu meydana gelir. Bu ekzotermik reaksiyondan katı maddeye doğru yayılan enerji piroliz ya da yanma reaksiyonunu meydana getirir. Eğer yanıcı karışım görünür spektrumda radyasyon yayar ise olay alevli yanma olarak adlandırılır [28].

Ahşap, çoğunluğu karbon ve hidrojen olan organik bileşiklerden oluşur. Bunlar oksijenle birleşir ve yanar. Bu özelliklerden dolayı ahşap yanıcı bir materyal olarak sınıflandırılır. Kimyasal maddeler özellikle ahşabın yapısındaki yan bileşenler yanma noktasının değişimine sebep olur. Örneğin reçineli bir çam ağaç parçası düşük ısılarda bile tutuşabilir. Buna ilaveten özgül ağırlık ve kütle alan (m^2/kg) yanma süresini etkiler [29].

Ağaç malzeme ısıya maruz kaldığında tutuşabilir yanıcı sıvılar salarak yanar. Tutuşmayı azaltmak için ağaç malzeme yangın geciktiricilerle muamele edilir. Bu tür yangın geciktirici uygulamalar ağaç malzemenin yüzeyindeki alev yayılma ve ısı miktarı oranlarını ciddi bir şekilde azaltır. Bununla beraber, bazı yangın geciktirici uygulamalar istenmeyen ikincil yan etkiler verebilir. Örnek olarak ağaç malzemenin dayanımında zayıflama, metal bağlantı elemanlarını korozyona uğratma ve artan rutubet oranı verilebilir [28].

2.2.1. Termik Bozunmanın Olumsuz Yönü: Yangın

Ne çeşit olursa olsun, yangının çıkabilmesi için yanıcı madde–oksijen–tutuşma sıcaklığı üçlüsünün varlığı ve bunların uygun bir oranda bulunmaları gerekir. Eğer şu üçlüden herhangi birisi olmazsa yangın olmaz. Sıcaklık, oksijen ve yanıcı madde dengesindeki değişiklikler ise yangının şiddetini belirler. Bir yangının çıkmasına engel olmak veya mevcut bir yangını durdurmak için bu üç öğeden birini ortadan kaldırmalı ya da aralarındaki dengeyi bozmak gerekir [30].

İnsanoğlunun yaşamına, yıldırım düşmesi sonucunda veya kuru ağaç dallarının birbirine sürtünmesi sonucu giren ateş, yaşantımızın çok önemli bir parçası olmuştur. Medeniyetin bugünkü aşamaya gelmesinde ateşin yeri tartışmasız büyüktür. Bu olumlu yönlerine karşın denetimden çıktığı andan itibaren ateş, yangını oluşturur [31].

İnsanoğlunun yaşamına, yıldırım düşmesi sonucunda veya kuru ağaç dallarının birbirine sürtünmesi sonucu giren ateş, yaşantımızın çok önemli bir parçası olmuştur. Medeniyetin bugünkü aşamaya gelmesinde ateşin yeri tartışmasız büyüktür. Bu olumlu yönlerine karşın denetimden çıktığı andan itibaren ateş, yangını oluşturur [31].

Yanma; en genel anlamda yanıcı denen 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 % 21 dir. Yangın ise "zaman ve mekânda kontrol dışı gelişen yanma olgusudur [32].

Yangın sırasında ahşap malzemede 170 °C ye kadar kuruma, 270 °C ye kadar CO, CO₂ 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 [33].

Yangın hemen hemen her yapıda meydana gelebilecek büyük bir tehlikedir. Hatta, yangına karşı en iyi bir şekilde korunmuş olan ahşap yapılarda dahi yangın tehlikesi tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. 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 görünümünü, neden olduğu can kayıpları ve maddi zararlar sonucu ortaya koyar. 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 [12].

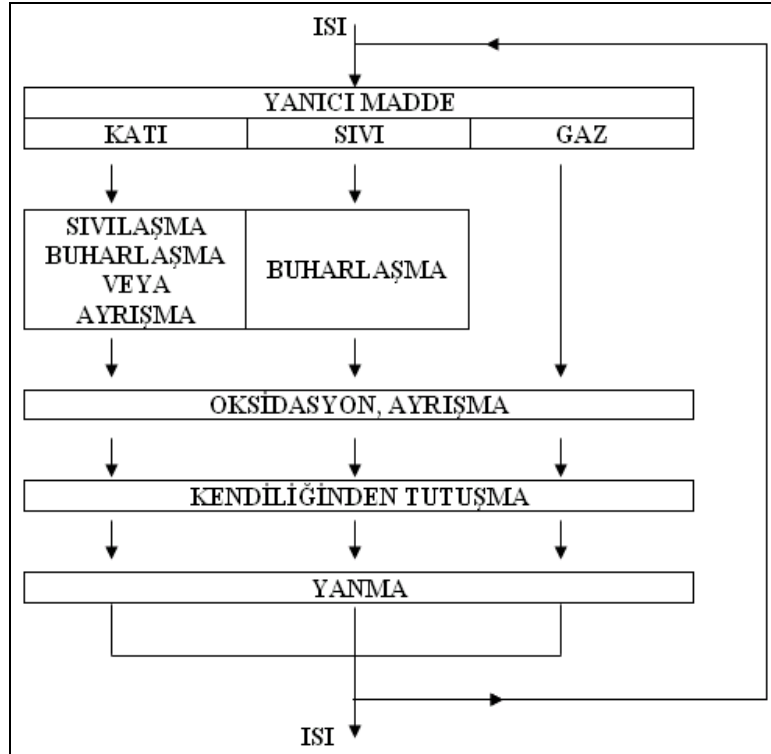
Ahşap malzeme ısıya ve havaya maruz kaldığında yanacaktır. Ahşabın termal bozunması aşamalar halinde meydana gelir. Bozunma prosesi ve termal bozunma ürünlerinin tümüyle ortaya çıkması ısı oranına ve sıcaklık değerine bağlıdır. Ahşabın tutuşması sırasında meydana gelen olaylar zinciri şöyledir.

Şekil 2.1'de belirtildiği gibi bir yanma olayının meydana gelebilmesi için; yakıt, oksijen ve ısı unsurunun tutuşma sıcaklığına ulaşmış olması gerekmektedir [19].



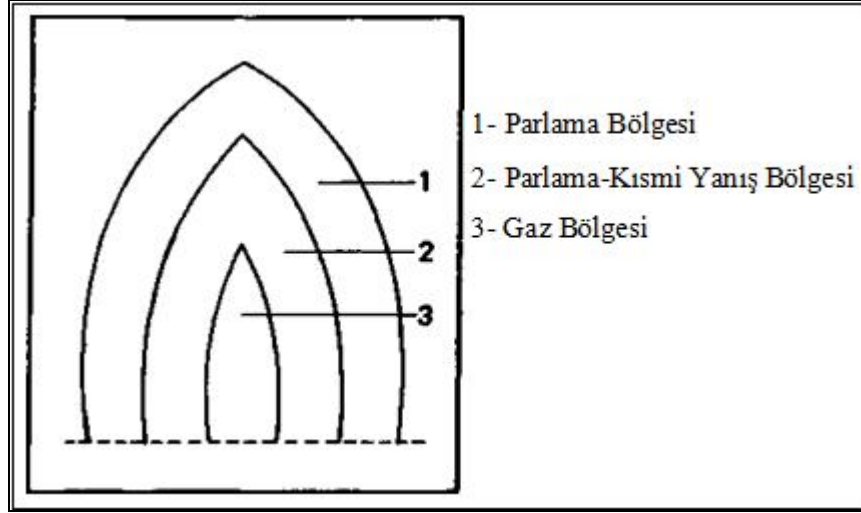
Şekil 2.1. Yangın üçgeni.

Yanma esnasında sadece gaz halindeki yanıcı maddelerin etkili olmaları nedeni ile, katı ve akıcı maddeler önce ısısız değişimlere uğrarlar. Yanma olayının ısı gelişimi Şekil 2.2’de gösterilmiştir [12].



Şekil 2.2. Yanma olayının ısı gelişimi.

Yanma esnasında görülen alevin oksijen alan dış yüzeyi parlayan, ışık saçan gaz akımıdır. Bu yanma bölgesi altında tam bir yanmanın olmadığı parıldama bölgesi ve çekirdekte ise halen yanmaya girmemiş yanıcı gazlar mevcuttur. Şekil 2.3’de bir alevdeki gaz ve yanma bölgeleri verilmiştir [12].



Şekil 2.3. Bir alevdeki gaz ve yanma bölgeleri.

Yangınlar çoğunlukla konutun içerisinde bulunan eşyalardan başlamaktadır. Direkt olarak konutun ağaç malzeme kısmından başlamamaktadır. Ancak, konut içerisinde başlayan yüzeysel yangınlarda sıcaklık çok kısa zamanda yüksek derecelere ulaşarak çevredeki her türlü eşya, malzeme ve yapının konstrüksiyonunda yangının başlamasına neden olmaktadır. Böylelikle tehlike ve zarar çok büyük boyutlara ulaşmaktadır [12].

2.2.2. Sıcaklığın Ağaç Malzemeye Etkisi

Sentetik polimerlerden farklı olarak ağaç malzeme, homojen olmayan ve aynı zamanda da anizotropik bir maddedir. Organik bir madde olan ağaç malzemede en çok bulunan dört elementin miktarları yaklaşık olarak C: % 48-51, O: % 43-45, H: % 5-7, N: % 0,2’dir [34]. Bu değerler yakma analizleri sonucunda elde edilmiştir. Türkiye’de yetişen ağaçların odunları % 0,1–0,5 oranlarında inorganik madde içermektedir [35]. Ağaç malzeme, yüksek molekül ağırlığına sahip doğal polimerlerin kompleks bir karışımıdır. Bunların en önemlileri selüloz (% 50),

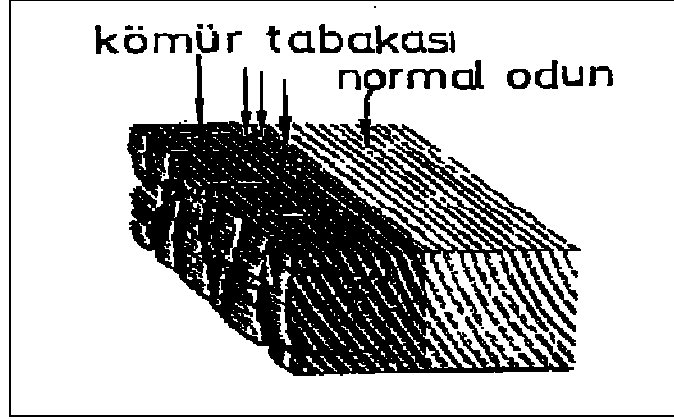
hemiselüloz (% 25) ve lignin (% 25) olup, bu dağılımlar türden türe değişmektedir. Hücre çeperi incelendiğinde çeperin farklı boyut ve özellikteki tabakalardan oluştuğu görülmektedir. Hücre çeper tabakaları, selüloz fibrillerinin farklı şekilde düzenlenmiş olmaları ve kimyasal bileşenlerinin farklı olması nedeni ile birbirinden ayrılmaktadır [34].

Sentetik polimerlerden farklı olarak ağaç malzeme, homojen olmayan ve aynı zamanda da anizotropik bir maddedir. Organik bir madde olan ağaç malzemedeki en çok bulunan dört elementin miktarları yaklaşık olarak C: % 48-51, O: % 43-45, H: % 5-7, N: % 0,2'dir [34]. Bu değerler yakma analizleri sonucunda elde edilmiştir. Türkiye'de yetişen ağaçların odunları % 0,1-0,5 oranlarında inorganik madde içermektedir [35]. Ağaç malzeme, yüksek molekül ağırlığına sahip doğal polimerlerin kompleks bir karışımıdır. Bunların en önemlileri selüloz (% 50), hemiselüloz (% 25) ve lignin (% 25) olup, bu dağılımlar türden türe değişmektedir [36]. Hücre çeperi incelendiğinde çeperin farklı boyut ve özellikteki tabakalardan oluştuğu görülmektedir. Hücre çeper tabakaları, selüloz fibrillerinin farklı şekilde düzenlenmiş olmaları ve kimyasal bileşenlerinin farklı olması nedeni ile birbirinden ayrılmaktadır [34].

Ağaç malzemenin yukarıda açıklanan kompleks yapısı yanma davranışının matematiksel bir fonksiyon olarak açıklanmasını zorlaştırır. Ağaç malzemenin özellikleri lif yönü ile birlikte değişmektedir. Örneğin liflere paralel termal iletkenlik değeri liflere dik iletkenlik değerinin yaklaşık iki katıdır. Gaz permeabilitesinde daha da büyük farklar vardır. Liflere paralel yöndeki gaz permeabilitesi, liflere dik yöndeki gaz permeabilitesinin 103 katıdır [37]. Dolayısıyla uçucu maddelerin odundan lif yönü doğrultusunda uzaklaşmaları daha kolaydır. Yanan bir tomruk enine kesitinde oluşan yoğun alevlerin nedeni de yanıcı uçucu gazların bu noktalardan olan yoğun çıkışıdır [38].

Ağaç malzemenin yanabilirliğinin yanında, yanma hızı ve derecesi özel bir öneme sahiptir. Yanma olayı oksijen yokluğunda gerçekleşmediğinden geniş enine kesitli ağaç malzeme yüzeyinde yavaş bir yanma olduktan sonra kömürleşme başlar. Sıcaklık yükseldiğinde, malzemedeki yüzeyde tutuşarak yanan gazlar çıkar. Sıcaklık

daha da arttığında yüzeyde kömürleşme (charring) başlar. Şekil 2.4'de kömürleşmenin oluşum örneği görülmektedir.



Şekil 2.4. Ağaç malzemedeki kömürleşmenin oluşumu.

Yangın geciktiricilerle işlem görmüş ağaçların kömür tabakasının mikroyapısal incelemesi yapıldığında; işlem görmemiş ağaca göre farklı kömürleşme olduğu, bu kömürleşme içerisinde yangın geciktiricilerin makro parçaların bulunduğu ve bu parçalarında kömürleşme derecesi ve kömürün görünümü üzerinde etkili olmaktadır [39].

Ağaç malzemenin termik iletkenliği düşük olup, çeliğin % 0,4'ü, bakırın % 0,05'i kadardır. Bu nedenle izolasyon malzemelerinden olan mantar, alçı vb. ile aynı gruba girmektedir. Bu sebeple yanma sırasında yüzeydeki sıcaklığın iç kısımlara iletilmesini sınırlamakta, rutubeti sıcaklıkla birlikte azalmakta, kömürleşmenin ilerlemesiyle artmaktadır. Odun kömürü ısıyı ağaç malzemeye göre 1/2 ile 1/3 oranında daha az iletir. Bu nedenle yanma artığı olan odun kömürleri duvarda daha iyi bir izolasyon maddesi olarak başarı ile kullanılabilir. Sonuç olarak ağaç malzeme yüzeyinden iç kısımlara iletilen ısı, malzeme içerisinde bulunan yanıcı gazların dışarıya çıkarılmasına yetmediğinden yüzeydeki tutuşmada durmaktadır. Çevredeki yanan eşyaların sıcaklık artışı olmadığı sürece, ağaç da kömürleşme derecesi gittikçe azalmaktadır [27].

Ağaç malzemede kömürleşme derecesi, boyutlarındaki azalma olarak değerlendirilirken, bir yandan diğer tarafa doğru yanma hızı ağırlık kaybı olarak dikkate alınmaktadır. Büyük yapısal elamanlarda kömürleşme derecesi (charring rate), boyutların taşıdığı yüke destek olması nedeniyle önem taşımaktadır. Kömürleşme derecesi; detaylı dizayn yanında ısı iletkenliği ve yoğunluğu gibi tasarımda göz önüne alınması gereken iki faktöre bağlıdır [35].

Russell vd. ağaç malzemenin termal degradasyonunu 3 kademeli olarak açıklamaktadır. Birinci aşamada ağaç malzemenin pirolizi ya da ısınması ile kömür (katı kalıntı), katran (sıvı kalıntı) ve gazlar oluşmaktadır. Ağaç malzemenin tipi ve yanma koşullarına bağlı olarak gaz fazındaki madde miktarı artmaktadır. İkinci aşamada ise uçucu gazların oksijen ile reaksiyonu gerçekleşmektedir. Reaksiyonun gerçekleşmesi için uygun bir tutuşturucu kaynağın olması gerekmektedir. Üçüncü aşamada ekzotermik reaksiyon sonucunda oluşan ısı katı ağaç malzeme/kömür'ün pirolizinin devam etmesini sağlamaktadır. Böylece daha fazla miktarda uçucu madde açığa çıkmaktadır. Dolayısı ile oluşan ısı tekrar ağaç malzeme yüzeyine dönmekte ve bir döngü oluşturmaktadır. Bu döngü ağaç malzemenin etrafının tamamen kömür ile kaplanıp bütün olası gazların çıkışına kadar devam etmektedir [41].

Ağaç malzemenin farklı sıcaklıklara gösterdiği tepkileri Çizelge 2.1'de özetlemiştir.

Çizelge 2.1. Ağaç malzemenin farklı sıcaklıklara gösterdiği tepkileri.

Sıcaklık (°C)	Reaksiyonlar
100-200	Ağaç malzeme düzenli olarak ağırlık kaybeder ve CO ₂ gibi yanıcı olmayan gazlar, az miktarda formik asit, asetik asit ve su buharı meydana gelir.
160	Lignin'in bozunmasıyla birlikte ağaç malzeme yüzeyinde kömürleşmiş tabaka oluşumu başlar.
200-260	Ekzotermik reaksiyonlar başlar. Parçalanma ürünleri olan gazların ve yüksek kaynama noktasına sahip katran oluşum miktarının artması ekzotermik reaksiyonların başlamasının işaretidir. Ayrıca, düşük kaynama noktasına sahip hidrokarbonların açığa çıktığı alanlarda yanma görülür.
275-280	Kontrolsüz olarak yüksek miktarda ısı açığa çıkar. Metanol, etonoik asit ve bu maddelerin homologları olan gaz ve sıvı ürünlerde artış olur.
280	Gaz çıkışı ve kömürleşmiş tabaka oluşumu hızlanır. 280–320 °C lik sıcaklık aralığında reaksiyonlar oldukça ekzotermiktir.
300	Eğer bu noktada yeterli oksijen varsa gaz karışımı tutuşur. Yanma, ağaç malzemenin kendi yüzeyinden ziyade yüzeyin biraz üzerinde gaz fazda devam eder. Bu noktada ısı kaynağının ortamdaki uzaklaştırılmasından sonra da ağaç malzeme yanabilir. Ağaç malzeme, özelliğine bağlı olarak 300–400 °C sıcaklık aralığında tutuşur. Yanma bütün ağaç malzeme bileşenlerinin ve uçucu gazların yanmasına kadar devam eder. Yanma yaklaşık 450 °C sıcaklığa kadar devam eder.
450	Geriye kömür kalır. Karbondioksit, karbonmonoksit ve suyun okside olması ile degradasyon daha da ileri gider.

200 °C'nin altındaki sıcaklıklarda malzeme tutuşmaz ve odun bileşenlerinin bozunması yavaşlar. Oda sıcaklığının üstündeki derecelere doğru ısıtıldığında higroskopik bileşenlerinden çıkan suyun absorblanması sonucu ilk etki

endotermiktir. Bu endotermik etki, suyun kaynama derecesinin oldukça üzerindeki bir sıcaklık derecesi olan 200 °C'yi geçince devam eder. Çünkü suyun bir kısmı bağlı su olup, bir kısmı da karbonhidratların bozunmasıyla oluşmaktadır [35].

200 °C'nin üzerindeki sıcaklık derecelerinde malzemede oluşan termik olaylar, hızlı piroliz, tutuşma, yanma, korlaşma veya kor halinde yanma, alevlenme veya alevin yayılması, duman ve zehirli gazların oluşumudur [12].

500 °C sıcaklık seviyesi üzerinde ağaç malzeme hızlı termal bir bozunmaya uğramaktadır. Hızlı termal bozunma sonucunda ağaç malzeme biyolojik bir yakıtta dönüşmektedir. 500 °C ile 1300 °C sıcaklıklar arasında ağaç malzeme katranı, kömür ve gazlardan oluşan birçok ürün elde edilmektedir [42].

Ağaç malzemeler yanma için gerekli olan oksijeni sağlayan çevrede belirli yüksek sıcaklık şartlarına maruz kaldıklarında tutuşurlar. Bu dış etkiler neticesinde çözünme ve ayrışmayla malzeme gaz ve kömür kalıntısına dönüşür. Bu etkiler neticesinde ısıl çözünmeden sonra, kömür yerinde yanabilir veya alevli yanarak veya için için yanarak dağılabilir. Çıkan gazlar havadaki oksijene karışarak yanma aleviyle birleşir. İçin için yanma alevli veya alevsiz olarak ilerler böylece termal bozunmanın işareti olarak etkilenmiş kısımlarda bir kaç dakika içerisinde ağırlık kaybıyla birlikte bir renk değişmesi olur [43].

Tutuşma iki şekilde gerçekleşir. Bunlar; kontrollü ve kontrolsüz tutuşmadır Kontrollü tutuşma, termal bozunma neticesinde çıkan gazlar için tutuşma kaynağı olarak hizmet gören bir alevin bulunmasıdır. Tutuşma şekli tutuşma olayının anlaşılması bakımından önemlidir [43].

Birçok faktörün tutuşma üzerinde etkili olmasından dolayı, ağaç malzemenin belirli bir tutuşma sıcaklığı yoktur. Bunun için bütün olaylara tatbik edilecek özel bir tutuşma değerini vermek mümkün değildir. Selülozik maddelerin, yayılan (radiant) ısıtması için kontrolsüz geçici tutuşma 600 °C olarak belirlenirken, kontrollü geçici tutuşma 300-410 °C belirlenmektedir. Sürekli alevli tutuşma 320 °C'den daha yüksek

sıcaklıkta elde edilebilir. Ağaç malzemenin konveksiyonel ısıtılması ile kontrolsüz tutuşma 270 °C'ye kadar düşer [43].

2.2.3. Yangının Yapı Malzemelerine Etkileri

Günümüzde yapı elemanlarının yangına dayanıklılık deneyleri, testi yapılacak yapı elemanının bir bölümünün uygun bir fırına yerleştirilmesi ile başlar. Daha sonra, eğer uygunsa, numuneye gerekli şekilde kuvvet yüklenir ve fırın içinde belirli bir sıcaklık - zaman eğrisini sağlamak amacıyla kontrol altında tutulan sıvı veya gaz yakıt, alevi başlatır. Numunenin üzerinde, bir açıklık ya da aleve maruz kalmayan arka yüzeyinde belirli bir sıcaklık değeri oluşmadan, yapısal olarak sabit kaldığı süre yangın dayanımı olarak ifade edilir Bu çalışmalarda, malzeme ya da konstrüksiyonun gerçek bir yangında dayanımını kestirebilmek için kurulan simülasyonların de, gerçek yangın koşullarının özelliklerini göstermesi istenir. Oluşturulan yangınla, gerçek yangın arasındaki bağıntıyı ifade edecek bir özellik olarak yangın şiddeti kavramı kullanılır [44].

Yangın ortamında bulunan yapı elemanları (kolon, kiriş, döşeme, duvar vb.) ile yapı malzemeleri (kaplamalar, mobilyalar, döşemeler vb.), yangının klasik ısı transferi yöntemleriyle tutuşmaya uğrarlar. Bu durum yangın şiddetini arttıran önemli bir unsurdur. Teknoloji geliştikçe çeşitlenen yapı malzemelerinin kimyasal yapılarının özellikleri dikkate alındığında, yangın gelişiminin kolaylaştığı görülebilir. Bu durumun aynı zamanda insan sağlığı üzerinde de birincil derecede olumsuz etkileri gözlenmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yangın sonucu ölümlerin yaklaşık % 70-75'inin, oluşan duman ve dumanın zehirlilik gücü (lethal effect) ile dumanın diğer ölümcül etkilerinden (sublethal effect) kaynaklandığı rapor edilmektedir [45].

Yangın ortamında bulunan yapı elemanları (kolon, kiriş, döşeme, duvar vb.) ile yapı malzemeleri (kaplamalar, mobilyalar, döşemeler vb.), yangının klasik ısı transferi yöntemleriyle tutuşmaya uğrarlar. Bu durum yangın şiddetini arttıran önemli bir unsurdur. Teknoloji geliştikçe çeşitlenen yapı malzemelerinin kimyasal yapılarının özellikleri dikkate alındığında, yangın gelişiminin kolaylaştığı görülebilir. Bu durumun aynı zamanda insan sağlığı üzerinde de birincil derecede olumsuz etkileri

gözlenmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yangın sonucu ölümlerin yaklaşık % 70-75'inin, oluşan duman ve dumanın zehirlilik gücü (lethat effect) ile dumanın diğer ölümcül etkilerinden (sublethal effect) kaynaklandığı rapor edilmektedir [45].

Harç ve beton malzemelerin yangına dayanımları, bağlayıcının direnci ile ilişkilidir. Çimento hamurunun sıcaklıklara göre davranışı farklılık gösterir. Çimento hamuru ilk ısınma ile genişir, sonra büzölmeye uğrar ve sonuçta tekrar dengeleyici bir genişme gösterir. 100 °C de termik genişmeye uğrayan çimento hamurundan 98-102 °C de fiziki bağılı suyun büyük miktarı çıkar. 102 °C ile 530 °C 1er arasında, özellikle 300-500 °C arasında kimyasal bağılı suyun ayrılmasıyla bir daralma görülür. 530 °C üzerindeki dengeleyici ısı genişmeleri, hidratların tekrar artan sıcaklıklarda okside olmaları ve yapısal dağılmalara rastlanmaktadır. Harç ve betonlar kanşım nispetlerine göre, tabii taşlarda göröldüğü gibi ısı genişmeye uğrarlar Bağlayıcının büzölme etkisi harç ve betonların azalan bağlayıcı miktan ile düşer. Çakıllar ve iri kumlar 575 °C sıcaklıkta % 0,7 ile % 1,4 lük bir genişme gösterirler. Bu nedenle, çakıl ve iri kumlar yangına mukavim harç ve betonlar için uygun değildir [46].

Bu gerçeklerden hareketle, yangınla mücadele kavramının yanında yangın güvenliğı kavramı hızla gelişmektedir. Yangın güvenliğı kavramının temel mantığı, yangının çıkma olasılığını ve yangın çıktıktan sonra yayılmasını mümkün olduğunca engellemeye dayanmaktadır. Özellikle bina yangınlarında geliştirilen önlemler aktif ve pasif güvenlik önlemleri olarak iki gruba ayrılmıştır. Aktif güvenlik önlemleri ağırlıklı olarak yangınla mücadeleye yönelik sistem ve malzemeleri kapsamaktadır. Pasif güvenlik önlemleri ise, bina tasarım aşamasından itibaren can güvenliğinin ve tahliye yönelik alınan önlemleri ifade etmektedir [47].

Yangın hemen hemen her yapıda meydana gelebilecek büyük bir tehlikedir. Hatta yangına karşı en iyi bir şekilde korunmuş olan ahşap yapılarda dahi yangın tehlikesi tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Binalarda yapı şekillerinin yangında önemli etkileri bulunmaktadır. Ağıaç yapılar genel olarak; ağır ve büyük boyutlu ahşap yapılar, orta boyutlu ahşap yapılar ve küçük boyutlu hafif ahşap yapılar olmak üzere üç kategoride toplanırlar [48].

Ağaç malzeme yanabilir olmasına karşın, diğer yapı malzemelerine göre yangına katkısının minimum düzeyde olduğu ve yangının ilk aşamalarında da olsa mükemmel direnç özellikleri gösterdiği bilinmektedir. Yangının yayılmasına karşı nisbeten yüksek direnç gösterirken, önemli bir tahribat veya direncinde hızlı bir azalma oluşmamaktadır. Örneğin, çelik ergime noktasına ulaştığında aniden çökerken, özellikle çelik kısımları çevreleyen ve demir aksamı içine alan beton meydana gelen gerilim farkından dolayı çatlamakta veya parçalanmaktadır. Beton içerisindeki demir çubuklar ergime noktasına ulaştıklarında yüksek bir gerilme etkisi altında kaldıklarından yapının tümünün çökmesi önlenirse bile büyük ölçüde tahrip olunmasına engel olunamamaktadır. Hatta demir ve çelik aksam ergime noktasına ulaşmadan yangın söndürülmesine rağmen, meydana gelen gerilmeler nedeniyle deformasyonların ve ayrılmaların bir süre daha devam ettiği bildirilmektedir [49].

Ağaç malzemenin yanabilir olmasına karşın, diğer yapısal materyallere oranla yangına katkısının minimum düzeyde olduğu ve yangının ilk aşamalarında da olsa mükemmel bir direnç özelliği gösterdiği bilinmektedir. Yangının yayılmasına karşı ağaç malzeme yüksek direnç gösterirken, önemli bir tahribat veya direncinde hızlı bir azalma gözlenmemektedir [50].

Yapı malzemesi olarak kalın ahşap kullanmak yanma noktasının uzatılmasının diğer bir yoludur. Dış yüzey yanar ve odun kömürüne dönüşür. Ahşabın yanmasıyla oluşan odun kömürü çok etkili bir ısı yalıtkanıdır. Bu yüzden geniş kalaslar çok yavaş yanarlar. Buna ilaveten ahşap da çok iyi ısı yalıtkanıdır. Kalın bir parça ahşap yanıyorken dış yüzeyin ısısı 1000 °C iken iç kısımdaki ısı hala 40 °C'dir. Bu sebepten dolayı kiriş ve kolon gibi kalın yapı malzemeli binalar yangında kolayca çökmezler. Diğer bir yönden çelik konstrüksiyonlarda ısı çoğalınca çelik deforme olur ve dayanıklılığı azalır ve çöker. Ahşabın kullanıldığı yerlerde güvenlik için yangına karşı koruyucu önlemler alınmalıdır. Bu durumda ahşap tehlikeli bir malzeme değildir [29].

Ağaç malzemedeki ısı iletkenlik katsayısının küçük oluşu ve bunun yanısıra kesitinin artmasıyla da tutuşma gecikir. Yanmayla birlikte dış yüzeyinden başlayarak çevresel kömürleşme başlar. Kömür tabakası kalınlaştıkça ısının içeri girip kritik dereceye

erişmesi o ölçüde zorlaşır. Çünkü odun kömürü ısıyı kötü iletir (0.03 K.Cal /m h °C). Bu kömür tabakası, kesitin içerisinde kalan kısmın uzun süre yangına karşı dayanıklı kalmasını sağlamaktadır [51].

Ağaç malzeme tutuşma sıcaklığına eriştikten sonra ortaya çıkan gazlar oksijenle birleşerek uzun alevli bir yanmaya dönüşür. Reçine oranının fazla olması yanmayı hızlandırıcı rol oynar. Yanma süreci içinde sıcaklığın artması daha çok gaz çıkarmasına ve yangının devamına yol açar [49].

Binalarda kullanılan yapı elemanlarının ve malzemelerinin yangın dayanımlarının arttırılmaları da pasif güvenlik önlemleri kapsamında değerlendirilen çalışmalardır. Bu alandaki çalışmalar başlıca iki nokta üzerinde yoğunlaşmaktadır. Malzemelerin yanma düzeyleri ile ilgili standartları geliştirmek, zor yanar malzemelerin kullanımını kolaylaştırıp yaygınlaştırmak ve malzemelerin yanması sonucu oluşan zararlı gazların tespit edilip insan sağlığı üzerindeki etki mekanizmalarını aydınlatmak. Yapı elemanları ve malzemelerinin yangın dayanımlarının arttırılması sonucu, binaların yapısal çökmelere karşı daha dirençli olacağını, yanma sonucu oluşan dumanın, zehirliliğinin karmaşık yapısının ve yangın şiddetinin azalacağını düşünmek olasıdır [45].

2.3. ÇALIŞMADA KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİNE AİT GENEL BİLGİLER

2.3.1. Sarıçam (Pinus Sylvestris L.)

Çamlar, Pinaceae familyasının en önemli cinslerinden biridir. Ülkemizde 5 tür ile temsil edilmektedir. Sarıçam 30-45 m boy, 0,6-1,0 m çap yapmakta, gövde şekli düzgün ve dolgun olup, kullanılabilir gövde uzunluğu 18-20 m dir. Diri odun 5-10 cm genişlikte, sarımsı beyaz renkte, öz odun kırmızımsı sarı ve kırmızımsı kahverengindedir. Kesimden sonra daha da koyulaşır. Yıllık halka sayıları belirgin ve hafif dalgalıdır. Yaz odunu koyu renkli olup, açık renkli ilkbahar odunu ile kontrast meydana getirir. Odunu mat olup, parlak değildir. Taze halde iken reçine

kokuludur. Dekoratif bir görünüşü vardır. Odunu oldukça sert ve orta ağırlıktadır [52].

Mevcut çam türleri içerisinde en geniş coğrafi yayılımı olan Sarıçam, Avrupa ve Asya'da yaklaşık 3700 km eninde ve 14700 km uzunluğunda çok geniş bir yayılım alanına sahiptir. Ülkemizde saf ve karışık olarak bir milyon hektara yakın bir saha üzerinde yayılmıştır. Kuzey Doğu Anadolu, Ardahan, Oltu, Posof, Sarıkamış dolaylarında çoğunlukla saf, Yanlıçam Dağları'nda saf veya Ladin ve Gökmar gibi diğer ağaç taksonları ile karışık olarak geniş ormanlar kurar. Karadeniz Bölgesi'nde Of, Sürmene, Artvin, Rize, Gümüşhane, Giresun, Amasya, Sinop ve Abant çevresinde geniş bir yayılım gösteren Sarıçam Türkiye toplam orman alanının % 5,5'ini oluşturmaktadır [53-55].

Yetiştirme muhiti Sarıçam odununun özellikleri üzerine çok etkilidir. Yüksek rakımlarda yıllık halkalar dar, deniz seviyesine yakın yerlerde ise geniştir. Dağlık bölgelerde yetişen üstün özellikli odunlarda koyu renkli bir öz odunu vardır. Alçak yerlerde yetişen üstün özellikli odunlarda da koyu renkli öz odunu oluşur. Kötü yetiştirme koşullarında öz odunu oluşmaz. Boyuna reçine kanalları enine, radyal ve teğet kesit düzlemlerinde çıplak gözle rahatlıkla görülür [56].

İlkbahar odunu traheitlerinin radyal çeperlerindeki kenarlı geçitler çoğunlukla üniseridir. Yaz odunu traheitlerinin teğet çeperlerinde de nadiren küçük çaplı kenarlı geçitlere rastlanabilir. Özışınları üniseri ve heterojendir. Özışını yüksekliği 15 hücreyi geçmez. Enine traheidler, özışını paranzim hücrelerine göre daha bol miktarda olup, çeperleri belirgin testere dişi gibi kalınlaşma içerir. Enine traheitler bol miktarda küçük kenarlı geçitler içermektedir. Boyuna traheitlerle özışını paranzim hücrelerinin karşılaşma yerlerinde pencere şeklinde geçitler vardır. Reçine kanalları normal boyuna ve enine kanallardır. Boyuna kanallar genellikle yaz odunu zonunda yer alır. Kanalların epitel hücreleri ince çeperlidir. Boyutları 100-150 mikrondur. Enine reçine kanalları öz ışınları mültiresidir [56].

Traheidlerin oduna katılım oranı % 93,1'dir. traheidlerin uzunluğu 1,8-4,5 mm ve teğet çapları 10-50 μm 'dur. Özışınları heterojen ve üniseridir. Enine reçine

kanallarının bulunduğu özışınları multiseridir. Özışınları genellikle 1-12 bazen 15 den fazla hücrelidir. Karşılaşma yeri geçitleri 1-2 adet pencere tipindedir. Boyuna reçine kanalları tek tek ve çoğunlukla yaz odunu içinde ve çapları 100-150 µm olup epitel hücreleri ince çeperlidir. Sarıçam odununda selüloz miktarı % 40-57, lignin miktarı % 25-29, pentozan miktarı % 8-11 ve alkol benzende çözünen ekstraktif madde miktarı % 3,4'dür [57].

Sarıçam odunu kolay kurutulur, çatlama ve dönüklüğe eğilimi azdır. İyi işlenebilme ve yapışma özelliğine sahiptir. Yüzey işlemlerinde, reçine sızıntısı nedeniyle güçlük meydana gelir. Öz odunu oldukça dayanıklı, diri odunu mantar ve böceklerle karşı hassas, odunun rutubeti % 25'ten fazla olduğu hallerde, 20-25 °C sıcaklıklarda mavi renk oluşumu görülür. Öz odun orta derecede güç, diri odun kolay emprenye edilmektedir. Binalarda iç ve dış maksatlarda, emprenye edildiğinde toprak ve su tahkimatında, maden direği, tel direği ve travers olarak, kaplama levha ile kâğıt endüstrisinde ve mobilya yapımında kullanılmaktadır [52,54].

Tam kuru yoğunluğu (D_0) 0,49 g/cm³, hava kurusu yoğunluğu (D_{12}) 0,52 g/cm³ tür. E-modülü 11700 N/mm², eğilme direnci (σ_E) 98 N/mm², liflere paralel çekme direnci (σ_g) 102 N/mm², liflere paralel basınç direnci (σ_B) 54 N/mm² dir [52].

Liflere paralel basınç direnci, 550 kg/cm², eğilme direnci, 1000 kg/cm², makaslama direnci, 100 kg/cm², dinamik eğilme direnci 0,4 kg/ cm², yarıma direnci 4,6 kg/ cm² 'dir [58].

2.3.2. Doğu Kayını (Fagus Orientalis L.)

Fagaceae familyası türlerinden olup, ülkemizde doğal olarak yetişmektedir. Diri odun ile öz odun arasında renk farkı yoktur. 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 [52].

Doğu kayını, genel görünüşü bakımından kardeş tür olan Avrupa kayını'na çok benzer. Avrupa kayınına göre daha yerel bir coğrafi yayılımı vardır. Kafkasya, Kuzey İran, Türkiye ve Kuzey Doğu Avrupa' da yayılır. Türkiye' de asıl yayılımını ve en iyi gelişimini Karadeniz sahillerinde yapmaktadır. Doğu'da Türk-Rus sınırından başlayarak tüm Karadeniz sahilleri boyunca batıya doğru Demirköy, Kırklareli bir başka deyişle, Istranca dağlarına kadar uzanır. Doğu kayını 30-40 m.'ye kadar boylanabilen bir metrenin üzerinde çap yapabilen dolgun ve düzgün gövdeli birinci sınıf orman ağacıdır. Yaprakları elips ve ters biçiminde sivri ya da kısa uçludur [55,59].

Dağınık küçük traheli yapraklı ağaç grubundandır. Trahe çevresindeki paranzim hücrelerinde tül oluşmaktadır. Besi suyu iletme görevi yapan boyuna yönde vasküler traheidler bulunur. Kalın ve yüksek öz ışınları radyal kesitte parlak öz ışını levhaları oluşturur. Her üç kesitte de öz ışınları açık olarak görülür. Enine kesiti genellikle tek renklidir. 80-100 yaşından sonra kırmızı kahverengi bir öz odunu oluşur. Yaşlı ağaçlarda öz çürümüş durumdadır. Yıl halkaları enine kesitte oldukça belirgindir. Sonbahar halkası ilkbahar halkasına göre daha koyuca renktedir. Teğet kesitte ince parlak çizgiler, radyal kesitte sivri uçlu iğler şeklinde sıralanmıştır [52,60].

Odun tabii halde kırmızımsı beyaz, fırınlanmış halde tuğla kırmızısı renktedir. İleri yaşlarda Meydana gelen kırmızımsı kahverenkli ve içerisinde daha koyu şeritler bulunan bir öz odun (kırmızı yürek) oluşur. Genellikle 80-100 yaşlarında oluşan bu yalancı öz odunu kusur sayılır. Kırmızı yürek odunun doğal güzelliğini bozar ve emprenye edilemez. Ayrıca, gevrek yapılı olup asitli koku yayar [58].

Ülkemizde mobilya yapımında kullanım alanı en geniş ağaçtır. Her çeşit masif mobilya işinde, iç doğramalarda, merdiven basamak ve korkuluklarında, parke döşemelerinde, dilme ve soyma kaplama olarak, yonga levha (Sunta) yapımında, araba ve ambalaj sanayinde, kalıp işlerinde, oturma mobilyası, bükme sandalye, alet sapı, iş tezgâhı, okul sırası yapımında, torna işlerinde çok kullanılır. Kimyasal boyalarla, değişik renklere boyanmaya elverişlidir. Her çeşit cila ve vernik işlemi başarı ile uygulanabilir [52,60].

Tam kuru yoğunluğu (D_0) 0,68 g/cm³, hava kurusu yoğunluğu (D_{12}) 0,72 g/cm³ tür. E-modülü 15700 N/mm², eğilme direnci (σ_E) 120 N/mm², liflere paralel çekme direnci (σ_g) 132 N/mm², liflere paralel basınç direnci (σ_B) 60 N/mm² dir [52].

Liflere paralel basınç direnci, 644 kg/cm², eğilme direnci, 870 kg/cm², makaslama direnci, 150 kg/cm², dinamik eğilme direnci 1,0 kg/ cm², yarıma direnci 8,6 kg/ cm²'dir [58].

İşlenmesi kolaydır. Körleştirme etkisi orta derecededir. Soyulabilir, kesilebilir, çok iyi tornalanabilir. Yapıştırma ve yüzey işlemlerinde güçlük yoktur. Boyanması iyi değildir. İyi renk verilebilir ve iyi cila kabul eder [52].

Geniş bir kullanım alanına sahiptir. Masif mobilya, bükme mobilya, spor aletleri, alet sapları, tornacılıkta, kontrplak, kaplama levha, parke, fiçı sanayinde, karoser yapımı, yonga levha, lif levha ve kâğıt odunu olarak, emprenye edildiği takdirde travers yapımında kullanılır. Ayrıca odun kömürü yapımında da değerlendirilmektedir [52].

2.3.3. Sapelli (*Entandrophragma Cylindricum*)

Diri odun 3-8 cm genişlikte, beyazsımsı ile sarımsı renkte, öz odun oldukça koyu kırmızımsı kahverengi ile morumsu kahverengi bir renge sahiptir. Tekstür oldukça ince, lif yapısı grift bazen dalgalı, iğne çizikli, radyal yüzeylerde yeknesak dar şeritli küçük öz ışını aynacıkları belirgin, parlak ve dekoratiftir. Ağaç boyu ortalama 45 m, kullanılabilir gövde uzunluğu 15-25 m, gövde orta çapı 0,7-1,17 m arasında değişebilmektedir.

Tam kuru yoğunluğu (D_0) 0,62 g/cm³, hava kurusu yoğunluğu (D_{12}) 0,65 g/cm³ tür. E-modülü 10000 N/mm², eğilme direnci (σ_E) 114 N/mm², liflere paralel çekme direnci (σ_g) 88 N/mm², liflere paralel basınç direnci (σ_B) 56 N/mm² dir [52].

2.3.4. Kestane (Castanea)

Kestane türlerinden *Castaneasativa*(Anadolu kestanesi) ülkemizde doğal yayılış göstermektedir. Oldukça sert ve orta ağırlıkta (D12: 0.63 g/cm³), mat, dekoratif bir odunu vardır. Kurutulmasıgüç, eğilme kabiliyeti düşük, şok direnci orta derecede olup, kolay işlenir ve kolay yarılr [61].

Yapıkerestesi, mobilya, gemi kerestesi, tel direği, mutfak yağlarıile meyve sularıve ucuzşaraplar için kullanılan fiçılar, baston, şemsiye, alet sapları, bahçe kapıları, çit direği, küfe ve sepet yapımında, tornacılıkta, genç sürgünleri 'bambu' taklidi olarak mobilya sanayiinde kullanılmaktadır [61].

2.3.5. Uludağ Gökmar (Abies bornmülleriana Mattf)

Odunu sarımsı veya kırmızımsı beyaz renktedir. Yaz odunu kırmızımsı veya morumsu kahve renkli olup, açık renkli ilkbahar odunundan belirgin bir Çekilde ayırt edebilir. 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 inÇaat sektöründe yapı malzemesi olarak kullanılır. Ayrıca kutu, kafes, ambalaj, sandık, fiçi, oyuncak vb. yapımında tercih edilir. [58].

2.3.6. Dişbudak (Fraxinus)

Kuzey yarı kürede Dişbudaklar zeytingiller familyasının Fraxinus cinsini oluşturur. Diş budaklar bileşik yapraklı ağaçlardır; her yaprak, aynı yaprak sapına bağlı olan, genellikle tek sayıda bir kaç yaprakçıktan oluşur ve yaprakları kışın dökülmektedir.

Ülkemiz ormanlarından % 0,4'nü kaplayan Dişbudakların ülkemizde bulunan türleri ve yayılış alanları şöyledir; Çiçekli dişbudak (*Fraxinus ornus*): Türkiye'nin kıyı bölgelerinde yetişir. Adi Dişbudak (*Fraxinus excelsiar*): Marmara ve Karadeniz bölgelerinde yaygın bölgelerinde yaygın olarak bulunur. Sivri meyveli Dişbudak (*Fraxinus oxyucorpa*): Türkiye genelinde görülür.

2.3.6.1. Dişbudak Ağacının Teknolojik Özellikleri

Yaşlı ve kalın çaplı ağaçlarda diri odun dar bulunduğu için bu ağacın yüksek olan elastiklik özelliğinden faydalanmak için özel olarak yetiştirmek ve yüksek çaplara erişmeden kesmek gerekmektedir. Odunu hafif, sert, dayanıklı, düz damarlı, elastikiyeti yüksek ve yüksek şok mukavemeti yüksek ve yüksek şok mukavemetine sahiptir.

2.3.6.2. Dişbudak Ağacının Kullanım Alanları

Esnek ve bükülebilir olduğu için tekne yapımında yaygın olarak kullanılmakta beraber tenis raketi vb. spor araçlarının yapımında da kullanılmaktadır. Türkiye’de park, bahçe ve caddelerde gölgelik ve süs ağacı olarak yetiştirilir. Koku, renk ve tat verici maddeler içermediğinden kuru ya da sıvı besin maddeler için fiçı yapımında da kullanılmaktadır.

Diş budak ağacının ahşap sanayiinde kullanım alanları; spor malzemesi, mobilya yapımı, parke yapımı, araba yapımı, bükme eşya yapımı, uçak malzemesi yapımı, sandal kürekleri yapımı, fiçı yapımı, alet sapı yapımı ve vagon yapımıdır.

Genel Kültür: Diş budak ağacının en tanıtıcı özelliklerinden biri meyveleridir. Tek tohumlu ve kanatlı olan meyveler dönerek havada uçabilirler.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD

3.1. AĞAÇ MALZEME

Bu çalışmada; ahşap yapı ve mobilya sektöründe yaygın olarak kullanılan Sarıçam (*Pinus Sylvestris L.*), Doğu kayını (*Fagus Orientalis L.*), Dişbudak (*fraxinus*), Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana Mattf*), Anadolu Kestanesi (*Castanea*), Sapelli (*Entandrophragma Cylindricum*) ağaçları kullanılmıştır.

Denemede kullanılan ağaç malzeme, piyasadan “Rasgele Seçim” yöntemi ile temin edilmiştir. Temin edilen ağaç malzemeler, hava kurusu hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra yapılacak olan deneylere göre ağaç malzemelerden kaba kesim yapılmıştır. Harmanlama işlemi kontrol grubunu ve diğer grupları temsil edecek şekilde yapılmıştır. Ağaç malzemenin budaksız, reçinesiz, büyüme kusurları bulunmayan, sağlam, düzgün lifli olmasına dikkat edilmiştir. Örneklerin hazırlanma işlemi Karabük Üniversitesi Safranbolu Meslek Yüksekokulu Uygulama Atölyesi, Ahşap Kültürünü Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

3.2. DENEYLERDE KULLANILAN KİMYASALLAR

3.2.1. Sıvı Azot

Bu proje kapsamında; Sıvı azot endüstriyel anlamda, sıvı havanın kısmi distilasyonu ile ya da gaz halindeki havadan mekanik olarak (basınçlı ters osmos yöntemi) elde edilir. Azot, hayvan dışkılarının, üre ve ürik asit halinde büyük kısmını oluşturur. Moleküler azot, büyük oranda Satürn'ün Ay'ı Titan'ın atmosferinde bulunur. Ayrıca,

yıldızlar arası uzayda da varlığı David Knauth ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarla saptanmıştır.

Moleküler azot, atmosferde reaktif değildir fakat doğada, canlı organizmalar (bakteriler) tarafından biyolojik ve endüstriyel anlamda faydalı bileşiklere dönüştürülür. Endüstriyel anlamda azot ve doğal gaz, Haber prosesi ile amonyağa dönüştürülür. Amonyak da ya gübre olarak ya da patlayıcılar gibi başka maddelerin üretiminde (Ostwald prosesi ile nitrik asit üretimi) başlangıç maddesi olarak kullanılır. Sıvı azotun fiziksel ve atom özellikleri Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çalışmada sıvı azot empenye maddesinin retensiyonunu artırmak için kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Sıvı azotun fiziksel ve atom özellikleri.

Fiziksel Özellikler		Atom Özellikleri	
Maddenin hali	Gaz	Kristal yapısı	Hegzagonal
Yoğunluk	0,001251 g/cm ³	Yükseltgenme seviyeleri	±3, 5, 4, 2 (kuvvetli asidik oksit)
Sıvı haldeki yoğunluğu	0,808 g/cm ³	Elektronegatifliği	3,04 Pauling ölçeği
Ergime noktası	-210,00 °C	İyonlaşma enerjisi	1402,3 kJ/mol
Kaynama noktası	-195,79 °C	Atom yarıçapı	65 pm
Ergime ısısı	0,720 kJ/mol	Atom yarıçapı (hes.)	56 pm
Buharlaşma ısısı	5,57 kJ/mol	Kovalent yarıçapı	75 pm
Isı kapasitesi	29,124 (25 °C) J/(mol·K)	Van der Waals yarıçapı	155 pm

3.2.2. Boraks (Na₂B₄O₇H₂₀)

Boraks, taze haldeki kerestenin difüzyon metodu ile empenyesinde kullanılan bir maddedir. Kereste kalınlığı ile ilgili olarak % 5-15 konsantrasyon tavsiye edilir. Boraks ve sodyum pentaklorfenat kerestenin mavi renk almasını ve küf mantarları teşekkülünü önler. Bu maddeler yongaların depo edilmesi halinde de koruyucu olabilmektedirler.

Ayrıca borlu bileşiklerin polietilen glikol'ü (PEG) çözeltileri, sulu çözeltilerine göre diğer empenye maddelerine oranla tüm yıkanma süreleri itibarıyla daha olumlu yönde daralmayı engelleyici etki göstermişlerdir [62].

Periyodik sistemin üçüncü grubunun başında bulunan bor elementi, kütle numaraları 10 ve 11 olan iki kararlı izotopundan oluşur. Bor elementi yer kabuğunda % 0,001 oranında, deniz suyunda ise 3-5 (ppm) düzeyinde bulunur. Bor yüksek sıcaklıkta su ile reaksiyona girerek borik asit ve bazı diğer ürünler oluşturur. Mineral asitleri ile reaksiyonu, konsantrasyona ve sıcaklığa bağlı olarak yavaş veya patlayıcı olabilir ve ana ürün olarak borik asit oluşur.

Çizelge 3.2. Boraks'ın teknik özellikleri.

Bileşimi	% 21,28 Na ₂ O % 47,80 B ₂ O ₃ % 30,92 H ₂ O
Molekül ağırlığı	291,3
Özgül ağırlığı	1,815 g/cm ³
Dökme ağırlığı	980 kg/m ³
Erime noktası	741 °C

3.3. DENEY METODU

3.3.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney örneklerinin hazırlanmasında Sarıçam, Doğu kayını, Gökmar, Kestane, Dişbudak, Sapelli ağaçlarından seçilen örnekler, TS 345, TS 1476 standartlarına göre, ağacı temsil edecek şekilde budaksız, ardaksız, sağlam, düzgün lifli, diri odun kısmından, reçinesi ve büyüme kusuru bulunmayan parçalardan seçilerek hazırlanmıştır. Deney numune ölçüleri ASTM-E-69'a göre 9,5x19x1016mm ± 0,8mm boyutlarında düzgün şekilde kesilmiştir.

Sarıçam, Doğu kayını ve Uludağ Gökmarı, Dişbudak, Anadolu keşanesi, Sapelli ağaçlarına kimyasal malzeme olarak sıvı azot ve boraks kullanılmıştır. Deneyler için 15 adet deney numunesi hazırlanmıştır. Buna göre; 4x15=60 adet Sarıçam, 4x15=60 adet Doğu kayını, 4x15=60 adet Göknar, 4x15=60 adet Dişbudak, 4x15=60 adet Keşane, 4x15=60 adet Sapelli ağaç malzeme olmak üzere toplam 360 adet örnek hazırlanmıştır.

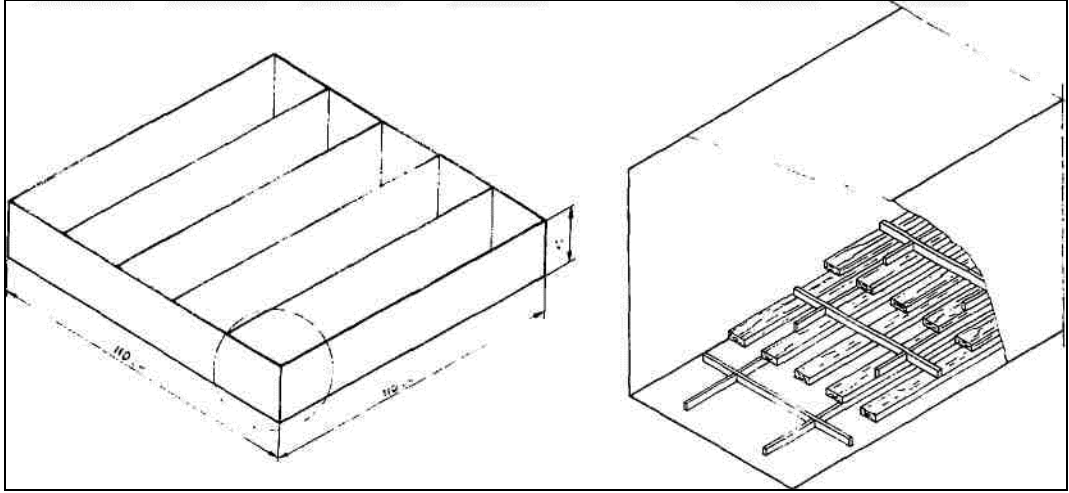
ASTM-E-69'a göre yanma testi yapılacak malzemelerin rutubeti tam kuru ağırlığına oranla % 12 ± 3 olması gerekmektedir. Bunun için örnekler iklimlendirme dolabında 20 °C ± 2 °C ve % 65 ± 5 bağıl nemde % 12 rutubet dengesi oluşuncaya kadar kurutulmuştur.

3.3.2. Sıvı Azot Muamelesi

% 12 rutubete getirilen deney örnekleri retensiyon miktarlarındaki değişimi ve etkisini belirlemek için sıvı halde ve -195 °C de bulunan sıvı azot tankında 1 saat süre ile bekletilmişlerdir. Alınan rnekler emprenye öncesi % 12 rutubete getirilmek için iklimlendirme dolabında denge rutubetine erişinceye kadar bekletilmişlerdir.

3.3.3. Emprenye

9,5x19x1016 mm boyutlarında hazırlanan deney örnekleri emprenye işlemine tabi tutulmadan önce iklim odasında 20 °C ± 2 °C ve % 35 ± 5 bağıl nemde % 7 rutubete kadar kurutulmuştur. Bu durumda 0,01 g hassasiyetle ölüm yapan analitik terazide tartılmışlardır. Daha sonra Şekil 3.1'de gösterilen camdan yapılan ve beş ayn bölmeden oluşan havuzda, her bir bölmedeki kimyasal madde zelteleri içerisinde 36 saat süreyle bekletilmişlerdir. Deney rnekleri st üste istiflenirken emprenye zeltisinin yüzeyle temasını sağlamak için istif aralarına plastik talar yerleştirilmiş ve zelti üzerinde yzmemeleri için ağırlıklar konulmuş ve zeltinin deney örneklerinin st yüzeyinden 4 cm fazla olması sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Deney örneklerinin emprenyesinde kullanılan cam havuz düzeneği.

3.3.4. Özgül Ağırlıklar

3.3.4.1. Hava Kuru Özgül Ağırlık

Örneklerin rutubetleri TS 2471, özgül ağırlıkları TS 2472 esaslarına uyularak belirlenmiştir. Buna göre; deney örnekleri 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 3 bağıl nem şartlarındaki kabinde değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletildikten sonra 0,001 g duyarlıklı analitik terazide tartılmış, boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı kumpas ile ölçülerek hacimleri stereometrik metot ile belirlendikten sonra hava kuru haldeki ağırlık (M_{12}) ve hacim (V_{12}) değerine göre hava kuru özgül ağırlık (δ_{12});

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \text{ g/cm}^3 \quad (3.1)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Burada;

M_{12} : Örnek ağırlığı (g), V_{12} : Örnek hacmi (cm^3) ifade etmektedir.

3.3.4.2. Tam Kuru Özgül Ağırlık

Deney örneklerinin tam kuru özgül ağırlık değerlerini belirlemek için hava kuru haldeki örneklerden yararlanılmıştır. Bu maksatla TS 2472 esaslarına uyulmuştur. Buna göre hava kuru haldeki örnekler 103 ± 2 °C sıcaklıktaki havalandırılabilen etüvde değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Tam kuru hale gelen örnekler, kurutma fırınından alınarak içerisinde CaCl_2 bulunan desikatörde soğutulduktan sonra 0,001 g duyarlıklı elektronik terazide tartılmıştır. Örneklerin boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri stereo metrik metod ile hesaplandıktan sonra tam kuru özgül ağırlıkları (δ_0), tam kuru ağırlık (M_0) ve hacim (V_0) değerlerine göre;

$$\delta_0 = \frac{M_0}{V_0} \text{ g/cm}^3 \quad (3.2)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

3.3.4.3. Çözelti Retensiyon Tespiti

Emprenye yapıldıktan sonra deney örnekleri emprenye havuzundan çıkartılarak üzerindeki fazla sıvı maddenin atılması amacı ile düzgün olarak istiflenmiştir. Daha sonra iklimlendirme odasında $20 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ ve $\% 65 \pm 5$ bağıl nemde $\% 12$ rutubete kadar kurutuldu. Kurutulan örnekler 0,01 hassasiyette analitik terazide tartılmıştır. Emprenye öncesi ve sonrasında ağaç malzemenin $\% 12$ rutubette absorbe ettiği emprenye maddesi miktarı aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

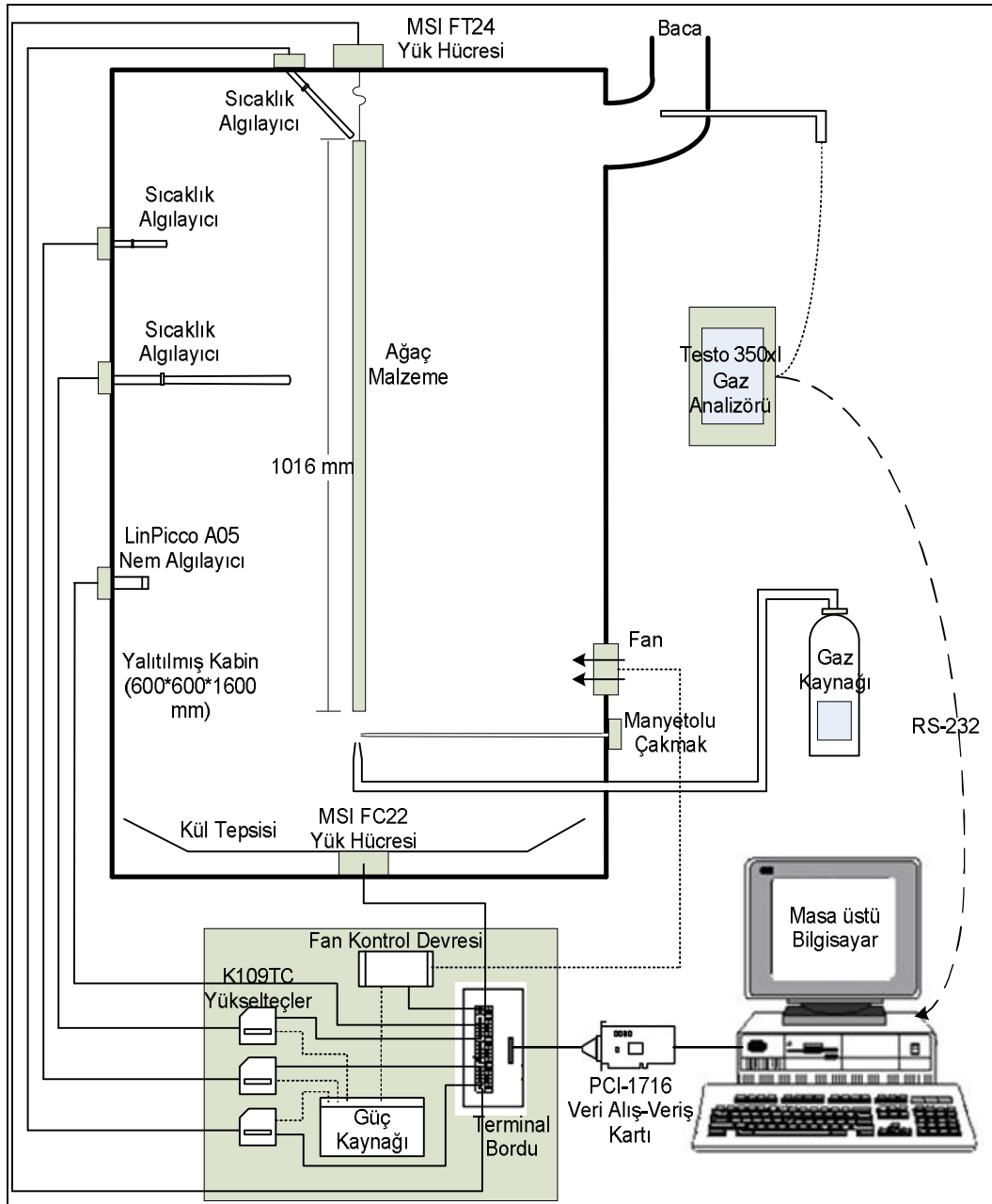
$$R = \frac{M_{7es} - M_{7eö}}{M_{7eö}} \times 100 \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte;

R: Retensiyon, $M_{7eö}$: Deney numunesinin emprenye öncesi $\% 12$ rutubetteki ağırlığı, M_{7es} : Deney numunesinin emprenye sonrasındaki $\% 12$ rutubetteki ağırlığı

3.3.5. Yanma Deneyi

Yanma deneyleri, ASTM E-69 prensiplerine göre hazırlanmış bilgisayar kontrollü ağaç malzeme yanma düzeneğinde yapılmıştır. Yanma deneyi, her örnek için 4 dakika alev kaynaklı ve 6 dakika alev kaynaksız yanma olmak üzere toplam 10 dakika boyunca devam etmektedir. Yanma düzeneği Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Bilgisayar kontrollü yanma düzeneği.

3.3.6. Baca Gazı Analizi

Baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL üç parçadan oluşmaktadır. Bunlar; kontrol ünitesi, analiz kutusu ve Prob'dur.

Baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL Şekil 3.3' de verilmiştir.



Şekil 3.3. Analiz cihazı testo t350 xl ana parçaları.

Baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL bazı ölçüm parametreleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.3. Baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL bazı ölçüm parametreleri.

	Sıcaklık Ölçümü	CO Ölçümü
Ölçüm Aralığı	-40 ile +1200 °C	0-8000 ppm
Doğruluk	±0.5 °C (0 ile +99.9 °C)	±20 ppm
Çözünürlük	0.1/1°C (+1000°C)	% 0.1
Sıcaklık Sensörü	: Type K (NiCr-Ni)	Elektrokimyasal ölçü hücresi
Tepki Süresi	t 90 <30s	t 90 <30s

Çizelge 3.4. Baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL bazı ölçüm parametreleri.

	NO ölçümü	O ₂ ölçümü
Ölçüm Aralığı	0 ile NO max	% 0–21
Doğruluk	±% 0.2	± % 0.2
Çözünürlük	% 0.1	% 0.1
Sıcaklık Sensörü	Elektrokimyasal ölçü hücresi.	Elektrokimyasal ölçü hücresi
Tepki Süresi	t 90 <30s	t 90 <20s

3.4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, ağaç türü, üst yüzey işlem türleri, malzemelerin alevli - alevsiz yanma direnci ve yanma ürünü olarak açığa çıkan gazlar araştırılmıştır. Bu verileri belirlemek amacıyla deneylerden elde edilen sonuçlara SPSS istatistik paket programı kullanılarak 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 MALZEMELERİN ÖZGÜL AĞIRLIKLARI

Kullanılan ağaç malzemelerin tam kuru ve hava kurusu özgül ağırlıkları ölçülerek elde edilen değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kullanılan ağaç malzemelerin özgül ağırlık değerleri (g/cm³).

Ağaç Türü	Tam Kuru Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Hava Kurusu Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Azot Uygulaması Sonrası Özgül Ağırlık (g/cm ³)
Sarıçam	0.48	0.52	0.51
Doğu kayını	0.61	0.65	0.62
Dişbudak	0.59	0.63	0.62
Kestane	0.53	0.58	0.57
Gökmar	0.37	0.40	0.39
Sapelli	0.63	0.67	0.65

Hava kurusu yoğunluk değeri en yüksek Sapelli ağaç malzeme de daha sonra Kayın ağaç malzeme de bulunmuştur. En düşük hava kurusu yoğunluk değeri ise gökmar ağaç malzemedeki bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Boraks ile emprenye edilen ağaç malzemelerin retensiyon değerleri (%).

Ağaç Türü	Kontrol	Azot Uygulanmış
Sarıçam	1.73	2.29
Doğu kayını	1.64	1.86
Dişbudak	1.82	2.01
Kestane	1.56	2.38
Gök nar	2.11	2.78
Sapelli	2.16	2.18

Uzun süreli daldırma yöntemi ile emprenye edilen ağaç malzemelerin, kimyasal maddelerin tutunma oranları(retensiyon) % 1,64 ile 2,78 arasındadır. En yüksek tutunma oranı azot uygulanmış Gök nar ağaç malzeme de, en düşük tutunma oranı ise azot uygulanmamış kestane ağaç malzeme de tespit edilmiştir.

4.2. YANMA DENEYLERİNİN SONUÇLARI

4.2.1. Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

4.2.1.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	4.13	3.09	3.64	3.21
2*	8.86	7.44	7.36	6.36
3*	13.97	14.64	10.52	8.75
4*	20.68	23.92	13.41	11.45
5*	27.68	29.91	17.35	14.21
6*	35.03	37.81	21.90	17.66
7*	42.11	44.78	26.58	22.86
8*	47.43	50.17	29.29	27.40
9	56.17	56.93	30.89	28.33
10	63.81	66.10	31.96	28.54
11	73.80	76.11	32.46	29.30
12	82.81	82.73	32.55	29.72
13	87.74	86.80	33.05	30.20
14	89.85	90.29	33.16	31.21
15	95.29	91.42	33.65	32.80
16	96.53	94.06	33.74	33.34
17	97.10	96.43	33.82	33.46
18	97.46	97.40	34.28	33.56
19	97.67	98.50	34.44	33.81
20	98.16	98.77	34.64	33.93
* Alev Kaynaklı Yanma				

Sarıçam ağaç malzemesinin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % ağırlık kaybı ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla ağırlık kaybı, % 50.17 ile azot uygulanmış örneklerinde, en az ağırlık kaybı % 27,40 ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı, % 98,77 ile yine azot uygulanmış örneklerinde, en az ağırlık kaybı, % 33,93 ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir.

4.2.1.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

Doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Doğu kayını ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	1.52	2.71	2.40	2.85
2*	2.78	5.37	6.43	4.17
3*	5.55	7.32	8.87	5.70
4*	10.20	12.59	11.45	8.99
5*	17.19	19.05	15.08	13.42
6*	26.92	29.92	17.34	16.80
7*	37.33	39.54	19.46	18.96
8*	45.90	46.70	23.66	22.83
9	52.94	50.96	24.02	23.97
10	61.68	58.73	25.38	24.08
11	72.07	67.53	26.26	25.09
12	76.56	76.44	26.89	25.70
13	86.83	85.66	27.09	26.14
14	91.71	92.17	28.45	26.40
15	95.03	94.31	29.61	26.86
16	95.47	95.65	30.10	27.42
17	96.67	96.38	31.73	28.97
18	97.21	96.80	32.59	30.39
19	97.78	97.31	34.99	30.99
20	98.02	98.66	36.07	31.37
* Alev Kaynaklı Yanma				

Doğu kayını ağaç malzemesinin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % ağırlık kaybı ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla ağırlık kaybı. % 46,70 ile azot uygulanmış örneklerinde, en az ağırlık kaybı % 22,83 ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı. % 98,66 ile yine azot uygulanmış örneklerinde. en az ağırlık kaybı. % 31,37 ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir.

4.2.1.3. Dişbudak Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

Dişbudak ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Dişbudak ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	2.52	3.71	2.36	2.78
2*	3.78	5.37	6.14	4.02
3*	7.55	9.32	8.44	5.46
4*	12.20	17.59	10.86	8.55
5*	19.19	23.05	14.28	12.71
6*	29.92	32.92	16.40	15.89
7*	40.33	41.54	18.39	17.92
8*	47.90	49.70	21.34	21.56
9	52.94	50.96	22.68	22.63
10	61.68	58.73	23.96	24.74
11	72.07	67.53	24.78	26.68
12	76.56	76.44	25.38	27.26
13	86.83	85.66	26.56	30.67
14	91.71	92.17	27.84	32.92
15	95.03	94.31	29.93	33.35
16	95.47	95.65	31.39	33.87
17	96.67	96.38	32.93	34.33
18	97.21	96.80	34.73	34.67
19	97.78	97.31	34.99	36.23
20	98.19	99.03	35.01	36.89
* Alev Kaynaklı Yanma				

Dişbudak ağaç malzemesinin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % ağırlık kaybı ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla ağırlık kaybı. % 49,70 ile azot uygulanmış örneklerinde, en az ağırlık kaybı % 21,56 ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı. % 99,03 ile yine azot uygulanmış örneklerinde. en az ağırlık kaybı. % 36,89 ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir.

4.2.1.4. Kestane Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

Kestane ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kestane ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	2.57	3.33	3.37	4.11
2*	6.79	7.17	5.29	7.62
3*	12.94	11.16	7.41	12.51
4*	19.08	16.72	11.60	15.42
5*	27.03	27.94	14.32	17.27
6*	36.19	36.88	17.15	18.16
7*	42.29	43.66	20.66	19.26
8*	48.92	50.28	22.12	19.75
9	55.32	58.10	24.63	20.14
10	63.77	62.84	26.24	21.86
11	70.49	73.00	27.96	23.47
12	74.36	79.78	33.65	25.74
13	79.43	85.46	36.42	27.51
14	81.24	89.66	39.25	29.84
15	87.57	91.91	40.42	32.18
16	91.26	93.59	41.16	33.38
17	94.01	95.03	41.41	34.14
18	96.73	96.41	41.67	37.44
19	97.17	97.34	42.23	39.16
20	99.05	99.45	42.69	41.28
* Alev Kaynaklı Yanma				

Kestane ağaç malzemesinin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % ağırlık kaybı ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla ağırlık kaybı. % 50,28 ile azot uygulanmış örneklerinde, en az ağırlık kaybı % 19,75 ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı. % 99,45 ile yine azot uygulanmış örneklerinde. en az ağırlık kaybı. % 41,28 ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir.

4.2.1.5. Gökmar Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

Gökmar ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Gök nar ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	3.97	4.00	3.85	3.21
2*	7.12	9.97	5.76	6.36
3*	11.14	17.97	8.39	8.75
4*	16.43	27.50	12.81	11.45
5*	27.52	37.16	18.05	14.21
6*	37.43	43.72	25.31	17.66
7*	46.70	50.27	27.10	22.86
8*	51.50	53.14	30.24	25.40
9	60.30	58.86	30.92	28.33
10	66.37	69.35	31.73	28.54
11	76.70	82.70	32.54	29.30
12	83.38	87.47	33.45	29.72
13	87.50	88.42	33.88	30.20
14	90.20	92.76	34.02	31.21
15	93.22	94.76	36.27	32.80
16	95.08	95.99	37.41	33.34
17	96.50	96.99	39.67	33.46
18	97.50	97.24	39.89	33.56
19	98.81	99.39	30.61	33.81
20	99.44	99.45	40.12	33.93
* Alev Kaynaklı Yanma				

Gök nar ağaç malzemesinin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % ağırlık kaybı ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla ağırlık kaybı. % 53,14 ile azot uygulanmış örneklerinde, en az ağırlık kaybı % 25,40 ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı. % 99,45 ile yine azot uygulanmış örneklerinde. en az ağırlık kaybı. % 33,93 ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir.

4.2.1.6. Sapelli Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % Ağırlık Kaybı Değerleri

Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Sapelli ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	2.96	1.30	2.18	0.95
2*	4.53	2.67	3.68	1.81
3*	6.54	5.78	4.95	2.92
4*	9.53	10.14	7.55	4.38
5*	15.53	16.30	9.80	9.62
6*	23.51	23.48	14.08	12.86
7*	30.59	31.55	17.19	16.62
8*	37.93	39.94	19.33	18.59
9	41.86	47.14	20.07	19.93
10	48.92	55.87	22.91	21.48
11	52.84	63.63	25.37	24.52
12	56.52	69.67	27.74	25.62
13	59.93	75.61	29.53	29.26
14	68.81	80.55	30.07	30.47
15	76.29	85.51	32.67	31.72
16	80.29	89.35	34.83	32.95
17	86.66	92.15	37.02	33.42
18	90.18	95.61	37.82	35.14
19	95.96	97.87	38.28	36.37
20	98.57	98.92	38.97	36.85
* Alev Kaynaklı Yanma				

Sapelli ağaç malzemesinin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % ağırlık kaybı ortalama değerleri çizelgesi sonuçlarına göre; alev kaynaklı yanma sonunda en fazla ağırlık kaybı. % 39,94 ile azot uygulanmış örneklerinde, en az ağırlık kaybı % 18,59 ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı. % 98,92 ile yine azot uygulanmış örneklerinde en az ağırlık kaybı. % 36,85 ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir.

4.2.1.7. Ortalama Ağırlık Kaybı Değerlerinin Çoklu Varyans Analiz Sonuçları

Çizelge 4.9. Çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	4535752.904(a)	479	9469.213	4816.752	.000
Sabit Terim	8321671.250	1	8321671.250	4233025.879	.000
A: Ağaç Türü	33214.082	5	6642.816	3379.034	.000
B: İşlem Türü	1504869.236	3	501623.079	255163.105	.000
C: Ölçüm zamanı	2310096.109	19	121584.006	61846.741	.000
Etkileşim A*B	11140.165	15	742.678	377.782	.000
Etkileşim A*C	13597.248	95	143.129	72.806	.000
Etkileşim B*C	642862.944	57	11278.297	5736.988	.000
Etkileşim A*B*C	19973.120	285	70.081	35.649	.000
Hata	8492.653	4320	1.966		
Toplam	12865916.806	4800			
Düzeltilmiş Toplam	4544245.557	4799			
R ² = 0,959					

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; ağaç türü, işlem türü ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.9). Bununla birlikte ağaç türü-işlem türü, ağaç türü ölçüm zamanı, işlem türü ölçüm zamanı ve ağaç türü-işlem türü-ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün % ağırlık kaybı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Ağaç Malzeme Türü	İşlem Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
Sarıçam	Kontrol 1	61.8140	fg
	Azot Uygulanmış 2	62.3650	fg
	Emprenye Uygulanmış 3	26.4345	abc
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 4	24.5050	abc
Doğu kayını	Kontrol 5	58.4680	ef
	Azot Uygulanmış 6	58.6900	ef
	Emprenye Uygulanmış 7	22.8935	abc
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 8	21.0550	a
Dişbudak	Kontrol 9	58.6900	ef
	Azot Uygulanmış 10	59.7085	ef
	Emprenye Uygulanmış 11	22.4195	abc
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 12	23.1565	abc
Kestane	Kontrol 13	59.3105	ef
	Azot Uygulanmış 14	60.9855	fg
	Emprenye Uygulanmış 15	26.9825	bc
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 16	24.0120	abc
Gökmar	Kontrol 17	62.3365	fg
	Azot Uygulanmış 18	65.3555	g
	Emprenye Uygulanmış 19	27.6010	c
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 20	24.4050	abc
Sapelli	Kontrol 21	49.3975	de
	Azot Uygulanmış 22	54.1520	d
	Emprenye Uygulanmış 23	22.7020	abc
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 24	21.2740	ab

Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, azot uygulanmış, emprenye uygulanmış ve azot ve emprenye uygulanmış, Sarıçam, Doğu kayını, Dişbudak, Kestane, Gökmar, Sapelli ağaç malzeme örneklerinin % ağırlık kaybı ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde ağaç malzemelerin istatistiksel olarak karşılaştırılmalarının yapılması sonucu, tüm emprenye uygulama işlemlerinde Sarıçam ve Doğu kayını, Dişbudak, Sapelli ağaç malzeme örnekleri arasında fark görülmemiştir.

4.2.2. Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

4.2.2.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.11’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Ortalama üst sıcaklık değerleri (°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	63.70	84.7	111.40	89.66
2*	80.51	107.9	131.60	109.54
3*	101.37	133.6	149.66	126.64
4*	125.96	161.3	175.40	147.45
5*	155.44	189.3	196.20	165.32
6*	184.84	214.0	215.06	181.46
7*	207.54	235.9	219.73	199.15
8*	231.28	261.7	216.20	207.78
9	288.68	300.2	209.13	207.19
10	395.73	376.6	190.86	189.67
11	510.07	473.2	176.73	173.39
12	551.79	548.5	164.66	159.44
13	541.86	557.2	154.86	147.70
14	491.80	536.0	145.93	139.11
15	426.43	482.5	139.60	131.36
16	362.00	410.8	131.33	124.27
17	312.85	355.2	126.40	116.91
18	274.92	316.5	121.53	111.43
19	244.54	288.0	117.06	106.23
20	223.73	254.6	103.06	102.50
* Alev Kaynaklı Yanma				

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen üst sıcaklık ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en

yüksek üst sıcaklık 551,79 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük üst sıcaklık 219,73 °C ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.2.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

Doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.12’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Ortalama üst sıcaklık değerleri (°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	75	80	72	81
2*	91	100	84	95
3*	108	118	95	107
4*	135	136	109	122
5*	164	158	130	142
6*	199	186	156	157
7*	239	213	178	165
8*	268	238	189	177
9	313	266	200	184
10	417	327	208	187
11	556	495	215	195
12	680	654	224	206
13	723	740	236	219
14	711	724	217	205
15	641	707	209	198
16	531	561	186	184
17	452	473	174	172
18	398	412	163	161
19	358	367	151	145
20	318	329	139	132

* Alev Kaynaklı Yanma

Doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen üst sıcaklık ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek üst sıcaklık 723 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük üst sıcaklık 236 °C ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.2.3. Dişbudak Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

Dişbudak ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.13’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Ortalama üst sıcaklık değerleri (°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	73	77	72	80
2*	88	96	83	93
3*	103	113	93	103
4*	129	129	105	117
5*	156	150	124	135
6*	188	176	147	148
7*	225	201	167	156
8*	252	224	177	166
9	294	250	187	173
10	391	307	194	175
11	420	463	201	183
12	535	511	209	192
13	575	591	219	204
14	464	476	202	192
15	399	361	195	185
16	297	325	174	173
17	223	243	164	162
18	173	186	154	152
19	136	144	143	138
20	99	109	132	126
* Alev Kaynaklı Yanma				

Dişbudak ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen üst sıcaklık ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek üst sıcaklık 575 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük üst sıcaklık 591 °C ile azot uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.2.4. Kestane Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

Kestane ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.14’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Ortalama üst sıcaklık değerleri (°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	75.4	99.9	85.9	83.1
2*	98.1	128.2	102.6	101.6
3*	123.8	159.2	119.4	118.4
4*	152.9	183.2	134.1	138.6
5*	178.9	206.0	150.1	154.1
6*	201.4	220.3	163.4	159.7
7*	228.8	243.1	165.6	166.4
8*	253.0	268.6	163.4	166.8
9	281.9	297.6	156.0	164.5
10	341.5	352.3	140.1	154.2
11	445.4	425.1	132.7	140.1
12	467.8	416.8	125.6	129.0
13	399.4	381.7	116.0	120.6
14	347.5	297.8	109.9	112.7
15	309.7	255.6	102.3	106.4
16	280.6	228.6	97.6	101.2
17	257.8	203.2	92.5	96.3
18	239.6	187.0	88.4	92.3
19	224.4	171.8	85.7	89.4
20	196	159.3	82.0	84
* Alev Kaynaklı Yanma				

Kestane ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen üst sıcaklık ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek üst sıcaklık 467,80 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük üst sıcaklık 165,60 °C ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.2.5. Gökmar Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

Gökmar ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.15’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Ortalama üst sıcaklık değerleri (°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	55.2	115.6	118.0	89.7
2*	75.4	152.8	140.0	109.5
3*	98.1	198.4	157.2	126.6
4*	123.8	229.6	176.0	147.5
5*	152.9	260.4	195.6	165.3
6*	178.9	283.2	211.0	181.5
7*	201.4	300.8	211.6	199.2
8*	228.8	320.8	207.2	207.8
9	253.0	349.6	198.3	207.2
10	281.9	396	182.7	189.7
11	341.5	402.8	168.9	173.4
12	445.4	374	157.2	159.4
13	467.8	346.8	147.6	147.7
14	399.4	314	139.7	139.1
15	347.5	280	134.3	131.4
16	309.7	253.6	127.1	124.3
17	280.6	224.8	122.1	116.9
18	257.8	210	116.3	111.4
19	239.6	195.2	112.1	106.2
20	224.4	182.4	107.4	102.5
* Alev Kaynaklı Yanma				

Gök nar ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen üst sıcaklık ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek üst sıcaklık 467,8 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük üst sıcaklık 211,6 °C ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.2.6. Sapelli Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Üst Sıcaklık Değerleri

Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.16'da, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Ortalama üst sıcaklık değerleri (°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	62.0	67.7	78.9	79.3
2*	82.0	80.4	96.5	94.3
3*	102.7	98.0	112.1	115.3
4*	124.7	117.8	128.7	137.3
5*	151.7	139.9	143.1	157.7
6*	170.3	164.6	153.7	168.0
7*	180.0	190.1	156.7	174.0
8*	204.3	216.8	156.3	163.7
9	224.7	255.2	150.4	158.3
10	255.7	317.1	137.7	135.0
11	297.0	395.7	126.3	122.3
12	342.3	446.4	115.8	112.3
13	383.7	469.7	107.1	102.7
14	456.0	456.1	100.1	97.3
15	424.7	410.9	93.8	91.7
16	389.0	355.5	88.8	87.3
17	354.7	298.4	84.0	82.7
18	320.3	257.6	80.5	79.7
19	277.7	233.2	77.1	77.3
20	232.0	211.2	73.6	74.7
* Alev Kaynaklı Yanma				

Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen üst sıcaklık ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek üst sıcaklık 456 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük üst sıcaklık 156,7 °C ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.17. Ağaç malzeme örneklerindeki üst sıcaklık ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	80530978.110(a)	479	168123.128	546.420	.000
Sabit Terim	217022850.814	1	217022850.814	705349.735	.000
A: Ağaç Türü	3654253.536	5	730850.707	2375.351	.000
B: İşlem Türü	23007076.159	3	7669025.386	24925.233	.000
C: Ölçüm zamanı	25645238.296	19	1349749.384	4386.844	.000
Etkileşim A*B	1428397.532	15	95226.502	309.497	.000
Etkileşim A*C	5615992.718	95	59115.713	192.133	.000
Etkileşim B*C	17445157.482	57	306055.394	994.716	.000
Etkileşim A*B*C	3734862.387	285	13104.780	42.592	.000
Hata	1329182.772	4320	307.681		
Toplam	298883011.696	4800			
Düzeltilmiş Toplam	81860160.882	4799			
R ² = 0,959					

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; ağaç türü, işlem türü ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, ölçülen üst sıcaklık ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte ağaç türü-işlem türü, ağaç türü ölçüm zamanı, işlem türü ölçüm zamanı ve ağaç türü-işlem türü-ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, ölçülen üst sıcaklık ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün üst sıcaklık ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün üst sıcaklık ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Ağaç Malzeme Türü	İşlem Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
Sarıçam	Kontrol 1	288.75	e
	Azot Uygulanmış 2	314.38	f
	Emprenye Uygulanmış 3	159.82	b
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 4	146.81	b
Doğu kayını	Kontrol 5	368.85	g
	Azot Uygulanmış 6	364.20	g
	Emprenye Uygulanmış 7	166.75	b
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 8	161.70	b
Dişbudak	Kontrol 9	261.00	cd
	Azot Uygulanmış 10	256.60	cd
	Emprenye Uygulanmış 11	157.10	b
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 12	152.65	b
Kestane	Kontrol 13	255.19	d
	Azot Uygulanmış 14	244,25	c
	Emprenye Uygulanmış 15	120,66	a
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 16	123.97	a
Gök nar	Kontrol 17	248.15	c
	Azot Uygulanmış 18	269.54	d
	Emprenye Uygulanmış 19	156.50	b
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 20	146.81	b
Sapelli	Kontrol 21	251.77	c
	Azot Uygulanmış 22	259.12	c
	Emprenye Uygulanmış 23	113,0	a
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 24	115,5	a

Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, azot uygulanmış, emprenye uygulanmış ve azot ve emprenye uygulanmış, Sarıçam, Doğu kayını, Dişbudak, Kestane, Gök nar, Sapelli ağaç malzeme örneklerinin üst sıcaklık ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir. Etkileşimlerde ağaç malzemelerin istatistiksel olarak karşılaştırılmalarının yapılması sonucu, tüm emprenye uygulama işlemlerinde Sarıçam ve Doğu kayını, Dişbudak, Sapelli ağaç malzeme örnekleri arasında fark görülmemiştir.

4.2.3. Ölçülen % O₂ Değerleri

4.2.3.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O₂ Değerleri

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % O₂ ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.19'da, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir.

Çizelge 4.19. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde % O₂ ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	20.75	20.50	20.30	20.05
2*	20.51	19.59	19.80	19.75
3*	20.19	18.81	19.26	19.64
4*	19.95	18.17	19.19	19.59
5*	19.65	17.65	18.91	19.31
6*	19.32	17.50	18.76	19.10
7*	18.95	17.39	18.54	19.07
8*	18.60	17.35	19.25	19.05
9	18.25	17.28	19.44	19.29
10	17.95	17.25	19.88	19.86
11	17.67	17.24	20.54	20.25
12	17.41	17.77	20.76	20.51
13	17.32	18.48	20.82	20.56
14	17.55	19.07	20.84	20.65
15	18.17	20.02	20.87	20.71
16	18.76	20.59	20.96	20.73
17	19.76	20.77	20.97	20.73
18	20.56	20.83	20.97	20.74
19	20.86	20.82	20.97	20.74
20	20.94	20.85	20.98	20.74
* Alev Kaynaklı Yanma				

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % O₂ ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en düşük

% O₂ değeri (en fazla oksijen kaybı) % 17,32 ile kontrol örneklerinde bulunurken, en yüksek % O₂ değeri (en az oksijen kaybı) % 19,25 ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.3.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O₂ Değerleri

Doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % O₂ ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.20’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Doğu kayını ağaç malzeme örneklerinde % O₂ ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	20.85	20.75	20.42	20.48
2*	20.46	20.45	20.26	20.21
3*	19.82	20.02	20.04	20.06
4*	19.26	19.41	19.37	19.73
5*	18.60	18.94	19.33	19.65
6*	17.93	18.28	19.19	19.39
7*	17.39	18.34	18.90	19.34
8*	17.09	18.33	18.80	19.25
9	16.94	18.38	18.74	19.14
10	16.42	18.17	19.15	19.47
11	16.82	17.92	19.40	19.88
12	17.23	17.41	19.60	20.11
13	17.75	17.05	19.83	20.27
14	18.82	16.28	19.95	20.43
15	19.41	17.64	20.28	20.83
16	20.48	20.07	20.67	20.84
17	20.55	20.40	20.85	20.92
18	20.60	20.51	20.96	20.98
19	20.67	20.60	20.97	20.99
20	20.79	20.77	20.97	20.99
* Alev Kaynaklı Yanma				

Doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % O₂ ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en düşük % O₂ değeri (en fazla oksijen kaybı) % 16,42 ile kontrol örneklerinde bulunurken, en yüksek % O₂ değeri (en az oksijen kaybı) % 17,05 ile azot uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.3.3. Dişbudak Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O₂ Değerleri

Dişbudak ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % O₂ ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.21'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Dişbudak ağaç malzeme örneklerinde % O₂ ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	20.47	20.12	20.50	20.13
2*	20.10	19.85	20.20	19.97
3*	19.50	19.71	19.73	19.76
4*	18.93	19.40	19.15	19.11
5*	18.30	19.31	18.70	19.10
6*	17.64	19.10	18.10	18.93
7*	17.12	19.01	18.11	18.65
8*	16.83	18.92	18.10	18.56
9	16.68	18.82	18.15	18.50
10	16.18	19.14	17.94	18.90
11	16.60	19.53	17.70	19.14
12	17.00	19.76	17.21	19.33
13	17.50	19.91	17.90	19.56
14	18.51	20.10	18.61	19.67
15	19.80	20.50	19.43	19.99
16	20.42	20.60	19.80	20.50
17	20.80	20.74	20.41	20.74
18	20.83	20.80	20.71	20.85
19	20.90	20.91	20.90	20.96
20	20.92	20.93	20.96	20.96
* Alev Kaynaklı Yanma				

Dişbudak ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % O₂ ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en düşük % O₂ değeri (en fazla oksijen kaybı) % 16,18 ile kontrol örneklerinde bulunurken, en yüksek % O₂ değeri (en az oksijen kaybı) % 17,21 ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.3.4. Kestane Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O₂ Değerleri

Kestane ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % O₂ ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.22’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Kestane ağaç malzeme örneklerinde % O₂ ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	20.43	20.24	20.54	20.47
2*	20.14	19.77	20.12	20.24
3*	19.34	19.24	19.82	19.88
4*	18.73	18.87	19.67	19.55
5*	18.21	18.71	19.53	19.25
6*	18.10	18.60	19.29	19.16
7*	17.75	18.53	19.21	19.05
8*	16.94	18.45	19.59	19.35
9	16.73	18.21	19.74	19.48
10	16.45	18.33	20.11	19.76
11	16.08	18.56	20.41	19.99
12	16.39	18.98	20.50	20.38
13	17.63	19.51	20.88	20.82
14	18.46	19.97	20.91	20.97
15	19.88	20.16	20.94	20.98
16	20.36	20.36	20.95	20.98
17	20.69	20.53	20.97	20.99
18	20.81	20.65	20.97	20.99
19	20.93	20.77	20.98	20.99
20	20.96	20.85	20.99	20.99
* Alev Kaynaklı Yanma				

Kestane ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % O₂ ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en düşük % O₂ değeri (en fazla oksijen kaybı) % 16,08 ile kontrol örneklerinde bulunurken, en yüksek % O₂ değeri (en az oksijen kaybı) % 19,21 ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.3.5. Gökmar Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O₂ Değerleri

Gökmar ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % O₂ ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.23'te, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Gökmar ağaç malzeme örneklerinde % O₂ ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	20.14	20.66	20.12	20.05
2*	19.77	19.75	19.66	19.75
3*	19.10	18.96	19.37	19.64
4*	18.63	18.32	19.11	19.59
5*	18.50	17.79	18.89	19.31
6*	18.33	17.64	18.83	19.10
7*	18.27	17.53	19.03	19.07
8*	18.18	17.49	19.48	19.05
9	17.85	17.42	19.64	19.29
10	18.05	17.39	19.96	19.86
11	18.40	17.38	20.78	20.25
12	18.90	17.91	20.86	20.51
13	19.54	18.63	20.91	20.56
14	20.21	19.22	20.93	20.65
15	20.29	20.18	20.95	20.71
16	20.35	20.75	20.95	20.73
17	20.50	20.94	20.95	20.73
18	20.60	20.95	20.98	20.74
19	20.72	20.99	20.98	20.74
20	20.83	20.99	20.98	20.74
* Alev Kaynaklı Yanma				

Gökmar ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % O₂ ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en düşük % O₂ değeri (en fazla oksijen kaybı) % 18,05 ile kontrol örneklerinde bulunurken, en yüksek % O₂ değeri (en az oksijen kaybı) % 19,03 ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.3.6. Sapelli Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O₂ Değerleri

Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen % O₂ ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.24'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir.

Çizelge 4.24. Sapelli ağaç malzeme örneklerinde % O₂ ortalama değerleri.

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	20.36	20.46	20.36	20.35
2*	20.01	19.57	19.86	20.10
3*	19.54	18.66	19.61	19.68
4*	19.31	17.88	19.27	19.44
5*	19.03	17.25	19.25	19.17
6*	18.94	16.77	19.28	18.96
7*	18.65	16.38	19.43	19.17
8*	18.40	16.23	19.67	19.36
9	18.47	16.16	19.85	19.74
10	18.85	15.80	20.37	19.88
11	18.93	16.36	20.67	20.28
12	18.97	16.91	20.84	20.53
13	19.05	17.43	20.92	20.76
14	19.23	18.04	20.94	20.87
15	19.34	19.15	20.97	20.91
16	19.81	20.36	20.98	20.95
17	20.08	20.64	20.98	20.98
18	20.39	20.68	20.98	20.98
19	20.73	20.72	20.98	20.99
20	20.90	20.77	20.98	20.99
* Alev Kaynaklı Yanma				

Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen % O₂ ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en düşük % O₂ değeri (en fazla oksijen kaybı) % 18,40 ile kontrol örneklerinde bulunurken, en yüksek % O₂ değeri (en az oksijen kaybı) % 19,25 ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.25. Ağaç malzeme örneklerindeki % O₂ ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	7382.236(a)	479	15.412	461.935	.000
Sabit Terim	1828189.013	1	1828189.013	54796120.363	.000
A: Ağaç Türü	82.791	5	16.558	496.297	.000
B: İşlem Türü	958.465	3	319.488	9575.993	.000
C: Ölçüm zamanı	3960.377	19	208.441	6247.577	.000
Etkileşim A*B	587.795	15	39.186	1174.527	.000
Etkileşim A*C	228.785	95	2.408	72.183	.000
Etkileşim B*C	735.415	57	12.902	386.711	.000
Etkileşim A*B*C	828.609	285	2.907	87.143	.000
Hata	144.130	4320	.033		
Toplam	1835715.379	4800			
Düzeltilmiş Toplam	7526.366	4799			
R ² = 0,959					

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; ağaç türü, işlem türü ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, ölçülen % O₂ ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte ağaç türü-işlem türü, ağaç türü ölçüm zamanı, işlem türü ölçüm zamanı ve ağaç türü-işlem türü-ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, ölçülen % O₂ ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.2.3.7. Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen % O₂ Duncan Testi Sonuçları

Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün % O₂ ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün % O₂ ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Ağaç Malzeme Türü	İşlem Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
Sarıçam	Kontrol 1	19.15	ef
	Azot Uygulanmış 2	18.89	bcd
	Emprenye Uygulanmış 3	19.37	fg
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 4	20.05	jk
Doğu kayını	Kontrol 5	18.89	bcd
	Azot Uygulanmış 6	18.98	cde
	Emprenye Uygulanmış 7	19.88	ij
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 8	20.14	kl
Dişbudak	Kontrol 9	18.74	b
	Azot Uygulanmış 10	19.84	ij
	Emprenye Uygulanmış 11	19.10	de
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 12	19.66	hi
Kestane	Kontrol 13	18.75	bc
	Azot Uygulanmış 14	19,46	gh
	Emprenye Uygulanmış 15	20,30	l
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 16	20,21	kl
Gökmar	Kontrol 17	19.35	fg
	Azot Uygulanmış 18	19.04	de
	Emprenye Uygulanmış 19	20.16	kl
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 20	20.05	jk
Sapelli	Kontrol 21	19.44	gh
	Azot Uygulanmış 22	18.31	a
	Emprenye Uygulanmış 23	20,30	l
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 24	20,2	kl

Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, azot uygulanmış, emprenye uygulanmış, azot ve emprenye işlemi uygulanmış, Sarıçam, Doğu kayını, Dişbudak, Kestane, Gökmar, Sapelli ağaç malzeme örneklerinin % O₂ ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir.

4.2.4. Ölçülen CO Değerleri

4.2.4.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.27’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33’te verilmiştir.

Çizelge 4.27. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	11.8	25	115.3	70.3
2*	27.3	86	190.0	110.3
3*	48.7	126	220.3	127.9
4*	75.1	150	270.7	145.3
5*	117.3	169	238.7	176.3
6*	156.6	206	217.3	236.0
7*	188.5	288	212.3	241.6
8*	247.0	368	182.3	240.6
9	296.6	431	164.5	236.1
10	355.7	475	154.5	232.6
11	410.9	394	137.6	207.4
12	494.5	283	126.7	175.3
13	500.6	237	106.9	113.3
14	449.9	226	97.2	75.4
15	335.0	206	79.8	61.1
16	269.5	172	58.4	53.8
17	199.0	129	54.3	48.3
18	146.5	84	30.6	20.8
19	101.4	47	19.4	11.8
20	61.9	31	9.3	7.8
* Alev Kaynaklı Yanma				

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen CO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek CO değeri 500,62 ppm ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük CO değeri 241,60 ppm ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde bulunmuştur.

4.2.4.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri

Doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.28’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33’te verilmiştir.

Çizelge 4.28. Doğu kayını ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	11	32	3	40
2*	43	99	52	112
3*	120	178	137	167
4*	195	269	203	216
5*	283	322	283	255
6*	324	372	328	288
7*	372	418	360	304
8*	490	501	361	341
9	526	558	365	363
10	549	639	368	345
11	561	750	326	315
12	692	822	306	274
13	707	798	285	260
14	664	728	238	242
15	596	603	206	210
16	513	534	161	188
17	322	413	96	115
18	256	299	65	77
19	192	209	38	49
20	105	136	16	26
* Alev Kaynaklı Yanma				

Doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen CO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek CO değeri 707 ppm ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük CO değeri 363 ppm ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde bulunmuştur.

4.2.4.3. Dişbudak Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri

Dişbudak ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.29'da, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.29. Dişbudak ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	29	45	15	50
2*	54	100	56	110
3*	116	166	125	156
4*	176	241	179	197
5*	246	285	245	230
6*	279	327	282	258
7*	318	365	308	271
8*	412	434	309	302
9	441	481	312	321
10	459	548	315	306
11	469	641	280	281
12	574	700	264	246
13	586	680	247	234
14	551	622	208	219
15	497	518	182	192
16	430	461	145	174
17	278	361	92	113
18	225	266	66	81
19	174	191	44	57
20	104	131	26	38
* Alev Kaynaklı Yanma				

Dişbudak ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen CO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek CO değeri 586 ppm ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük CO değeri 321 ppm ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde bulunmuştur.

4.2.4.4. Kestane Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri

Kestane ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.30'da, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.30. Kestane ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	20	46.1	43.5	49.6
2*	66	87.0	79.3	90.5
3*	140	107.9	131.3	128.4
4*	182	116.1	152.4	157.7
5*	197	145.1	163.1	173.1
6*	212	255.4	174.0	179.2
7*	221	402.1	189.0	185.3
8*	269	465.8	195.2	216.0
9	438	492.3	209.6	212.7
10	542	428.8	229.9	154.4
11	398	274.4	179.4	120.6
12	228	238.6	148.5	84.1
13	189	212.9	132.6	52.9
14	180	186.1	110.4	26.2
15	153	167.5	108.9	13.0
16	96	154.6	102.7	10.1
17	72	137.9	79.0	7.3
18	50	99.9	49.2	5.4
19	30	61.6	18.6	4.1
20	26	45.4	5.1	2.5
* Alev Kaynaklı Yanma				

Kestane ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen CO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek CO değeri 542 ppm ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük CO değeri 216,00 ppm ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde bulunmuştur.

4.2.4.5. Gök nar Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri

Gök nar ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.31’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33’te verilmiştir.

Çizelge 4.31. Gökmar ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	54.5	23.6	49	70.3
2*	96.0	80.8	96	110.3
3*	118.1	109.6	121	127.9
4*	127.1	133.2	154.3	145.3
5*	165.9	145.2	184.0	176.3
6*	316.8	157.2	202.0	236.0
7*	507.2	164.4	217.3	241.6
8*	580.7	202.8	230.0	240.6
9	564.0	338.4	238.7	236.1
10	483.7	421.2	225.0	232.6
11	290.5	306	185.7	207.4
12	262.1	170.4	137.7	175.3
13	234.8	139.2	115.0	113.3
14	201.1	132	52.0	75.4
15	180.9	110.4	23.0	61.1
16	169.1	64.8	8.7	53.8
17	151.6	45.6	4.3	48.3
18	102.1	27.6	3.3	20.8
19	62.1	12	2.3	11.8
20	51.7	8.4	2.0	7.8
* Alev Kaynaklı Yanma				

Gökmar ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen CO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek CO değeri 580,7334 ppm ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük CO değeri 241,60 ppm ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde bulunmuştur.

4.2.4.6. Sapelli Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Değerleri

Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.32’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33’te verilmiştir.

Çizelge 4.32. Sapelli ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	32.0	45.4	32.6	78.0
2*	64.7	74.2	64.0	171.0
3*	99.7	98.2	147.1	195.0
4*	107.7	112	177.9	207.7
5*	114.0	120.4	206.4	222.7
6*	118.7	127	234.4	204.7
7*	144.7	132.4	248.6	198.7
8*	190.0	143.8	228.9	196.3
9	264.3	230.2	201.7	170.0
10	391.3	301.6	164.8	150.3
11	450.7	344.8	134.9	127.0
12	511.3	409.6	119.7	82.0
13	496.3	454.6	102.2	54.7
14	458.3	446.2	87.4	39.7
15	387.7	382.6	59.8	31.0
16	316.0	317.2	45.9	24.3
17	272.3	236.8	32.4	16.0
18	204.7	190	17.0	11.3
19	148.0	140.8	11.1	7.3
20	105.0	99.4	7.6	4.7
* Alev Kaynaklı Yanma				

Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen CO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek CO değeri 511,3 ppm ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük CO değeri 222,7 ppm ile azot ve emprenye uygulanmış örneklerde bulunmuştur.

Çizelge 4.33. Ağaç malzeme örneklerindeki CO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	123662082.882(a)	479	258167.188	8176.635	.000
Sabit Terim	201728835.638	1	201728835.638	6389127.666	.000
A: Ağaç Türü	17638168.758	5	3527633.752	111726.726	.000
B: İşlem Türü	17086279.646	3	5695426.549	180384.759	.000
C: Ölçüm zamanı	47938053.045	19	2523055.423	79909.861	.000
Etkileşim A*B	4374617.486	15	291641.166	9236.818	.000
Etkileşim A*C	11594505.270	95	122047.424	3865.469	.000
Etkileşim B*C	15684511.511	57	275166.869	8715.047	.000
Etkileşim A*B*C	9345947.166	285	32792.797	1038.609	.000
Hata	136398.678	4320	31.574		
Toplam	325527317.198	4800			
Düzeltilmiş Toplam	123798481.560	4799			
R ² = 0,959					

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; ağaç türü, işlem türü ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, ölçülen CO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte ağaç türü-işlem türü, ağaç türü ölçüm zamanı, işlem türü ölçüm zamanı ve ağaç türü-işlem türü-ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, ölçülen CO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.2.4.7. Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen CO Duncan Testi Sonuçları

Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün CO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 4.34’de verilmiştir.

Çizelge 4.34. Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün CO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Ağaç Malzeme Türü	İşlem Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
Sarıçam	Kontrol 1	224,68	ef
	Azot Uygulanmış 2	206,67	cde
	Emprenye Uygulanmış 3	134,31	b
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 4	129,59	b
Doğu kayını	Kontrol 5	376,01	h
	Azot Uygulanmış 6	434,00	j
	Emprenye Uygulanmış 7	209,85	cde
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 8	209,35	cde
Dişbudak	Kontrol 9	324,75	g
	Azot Uygulanmış 10	378,15	h
	Emprenye Uygulanmış 11	185,00	c
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 12	191,80	cd
Kestane	Kontrol 13	185,45	c
	Azot Uygulanmış 14	206,27	cde
	Emprenye Uygulanmış 15	125,08	b
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 16	93,65	a
Gökmar	Kontrol 17	236,01	ef
	Azot Uygulanmış 18	139,64	b
	Emprenye Uygulanmış 19	112,56	ab
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 20	129,59	b
Sapelli	Kontrol 21	243,87	f
	Azot Uygulanmış 22	220,36	def
	Emprenye Uygulanmış 23	113,77	ab
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 24	109,62	ab

Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, azot uygulanmış, emprenye uygulanmış, azot ve emprenye işlemi uygulanmış, Sarıçam, Doğu kayını, Dişbudak, Kestane, Gökmar, Sapelli ağaç malzeme örneklerinin CO ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir.

4.2.5. Ölçülen NO Değerleri

4.2.5.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.35’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.35. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	1.22	2	1	0.8
2*	2.68	4	2.3	3.8
3*	4.12	7	4.1	5.6
4*	5.10	11	5.9	7.0
5*	7.02	15	8.3	9.4
6*	8.78	17	10	11.6
7*	10.45	17	12	13.4
8*	11.05	17	15	14.0
9	12.34	18	17	17.6
10	13.24	20	12	13.8
11	15.25	23	9	10.2
12	15.62	21	6	7.2
13	17.02	17	4.4	4.0
14	13.60	13	3.4	3.2
15	11.45	7	2.1	2.6
16	9.22	3	1.3	2.1
17	5.32	2	0.8	1.1
18	1.81	1	0.6	0.7
19	1.02	1	0.4	0.5
20	0.02	1	0.2	0.3
* Alev Kaynaklı Yanma				

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen NO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek NO değeri 23 ppm ile azot uygulanmış örneklerde bulunurken, en düşük NO değeri 17,02 ppm ile kontrol örneklerinde bulunmuştur.

4.2.5.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri

Doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.36'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41'de verilmiştir.

Çizelge 4.36. Doğu kayını ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	0.3	1.0	0.8	0.8
2*	1.3	2.6	1.8	2.8
3*	4.4	4.2	3.6	3.6
4*	8.3	7.9	5.4	6.0
5*	9.6	9.9	7.2	8.4
6*	10.6	10.2	9.4	10.6
7*	11.4	12.4	11.8	11.4
8*	12.6	13.1	10.6	12.0
9	13.7	14.4	9.4	10.6
10	14.1	15.4	8.4	8.8
11	14.5	16.0	7.0	7.2
12	13.2	17.2	5.8	6.2
13	12.1	14.0	4.4	5.0
14	9.2	10.8	3.4	4.2
15	7.0	6.9	2.1	3.6
16	4.4	5.5	1.3	2.1
17	2.9	3.4	0.8	1.1
18	1.9	2.2	0.6	0.7
19	1.3	1.6	0.4	0.5
20	0.6	1.0	0.2	0.3
* Alev Kaynaklı Yanma				

Doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve işleme görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen NO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek NO değeri 17,20 ppm ile azot uygulanmış örneklerde bulunurken, en düşük NO değeri 14,50 ppm ile kontrol örneklerinde bulunmuştur.

4.2.5.3. Dişbudak Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri

Dişbudak ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.37’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Dişbudak ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	1.0	2.6	2.0	2.1
2*	1.8	4.0	2.8	3.7
3*	4.3	5.3	4.3	4.4
4*	7.4	8.4	5.7	6.3
5*	8.5	10.0	7.2	8.3
6*	9.3	10.3	9.0	10.1
7*	9.9	12.1	11.0	10.7
8*	10.9	12.7	10.0	11.2
9	11.8	13.8	9.0	10.1
10	12.1	14.6	8.2	8.6
11	12.4	15.1	7.0	7.3
12	11.4	16.1	6.1	6.5
13	10.5	13.4	4.9	5.5
14	8.2	10.8	4.1	4.8
15	6.4	7.5	3.0	4.4
16	4.3	6.4	2.4	3.1
17	3.1	4.6	2.0	2.3
18	2.3	3.6	1.8	2.0
19	1.8	3.1	1.6	1.8
20	1.3	2.6	1.5	1.6
* Alev Kaynaklı Yanma				

Dişbudak ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen NO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek NO değeri 16,10 ppm ile azot uygulanmış örneklerde bulunurken, en düşük NO değeri 12,40 ppm ile kontrol örneklerinde bulunmuştur.

4.2.5.4. Kestane Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri

Kestane ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.38'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Kestane ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	1.2	1.2	1.0	1.9
2*	3.2	2.1	1.8	3.4
3*	6.3	4.8	4.3	4.4
4*	8.3	6.3	5.6	6.7
5*	11.4	7.9	7.1	7.8
6*	14.5	10.7	9.6	10.5
7*	15.5	12.7	11.2	13.7
8*	15.5	13.6	14.0	15.2
9	14.5	11.34	15.7	16.5
10	15.5	10.2	12.3	13.7
11	17.5	8.5	7.1	10.5
12	17.5	6.7	5.6	8.6
13	8.3	5.7	4.8	6.1
14	5.3	5.2	4.4	4.2
15	3.2	2.9	2.5	3.7
16	2.2	1.3	1.1	2.1
17	2.2	0.9	0.7	1.4
18	1.2	0.8	0.7	1.3
19	1.2	0.4	0.3	0.6
20	1.2	0.4	0.3	0.6
* Alev Kaynaklı Yanma				

Kestane ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen NO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek NO değeri 13,6 ppm ile azot uygulanmış örneklerde bulunurken, en düşük NO değeri 17,5 ppm ile kontrol örneklerinde bulunmuştur.

4.2.5.5. Gök nar Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri

Gök nar ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.39'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41'de verilmiştir.

Çizelge 4.39. Gökmar ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	1.2	1.80	1.2	1.3
2*	2.1	2.8	1.9	1.9
3*	2.8	5.5	4.2	4.4
4*	4.3	7.3	7.2	5.1
5*	4.9	10	9.6	8.2
6*	6.7	12.7	11.5	12.0
7*	8.7	13.6	12.9	13.3
8*	9.6	13.6	13.3	14.2
9	10.4	12.7	14	15.1
10	11.2	13.6	15.6	15.6
11	8.5	15.4	16.3	12.5
12	6.7	15.4	14.9	10.1
13	5.7	7.3	13.4	7
14	5.2	4.6	10.9	4
15	2.9	2.8	7.6	3.3
16	1.3	1.9	4.7	2.4
17	0.9	1.9	3.2	2.3
18	0.8	1.2	2.2	1.9
19	0.4	1.1	1.6	1.4
20	0.4	1	1.0	0.4
* Alev Kaynaklı Yanma				

Gökmar ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen NO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek NO değeri 13,6 ppm ile azot uygulanmış örneklerde bulunurken, en düşük NO değeri 12,0 ppm ile kontrol örneklerinde bulunmuştur.

4.2.5.6. Sapelli Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Değerleri

Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.40'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41'de verilmiştir.

Çizelge 4.40. Sapelli ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	1.3	1.4	1.7	3.1
2*	2.7	3.5	2.6	5.9
3*	4.3	7.7	5.9	9.0
4*	6.3	11.2	10.2	18.7
5*	9.3	14.7	13.5	20.0
6*	11.3	16.8	16.4	22.7
7*	13.0	19.6	18.2	24.7
8*	15.0	21	18.9	21.0
9	16.3	21	19.8	14.7
10	17.7	24.5	22.1	11.3
11	21.7	23.1	23.1	8.3
12	24.3	21	21.2	5.8
13	20.3	18.9	19.0	4.5
14	13.3	16.8	15.4	3.9
15	10.3	11.2	10.7	2.8
16	8.0	5.6	6.6	2.0
17	6.7	4.2	4.5	1.8
18	5.0	2.8	3.1	1.7
19	2.7	1.4	2.3	1.4
20	1.3	1	1.4	1.1
* Alev Kaynaklı Yanma				

Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen NO ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek NO değeri 24,5 ppm ile azot uygulanmış örneklerde bulunurken, en düşük NO değeri 24,3 ppm ile kontrol örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.41. Ağaç malzeme örneklerindeki NO ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	164363.575(a)	479	343.139	334.656	.000
Sabit Terim	282004.241	1	282004.241	275032.336	.000
A: Ağaç Türü	15671.903	5	3134.381	3056.890	.000
B: İşlem Türü	3012.377	3	1004.126	979.301	.000
C: Ölçüm zamanı	116012.321	19	6105.912	5954.957	.000
Etkileşim A*B	6325.547	15	421.703	411.278	.000
Etkileşim A*C	10381.779	95	109.282	106.580	.000
Etkileşim B*C	4653.321	57	81.637	79.619	.000
Etkileşim A*B*C	8306.327	285	29.145	28.424	.000
Hata	4429.509	4320	1.025		
Toplam	450797.326	4800			
Düzeltilmiş Toplam	168793.085	4799			
R ² = 0,959					

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; ağaç türü, işlem türü ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, ölçülen NO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte ağaç türü-işlem türü, ağaç türü ölçüm zamanı, işlem türü ölçüm zamanı ve ağaç türü-işlem türü-ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, ölçülen NO ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.2.5.7. Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen NO Duncan Testi Sonuçları

Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün NO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün NO ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Ağaç Malzeme Türü	İşlem Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
Sarıçam	Kontrol	8,31	h ₁
	Azot Uygulanmış	10,85	jk
	Emprenye Uygulanmış	5,79	abcde
	Azot ve Emprenye Uygulanmış	6,44	bcdef
Doğu kayını	Kontrol	7,67	gh ₁
	Azot Uygulanmış	8,48	h ₁
	Emprenye Uygulanmış	4,72	a
	Azot ve Emprenye Uygulanmış	5,29	ab
Dişbudak	Kontrol	6,93	efg
	Azot Uygulanmış	8,85	ı
	Emprenye Uygulanmış	5,23	ab
	Azot ve Emprenye Uygulanmış	5,75	abcde
Kestane	Kontrol	8,28	h ₁
	Azot Uygulanmış	5,68	abcd
	Emprenye Uygulanmış	5,49	ab
	Azot ve Emprenye Uygulanmış	6,64	cdefg
Gökmar	Kontrol	4,73	a
	Azot Uygulanmış	7,30	efg
	Emprenye Uygulanmış	8,34	h ₁
	Azot ve Emprenye Uygulanmış	6,81	defg
Sapelli	Kontrol	10,54	j
	Azot Uygulanmış	12,37	l
	Emprenye Uygulanmış	11,83	kl
	Azot ve Emprenye Uygulanmış	11,56	jkl

Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, azot uygulanmış, emprenye uygulanmış ve azot ve emprenye uygulanmış ile, Sarıçam, Doğu kayını, Dişbudak, Kestane, Gökmar, Sapelli ağaç malzeme örneklerinin NO ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir.

4.2.6. Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

4.2.6.1. Sarıçam Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen baca sıcaklığı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.43'te, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.49'da verilmiştir.

Çizelge 4.43. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	46.1	56.0	93.7	88.5
2*	60.6	80.8	105.7	96.9
3*	75.0	102.0	111.3	102.4
4*	89.9	120.5	126.0	108.8
5*	105.6	137.1	127.9	123.2
6*	120.6	148.7	135.1	134.5
7*	130.5	158.8	131.3	135.4
8*	143.0	168.7	123.9	133.4
9	172	180.5	96.5	125.1
10	178.8	191.0	82.1	100.2
11	195.3	190.8	76.6	90.2
12	197.3	187.8	69.3	72.8
13	181.9	181.8	67.3	64.5
14	161.4	169.4	63.4	59.8
15	143.7	152.1	60.2	57.2
16	125.0	137.2	59.7	54.9
17	111.2	122.9	56.9	53.7
18	101.6	112.5	55.9	52.2
19	95.2	93.1	53.6	50.9
20	79.9	75.7	52.0	49.1
* Alev Kaynaklı Yanma				

Sarıçam ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen baca sıcaklığı ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek baca sıcaklığı 197,3 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük baca sıcaklığı 135,1 °C ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.6.2. Doğu Kayını Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

Doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen baca sıcaklığı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.44’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.49’da verilmiştir.

Çizelge 4.44. Doğu kayını ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	70.9	76.4	78.1	77
2*	95.8	101.3	84.6	91.2
3*	123.7	129.3	89.9	103.0
4*	154.4	158.1	101.7	116.3
5*	173.9	182.2	109.9	121.2
6*	186.2	193.8	125.3	124.4
7*	199.6	201.6	123.1	117.8
8*	202.2	205.0	112.7	109.9
9	205.9	218.5	106.6	98.3
10	212.1	219.6	95.5	83.4
11	199.4	220.5	88.1	70.9
12	185.7	211.1	78.9	65.8
13	166.5	191.7	73.4	62.9
14	154.1	177.1	68.2	60.7
15	137.6	164.3	64.5	58.6
16	120.2	145.3	61.7	56.6
17	108.5	129.3	58.4	55.1
18	99.7	115.5	55.7	53.7
19	90.9	103.7	53.0	51.7
20	82.8	91.8	52	49.3
* Alev Kaynaklı Yanma				

Doğu kayını ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen baca sıcaklığı ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre;

en yüksek baca sıcaklığı 212,1 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük baca sıcaklığı 125,3 °C ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.6.3. Dişbudak Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

Dişbudak ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen baca sıcaklığı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.45’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.49’da verilmiştir.

Çizelge 4.45. Dişbudak ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	73.8	79.6	75.7	73.7
2*	96.3	103.2	82.9	88.7
3*	121.3	129.8	88.8	101.1
4*	149	157.2	101.9	115.0
5*	166.5	180.1	111.0	120.2
6*	177.6	191.1	128.1	123.6
7*	189.6	198.5	125.7	116.6
8*	192	201.8	114.1	108.3
9	195.3	214.6	107.3	96.1
10	200.9	215.6	95.0	80.5
11	189.5	216.5	86.8	67.3
12	177.2	207.5	76.6	61.9
13	159.8	189.1	70.5	58.9
14	148.6	175.2	64.7	56.5
15	133.9	163.1	60.6	54.3
16	118.2	145.0	57.4	52.2
17	107.7	129.8	53.8	50.7
18	99.7	116.7	50.8	49.1
19	91.8	105.6	47.8	47.1
20	84.5	94.2	46.7	44.5
* Alev Kaynaklı Yanma				

Dişbudak ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen baca sıcaklığı ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek baca sıcaklığı 200,9 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük baca sıcaklığı 128,1 °C ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.6.4. Kestane Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

Kestane ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen baca sıcaklığı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.46'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.49'da verilmiştir.

Çizelge 4.46. Kestane ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	67.9	75.4	84.3	89.7
2*	87.7	98.8	99.4	104.5
3*	93.6	112.9	104.9	111.7
4*	108.8	138.2	106	121.4
5*	119.7	157.2	120.9	129.7
6*	134.2	167.7	120.1	119.3
7*	155.4	176.8	115.9	117.3
8*	178.4	190.1	111.8	113
9	191.0	194.5	103.2	104.3
10	202.3	208.1	85.4	87.1
11	194.8	188.6	77.2	81
12	179.8	169.7	71.6	79
13	167.0	148.7	67.5	77.8
14	156.5	120.0	63.8	74.3
15	143.0	103.4	61.8	73.8
16	131.6	93.0	59.9	70.2
17	118.2	84.1	59.3	69.1
18	107.2	79.9	56.2	66.0
19	89.2	76.5	55.7	65.7
20	68.9	75.5	55.4	65.4
* Alev Kaynaklı Yanma				

Kestane ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen baca sıcaklığı ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek baca sıcaklığı 202,3 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük baca sıcaklığı 120,9 °C ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.6.5. Gökmar Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

Gökmar ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen baca sıcaklığı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.47’de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.49’da verilmiştir.

Çizelge 4.47. Gökmar ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	56.0	95.7	93.1	88.5
2*	80.8	121.7	104.8	96.9
3*	102.0	133.0	112.5	102.4
4*	120.5	145.7	125.9	108.8
5*	137.1	151.0	133.9	123.2
6*	148.7	146.7	138.6	134.5
7*	158.8	145.0	126.4	135.4
8*	168.7	143.3	118	133.4
9	180.5	142.7	98.3	125.1
10	191.0	134.0	73.1	100.2
11	190.8	123.0	66.5	90.16
12	187.8	99.7	62.4	72.7
13	181.8	86.0	59.7	64.5
14	169.4	81.0	57.9	59.8
15	152.1	74.3	56.3	57.2
16	137.2	72.3	55.2	54.9
17	122.9	67.0	54.2	53.7
18	112.5	63.7	53.4	52.2
19	93.1	61.3	51.8	50.9
20	75.7	61.7	51.3	49.1
* Alev Kaynaklı Yanma				

Gökmar ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen baca sıcaklığı ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek baca sıcaklığı 191,0 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük baca sıcaklığı 138,6 °C ile emprenye uygulanmış örneklerinde bulunmuştur.

4.2.6.6. Sapelli Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri

Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen baca sıcaklığı ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.48'de, çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 4.49'da verilmiştir.

Çizelge 4.48. Sapelli ağaç malzeme örneklerinde baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C).

Ölçüm (30sn.)	Kontrol	Azot Uygulanmış	Emprenye Uygulanmış	Azot ve Emprenye Uygulanmış
1*	52.9	53.3	78.1	79.2
2*	74.1	75.0	91.7	92.1
3*	97.9	96.4	102.9	102.7
4*	122.4	117.5	115.4	114.7
5*	142.9	137.1	120.1	119.1
6*	157.8	155.7	123.2	122.0
7*	167.9	171.7	116.9	116.0
8*	179.3	182.1	109.4	108.9
9	190.7	192.3	98.3	98.4
10	207	205.5	84.3	85.1
11	198.4	212.7	72.4	73.7
12	184.4	212	67.5	69.2
13	167.9	207.1	64.8	66.5
14	155.5	190	62.7	64.5
15	144.7	165.7	60.6	62.6
16	128.5	147.4	58.8	60.8
17	114.9	135.6	57.4	59.5
18	103.2	123.9	56	58.2
19	93.1	113.4	54.1	56.4
20	83.0	102.5	51.8	54.2
* Alev Kaynaklı Yanma				

Sapelli ağaç malzemenin kontrol ve işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi akabinde elde edilen baca sıcaklığı ortalama değerler çizelgesinin sonuçlarına göre; en yüksek baca sıcaklığı 207 °C ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük baca sıcaklığı 123,2 °C ile empenyeli örneklerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.49. Ağaç malzeme örneklerindeki baca sıcaklığı ortalama değerlerinin çoklu varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
Düzeltilmiş Model	10253788.649(a)	479	21406.657	143.599	.000
Sabit Terim	60583927.194	1	60583927.194	406407.267	.000
A: Ağaç Türü	98611.406	5	19722.281	132.300	.000
B: İşlem Türü	3689405.216	3	1229801.739	8249.719	.000
C: Ölçüm zamanı	3581221.788	19	188485.357	1264.392	.000
Etkileşim A*B	409129.214	15	27275.281	182.967	.000
Etkileşim A*C	168750.523	95	1776.321	11.916	.000
Etkileşim B*C	1858256.600	57	32600.993	218.693	.000
Etkileşim A*B*C	448413.902	285	1573.382	10.555	.000
Hata	643990.860	4320	149.072		
Toplam	71481706.703	4800			
Düzeltilmiş Toplam	10897779.509	4799			
R2 = 0,959					

Çoklu varyans analiz sonuçları çizelgesine göre; ağaç türü, işlem türü ve ölçüm zamanı ayrı ayrı ele alındığında, ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte ağaç türü-işlem türü, ağaç türü ölçüm zamanı, işlem türü ölçüm zamanı ve ağaç türü-işlem türü-ölçüm zamanı aynı anda ele alındığında, ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerleri üzerinde etkileri anlamlı bulunmuştur.

4.2.6.7. Ağaç Malzeme Örneklerinde Ölçülen Baca Sıcaklığı Değerleri Duncan Testi Sonuçları

Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün baca sıcaklığı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 4.50' de verilmiştir.

Çizelge 4.50. Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün baca sıcaklığı ortalama değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Ağaç Malzeme Türü	İşlem Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
Sarıçam	Kontrol 1	125,73	e
	Azot Uygulanmış 2	138,37	fg
	Emprenye Uygulanmış 3	87,40	bc
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 4	87,66	bc
Doğu kayını	Kontrol 5	148,49	h
	Azot Uygulanmış 6	161,80	ı
	Emprenye Uygulanmış 7	84,06	abc
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 8	81,38	ab
Dişbudak	Kontrol 9	143,64	gh
	Azot Uygulanmış 10	160,71	ı
	Emprenye Uygulanmış 11	82,29	abc
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 12	78,29	a
Kestane	Kontrol 13	134,75	f
	Azot Uygulanmış 14	132,96	ef
	Emprenye Uygulanmış 15	84,00	abc
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 16	91,01	c
Gök nar	Kontrol 17	138,34	fg
	Azot Uygulanmış 18	107,43	d
	Emprenye Uygulanmış 19	84,65	abc
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 20	89,51	bc
Sapelli	Kontrol 21	138,36	fg
	Azot Uygulanmış 22	149,83	h
	Emprenye Uygulanmış 23	82,31	abc
	Azot ve Emprenye Uygulanmış 24	83,22	abc

Ağaç malzeme türünün ve işlem türünün istatistiksel olarak karşılaştırılmasının yapılması sonucu; kontrol, azot uygulanmış, emprenye uygulanmış ve azot ve emprenye uygulanmış ile, Sarıçam, Doğu kayını, Dişbudak, Kestane, Gök nar, Sapelli ağaç malzeme örneklerinin baca sıcaklığı ortalama değerlerinde istatistiksel olarak fark görülmektedir.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. SONUÇLAR

Sarıçam ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; alev kaynaklı yanmanın sonunda (8. ölçüm veya 4. dakika) en fazla ağırlık kaybı azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin azotlu örneklerine göre; kontrol örneklerinde % 6, emprenyeli örneklerde % 71, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 83 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yanma sonunda ise (20. ölçüm veya 10. dakika) en fazla ağırlık kaybı yine azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin azotlu örneklerine göre; kontrol örneklerde % 0,6, emprenyeli örneklerde % 185, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 191 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Doğu kayını ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; alev kaynaklı yanmanın sonunda en fazla ağırlık kaybı azotlu örneklerinde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 2, emprenyeli örneklerde % 97, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 104 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı yine azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 0,6, emprenyeli örneklerde % 174, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 214 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Dişbudak ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; alev kaynaklı yanmanın sonunda en fazla ağırlık kaybı azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 4, emprenyeli örneklerde % 133, azot ve emprenyeli

örneklerde ise % 131 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı yine azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 0,08, empenyeli örneklerde % 183, azot ve empenyeli örneklerde ise % 168 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Kestane ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; alev kaynaklı yanmanın sonunda en fazla ağırlık kaybı azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 3, empenyeli örneklerde % 127, azot ve empenyeli örneklerde ise % 155 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı yine azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 0,004, empenyeli örneklerde % 133, azot ve empenyeli örneklerde ise % 141 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Gök nar ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; alev kaynaklı yanmanın sonunda en fazla ağırlık kaybı azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 3, empenyeli örneklerde % 76, azot ve empenyeli örneklerde ise % 109 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı yine azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 0,01, empenyeli örneklerde % 148, azot ve empenyeli örneklerde ise % 193 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Sapelli ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; alev kaynaklı yanmanın sonunda en fazla ağırlık kaybı azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 5, empenyeli örneklerde % 107, azot ve empenyeli örneklerde ise % 115 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yanma sonunda ise en fazla ağırlık kaybı yine azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % ağırlık kaybı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 0,3, empenyeli örneklerde % 154, azot ve empenyeli örneklerde ise % 168 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Sarıçam ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri incelendiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer üst sıcaklık değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 0,9, emprenyeli örneklerde % 154, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 168 azaldığı gözlemlenmiştir.

Doğu kayını ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri incelendiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer üst sıcaklık değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 2, emprenyeli örneklerde % 214, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 238 azaldığı gözlemlenmiştir.

Dişbudak ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri incelendiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer üst sıcaklık değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 2, emprenyeli örneklerde % 170, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 190 azaldığı gözlemlenmiştir.

Kestane ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri incelendiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerleri kontrol örneklerde bulunmuştur. Diğer üst sıcaklık değerlerinin kontrol örneklere göre; azotlu örneklerde % 1, emprenyeli örneklerde % 182, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 180 azaldığı gözlemlenmiştir.

Gökmar ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri incelendiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerleri kontrol örneklerde bulunmuştur. Diğer üst sıcaklık değerlerinin kontrol örneklere göre; azotlu örneklerde % 16, emprenyeli örneklerde % 121, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 125 azaldığı gözlemlenmiştir.

Sapelli ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri incelendiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer üst sıcaklık değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol

örneklerde % 3, emprenyeli örneklerde % 200, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 170 azaldığı gözlemlenmiştir.

Sarıçam ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % O₂ değerleri incelendiğinde; en düşük % O₂ değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % O₂ değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 0,4, emprenyeli örneklerde % 7, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 9 arttığı gözlemlenmiştir.

Doğu kayını ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % O₂ değerleri incelendiğinde; en düşük % O₂ değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % O₂ değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 0,8, emprenyeli örneklerde % 13, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 15 arttığı gözlemlenmiştir.

Dişbudak ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % O₂ değerleri incelendiğinde; en düşük % O₂ değerleri kontrol örneklerde bulunmuştur. Diğer % O₂ değerlerinin kontrol örneklere göre; azotlu örneklerde % 14, emprenyeli örneklerde % 5, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 13 arttığı gözlemlenmiştir.

Kestane ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % O₂ değerleri incelendiğinde; en düşük % O₂ değerleri kontrol örneklerde bulunmuştur. Diğer % O₂ değerlerinin kontrol örneklere göre; azotlu örneklerde % 12, emprenyeli örneklerde % 16, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 16 arttığı gözlemlenmiştir.

Gök nar ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % O₂ değerleri incelendiğinde; en düşük % O₂ değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % O₂ değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 3, emprenyeli örneklerde % 8, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 9 arttığı gözlemlenmiştir.

Sapelli ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen % O₂ değerleri incelendiğinde; en düşük % O₂ değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer % O₂ değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 14, emprenyeli örneklerde % 18, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 17 arttığı gözlemlenmiştir.

Sarıçam ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer CO değerlerinin kontrol örneklerine göre; azotlu örneklerde % 5, emprenyeli örneklerde % 85, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 107 azaldığı gözlemlenmiştir.

Doğu kayını ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer CO değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 16, emprenyeli örneklerde % 123, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 126 azaldığı gözlemlenmiştir.

Dişbudak ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer CO değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 19, emprenyeli örneklerde % 122, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 118 azaldığı gözlemlenmiştir.

Kestane ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer CO değerlerinin kontrol örneklerine göre; azotlu örneklerde % 10, emprenyeli örneklerde % 135, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 151 azaldığı gözlemlenmiştir.

Gökmar ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer CO değerlerinin kontrol örneklerine göre; azotlu örneklerde % 38, emprenyeli örneklerde % 143, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 140 azaldığı gözlemlenmiştir.

Sapelli ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer CO değerlerinin kontrol örneklerine göre; azotlu örneklerde % 12, emprenyeli örneklerde % 106, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 130 azaldığı gözlemlenmiştir.

Sarıçam ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer NO

değerlerinin kontrol örneklerine göre; azotlu örneklerde % 98, emprenyeli örneklerde % 9, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 93 arttığı gözlemlenmiştir.

Doğu kayını ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerleri emprenyeli örneklerde bulunmuştur. Diğer NO değerlerinin emprenyelil örneklere göre; kontrol örneklerde % 33, azotlu örneklerde % 80, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 33 arttığı gözlemlenmiştir.

Dişbudak ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer NO değerlerinin kontrol örneklerine göre; azotlu örneklerde % 62, emprenyeli örneklerde % 50, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 52 arttığı gözlemlenmiştir.

Kestane ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerleri emprenyeli örneklerde bulunmuştur. Diğer NO değerlerinin emprenyeli örneklere göre; kontrol örneklerde % 75, azotlu örneklerde % 25, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 50 arttığı gözlemlenmiştir.

Gök nar ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer NO değerlerinin kontrol örneklerine göre; azotlu örneklerde % 60, emprenyeli örneklerde % 60, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 0 arttığı gözlemlenmiştir.

Sapelli ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer NO değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 23, emprenyeli örneklerde % 29, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 9 arttığı gözlemlenmiştir.

Sarıçam ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde; en yüksek baca sıcaklığı değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer baca sıcaklığı değerlerinin kontrol örneklerine göre; azotlu örneklerde % 3, emprenyeli örneklerde % 46, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 46 azaldığı gözlemlenmiştir.

Doğu kayını ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde; en yüksek baca sıcaklığı değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer baca sıcaklığı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 3, emprenyeli örneklerde % 69, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 77 azaldığı gözlemlenmiştir.

Dişbudak ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde; en yüksek baca sıcaklığı değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer baca sıcaklığı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 8, emprenyeli örneklerde % 69, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 75 azaldığı gözlemlenmiştir.

Kestane ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde; en yüksek baca sıcaklığı değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer baca sıcaklığı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 3, emprenyeli örneklerde % 72, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 60 azaldığı gözlemlenmiştir.

Gökmar ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde; en yüksek baca sıcaklığı değerleri kontrol örneklerinde bulunmuştur. Diğer baca sıcaklığı değerlerinin kontrol örneğine göre; azotlu örneklerde % 26, emprenyeli örneklerde % 38, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 41 azaldığı gözlemlenmiştir.

Sapelli ağaç malzemenin yanma deneyleri sonucunda elde edilen baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde; en yüksek baca sıcaklığı değerleri azotlu örneklerde bulunmuştur. Diğer baca sıcaklığı değerlerinin azotlu örneklere göre; kontrol örneklerde % 3, emprenyeli örneklerde % 73, azot ve emprenyeli örneklerde ise % 74 azaldığı gözlemlenmiştir.

Yanma deneylerinin sonuçları genel olarak ele alındığında şu sonuçlara ulaşılmıştır;

- a) Azot muamele etmenin, ağaç malzemelerin retensiyonunu arttırdığı gözlemlenmiştir.
- b) Azot muamele etmenin, en çok Kestane ve Sarıçam ağaç malzeme örneklerinin retensiyonunu arttırdığı gözlemlenmiştir.
- c) Yanma sonunda azot muamele edilmiş örneklerin kontrol örneklerinde daha hızlı yandığı gözlemlenmiştir.
- d) Azot muamele edilmiş ve emprenye uygulanmış ağaç malzemeler, emprenye edilmiş ağaç malzemelere göre ağırlık kaybının daha düşük olduğu belirlenmiştir.
- e) Üst sıcaklık değerleri incelendiğinde Doğu kayını kontrol örneklerinin en yüksek değerleri verdiği gözlemlenmiştir.
- f) CO ve NO değerleri incelendiğinde azot muamele edilmiş Doğu kayını ve Sapelli daha fazla gaz salınımı yaptığı gözlemlenmiştir.
- g) Baca sıcaklığı değerleri incelendiğinde azot muamele edilmiş Doğu kayını ağaç malzeme örneklerinde en yüksek değerler gözlemlenmiştir.
- h) En düşük O₂ değerleri (en fazla O₂ kaybı) azot muamele edilmiş Sapelli ağaç malzeme örneklerinde gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Örs, Y., Atar, M. ve Demirci, Z., “Borlu bileşikler ile emprenye etmenin ağaç malzemede üst yüzey işlemleri ve yanma özelliklerine etkileri”, *Tübitak Projesi*, MİSAG-237, Ankara, 1-35 (2005).
2. Terzi, E., “Amonyum bileşikleri ile emprenye edilen ağaç malzemenin yanma özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 106,107 (2008).
3. Higley, T. L. and King, T. K., “Biological degradation of wood”, *Phytopathology*, 69: 1151–1157 (1990).
4. Anderson, E. L., Pawlak, Z., Owen, N. L. and Feist, W. C., “Infrared studies of wood weathering”, *Applied Spectroscopy*, 45: 641-647 (1991).
5. Kocakuşak, S., Kalafatoğlu, E. ve Yalaz, N., “Ağaç malzemenin borlu bileşiklerle emprenyesi, kaynak araştırması” *TÜBİTAK-Marmara Bilimsel Ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Kimya Mühendisliği Araştırma Bölümü*, İstanbul, 189: 1-47 (1986).
6. Kollmann, Franz, F. P. and Cote, Wilfred, A., “Principles of wood science and technology” *Solid Wood*, New York, Tokyo, 1: 149-157 (1984).
7. Berkel, A., “Ağaç Malzeme Teknolojisi II. Cilt. Ağaç Malzemenin Korunması Ve Emprenye Tekniği”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 183-1745, (1972).
8. Esen, R., “Emprenye yapılmış ağaç malzeme üzerine uygulanan üstyüzey işlemlerinin yanma direncine etkilerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 110-112 (2009).
9. Bozkurt, Y. ve Göker, Y., “Orman Ürünlerinden Faydalanma”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 284-297 (1981).
10. Levan, S. L. and Winandy, J. E., “Effects of fire retardant treatments on wood strength”, *Wood and Fire Science*, 22: 113-131 (1990).
11. Kartal, S. N. and Ünamura, Y., “Borlu bileşiklerin emprenye maddesi olarak ağaç malzeme ve kompozitlerde kullanımı”, *Uluslararası Bor Sempozyumu*, Eskişehir, 23-25 (2004).

12. Uysal, B., “Çeşitli kimyasal maddelerin ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığı üzerine etkileri”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 65-77 (1997).
13. Kurtoğlu, A., “Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 75-77 (2000).
14. Şanıvar, N., “Ağaç İşleri Üst Yüzey İşlemleri” *Milli Eğitim Basımevi*, İstanbul, 222-227 (1978).
15. Sönmez, A., “Ağaçtan yapılmış mobilya da üst yüzey işlemlerinde kullanılan verniklerin önemli mekanik, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 43-54 (1989).
16. Budakçı, M., “Pnömatik adezyon deney cihaz tasarımı, üretimi ve ahşap verniklerde denenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 63-85 (2003).
17. Uysal, B., Özçifçi, A. ve Yılmaz, S., “Farklı ağaç türlerinin yanma özellikleri”, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14 (1): 79-87 (2002).
18. Kantay, R., “Pratikte Uygulanan Kurutma Yöntemleri”, Orman Ürünleri Kurutma Seminerleri, *İstanbul Üniversitesi. Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 1-3: 17-19 (1987).
19. White, R. H. and Dietenberger, M. A., “Wood Handbook”, *Forest Products Society*, Madison, 47-51 (1999).
20. Baysal, E., Peker, H. ve Tan, H., “Bazı emprenye maddelerinin ladin (*Picea Orientalis* Link.) odunun yanma özelliklerine etkileri”, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16 (1): 163-175 (2004).
21. Örs, Y., Sönmez, A. ve Uysal, B., “Ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığını etkileyen emprenye maddeleri”, *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23 (2): 389-394 (1999).
22. Uysal, B., “Çeşitli su itici ve yangın geciktirici kimyasal maddelerin kızılğaç odununun yanma özellikleri”, *Teknoloji Dergisi*, Karabük, 1 (2): 81-89 (1998).
23. Uysal, B. ve Kurt, Ş., “Borlu bileşiklerle emprenye edilmiş kayın ve sarıçam ağaçlarının yanma özellikleri”, *I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, 33-41 (2005).
24. Uysal, B. ve Özçifçi, A., “Ihlamur (*Morus Alba* L.) odunundan PVAc tutkalı ile üretilen lamine ağaç malzemenin yanma özellikleri”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Ankara, 13 (4): 1023-1035 (2000).

25. Yalınkılıç, M. K. ve Örs, Y., “Duglas göknarı {Pseudotsuga menziesi (Mirb.) francol odunun anatomik ve çeitli kimyasal maddelerle emprenye edilme özellikleri”, *Doğa Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*, Ankara, 21: 433-444 (1996).
26. Örs, Y., Atar, M. ve Peker, H., “Bazı emprenye maddelerinin sarıçam ve doğu kayını odunlarının yoğunluklarına etkileri”, *Tr.J.of Agriculture and Forestry*, Tübitak, 23 (5): 1169-1179 (1999).
27. Baysal, E., “Çeşitli borlu ve wr bileşiklerinin kızılçam odunun bazı fiziksel özelliklerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 15-35 (1994).
28. LeVan S. L. and Wnandy J. E., “Effects of fire retardant treatments on wood strength: a rewiew”. *Wood and Fiber Science*, 22 (1): 113-131 (1990).
29. Özen, R., “Wood as a Building Material; It's Benefits and Disadvantages” , <http://www.kultur.gov.tr/EN,35285/wood-as-a-building-material-its-benefits-and-disadvanta-.html> (1995).
30. Aslan, S., “Ağaç Zararlıları Koruma ve Emrenye Teknikleri”, *KOSGEB Yayınları*, Ankara, 272-273 (1998).
31. Kordina, K. and Meyer Ottens, C., “Feuerwiderstandklassen von Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen”, *Entwicklungsgemeinschaft Holz*, Dusseldorf, Deutschland, 113-118 (1977).
32. Sunar, Ş., “Bina yangın güvenliği”, *Birinci Yangın Ulusal Kurultayı Bildirileri*, ODTÜ-TÜBİTAK, Mimarlık Fakültesi, Ankara, 281-291 (1983).
33. Akıncıtürk, N. ve Perker, S., “700 yıllık tarihi Cumalıkızık yerleşimindeki ahşap yapılarda yangın yalıtımı”, *TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi*, Ankara, 151-159 (2003).
34. Fengel, D. and Wegener, G., “Wood Chemistry”, *Ultrastructure Reactions. Walter de Gruyter*, New York, 3 (11): 008481-3 (1984).
35. Yılgör, N., “Üç yüz yıl su altında kalmış odunun kimyasal ve fiziksel özelliklerinde değişmeler”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 104-105 (1993).
36. Madorsky, S. L., “Thermal Degradation Of Organic Polymers”, *John Wiley*, New York, 978-0470563250, 25-30 (1964).
37. Roberts, A. F., “Problems associated with the theoretical analysis of the burning of wood”, *13 th Symposium on Cumbustion*, The Combustion Institute, Pittsburg, 893-903 (1971).

38. Drysdale, D., "An Introduction to Fire Dynamics, 2nd ed." ,**John Wiley**, England, 0-471-97291-6, 45-52 (1998).
39. Zicherman, J. D., "Fire Performance of Archaic Building Materials", **National Institute of Building Sciences [NIBS]**, Washington, 18-23 (1982).
40. Yalınkılıç, M. K., "Malzemenin yanma, higroskoisite ve boyutsal stabilite özelliklerinde çeşitli emprenye maddelerinin neden olduğu değişiklikler ve bu maddelerin odundan yıkanabilirlikleri", Doçentlik Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi**, Trabzon, 98-103 (1993).
41. Russell, L. J., Marney, D. C. O, Humphrey, D. G., Hunt, A. C., Dowling, V. P. and Cookson, L. J., "Combining fire retardant and preservative systems for timber products in exposed applications state of the art review", **Forest and Wood Products Research and Development Corporation**, Australia, Sydney, 11-18 (2004).
42. Şahin, H. T., "Ağaç malzemenin termal bozulma ürünleri", **Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Mühendisliği Dergisi**, 42: 10-12 (2005).
43. Forest Products Laboratory, "Forest Service U.S. Department of Agriculture", Handbook of Wood and Wood-Based Materials for Engineers, **Architects and Builders**, London, Chapter 15: 136-140 (1987).
44. Aydın U., "Yapı elemanlarının yangına dayanıklılık testleri" Yüksek Lisans Tezi **İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 55-60 (1994).
45. Gann, G. R., Averill, D. J., Butler, M. K., Jones, W. W., Mulholland, W. G., Neviasser, L. J., Ohlemiller, J. T., Peacock, D. R., Reneke, A. P. and Hail, R. J. J., "International Study of the sublethal effects of fire smoke on survivability and health (SEFS) phase I. final report", **National Institute of Standart and Technology**, Technical Note, USA, 1439,1440 (2001).
46. Eriç, M., "Yapılarda Yangının Malzemeye Etkisi", **Birinci Yangın Ulusal Kurultayı Bildirileri, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Basım İşliğı**, Ankara, 290-314 (1985).
47. Küçük, S., "Yangın sırasında oluşan yanma ürünleri ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri", Yüksek Lisans Tezi, **Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 125-140 (2001).
48. White, R. H., "Reporting of fire incidents in heavy timber structures", **USD A, Forest Products Laboratory Research Paper**, FPL, 464: 9-10 (1985).
49. Eriç, M., "Dünün ve bugünün ahşap ve ahşaptan üretilmiş malzemesinin Türkiye şartları içinde yapıda rasyonel kullanılma imkanlarının araştırılması", Doktora Tezi, **İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 28-43 (1978).

50. Richardson, B., "Wood Preservation", *The Construction Pres. Ltd.*, Lancaster, England, 238-239 (1978).
51. Erşen, N., "Tutkallı Taşıyıcı Ahşap Yapı Elemanları", *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 65-73 (1986).
52. Bozkurt, Y. ve Erdin, N., "Odun Anatomisi", *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 23-35 (2000).
53. Yaltırık, F. ve Efe, A., "Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae-Angiospermae", *İstanbul Üniversitesi Yayınları*, No: 3836, Fak. Yayın No: 431, ISBN 975-404-363-9, İstanbul, 93-96 (1994).
54. Aslan, S., "Ağaç Dendrolojisi ve Odun Anatomisi", *Hacettepe Üniversitesi, Mesleki Teknoloji Yüksek Okulu Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü*, Ankara, 81-104 (1994).
55. Anşın, R. ve Özkan, Z. C., "Tohumlu Bitkiler (*Spermatophyta*) Odunsu Taksonlar, 1.Baskı", *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Trabzon, 512-513 (1993).
56. Merev, N., "Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı", *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Trabzon, Genel Yayın No: 210, Fakülte Yayın No: 32, ISBN 975-6983-30-2, 53-65 (2003).
57. Bozkurt, Y. ve Erdin, N., "Ticarette Önemli Yabancı Ağaçlar", *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları*, İstanbul, 26-28 (1989).
58. Örs, Y. ve Keskin, H., "Ağaç Malzeme Bilgisi", *Atlas Yayın Dağıtım*, İstanbul, 101, 157, 159-161 (2001).
59. Hafizoğlu, H., "Orman Yan Ürünleri Kimyası", *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Trabzon, 32-40 (1994).
60. Malkoçoğlu, A., "Doğu kayını odununu teknolojik özellikleri", Doktora Tezi, *K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 152-154 (1994).
61. Bozkurt, Y. ve Erdin, N., "Ağaç Teknolojisi", *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını*, İstanbul, 3998: 237-345 (1997).
62. Baysal, E., "Borlu bileşikler ve doğal sepi maddeleriyle emprenye edilen sarıçam odununun yanma özellikleri" *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Kayseri, 19 (1-2): 59-69 (2003).

ÖZGEÇMİŞ

Osman ÇALIM 1985’de Adıyaman/Merkez’de doğdu. İlk ve orta öğrenimimi Adıyaman’da muhtelif okullarda başarıyla tamamladı. Adıyaman Açı Lisesin’nden mezun olduktan sonra 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü’ne girdi. 2008’de “iyi” derece ile mezun olduktan sonra 2009’da İstanbul Büyükşehir Belediyesinde Proje koordinatörü olarak göreve başladı ve halen aynı görevi sürdürmektedir. Halen 2011 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı altında başlamış olduğu yüksek lisans programını sürdürmektedir. Ayrıca aynı Üniversitede Sosyal Bilimler Enstitüsünde İşletme Anabilim Dalında yüksek lisans eğitime devam etmektedir. Aynı zamanda Milli Eğitim bünyesinde Osmanlıca Kurslarında Öğretmenlik yapmaktadır. Ayrıca muhtelif yerlerde İş Güvenliği Uzmanlığı danışmanlığı yapmaktadır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Fevzi Çakmak Mah. Cihan sok. No: 16 D:2
Bahçelievler/İSTANBUL
Tel: (0507) 918 87 38
E-posta: osmancalim02@gmail.com