



T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**NANO PARTİKÜLLÜ KORUYUCU MADDELERİN BAZI AĞAÇ TÜRLERİNİN  
YANMA ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Eyüp ÇİÇEK**

**MAYIS 2019  
GÜMÜŞHANE**

**T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMANCILIK VE ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**NANO PARTİKÜLLÜ KORUYUCU MADDELERİN BAZI AĞAÇ TÜRLERİNİN  
YANMA ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Eyüp ÇİÇEK**

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
“Ormanlık ve Çevre Bilimleri Anabilim Dalı”  
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :24.05.2019**

**Tezin Sözlü Savunma Tarihi :27.09.2019**

**MAYIS 2019**



## KABUL ve ONAY



Dr. Öğr. Üyesi Ş. Şadiye YAŞAR danışmanlığında Eyüp ÇİÇEK tarafından hazırlanan “NANO PARTİKÜLLÜ KORUYUCU MADDELERİN BAZI AĞAÇ TÜRLERİNİN YANMA ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Ormanlık ve Çevre Bilimleri** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan

:

Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK

Üye (Danışman)

:

Dr. Öğr. Üyesi Ş. Şadiye YAŞAR

Üye

:

Dr. Öğr. Üyesi Osman KOMUT

ONAY

Bu tez 04/12/19 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu çalışma Gümüşhane Üniversitesi - Bap Koordinasyon Birimi tarafından GÜBAP2907:

Lisansüstü Öğrenci Destek Programı projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: 19.B0116.07.0

## TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ormancılık ve Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum "Nano Partiküllü Koruyucu Maddelerin Bazı Ağaç Türlerinin Yanma Özelliklerine Etkileri" isimli tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

24/05/2019

  
Eyüp ÇİÇEK

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# NANO PARTİKÜLLÜ KORUYUCU MADDELERİN BAZI AĞAÇ TÜRLERİNİN YANMA ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Eyüp ÇİÇEK

Gümüşhane Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Ormanlık ve Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şekip Şadiye YAŞAR

(2019, 43 sayfa)

Ahşap malzeme yenilenebilir, hafif, mekanik direnci yüksek, iç-dış dekorasyonda yaygın kullanım alanına sahip, kolay işlenebilen ve estetik görünümüne sahip bir hammadde kaynağıdır. Ancak ağaç malzeme organik yapısından kaynaklı böcek-mantar tahribatına uğraması, güneş, nem, sıcaklık farkı ve ateşe karşı sınırlı dayanımı gibi zayıf sayılabilecek bazı olumsuz özelliklere sahiptir. Ahşabın bu olumsuz yönlerini iyileştirmek için çeşitli kimyasal maddelerle muamele edilip, kullanım yerine uygun katman yapıcı malzemelerle üst yüzey işlemlerden geçirilmesi yaygın kullanılan koruma yöntemlerindedir.

Günümüzde yanmayı engelleyici olarak kullanılan bor, amonyum ve azotlu bileşiklerin ağaç malzemenin higroskopitesinde artışa sebep olduğu bilinmektedir. Nano teknoloji bilgisayar, elektronik, robotik teknolojilerin yansira malzeme biliminde yüzey

kaplama ve nano kompozit üretimi gibi alanlarda da kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan nano maddelerin boyutlarından dolayı ahşaba daha derin nüfuz edeceği, homojen dağılıp yıkanma miktarlarını azaltacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma, nano hekzagonal bor nitrür (h-BN) ile emprenye edilen farklı ağaç türlerinin yanma özelliklerini tespit etmek için yapılmıştır. Çalışmada ağaç türü olarak ağaç işleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan iğne yapraklı ağaçlardan Sarıçam (*Pinus sylvetsris* Lipsky ), Doğu ladini (*Picea orientalis*) ve geniş yapraklı ağaçlardan Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill) odunları seçilerek, %1,5 konsantrasyonlu h-BN ile ASTM-D 1413-76 (1976) standartlarına göre emprenye edilmiştir. Deney örneklerinin yanma özelliklerinin ölçülebilmesi için ASTM E 160–50 (1975) esaslarına uyularak yanma test cihazında ölçümler yapılmıştır. Çalışma sonucunda alev kaynaklı yanma (AKY), kendi kendine yanma (KKY) ve kor halde yanma (KHY) sıcaklıkları, yanmada ağırlık kaybı, yıkılma süresi ve toplam yanma süresi belirlenmiştir.

Sonuç olarak; test ve ölçüm için alınan ahşap numunelerde en yüksek retensiyon miktarı ladinde en az ise kestanede ölçülmüştür. Kontrol örneklerine göre h-BN uygulaması KKY ve daha yüksek oranlarda da AKY sıcaklıklarında artışa neden olmuştur. Kor halde yanma sıcaklığı kontrol örneklerine göre h-BN uygulanan örneklerden kestane ve ladinde artış Sarıçamda ise azalma gözlemlenmiştir.

Yıkılma süreleri kontrol örneklerine göre h-BN uygulanan örneklerde artış; toplam yanma sürelerinde, kestane ve ladinde artış Sarıçamda azalmaya neden olmuştur. Yanmada ağırlık kaybı kontrol örneklerine göre h-BN uygulanan örneklerden ladinde ve Sarıçamda artış kestanede azalma belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağaç malzeme, Emprenye, Nano hekzagonal bor nitrür, Yanma özellikleri

## **ABSTRACT**

### **MASTER'S THESIS**

# **EFFECTS OF NANO PARTICLE PRESERVATIVE MATERIALS ON COMBUSTION PROPERTIES OF SOME WOOD SPECIES**

Eyüp ÇİÇEK

Gumushane University

The Graduate School of Natural and Applied Science

Department of Forestry and Environmental Sciences

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Şekip Şadiye YAŞAR

(2019, 43 Pages)

Wood materials which are renewable, lightweight, widely used in interior and exterior decoration and easy to process is a source of raw materials. Wood materials also has high mechanical resistance and aesthetic appearance. However, the wood material has some negative features. For example, wood materials can be faced with insect or fungal destruction due to its natural structure. Wood materials also has poor endurance to sun, moisture and fire. To prevent these negative aspects, one of the widely used protection method is treating with various chemicals and top-level processings with layer maker materials.

It is known that boron, ammonium and nitrogenous compounds which are used as a fire inhibitor today cause an increase in the hygroscopicity of the wood material. Nanotechnology is used in computer science, robotics, surface coating and nano-composite

production. Thanks to the size of the nanomaterials used in the study, it is thought that nanomaterials will penetrate the wood material more deeply and it will decrease the necessity of being washed by dispersing homogeneously.

This study was conducted to determine the combustion properties of nano hexagonal boron nitride impregnated wood material. In this study, pine (*Pinus sylvestris* Lipsky), Eastern spruce (*Picea orientalis*) and Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill) from broadleaf trees, which are commonly used in the woodworking industry, were selected. They impregnated with hexagonal boron nitride (h-BN), which has %1.5 concentration, considering ASTM-D 1413-76 standards. In order to measure the combustion properties of the test samples, measurements were made in the combustion tester following ASTM E 160–50 (1975). In the result of study, temperatures of burning by fire, burning by itself and burning as a cinder, weight loss in combustion, decay time and total burning time are determined.

As a result, the highest amount of retention was measured in spruce and the lowest amount of retention was measured in Anatolia chestnut. According to samples, h-BN implementation caused increasing temperatures of burning by itself and burning by fire. According to samples of temperatures of burning as a cinder, temperatures of spruce and chestnut has increased and temperature of pine has decreased with the implementation of h-BN.

According to samples of decay time, when h-BN has implemented, it is observed that decay time has increased and also total burning time has increased in all samples but pine. In accordance with weight loss in combustion, when h-BN has implemented, it is identified that spruce and pine became stronger but chestnut became weaker.

**Keywords:** Wood material, Impregnation, Nano hexagonal boron nitride, Combustion properties



## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ormancılık ve Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmaya maddi destek sağlayan Gümüşhane Üniversitesi Rektörlüğü'ne ve BAP Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Şekip Şadiye YAŞAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmalarımın yürütülmesi sırasında çok değerli fikir ve görüşlerini benden esirgemeyen Sayın Hocalarım Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK, Prof. Dr. Selim ŞEN, Dr. Öğr. Üyesi Osman KOMUT'a ve Öğr. Gör. Mehmet YAŞAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında desteğini her zaman hissettiğim eşim Asiye Şeyda ÇİÇEK'e, kızlarım Zeynep Nahide, Meryem Betül ve Fatma Zehra'ya teşekkür ederim.

Çalışmalarımda sürekli desteklerini gördüğüm Eyüp AKDEMİR ve Hakan KARADEMİR hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖZET .....	IV
ABSTRACT .....	VI
TEŞEKKÜR .....	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Ağaç Malzemeler.....	2
1.2.1. Anadolu Kestanesi ( <i>Castanea sativa</i> Mill).....	3
1.2.2. Sarıçam ( <i>Pinus sylvetsris</i> Lipsky) .....	4
1.2.3. Doğu Ladini ( <i>Picea orientalis</i> ).....	5
1.3. Ağaç Malzemenin Yanma Özellikleri .....	5
1.4. Emprenye .....	7
1.4.1. Emprenye Yöntemlerinin Sınıflandırılması.....	8
1.4.1.1. Basınç Uygulamayan Yöntemler .....	8
1.4.1.2. Basınç Uygulayan Yöntemler .....	9
1.4.2. Emprenye Maddelerinin Sınıflandırılması .....	11
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	14
2.1. Literatür Özeti.....	14
2.2. Materyal.....	17
2.2.1. Ağaç Malzemeler .....	17
2.2.2. Emprenye Maddesi .....	18
2.3. Yöntem .....	20
2.3.1. Retensiyon Miktarının Belirlenmesi.....	21
2.3.2. Yanma DeneYleri.....	22
2.4. Verilerin Değerlendirilmesi.....	23
3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	24
3.1. Emprenye Maddesinin Retensiyon Miktarı ve Oranı .....	24

3.2.	Yanma Sıcaklıkları .....	24
3.2.1.	Alev Kaynaklı Yanma Sıcaklığı .....	24
3.2.2.	Kendi Kendine Yanma Sıcaklığı .....	26
3.2.3.	Kor Halde Yanma Sıcaklığı.....	28
3.3.	Yanmada Süreler .....	30
3.3.1.	Yıkılma Süresi .....	30
3.3.2.	Toplam Yanma Süresi .....	32
3.4.	Yanmada Ağırlık Kaybı .....	34
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER .....	36
5.	KAYNAKLAR.....	38
	ÖZGEÇMİŞ	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1.1. Dolu hücre metodu ile emprenye yapan basınç kazanı .....	10
Şekil 1.2. Boş hücre metodu ile emprenye yapan basınç kazanı .....	11
Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan örnek parçalar .....	17
Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan h-BN tozları .....	18
Şekil 2.3. h-BN tozlarının SEM görüntüleri .....	20
Şekil 2.4. Çalışmada kullanılan emprenye kazanı .....	21
Şekil 2.5. Yanma test cihazı .....	22
Şekil 2.6. Yanma deney cihazı .....	23
Şekil 3.1. Alev kaynaklı yanmada sıcaklık değişimleri .....	26
Şekil 3.2. Kendi kendine yanmada sıcaklık değişimleri .....	28
Şekil 3.3. Kor halde yanmada sıcaklık değişimleri .....	29
Şekil 3.4. Ortalama yıkılma süresi değerleri .....	32
Şekil 3.5. Ortalama toplam yanma süresi değerleri .....	33
Şekil 3.6. Yanmada ağırlık kaybı değerleri .....	35

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Anadolu Kestanesi odununun bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	3
Tablo 1.2. Sarıçam odununun bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri .....	4
Tablo 1.3. Doğu Ladini odununun bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	5
Tablo 1.4. Ağacın değişik sıcaklıklardaki ısı ile oluşan tepkimesi .....	7
Tablo 2.1. Çalışmaya ait örnek planlaması .....	18
Tablo 3.1. Hegzagonal bor nitrürün retensiyon miktarı ve oranı .....	24
Tablo 3.2. Alev kaynaklı yanmada sıcaklık değerlerine göre varyans analizi .....	24
Tablo 3.3. Uygulama çeşidine göre alev kaynaklı yanmada sıcaklık değerleri .....	25
Tablo 3.4. Ağaç türü ve uygulama çeşidine göre alev kaynaklı yanmada sıcaklık ortalama değerleri.....	25
Tablo 3.5. Kendi kendine yanmada sıcaklık değerlerine göre varyans analizi .....	26
Tablo 3.6. Ağaç türüne göre kendi kendine yanmada sıcaklık değerleri .....	27
Tablo 3.7. Ağaç türü ve uygulama çeşidine göre kendi kendine yanmada sıcaklık değerleri .....	27
Tablo 3.8. Kor halde yanmada sıcaklık değerlerine göre varyans analizi .....	28
Tablo 3.9. Ağaç türü ve uygulama çeşidine göre kor halde yanmada sıcaklık ortalama değerleri.....	29
Tablo 3.10. Yanmada yıkılma süresi değerlerine göre varyans analizi.....	30
Tablo 3.11. Ağaç türüne göre yıkılma süresi değerleri .....	30
Tablo 3.12. Uygulama çeşidine göre yıkılma süresi değerleri .....	31
Tablo 3.13. Ağaç türü ve uygulama çeşidine göre yıkılma süresi ortalama değerleri ...	31
Tablo 3.14. Toplam yanma süresi değerlerine göre varyans analizi .....	32

Tablo 3.15. Ağaç türü ve uygulama çeşidine göre toplam yanma süresi ortalama değerleri.....	33
Tablo 3.16. Yanmada ağırlık kaybına ait varyans analizi .....	34
Tablo 3.17. Ağaç türüne göre yanmada ağırlık kaybı .....	34
Tablo 3.18. Ağaç türü ve uygulama çeşidine göre ağırlık kaybı ortalama değerleri.....	35



## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACA	:Amonyaklı Bakır Arsenik
ACC	:Asit-Bakır-Kromat
ACQ	:Amonyaklı Bakır Quat
ACZA	:Amonyaklı Bakır Çinko Arsenik
AKY	:Alev Kaynaklı Yanma
BeO	:Berilyum oksit
°C	:Santigrat Derece
CCA	:Bakır-Krom-Arsenik
Cu	:Bakır
CCB	:Bakır-Krom-Bor
CZC	:Kromlu Çinko Klorür
FCAP	:Flor-Krom-Arsenik-Fenol
h-BN	:Hekzagonal Bor Nitür
KHY	:Kor Halinde Yanma
KKY	:Kendi Kendine Yanma
LDN	:Lif Doygunluğu Noktası
NBN	:Nano bor nitür
PAS	:Pentaklorfenol-Amonyak-Solvent
SiO <sub>2</sub>	:Silisyum Dioksit
Sn	:Saniye
TiO <sub>2</sub>	:Titanyum Dioksit
ZnO	:Çinko oksit

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Ağaç malzeme insanlık tarihinin en eski zamanlarından beri kullanım alanları bulabilen bir mühendislik ve yapı malzemesidir. Her ne kadar ilerleyen teknolojik gelişmelere paralel malzeme çeşitliliği artsa da ahşap; hafif olması, kolay işlenebilmesi, estetik görünümü, yenilenebilir ve çevre dostu olması, ısı ve sesi iyi yalıtması, yangın ve depremde yıkılma direncinin yüksek olması gibi üstün özellikleri dolayısıyla halen yaygın olarak tercih edilmektedir (Kurtoğlu, 2000). Belirtilen özelliklerinden dolayı yerini dolduracak başka bir malzeme bulununcaya kadar kullanım alanlarını kaybetmeyecektir. Ayrıca sağlık açısından ahşap malzeme yerine kullanılan bazı malzemelerin olumsuz etkileri sebebiyle ahşap malzemenin tercih edilirliliği artmaktadır.

Ağaç malzeme tüm bu olumlu özelliklerinin yanında fiziksel ve kimyasal yapısını bozabilen termit, bakteri, mantar, böcek, güneş ışığı, mevsimsel değişimler, yağmur, don, nem, kimyasallar ve yangın gibi değişkenlerden olumsuz etkilenebilmektedir. Özellikle ahşabın kullanım yerinde ki çevresel faktörlere ve yanmaya karşı direncinin artırılması için araştırmalar yapılmaktadır (Rowell ve Dietenberger, 2005; Yaşar, 2015; Fidan vd., 2016; Reinprecht, 2016; Sandberg vd. 2017; Yaşar vd., 2016; Yaşar vd., 2017).

Ahşap koruyucular yangın, mekanik aşınma, hava şartları, biyolojik zararlılar, fiziksel ve kimyasal bozunumdan koruyarak ağaç malzemenin hizmet ömrünü arttırabilir. Kreozot, pentaklorofenol, krom-bakır-arsenik (CCA), asit-bakır-krom (ACC), alkalın-bakır-quat (ACQ), bakır-krom-boron (CCB), bakır-krom-fosfat (CCP) ve bakır-azol bileşikleri yaygın kullanılan odun koruyuculardır (Archer ve Lebow, 2006; Ibach, 2013). Günümüz koruyucularının sadece ortam koşullarına dayanıklı olması, ağaç malzeme üzerine iyi tutunması ve etkinlik düzeyinin iyi olması değil, aynı anda çevreye zarar vermemesi ve insan sağlığına zararlı olmaması da büyük önem taşımaktadır. Çevre koruma Ajansı (EPA) arsenik, pentaklorofenol ve kreozot'ın hafifletici önlemler alınarak etiket değişikliklerinin yapılmasının uygun olduğunu belirtmiştir (EPA, 2006).

Son yıllarda teknolojik gelişmelerin hızlanmasına paralel ağaç malzemenin tekrar yorumlanabilmesi ve hizmet ömrünün artırılması için yeni "odun modifikasyonu" yöntemleri kullanılmaktadır. Yaygın modifikasyon yöntemleri olarak termal (thermowood,



platowood), kimyasal (asetilasyon, furfurilasyon, reçine emprenye), katman yapıcı maddelerle kaplama ve emprenye uygulamaları kullanılmaktadır (Reinprecht, 2016; Sandberg vd., 2017).

Günümüzde ağaç malzemenin yanmasını geciktirmek için yaygın olarak amonyum, azot ve borlu bileşikler kullanılmaktadır. Bu bileşiklerin odun üzerinde yıkanmasını önlemek için araştırmalar yapılmaktadır. Nanoteknoloji, 1-100 nm boyut aralığındaki maddeler üzerinde çalışma yapan bir bilim dalıdır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak nanoteknoloji birçok sektörde kullanım alanı bulmuştur. Bu çalışmada odun içerisine daha derin nüfuz edeceği düşünülen nano boyutlu maddelerden olan hegzagonal bor nitrür (h-BN) kullanılarak, ağaç malzemenin yanma özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, dış ve iç dekorasyonda, yoğun bir şekilde kullanılan Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* M.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu Ladini (*Picea orientalis*) odunları %1,5 konsantrasyonda nano h-BN ile ASTM-D 1413-76 (1976) standartlarına göre emprenye işlemi yapıldıktan sonra, ASTM E 160-50 (1975) standartlarına göre alev kaynaklı yanma (AKY), kendi kendine yanma (KKY) ve kor halde yanma (KHY) periyotlarında yanma sıcaklıkları, yanma süreleri ve yanmada ağırlık kaybı özellikleri incelenmiştir.

## 1.2. Ağaç Malzemeler

Genel tanımıyla ağaç, toprağa kökleri ile tutunan, yukarı bölümleri veya gövdesi dallarla dolu, geniş veya iğne yapraklı, büyük boy yüksekliklerine ulaşabilen, gövdesi odunlaşmış, üstü kabuk bağlamış bir bitkidir (Zorlu, 1997; Yalınkılıç, 2008). Odun yapısını oluşturan çeşitli dokuların yerleşim ve nitelikleri ile odun yapısına katılma oranları ağaç içerisindeki yerine, ağacın yetiştiği bölgeye ve yaşına göre değişiklik arz eder. Buna bağlı olarak odunun mekanik ve fiziksel özellikleri değişiklik gösterir. Boyu 5 metreden fazladır. Bir ya da birden fazla gövdeli ve 5 metreden kısa olan odunsu yapıdaki bitkiler ise çalı sınıfı olarak tanımlanmaktadır. Odunsu bitkilerde iç kabuk (floem) ile odun arasında kambiyum denilen, kök, gövde ve dalları tamamen saran üreyimli bir doku vardır. Kambiyum tabakası her yıl dış tarafa doğru yeni iç kabuk hücreleri ve iç tarafa doğru odun (ksilem) oluştururlar. Bunun neticesinde kambiyum hücreleri her yıl vejetasyon periyodunda iç kısım yönünde bölünerek yıllık odun halkalarını, dış kısım yönünde ise yıllık kabuk halkalarını oluşturarak ağaçta kalınlaşmayı, büyümeyi sağlarlar. Buna

sekonder büyüme veya sekonder kalınlaşma adı verilir. Ağaçların ortak özelliklerine bakarak tanımlarını yapmak, bunları gruplamak, kullanım yerlerini, sınırlılıklarını, avantajlarını ve ortalama değerlerini belirlemek mümkündür (Örs ve Keskin, 2001).

### 1.2.1. Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill)

Anadolu'nun yerli bir türü olan kestane (*Castanea sativa* Mill.) kuzey yarı kürede, yüksek mıntikalarda, serin ve fazla yağış alan bölgelerde geniş bir yayılış göstermektedir. Güney Avrupa, Kuzey Afrika, Güney Batı ve Doğu Asya ile Kuzey Amerika'da da yayılış gösteren kestane türleri, dikey olarak deniz seviyesinden itibaren 700 - 800 metreye kadar yükselmekte ve hatta Kafkaslar'da 1.800 m yükseltiye kadar çıkabilmektedir (Erdem, 1951; Kayacık, 1981; Yaltırık, 1993).

Türkiye orman vejetasyonunda Kuzey Anadolu'da Querco - Fagete sınıfının; 1. ordosu olan Rhododendro - Fagetalia Orientalis'in 2. alyansı Castaneo - Carpinion'da floristik yapısı ve karışımları tanımlanan *Castanea sativa* Mill (Akman, 1995), ülkemizde Rize yakınında 1700 m yükseltiye kadar çıkabilmektedir (Mayer ve Aksoy, 1998)

Mobilya, yapı kerestesi, tel direği, gemi kerestesi, odunu sağlam ve tanence zengin olduğundan inşaat sektöründe, alet sapları, fiçi yapımında, şemsiye, baston, bahçe kapıları, çit direği, sepet ve küfe yapımında, tornacılıkta, genç sürgünleri 'bambu' taklidi olarak mobilya sanayiinde kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997). Botanik açıdan kışın yaprağını döken ağaçlardan olan kestane 30 metreye kadar boylanan, 1,5 - 2 m çap yapabilen geniş ve dağınık taca sahip bir ağaç türümüzdür. Kabuk genç gövdelerde düzgün, yaşlılarda çatlaklıdır. Yaprakları geniş mızraksı veya dar eliptik biçimli sivri uçlu ve kenarları muntazam aralıklı basit dişlidir (Yaltırık, 1993). Anadolu Kestanesinin bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1.1'de gösterilmektedir.

Tablo 1.1. Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* M.) odunun bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Anadolu Kestanesi	Miktar/Değer	Birim	(Wagenführ ve Scheiber, 1974; Bozkurt, 1992)
Selüloz	47,3	%	
Lignin	31,8		
Yoğunluk (D <sub>0</sub> ) (D <sub>12</sub> )	0.59	gr/cm <sup>3</sup>	
	0.63	gr/cm <sup>3</sup>	

### 1.2.2. Sarıçam (*Pinus sylvetsris Lipsky*)

Türkiye’de en yoğun yayılışını Kuzey Anadolu’nun iç kesimlerinde yapar ve buradan orta Anadolu’ya sarkar. Diğer ağaçlarla karışık olarak bütün Anadolu’nun kuzey kesiminde yetişir. Karadeniz kıyılarında deniz seviyesine kadar yetişirken Sarıkamış’ta 2700 metreye kadar yetişebilir. Güneye en çok indiği nokta Kayseri-Pınarbaşı dolaylarıdır (Hammond vd., 1969; Yalınkılıç, 2008). Sarıçam geniş coğrafi bir alana yayılış gösteren çam taksonlarından biridir. İskoçya’dan başlayarak tüm Avrupa, Alpler, Pirene, Voj, Karpatlar ile Balkanlar, İskandinavya, Türkiye ve Asyada çok geniş alanlarda yayılır (Anşin ve Özkan, 1997; Yalınkılıç, 2008).

Diri odun sarımsı soluk kahverengi, öz odunu ise belirgin kırmızıdır. Özellikle özışınlarında çok sayıda reçine kanalları vardır (Anşin ve Özkan, 1997; Yalınkılıç, 2008). Reçinesi temizlendikten sonra boyanabilir. Zor verniklenir. Görünüşünü bozan mavi lekelenme, estetik değerini azaltır. Ancak, mavi lekelenme, ağacın fiziksel dayanımında olumsuz etki yaratmaz. Hava kurusu özgül ağırlığı 0.49 gr/cm<sup>3</sup>) tür (Zorlu, 1997; Yalınkılıç, 2008). Ticaret dünyasında kırmızı odun olarak bilinen odunlarından başta telgraf ve telefon direkleri, demiryolu traversleri olmak üzere; inşaat alanında, döşemecilik, çatı ve döşeme kirişi, marangoz ve doğramacılıkta, kâğıtçılıkta ve plastik ve selefon yapımında kullanılır. Odunu genel olarak yumuşak kullanım alanları için uygun olup budaksız ve iyi kalite özelliklerine sahiptir (Anşin ve Özkan, 1997; Yalınkılıç, 2008). Sarıçam’ın bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1.2.’de verilmiştir.

Tablo 1.2. Sarıçam (*Pinus sylvetsris L.*) odunun bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Sarıçam	Miktar/Değer	Birim	(Kollmann and Fengel, 1965; Bozkurt, 1992)
Holoselüloz	74,3 - 71,6	%	
Selüloz	52,2		
Lignin	26,3 - 26,7		
Yoğunluk (D <sub>0</sub> )	0.49	gr/cm <sup>3</sup>	
(D <sub>12</sub> )	0.52	gr/cm <sup>3</sup>	

### 1.2.3. Doğu Ladini (*Picea orientalis*)

Doğu ladini (*Picea orientalis*), dalları gövdeye çevrel dizilmiş, piramit taçlı Türkiye ormanlarının ana türlerinden olup bugüne kadar yapılan farklı çokça çalışmada incelemeye konu olmuş önemli türlerimizden birisidir. Yapılan çalışmalarda ortaya çıkarılan başlıca özellikleri;

Ülkemizde Ordu-Melet Irmağından Gürcistan sınırına kadar uzanan kesimde genellikle dağların Karadeniz'e bakan yamaçlarında görülür (Kayacık, 1960; Anşin, 1994). Genelde doğal yayılış alanı içinde 550 – 2400 m yüksekliklerde dikey yayılış gösterir (Saatçioğlu, 1971; Atalay, 1984). Yayılışı genelde yereldir. Soğuğa ve rüzgâra karşı dayanıklıdır. Nem, Doğu Karadeniz Bölgesinin batı bölümlerinde bu türün yayılışını sınırlayan önemli bir faktörlerden biridir (Atalay, 1984). Yeterli rutubet miktarını bulduğunda kara iklimli iç ve kuzey bölgelerden hoşlandığı söylenebilir. İdare süresinin yarısına kadar gölgeye dayanır. Kışları soğuk ve karlı, ilkbahar ve yaz aylarında sisli ve bol yağışlı (700-2000 mm), kısacası nemli iklim ortamlardan hoşlanır (Genç, 2009). Kök oluşumu sığdır. Yan köklerin kalınlığı, ana gövde kalınlığına yakın kalınlıktadır. Dar tepelidir. Düzgün, dolgun, dalsız gövdeler geliştirir. Doğal dal budanmasını iyi yapan türlerimizden birisidir. Dikine büyür, azman yapmaz. Doğu Ladinin bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1.3.'de verilmiştir.

Tablo 1.3. Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.) odunun bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Doğu Ladini	Miktar/Değer	Birim	(Bostancı, 1979; Bozkurt, 1992; Hafizoğlu vd., 1997)
Holoseülüz	74-72,3	%	
Selüloz	56,4		
Lignin	30-27,5		
Yoğunluk (D <sub>0</sub> )	0.43	gr/cm <sup>3</sup>	
(D <sub>12</sub> )	0.45	gr/cm <sup>3</sup>	

### 1.3. Ağaç Malzemenin Yanma Özellikleri

Yanma olayı yanıcı maddelerin oksijen ile ısı altında belirli oranlarda birleşmesi sonucu oluşan kimyasal olay olarak tanımlanır. Ağaç malzemenin kendi kendine yanabilmesi için sıcaklığın 275°C' ye kadar çıkmasına ihtiyaç duyulmakta olup, dışarıdan

bir alev kaynağının varlığında daha düşük sıcaklıklarda da tutuşup yanabilir (Le Van ve Winandy, 1990).

Konut ve iç mekân yangınlarında, ağaç yapı elamanlarının yangının ilk aşamalarında diğer yapı elamanlarına göre yüksek direnç özellikleri göstermektedir (Eriç,1985; Uysal,1997).

Ağaç malzeme mevcut bir ateş kaynağı ile temasa maruz kaldığında iki aşamalı olarak ayrışır. Birinci aşamada 300°C altındaki sıcaklıklarda iç kimyasal bağlarda kırılma, dehidrasyon (ağırlık kaybı-su kaybı), hidroperoksit, karboksil ve karbonil grupların, CO, CO<sub>2</sub> ve reaktif karbon kömür oluşumu gözlenmektedir. Karbon kömürü yüzeyde kor halinde yanarak devam eder ve ilerleyen aşamalarda yanıcı uçucu gazların oksidasyonu ile alevli yanma başlar. İkinci aşamada ise 300°C üstünde ikincil bağların ayrılması gerçekleşir (Antal, 1985; Czernik vd. 1999; Rowell ve Dietenberger, 2005).

Ağaç malzeme 100°C sıcaklığa ulaştığı zaman içerisindeki nem buharlaşır, 200°C ye kadar çok az miktarda bozulma meydana gelir ve bu sıcaklıktan sonra dehidrasyon sebebiyle kimyasal bağlar bozulmaya ve bunun neticesinde uçucu gazlar oluşmaya başlar. Oksijen eksikliği ortaya çıkar (proliz) ve uçucu gazlar atmosfere dağılır. Ağaç malzeme 250 °C' de termal olarak bozunma sürecine girer. Yaklaşık 300-375 °C' de karbonhidrat polimerlerin çoğunluğu yanıcı uçucular şekline girer ve sadece lignin büyük ölçüde bozulmamış olarak kalır. Hemiselüloz bileşenler yaklaşık 225 °C' de ayrışmaya başlar, 325 °C' de tamamıyla bozulur. Selüloz polimeri çok kısa zaman zarfında ve hızla bozunup yaklaşık 370 °C' de tamamen bozunur (Rowell ve Dietenberger, 2005). Tablo 1.4.'de ağacın farklı sıcaklıklardaki ısı ile olan tepkimesi ve oluşan ürünler verilmektedir (Le Van ve Winandy, 1990; Russell vd., 2007).

Tablo 1.4. Ağacın değişik sıcaklıklardaki ısı ile oluşan tepkimesi

Sıcaklık	Meydana Gelen Tepkimeler
<200 °C	Ağaç malzeme bu sıcaklıklarda su kaybına bağlı ağırlık kayıplarına uğramaktadır. Yavaş devam eden piroliz sonucu oksijen eksikliğine bağlı ortama yanıcı olmayan karbon dioksit, formik asit, asetik asit ve su buharı vermektedir.
200-260 °C	Ekzotermik reaksiyonlar başlamasıyla beraber uçucu gazlar ve yüksek kaynama noktasına sahip olan katran ortaya çıkmaya başlar. Ayrıca, düşük kaynama noktasına sahip hidrokarbonların olduğu lokal yerlerde kısmi yanma olayı görülebilmektedir.
275-280 °C	KontROLSÜZ olarak yüksek miktarda ısı ortaya çıkmaktadır. Asit türevleri olan farklı gaz ve sıvı ürünler ortaya çıkmaktadır.
>280 °C	Artan ısıyla birlikte ağaç malzemenin gaz çıkışı artmaktadır. Bunun yanında, kömür oluşumunda da bir hızlanma görülmektedir.
>300 °C	Bu sıcaklık değerlerinde, ortamda yeterli oksijen var ise açığa çıkan gaz karışımının tutuşabilme ihtimali ortaya çıkmaktadır. Fakat yanma olayı ağaç malzemenin kendinden ziyade bir miktar yüzeyden yukarısında gerçekleşmektedir. Isı kaynağı odundan uzaklaştırılsa dahi ahşap malzemenin yanması devam etmektedir. Ağaç malzemenin tür ve özelliklerine bağlı olarak yanma olayı 300-400 °C arasında devam edecektir. Bu süreç ağaç malzemenin tüm bileşenlerinin ve uçucu gazların 450 °C'ye kadar ısınmasına kadar devam etmektedir.
>450 °C	Ağaç malzemenin geriye kömürleşmiş tabaka kalır. Daha sonraki safhalardaki reaksiyonlarda ise karbondioksit, karbon monoksit ve su oksidasyona uğramaktadır.

#### 1.4. Emprenye

Emprenye işlemleri ahşap malzemeyi çeşitli çevresel olumsuzluklara karşı dayanıklılığını ve kullanım ömrünü artırarak ağaç kaynaklarının kısa bir sürede

tükenmesini önlediği için iyi bir çözüm yöntemi olarak bilinmektedir. Emprenye işlemi çeşitli tekniklerle farklı kimyasal maddelerin ahşabın içerisine emdirilmesidir. Emprenye gerek iç mekânlarda gerekse dış mekânlarda önemli kullanım alanına sahiptir. Emprenye işlemini etkileyen faktörler, ahşap malzemenin özellikleri, emprenye yöntemi, akışkanların akış yolları, geçiş aspirasyonu, geçit yapısı vb.dir (Berkel, 1972; Bozkurt vd., 1993).

Türkiye'de ilk emprenye tesisi 1915 yılında yıllık 20000 m<sup>3</sup> kapasiteli olarak Denizli'de, 1931 yılında Almanlar tarafından 60000 m<sup>3</sup> kapasiteli ikinci tesis İzmit Derince'de kurulmuştur. Kreozot ile emprenye yapan bu tesisler Devlet Demiryollarının traverslerinin emprenyesi amacıyla kurulmuştur. Üçüncü olarak 1956 yılında İngilizler tarafından Bolu'da kurulan emprenye tesisi 15000 m<sup>3</sup> kapasiteli ve suda çözünen tuzlar kullanarak PTT'nin emprenyeli tel direk ihtiyacını karşılamak üzere kurulmuştur. Özel teşebbüsün de çeşitli tesisler kurmasıyla 2000 li yıllara kadar bu sayı 30 a ulaşmıştır (Bozkurt vd., 1993).

#### **1.4.1. Emprenye Yöntemlerinin Sınıflandırılması**

İhtiyaç duyulan alanlarda daha uzun vadeli dayanım sağlamak için ahşap malzemeye uygulanan yöntemler basınçsız ve basınçlı yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Basınçsız yöntemler fırça ile sürme, kazana daldırma gibi basit yöntemleri ihtiva ederken, basınçlı yöntemler düzenli bir sistem ve kurulu bir ekipmanı gerektirmektedir. Ağaç malzemenin korunmasında olumlu bir neticeye ulaşılabilmesi için kullanım yerine en uygun yöntemlerin seçilmesi büyük bir önem teşkil etmektedir (Bozkurt vd., 1993).

##### **1.4.1.1. Basınç Uygulanmayan Yöntemler**

Belirtilen yöntemler arasında fırça ve ya püskürtme ile ağaç malzemenin yüzeyine kimyasal maddenin sürülmesi kolay bir şekilde uygulanmakta fakat bu yöntemde emprenye malzemesi ahşap malzemenin iç kısımlarına nüfuz etmemekte bunun için kimyasal maddenin ağaç malzemenin içine daha fazla nüfuz etmesini sağlayan kazan içerisine daldırma yöntemleri de uygulanmaktadır. Emprenye maddesinin içine batırma süresi ağaç malzemenin türü, kullanılacağı yer ve emprenye maddesinin çeşidine göre değişiklik göstermekle birlikte sıcak ve soğuk olarak uygulanan çeşitli yöntemleri mevcuttur (İlhan, 1983; Bozkurt vd., 1993).

### **1.4.1.2. Basınç Uygulanan Yöntemler**

Günümüzde ahşap malzemenin emprenye edilmesinde kullanılan endüstriyel teknikler içerisinde basınç ve vakum kullanılan teknikler büyük bir önem kazanmıştır. Bu tekniklerde ahşap malzemelerin içerisine kısa bir zaman zarfında ekonomik yollardan yeterli miktarlarda ve istenilen derinlikte emprenye maddesini nüfuz ettirmek mümkün olmaktadır. İstenilen düzeylerde emprenye işlemini gerçekleştirmek için ahşap malzemenin yerleştirildiği çelik bir kazana gerekli şartlar oluşturularak istenildiği kadar vakum ve basınç uygulanabilen özel tesisler kullanılmaktadır (İlhan, 1983).

Bu tesislerde büyük hacimlerde ve her boyuttaki ahşap malzemeler emprenye edilebilmekte ve emprenye maddesi miktarları istenilen düzeylerde ayarlanabilmektedir. Emprenye maddesinin ahşap malzemenin içerisine düzenli bir şekilde yayılımını sağlayıp daha dirençli ve sağlıklı bir koruma yapmak mümkün olmaktadır. Bu tesislerdeki sistemler sabit olarak kurulabildiği gibi farklı yerlerde kullanım kolaylığı sağlamak amacıyla kamyonlar üzerine monte edilerek seyyar olarak da kullanılabilir. Basınçlı emprenye yöntemleri dolu ve boş hücre yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (İlhan, 1983; Bozkurt vd., 1993).

### **Dolu Hücre Yöntemleri**

Basınç uygulayan yöntemlerde temel esas ahşap malzemenin içerisine mümkün olan en yüksek miktarlarda emprenye maddesinin nüfuz ettirilmesidir. Emprenye kazanının içerisine doldurulan ahşap malzemeye ilk aşamada vakum uygulanarak hücre boşluk ve çeperlerinde bulunan hava bir ön vakum uygulamasıyla (alçak basınç) ahşap malzemenin dışarısına alınarak emprenye maddesine daha fazla yer açılmaktadır. Emprenye maddesinin silindire gönderilmesinden sonra basınç uygulamak suretiyle ahşap malzemenin tüm boşluklarına yerleşmesi sağlanmaktadır (Hafizoğlu, 1987).

Dolu hücre tekniğinin ilk uygulamalarından biriside Breant yöntemi olmuştur. Başlangıçta kreozot uygulanarak başlayan bu yöntemlerde zamanla tuzlar da kullanılmaya başlanmıştır. 1847 yılında geliştirilen ve Çinko klorür kullanılan Burnett yönteminde ahşap malzeme başlangıçta 1,5 Atmosfer basınçta 30 dakika süreyle buhar ile işlem yapılmaktadır. Ancak günümüzde bu emprenye maddesi pek bir kullanım alanına sahip değildir. İlk önce 1836 yılında maden kömüründen elde edilen kreozotun emprenye endüstrisinde kullanılması fikriyle hareket edilmiş, gerçek anlamda bu yöntemin patentini



alan J. Bethell olmuştur. Bethell yönteminde %12-14 rutubet oranındaki (hava kuru hal) ağaç malzemeler bir ön buharlama işlemine tabi tutulmaksızın kreozot ile empenye edilmekteydi. Günümüzde bu yöntem dünyada en yaygın olarak kullanılan metotlardan olup suda çözünen tuzlarında yoğun olarak kullanıldığı yöntemlerdendir (Bozkurt vd., 1993). Şekil 1.1. de dolu hücre metoduna göre işlem yapılan bir empenye kazanı görülmektedir.



Şekil 1.1. Dolu hücre metoduna göre empenye yapan bir basınç kazanı (URL, 2007).

### **Boş Hücre Yöntemleri**

Emprenyeli ahşap malzemelerin demiryolu, haberleşme hizmetleri, bahçe mobilyaları, peyzaj elemanı ve enerji nakil hatlarındaki tüketiminin yaygınlaşmasıyla

yüksek miktarda emprenye maddesi tüketen dolu hücre yöntemlerinin yerine daha ekonomik olan boş hücre metotları ortaya çıkmıştır. Boş hücre metotlarının dolu hücre metotlarından temel farkı ağaç malzemeye başlangıçta bir vakum işlemi uygulanmamasıdır. Bu metotların yaygın ve önemli olanı Ruping metodu olup, başlangıçta uygulanan bir ön vakum içermeyip diğer işlemleri dolu hücre metodunda yapılan uygulamalarla aynı şekilde yapılmaktadır (Hafizoğlu, 1987). Şekil 1.2. de boş hücre metoduna göre emprenye yapan bir tesis ve emprenye kazanı görülmektedir.



Şekil 1.2. Boş hücre metodu ile emprenye yapan basınç kazanı

#### 1.4.2. Emprenye Maddelerinin Sınıflandırılması

- Organik Çözücülü Emprenye Maddeleri
  - Tribütil-tin oksit
  - Naftenatlar

- Bakır-kinolinatlar
- Organik cıva bileşikleri
- Klorlu hidrokarbonlar
- Pentaklorfenol
- Sentetik piretroidler
- Yağlı Emprenye Maddeleri
  - Kreozot
  - Karbolineum
  - Maden kömürü katranı
  - Linyit kömürü katranı
  - Odun katranı
  - Petrol ürünleri
- Renkleme Önleyici Kimyasal (Mantar kaynaklı)
  - Boraks
  - Sodyum karbonat
  - Sodyum pentaklorfenat
- Ardaklanmayı Önleyici Emprenye Maddeleri
- Suda Çözünen Emprenye Maddeleri
  - CCA (Bakır/Krom/Arsenik) tipi emprenye maddeleri
  - ACC (Asit/Bakır/Kromat) tipi emprenye maddeleri
  - ACA (bakır amonyak arsenik) tipi emprenye maddeleri
  - ACZA (bakır amonyak arsenik çinko) tipi emprenye maddeleri
  - CCB (Bakır/Krom/Bor) tipi emprenye maddeleri
  - CZC (Krom/Çinko/Klor) tipi emprenye maddeleri
  - FCAP (Flor/Krom/Arsenik/Fenol) tipi emprenye maddeleri
  - Bor bileşikleri
  - PAS (Pentaklorfenol/Amonyak/Solvent) tipi emprenye maddeleri
  - ACQ (Amonyaklı Bakır Quat) (Archer ve Lebow, 2006).

Ahşapta koruyucu bir işlemin etkinliği için aşağıdaki özellikleri göstermelidir,

- Mevcut organizmalar ve açık hava koşulları.
- Koruyucu maddenin hedef organizmalara karşı kendine özgü toksisitesi veya etkinliği.

- Koruyucu, süzdürme, bozulma veya diğer çevresel bozulmalara karşı koyabilme kabiliyeti.
- Korunan odunun penetrasyon derecesi ve dağılımının tekdüzelik derecesi.
- Arıtılmış odun içindeki koruyucunun tutulması veya konsantrasyonu.

Bozulma tehlikesinin son kullanıma göre değiştiğini kabul etmek için birçok ülke Belirli durumlarda uygun olan koruyucu formülasyonları, kullanılacak koruyucuyu "tutma" ve koruyucunun odun içerisine nüfuz etmesi gereken derinliği belirten "tehlike sınıfı" veya "kategori kullanma" sistemleri geliştirmişlerdir (Morrell ve Preston, 1995).



## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Literatür Özeti

Kullanım yerine uygun ağaç türü seçilmediğinde ve uygun koruyucularla muamele edilmediğinde ağaç malzemenin ekonomik ve fiziki ömrü sınırlanmaktadır. Ahşap malzemenin boya, vernik ve yüzey kaplayıcı muhtelif malzemeler ile yüzeylerinin kaplanması, açık hava şartlarına ve yangın tehlikesine karşı yeterli korumayı sağlayamamaktadır. Bununla birlikte vernik tabakalarının yanma değerlerini artırıcı etki yaptığı da çeşitli çalışmalarla tespit edilmiştir (Şanıvar, 1997; Baysal vd., 2003; Uysal vd., 2008). Yapılan araştırmada literatürde yanma riski taşıyan ortamlarda emprenye işlemine tabi tutulan ağaç malzemelerin kullanımının olumlu sonuç verdiği ile ilgili çalışmalar olduğu görülmüştür (Uysal, 1998; Baysal vd., 2004). Yaşar (2019), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odunlarına Tanalith-E ve wolmanit-CB maddeleri ile emprenye uygulamış, sentetik ve su bazlı vernik uygulamasından sonra yanma özelliklerini incelemiştir. Kontrol örneklerine göre wolmanit-CB olumlu değerler gösterirken, Tanalith-E’de tam tersi sonuçlar elde edilmiştir.

Başka bir çalışmada Kızılağaç odununun yanma özellikleri incelenmiş ve emprenye işleminde kullanılan borlu bileşiklerin kıızılağaç örnek numunelerinin yanmasını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Tuzların (Borikasit ve Borax) özellikle dış ortam etkisinde yıkanmasını önlemek maksadıyla Metilmetakrilat, Stiren ve Stiren + Metilmetakrilat karışımının ikinci işlem olarak uygulandığı bildirilmiştir (Uysal, 1998).

Ahşap yenilenebilir bir malzemedir ve mobilya, dış cephe, hamur / kağıt ve ahşap paneller gibi birçok uygulama alanına sahiptir. Birçok uygulama alanı olmasına rağmen, ahşap, organik yapısından dolayı güneş ışığı, nem ve yükseltilmiş sıcaklık ile kolaylıkla bozulur. Kimyasal yapının bozulması ve ahşap yüzeyinin bozulması ahşabın renk değişimlerinde birincil nedenlerdir. Ahşap malzemenin zayıf yönlerinden biri düşük sıcaklıklarda (100-150 °C) ahşabın kimyasal bileşenlerinin selüloz, lignin ve hemiselülozun termal parçalanmasıdır. Bu nedenle ahşap malzemenin kimyasal bileşimlerine bağlı olarak farklı bozulma noktaları vardır. Ahşabın büyük bir bileşenini oluşturan selüloz, termal olarak kararlı hale getiren oldukça kristal yapısına sahiptir. Bununla birlikte hemiselülozlar ve lignin gibi odunun diğer önemli yapısal bileşenleri amorf yapıdadır ve asetil gruplarının varlığı nedeniyle düşük sıcaklıklarda parçalanmaya

başlarlar (Hill, 2006; Shebani vd., 2008; Poletto vd., 2012).

Nanoteknoloji, 1 ila 100 nm aralığında temelde yeni özelliklere sahip materyallerin, sistemlerin ve cihazların geliştirilmesi ve uygulanması olarak tanımlanmaktadır (Siegel vd. 1999). Çok yüksek yüzey alanı ve enerjili nanopartiküllerin nanometre ölçeği, malzemelerin orijinal özelliklerini değiştirebilir ve yeni işlevsellikler ortaya çıkarabilir.

Nano boyutlu parçacıklar, organik materyallerde istenen özellikleri elde etme fırsatı sunar. Ahşabın mekanik özellikleri, ısıl stabilitesi, biyolojik direnci ve higroskopik özellikleri gibi özellikleri, ahşabı nano boyutlu parçacıklar ile empenye ederek modifiye edilebilir (Xanthos 2005; Akhtari vd., 2012; Akhtari ve Arefkhani 2013). TiO<sub>2</sub> ve nanoclaylarla empenye edilen bir çalışmada, nanopartiküller ile muamele edilen örneklerin yangına karşı dayanıklılığı artmıştır. Su buharı sonuçları, işlenmiş tüm örneklerin, işlenmemiş örneklere göre su buharı akışının alınmasına karşı daha fazla direnç gösterdiklerini göstermiştir (Fufa vd., 2013). Örneklerin nano-gümüş ile empenye edildiği başka bir çalışmada, kırılma modülünün kayınlarda sadece %4,8 oranında azaldığı, ancak kavakta %1,7 oranında arttığı bulunmuştur. Kullanılan iki ağaç türü için de sıkıştırma mukavemetinde bir azalma olduğu tespit edilmiştir (Taghiyari vd., 2012).

Isıl işlem görmüş kayın (*Fagus orientalis*) ve meşe (*Quercus robur*) örnek numunelerine nano boyutlu bor nitrür ve TiO<sub>2</sub> ile empenye edilmiş ve nano bor nitrür ile muamele edilen örneklerde su alma oranları daha düşük çıktığı görülmüştür (Kızılırmak, 2018).

Nano partiküllerin odun koruma ve konsolidasyon alanında kullanımı birçok araştırmacı tarafından genellikle laboratuvar testleri ile incelenmiştir. Nano partiküllerin farklı özellikleri iyileşen nüfuz derinlikleri ve toksisiteleri nedeniyle odun koruma alanında odun çürüten mantarlar, renk ve küf mantarları, böcek ve özellikle termitlere karşı kullanılmasında büyük bir potansiyel bulunmakta ve odunun yaşam ömrünü uzatmak için biyolojik organizmalara karşı korumada kullanılabilir. Nano Cu, Zn ve B odun koruyucu maddelerin geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Kartal vd., 2009).

Günümüzde nano teknoloji sürekli gelişmekte olan bir bilim dalı olarak, birbirinden bağımsız birçok alanda farklı özelliklerinden yararlanılarak birçok problemin çözülmesini sağlayabilecek potansiyele sahip olup, kimya, biyoloji ve fizik gibi bilimin diğer alanlarıyla sentezlenerek bugüne kadar farklı çeşitli birçok uygulamada kullanılmıştır (Ingle vd., 2013).

Nano bor nitrür ile %3 konsantrasyonla empenye edilen Sarıçam, dişbudak ve iroko

ağaçlarının genel olarak eğilme esnasında eğilme modülünün direncini ve elastikiyetini arttırdığı belirlenmiştir (Bauer vd., 1996; Wang ve Cheng, 2002; Lei vd., 2006; Chaichana vd., 2007; Jo vd., 2007 Flores vd., 2010).

Nano-SiO<sub>2</sub>, ile işlem gören çeşitli ahşap malzemelerin araştırmalarda, esnekliklerini, yaşlanma direncini ve mekanik dirençlerinin geliştiği gözlemlenmiştir (Bauer vd., 1996; Wang ve Cheng, 2002; Lei vd., 2006; Chaichana vd., 2007; Jo vd., 2007 Flores vd., 2010).

Taghiyari vd. (2012), nano-gümüş ile emprenye edilen odunların gaz ve sıvı geçirgenliğini değerlendirmiştir. Sonuç olarak, geçirgenliğin, basit perforasyon plakalarına sahip olan kavak ve gürgen ağaçlarında %50'den fazla arttığını bununla birlikte, kayında geçirgenliğin % 3,7 azaldığını tespit etmiştir.

Başka bir çalışmada (Akhtari vd., 2012) nano-gümüşün ısı işlem görmüş *Populus nigra*, *Populus sdeltoides* ve *Fagus orientalis*'in fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde yaptığı etkileri araştırmıştır. Örnek parçalara, 200 ppm'lik bir sulu gümüş süspansiyonu ile muamele edilmiştir. Isıl işlem 135°C ve 185°C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Nano-gümüş ile yapılan emprenyenin ısı işlemin tesirini arttırdığı neticesine ulaşılmıştır. Bununla beraber, nano-gümüş emdirilmiş numuneler üzerindeki ısı işlemin fiziksel özelliklere nazaran mekanik özellikler üzerinde daha belirgin bir etki sahip oluşturduğu ortaya çıkmıştır.

Habibzade vd. (2016) yaptıkları çalışmada ZnO nano parçacıklarının polimerize kavak ağacı numuneleri üzerinde yangın geciktirme, fiziksel ve mekanik özelliklerine olan etkilerini araştırmışlardır. Kavak örnek numunelerine dört farklı nano ZnO içeriği emprenye edilmiştir. Sonuç olarak çinko oksit nano partiküllerin varlığı, emprenye edilen kavak ağacı numunelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli bir ölçüde artırdığı, nano-çinko oksitin kavak ağacının bazı yangın geciktirici özellikleri üzerinde olumlu katkılar sağladığı görülmüştür.

Literatür özetinde görüldüğü gibi nano teknolojik materyallerin ağaç malzemenin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin güçlendirilmesi için kullanılması yaygın bir uygulamadır. Bu çalışmada kullanılan ağaç türlerine emprenye maddesi olarak uygulanan nano h-BN'nin yanma özelliklerine etkileri incelenmiştir.

## 2.2. Materyal

### 2.2.1. Ağaç Malzemeler

Araştırmada kullanılan ahşap malzemeler 1. Sınıf keresteler arasından rastgele olarak seçilen Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* M.) ve iğne yapraklı ağaçlardan Sarıçam (*Pinus sylvetsris* L.), Doğu Ladini (*Picea orientalis*) ağaçlarından temin edilmiştir. Reçine içermeyen, düzenli lifli ve düğüm içermeyen normal ve düzenli olarak büyütülmüş ahşap malzeme parçalarından TS 2470 (1976) standartlarına uygun numune almaya özen gösterilmiştir. Rastgele seçilen kereste, kaba kesimden önce % 12 sabit nem içeriği elde edene kadar  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta ve  $\%65 \pm 3$  bağıl nemde iklimlendirildi. Çalışmada kullanılan örnek parçalar Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan örnek parçalar

Deney parçaları Gümüşhane Üniversitesi Gümüşhane MYO, Mobilya ve Dekorasyon Atölyesinde ASTM E 160–50 (1975) standartlarına göre 13x13x76 mm (radyalxteğetxboy) boyutlarında hazırlanmıştır. Her yanma periyodunda 24 adet parça tel sehpaye istiflenmiş ve her test için 3'er tekrardan toplam 72 adet olmak yakılmıştır. Deney örneklerine ait planlama Tablo 2.1. aşağıda gösterilmiştir.



Tablo 2.1. Çalışmaya ait örnek planlaması

Ağaç Türü	İşlem	Parça Adedi
Anadolu Kestanesi	Kontrol	3X24= 72
	h-BN	3X24= 72
Sarıçam	Kontrol	3X24= 72
	h-BN	3X24= 72
Doğu Ladini	Kontrol	3X24= 72
	h-BN	3X24= 72

### 2.2.2. Emprenye Maddesi

Bu çalışmada kullanılan nano hekzagonal bor nitridür 65-75 nm boyutları arasında olup %99,85 saflıktadır. Bu malzeme Nanografi Nano Tek. Bil. İmalat ve Dan. Ltd Şti firmasından temin edilmiştir (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan h-BN tozları

H-BN'nin önemli özellikleri şu şekilde sıralanabilir (Haubner vd., 2002; Ebin, 2007; Öz, 2016).

- h-BN'in ergime sıcaklığı 2600°C'dir ancak düzenli bir ergime göstermez.
- Neme duyarlı olsa da bu problem SiO<sub>2</sub> ve Ca ilavesi ile çözülebilmektedir.
- Hekzagonal bor nitrid düşük sıcaklıklarda çeliğe göre daha üstün termal iletkenlik gösterir, yüksek sıcaklıklarda ise (700°C) toksik BeO'den termal iletkenliği daha

yüksektir. Termal genişmesi de oldukça düşüktür, bu özellikleri h-BN'ye üstün termal şok direnci sağlamaktadır.

- Öz kütlesi  $2,27 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Seramik malzemelerin en hafifidir.

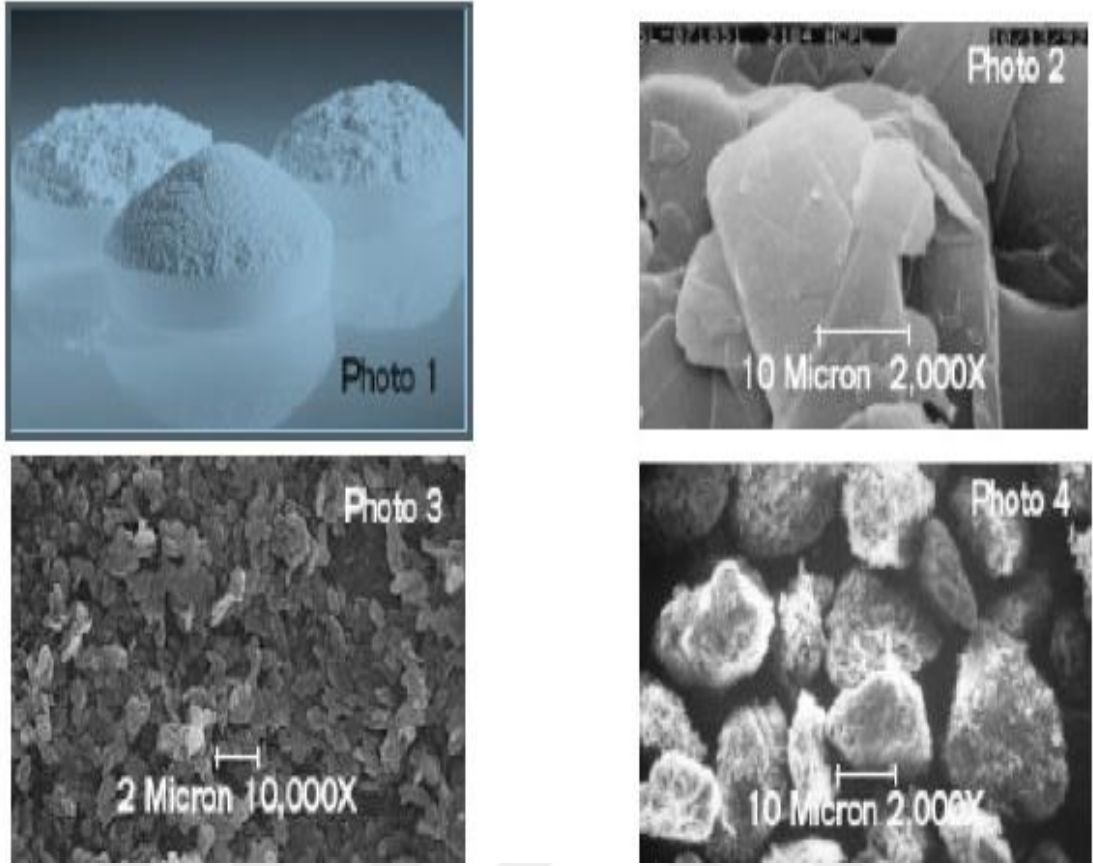
H-BN, kimya, metalürji, yüksek sıcaklık teknolojisi, elektroteknik ve elektronik alanlarında geniş bir uygulama alanına sahiptir. Altıgen bor nitür, pirolitik olarak toz kaplama olarak ve püskürtme formunda, sıcak preslenmiş, yoğun formda kompozit malzemelere katkı maddesi olarak kullanılabilir (Paine ve Narula, 1990; Lelonis, 2003).

**Katkı maddesi olarak h-BN:** Bor nitür tozlarının kullanımı günden güne artmaktadır. Yüksek performanslı uçak frenlerinde kullanılan metal kompozit sürtünme elemanlarının yağlama işlemi sırasında yüksek sıcaklıklarda üstün performansı nedeniyle ideal bir katkı maddesidir. Performans özelliklerini iyileştirmek için birçok seramik ve intermetalik kompozit bor nitür eklenir. (Ebin, 2007).

Sıcak preslenmiş bor nitürün günümüzdeki kullanım alanları şu şekildedir (Akarsu, 2009, Ebin, 2007.,Töre.,2006);

- Transistörlerde ısı haznesi
- Substratlar
- Amorf alaşımların üretiminde ara yüzey ve nozül malzemesi
- İyon implantasyonlarında izolatör
- Vakum fırınlarında izolatör
- Refrakter ve cam üretilen cihazlarda
- Havacılıkta yeniden giriş araçlarının penceresi
- Havacılıkta ısı absorblayıcı malzeme
- Plazma halkaları
- Tungsten dirençli ısıtıcılarda izolatör boşluklar

Farklı sıcaklıklarla üretilmiş nano boyuttaki hegzagonal bor nitürün SEM görüntüleri Şekil 2.3.' de verilmiştir.



Şekil 2.3. h-BN tozlarının SEM görüntüleri (Jansen, 2002).

### 2.3. Yöntem

Emprenye işlemi, vakum basınç yöntemiyle ASTM-D 1413-76 (1976)'da belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Emprenye işlemi için örnek parçalara 120 dakika 600 mm Hg'lik ön vakum uygulanmıştır. Ön vakum sonrası örnek numunelere 240 dakika 7 atmosfer basınç uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan emprenye kazanı şekil 2.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Çalışmada kullanılan emprenye kazanı

BAP Koordinasyon Birimi tarafından GÜBAP2907: Lisansüstü Öğrenci Destek Programı projeleri kapsamında temin edilen, h-BN ile Emprenye işlemi, Gümüşhane Üniversitesi Gümüşhane MYO, Mobilya ve Dekorasyon Atölyesinde ASTM-D 1413-76 (1976)' da belirtilen usullere göre vakum-basınç yöntemiyle yapılmıştır.

Emprenye edilen örnek parçalar çözücünün buharlaşabilmesi için, iklimlendirme odasında  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklık ve  $\%65 \pm 3$  bağıl nemde değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Emprenye işlemi yapılırken h-BN'nin retensiyon oranını ölçmek için numuneler emprenye işleminden önce ve sonra tartılmıştır.

### 2.3.1. Retensiyon Miktarının Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan nano h-BN'nin retensiyon miktarı (1) ve retensiyon oranı (2) aşağıda belirtilen formüllerle hesaplanmıştır;

Retensiyon Miktarı (1);

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

Burada;  $G = T_2 - T_1$

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

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

$V$  = Örnek hacmi ( $\text{cm}^3$ )

$C$  = Çözelti konsantrasyonu (%)

Retensiyon Oranı (2);

$(M_{so}-M_o)/M_o \cdot 100$  (%)

**$M_{so}$**  : Emprenye uygulaması sonrası numunenin tam kuru ağırlığı (g)

**$M_o$**  : Emprenye uygulaması yapılmadan önce numunenin tam kuru ağırlığı (g)

### 2.3.2 Yanma Deneyleri

Emprenye uygulaması sonrasında, örneklerin yanma özelliklerinin ölçülebilmesi için ASTM E 160–50 (1975) esaslarına uyularak Şekil 2.5.'de gösterilen yanma test cihazında ölçümler yapılmıştır. Yanma deneyleri Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri endüstri mühendisliği bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.



Şekil 2.5. Yanma test cihazı

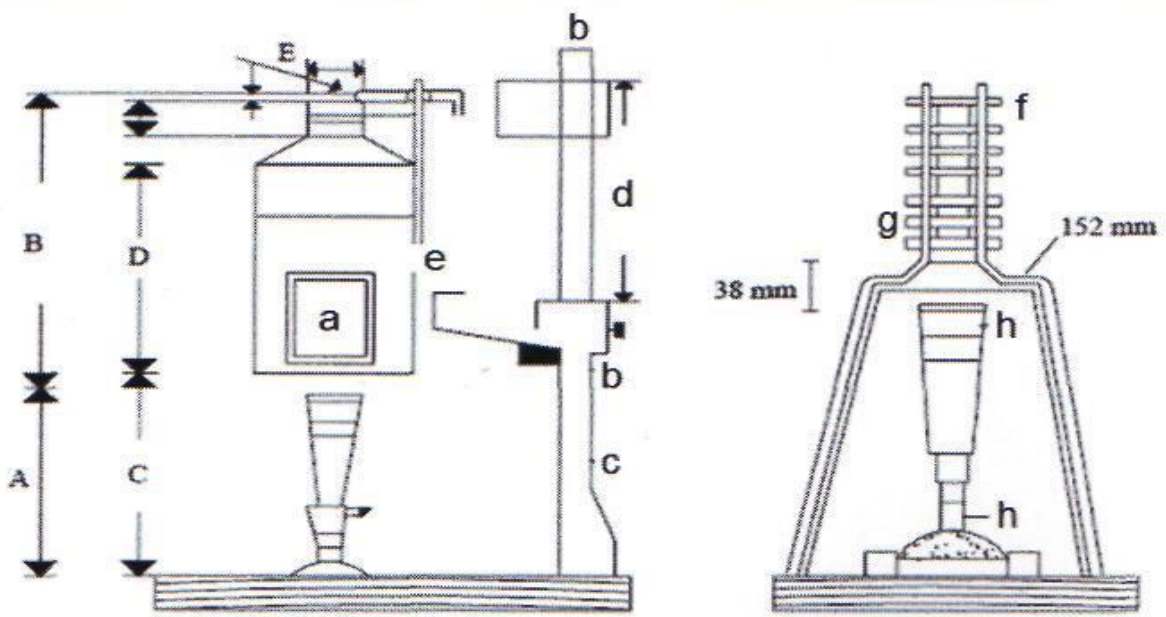
Yanmada ağırlık kaybının belirlenebilmesi için her deney grubu hassas terazi ile tartılarak tel sehpa üzerine yerleştirilmiştir. Örnekler yanma cihazına yerleştirilirken, yanma cihazının altında bulunan Maker alev çıkışının merkezine göre konumlandırılmıştır. Gaz basıncının  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  ve alev düzeneğinin istif konulmadan önce  $25 \pm 1,3 \text{ cm}$  olarak ayarlanması ile yanma deneyi başlatılmıştır.

Yanmada aşamalar;

- Alev kaynağının başlatılması ile 3 dakika süreyle “alev kaynaklı yanma (AKY)”,

- Alev kaynağının kapatılması ve deney parçalarının kendiliğinden yanması ile “kendi kendine yanma (KKY)”,
- Kendi kendine yanmanın bitmesi ile “kor halde yanma (KHY)”,
- Yanma üç aşamada takip edilmiştir.

Yanma aşamaların takibinde alev kaynaklı yanmada 15sn, diğer yanma aşamalarında ise 30 sn sürelerde, sıcaklık değişiklikleri yanma düzeneğindeki termometreden ölçülmüştür. Yanma analizlerinin sonunda yanma sıcaklıkları (°C), yanmada yıkılma süresi (sn), toplam yanma süresi (sn) ve ağırlık kaybı (%) belirlenmiştir. Yanma deney cihazı şekil 2.6.’da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Yanma deney cihazı “a. Mika cam, b. Kızak sonu, c. Bek rehberi, d. Kızak, e. Potansiyometre veya Milivoltmetre girişi, f. Odun örnekleri, g. Tel kafes, h. Alev kasağı, A. 270 mm. B. 430 mm. C. 295 mm. D. 305 mm. E. 38 mm (ASTM E 160-50, Örs vd., 2002)”.

#### 2.4. Verilerin değerlendirilmesi

Deney sonucunda ölçülen yanma sıcaklıkları, yanma süreleri ve ağırlık kaybı verilerinin değişimlerinin anlamlı olup olmadığı varyans analizi SPSS 20.0 (2011) paket programı yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Ortalama değerler, en az anlamlı fark (LSD) testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Emprenye Maddesinin Retensiyon Miktarı ve Oranı

Çalışmada kullanılan %1,5 konsantrasyon da ki nano h-BN ağaç türlerine göre retensiyon miktarı ve oranlarına ait değerler Tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1. Hekzagonal bor nitrürün retensiyon miktarı (kg/m<sup>3</sup>) ve oranı (%)

Ağaç Türü	Retensiyon miktarı (kg/m <sup>3</sup> )	Retensiyon Oranı (%)
Kestane	45,7	5,05
Ladin	49,4	7,05
Sarıçam	70,5	6,58

Örnek olarak alınan ahşap numunelerde en yüksek retensiyon oranı Ladinde, en az ise kestanede ölçülmüştür. Ladinde retensiyon oranı % 7.05, Sarıçamda % 6.58, Kestanede %5,05 olarak tespit edilmiştir.

#### 3.2. Yanma Sıcaklıkları

##### 3.2.1. Alev Kaynaklı Yanma Sıcaklığı

Alev kaynaklı yanmada sıcaklık değerlerine ağaç türü ve uygulama çeşidinin etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Alev kaynaklı yanmada sıcaklık değerlerine göre varyans analizi

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbest Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P (Sig).
Ağaç Türü (A)	6874,009	2	3437,005	0,676	0,527
Uygulama (U)	30370,718	1	30370,718	5,974	0,031*
A * U	1060,314	2	530,157	0,104	0,902
Hata	61004,087	12	5083,674		
Toplam	6173718,472	18			

\*P:α≤0,05'a göre anlamlı

Tablo 3.2.'de görüldüğü üzere alev kaynaklı yanma sıcaklık değerleri üzerine uygulama çeşidinin tekli etkisi istatistiksel olarak anlamlı, diğer etkileşimler anlamsız bulunmuştur. Hangi gruplar arasında farklılığın anlamlı olduğunu belirlenmesi için Duncan testi yapılmıştır (Tablo 3.3.).

Tablo 3.3. Uygulama çeşidine göre alev kaynaklı yanmada sıcaklık değerleri (°C)

Uygulama	Ortalama	Alt sınır	Üst Sınır
Kontrol	540	488	591,6
h-BN	622	570,2	673,8

Standart hata: 23.767

Alev kaynaklı yanmada uygulama çeşidine göre en yüksek sıcaklıklar h-BN uygulanan örneklerde (622 °C) belirlenmiştir. Alev kaynaklı yanmada ortalama, maksimum ve minimum değerleri Tablo 3.4'de verilmiştir.

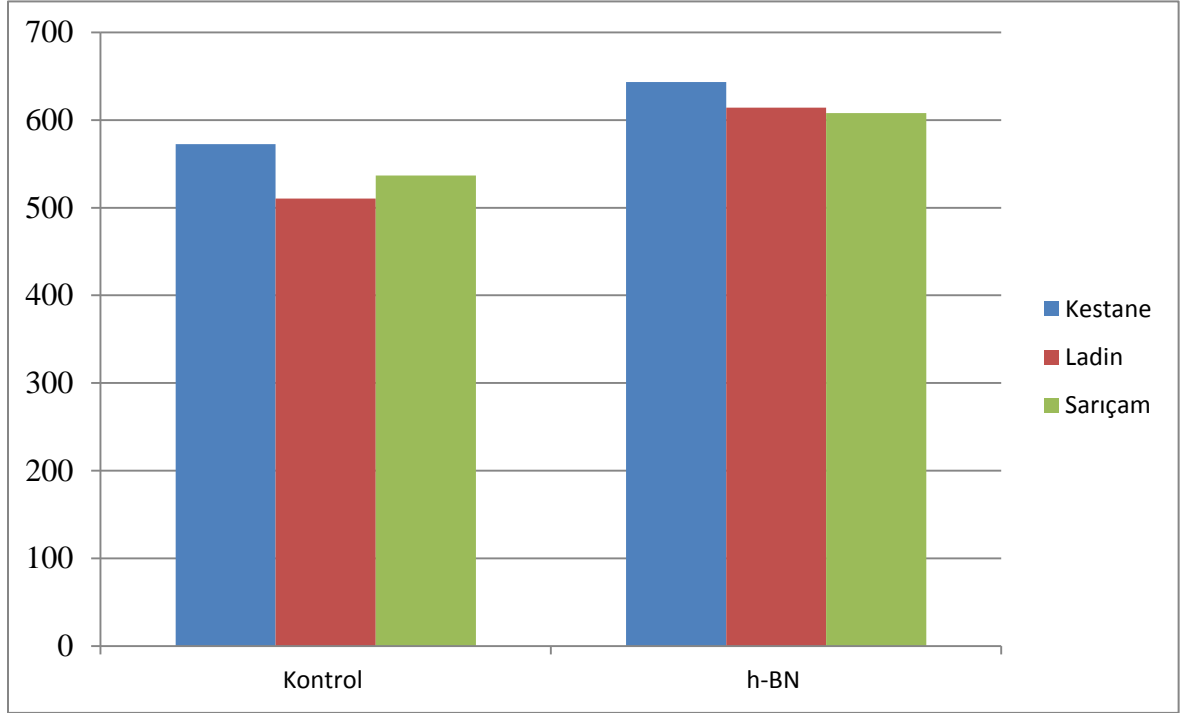
Tablo 3.4. Ağaç türü ve uygulama çeşidine göre alev kaynaklı yanmada sıcaklık ortalama değerleri (°C)

Ağaç Türü	Etken Uygulama	Alev Kaynaklı Yanma Sıcaklığı (°C)			
		Ortalama	Maksimum	Minimum	Sd
Kestane	Kontrol	572,39	578,83	566,33	6,26
	h-BN	643,52	645,67	642,08	1,90
Ladin	Kontrol	510,50	683,83	375,67	157,65
	h-BN	614,36	627	601,83	12,59
Sarıçam	Kontrol	536,64	618,92	478	73,37
	h-BN	608,11	616,75	601	7,99

Standart hata: 41.165, Sd: Standart sapma

Ortalama değerlerde en yüksek sıcaklıklar Kestane+hBN 'de (643,52°C), en düşük ladin kontrol örneklerinde (510,50°C) elde edilmiştir. Alev kaynaklı yanmada sıcaklık değişimleri grafiği Şekil 3.1.' de gösterilmektedir.





Şekil 3.1. Alev kaynaklı yanmada ortalama sıcaklık değerleri (°C)

Alev kaynaklı yanmada kontrol örneklerine göre h-BN uygulanan örneklerde yanma dereceleri en fazla %20,3 ile Ladinde, %13,3 ile Sarıçamda ve %12,4 artışla Kestanede ölçülmüştür.

### 3.2.2. Kendi Kendine Yanma Sıcaklığı

Kendi kendine yanmada sıcaklık değerlerine ağaç türü ve uygulama çeşidinin etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Tablo3.5.'de verilmiştir.

Tablo 3.5. Kendi kendine yanmada sıcaklık değerlerine göre varyans analizi

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P (Sig).
Ağaç Türü (A)	9705,337	2	4852,669	8,375	0,005*
Uygulama (U)	1525,452	1	1525,452	2,633	0,131
A * U	2087,171	2	1043,586	1,801	0,207
Hata	6953,151	12	5083,674		
Toplam	8461677,058	18			

\*P:α≤0,05'a göre anlamlı

Tablo 3.5.'de görüldüğü üzere kendi kendine yanmada sıcaklık değerleri üzerine ağaç türünün tekli etkisi istatistiksel olarak anlamlı, diğer etkileşimler anlamsız bulunmuştur. Hangi gruplar arasında farklılığın anlamlı olduğunu belirlenmesi için Duncan testi yapılmıştır (Tablo 3.6.).

Tablo 3.6. Ağaç türüne göre kendi kendine yanmada sıcaklık değerleri (°C)

Ağaç Türü	Ortalama	Alt sınır	Üst Sınır
Kestane	652,6	631,2	674
Ladin	695,4	674	716,9
Sarıçam	706,4	685	727,8

Standart hata: 9.827

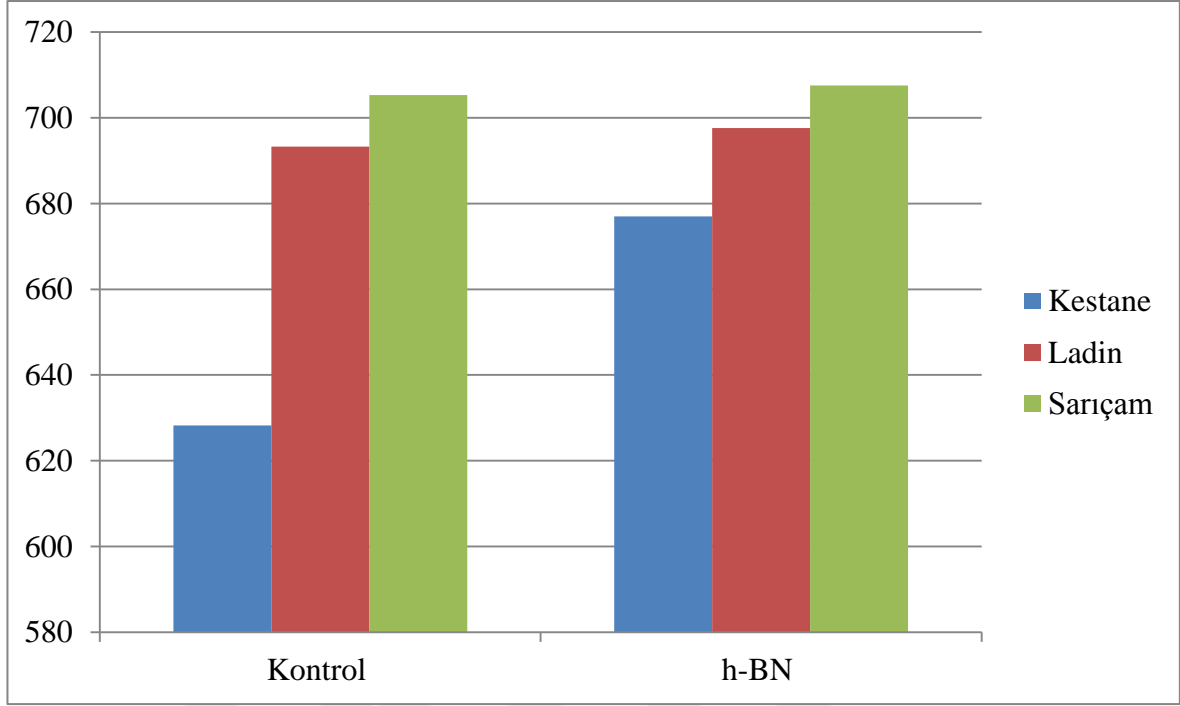
Kendi kendine yanmada ağaç türüne göre en yüksek sıcaklıklar Sarıçamda (706,4 °C), en düşük Kestanede (652,6 °C) elde edilmiştir. Kendi kendine yanmada ortalama, maksimum ve minimum değerleri Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7. Ağaç türü ve uygulama çeşidine göre kendi kendine yanmada sıcaklık ortalama değerleri (°C)

Etken Ağaç Türü	Uygulama	Kendi Kendine Yanma Sıcaklığı (C°)			
		Ortalama	Maksimum	Minimum	Sd
Kestane	Kontrol	628,2	635,5	616	10,61
	h-BN	677,	685,3	668,7	8,32
Ladin	Kontrol	693,3	713	655,3	32,94
	h-BN	697,6	712,2	682,7	14,76
Sarıçam	Kontrol	705,3	755	672	43,84
	h-BN	707,5	717,1	702,4	8,34

Standart hata: 13.898, Sd: Standart sapma

Ortalama değerlerde en yüksek sıcaklıklar Sarıçam+ hBN 'de (707,5 °C), en düşük kestane kontrol örneklerinde (628,2 °C) elde edilmiştir. Kendi kendine yanmada sıcaklık değişimleri Şekil 3.2.' de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Kendi kendine yanmada ortalama sıcaklık değerleri (°C)

Kendi kendine yanmada kontrol örneklerine göre h-BN ile emprenye edilen örneklerde % 7,8 ile en fazla kestane, % 0,6 ile ladinde en az ise % 0,3 ile Sarıçamda artış ölçülmüştür.

### 3.2.3. Kor Halde Yanma Sıcaklığı

Kor halde yanmada sıcaklık değerlerine ağaç türü ve uygulama çeşidinin etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 3.8.'de verilmiştir.

Tablo3.8. Kor halde yanmada sıcaklık değerlerine göre varyans analizi

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P (Sig).
Ağaç Türü (A)	4566,800	2	2283,400	1,680	0,227
Uygulama (U)	3040,418	1	3040,418	2,237	0,161
A * U	522,240	2	261,120	0,192	0,828
Hata	16308,628	12	1359,052		
Toplam	1644076,434	18			

\*P:α≤0,05'a göre anlamlı

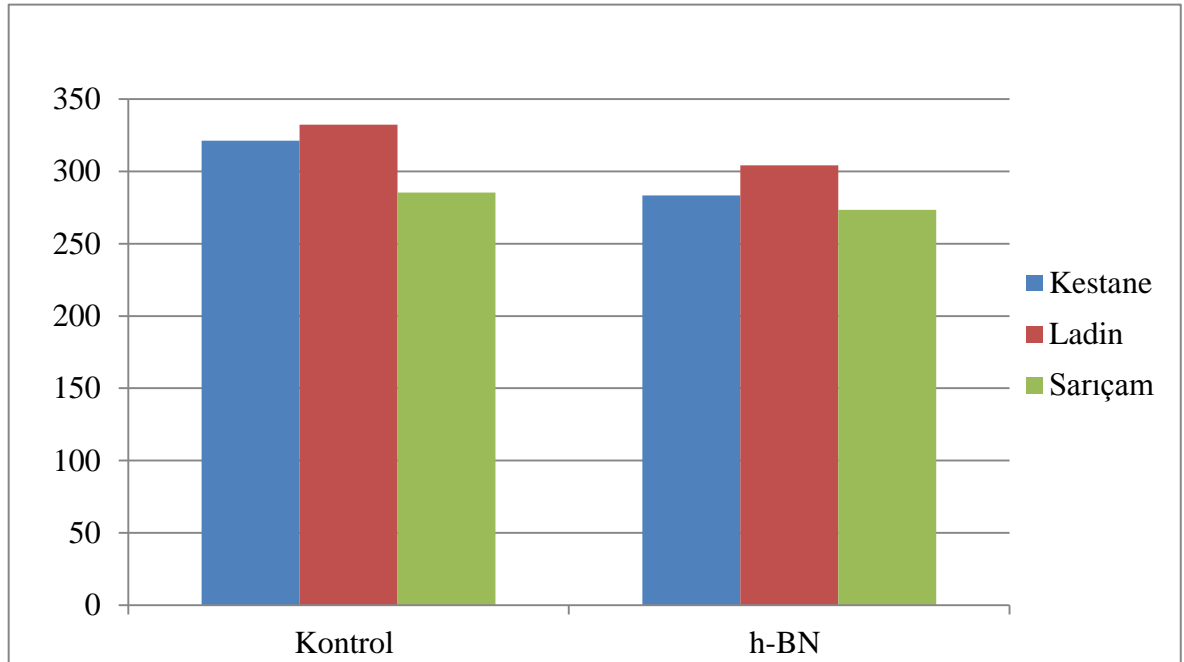
Tablo 3.8.'de görüldüğü üzere kor halde yanma sıcaklık değerleri üzerine tüm etkileşimler anlamsız bulunmuştur. Kor halde yanmada, maksimum ve minimum değerleri Tablo 3.9.'de verilmiştir.

Tablo 3.9. Ağaç türü ve uygulama çeşidine göre kor halde yanmada sıcaklık ortalama değerleri (°C)

Ağaç Türü	Etken Uygulama	Kor halde Yanma Sıcaklığı (C°)			
		Ortalama	Maksimum	Minimum	Sd
Kestane	Kontrol	321,3	339	310,8	15,43
	h-BN	283,3	291,8	273,1	9,45
Ladin	Kontrol	332,3	417,6	277,3	74,92
	h-BN	304,1	327,5	273,2	27,92
Sarıçam	Kontrol	285,3	326	263	35,28
	h-BN	273,5	287,9	260,4	13,80

Standart hata: 21.284, Sd: Standart sapma

Ortalama değerlerde en yüksek sıcaklıklar Ladin kontrol örneklerinde (332,3°C ), en düşük Sarıçam h-BN örneklerinde (273,50°C ) elde edilmiştir. Kor halde yanmada sıcaklık değişimleri Şekil 3.3.' de gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Kor halde yanmada ortalama sıcaklıkları (°C)

Kor halde yanma sıcaklığı kontrol örneklerine göre h-BN uygulanan örneklerden Kestane % 11,8; Ladin % 8,5; Sarıçam % 4,1 azalma göstermiştir.

### 3.3. Yanmada Süreler

#### 3.3.1. Yıkılma Süresi

Yanmada yıkılma süresine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.10.' da verilmiştir.

Tablo 3.10. Yanmada yıkılma süresi değerlerine göre varyans analizi

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P (Sig).
Ağaç Türü (A)	75148,778	2	37574,389	7,830	0,007*
Uygulama (U)	80400,500	1	80400,500	16,754	0,001*
A * U	2942,333	2	1471,167	0,307	0,742
Hata	57588,000	12	4799,000		
Toplam	8619713,000	18			

\*P: $\alpha \leq 0,05$ 'a göre anlamlı

Tablo 3.10.'da görüldüğü üzere yanmada yıkılma süresi değerleri üzerine ağaç türü ve uygulama çeşidinin tekli etkisi istatistiksel olarak anlamlı, diğer etkileşim anlamsız bulunmuştur. Hangi gruplar arasında farklılığın anlamlı olduğunu belirlenmesi için Duncan testi yapılmıştır (Tablo 3.11. ve Tablo 3.12.).

Tablo 3.11. Ağaç türüne göre yıkılma süresi değerleri (sn)

Ağaç Türü	Ortalama	Alt sınır	Üst Sınır
Kestane	694,8	633,2	756,5
Ladin	599	537,4	660,6
Sarıçam	756	694,3	817,6

Standart hata: 28.281

Yıkılma süresinde ağaç türüne göre en yüksek değerler Sarıçamda (756 sn), en düşük ladinde (599 sn) elde edilmiştir.

Tablo 3.12. Uygulama çeşidine göre yıkılma süresi değerleri (sn)

Uygulama	Ortalama	Alt sınır	Üst Sınır
Kontrol	616,4	566,1	666,8
h-BN	750,1	699,8	800,4

Standart hata: 23.092

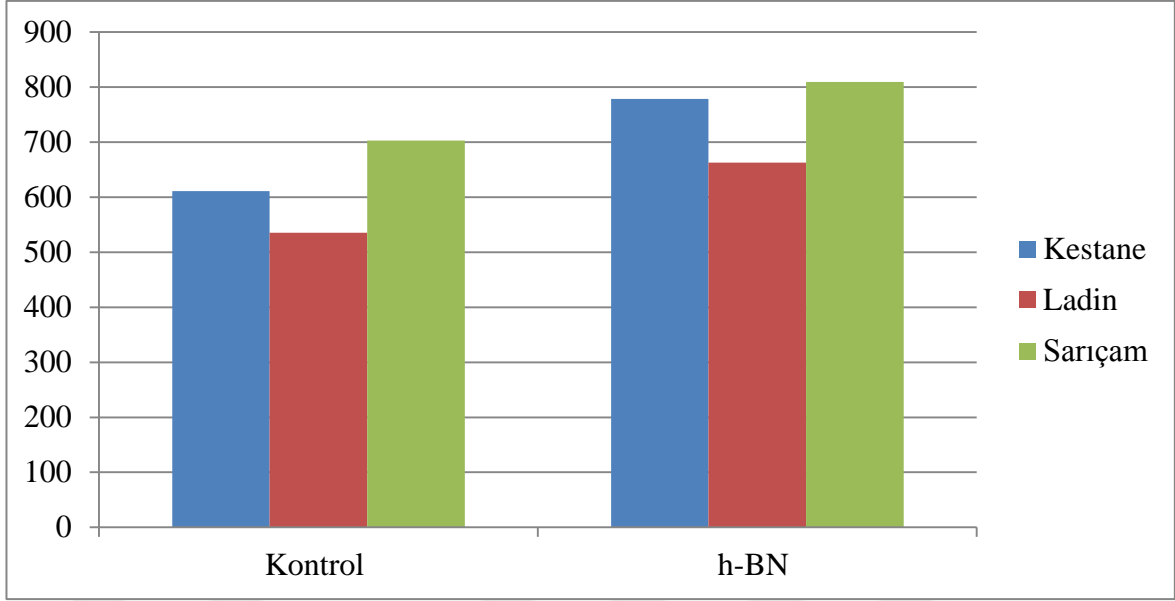
Yıkılma süresinde uygulama çeşidine göre en yüksek değer h-BN’de (750,1 sn) elde edilmiştir. Yıkılma süresi maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 3.13.’de verilmiştir.

Tablo 3.13. Ağaç türü ve uygulama yöntemine göre yıkılma süresi ortalamaları (sn)

Ağaç Türü	Etken Uygulama	Yıkılma Süresi (sn)			Sd
		Ortalama	Maksimum	Minimum	
Kestane	Kontrol	611	679	567	59,73
	h-BN	778,7	815	743	36,00
Ladin	Kontrol	535,3	654	427	113,85
	h-BN	662,7	744	612	71,14
Sarıçam	Kontrol	703	740	636	58,13
	h-BN	809	862	762	50,27

Standart hata: 39,996 Sd: Standart sapma

Ortalama değerlerde en uzun yıkılma süresi Sarıçam+hBN ’de (809 sn), en düşük ladin kontrol örneklerinde (535,3 sn) elde edilmiştir. Şekil 3.4.’ de gösterildiği gibi h-BN uygulaması genel olarak yıkılma sürelerini uzattı.



Şekil 3.4. Ortalama yıkılma süresi değerleri (sn)

Yıkılma süreleri kontrol örneklerine göre h-BN uygulanan örneklerde %27,4 ile en fazla kestanede, %23.8 ile ladinde, % 15.1 artışla Sarıçamda ölçülmüştür.

### 3.3.2. Toplam Yanma Süresi

Toplam yanma süresine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.14.' de verilmiştir.

Tablo 3.14. Toplam yanma süresi değerlerine göre varyans analizi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P (Sig).
Ağaç Türü (A)	376128,111	2	188064,056	2,380	0,135
Uygulama (U)	10176,889	1	10176,889	0,129	0,726
A * U	1595774,778	2	797887,389	10,099	0,003*
Hata	948063,333	12	79005,278		
Toplam	92781624,000	18			

\*P: $\alpha \leq 0,05$ 'a göre anlamlı

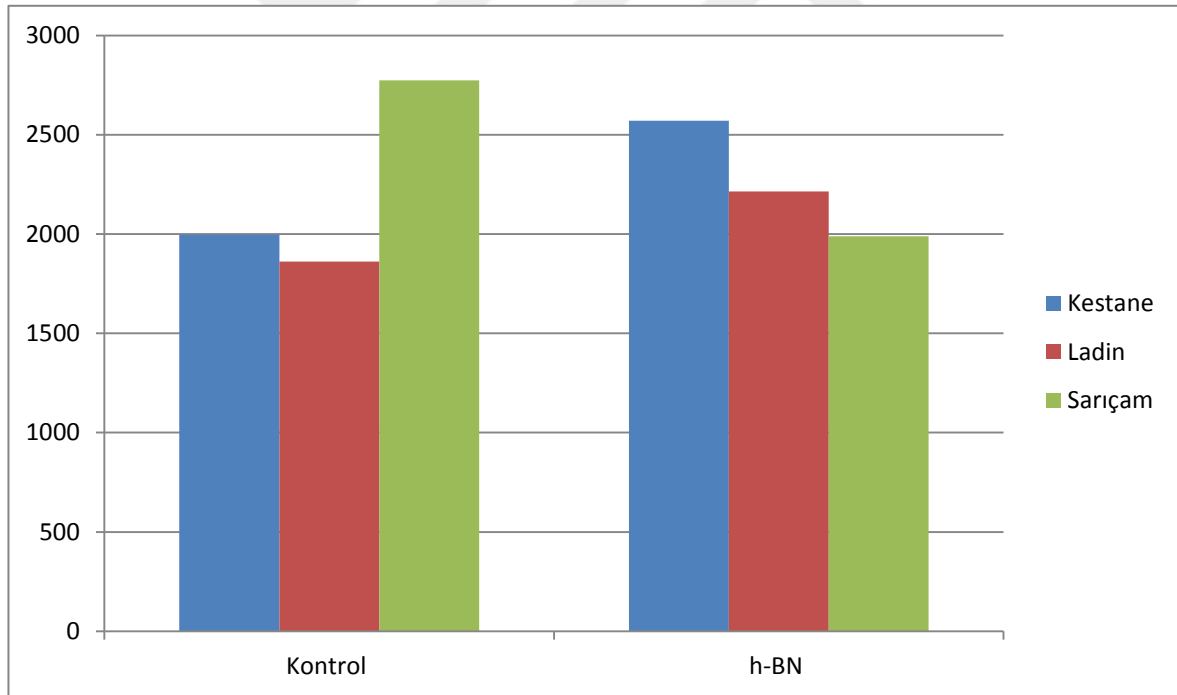
Tablo 3.14.'de görüldüğü üzere yanmada toplam yanma süresi değerleri üzerine ağaç türü ve uygulama çeşidinin ikili etkisi istatistiksel olarak anlamlı, diğer etkileşimler anlamsız bulunmuştur. Toplam yanma süresinin ortalama, maksimum ve minimum değerleri Tablo 3.15.'de verilmiştir.

Tablo 3.15. Ağaç çeşidi ve uygulama yöntemine göre toplam yanma süresi ortalamaları (sn)

Ağaç Türü	Etken İşlem Çeşidi	Toplam Yanma Süresi (sn)			
		Ortalama	Maksimum	Minimum	Sd
Kestane	Kontrol	1997	2527	1661	464,45
	h-BN	2570,7	2885	2124	397,38
Ladin	Kontrol	1860,7	1924	1828	54,86
	h-BN	2214,7	2308	2160	81,22
Sarıçam	Kontrol	2773,7	3001	2465	277,10
	h-BN	1988,7	2116	1882	118,36

Standart hata: 162.281, Sd: Standart sapma

Ortalama değerlerde en uzun toplam yanma süresi Sarıçam kontrol örneklerinde (2773,7 sn), en düşük ladin kontrol örneklerinde (1860,7 sn) elde edilmiştir. Yanmada toplam yanma süresi değişiklikleri Şekil 3.5.' de gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Ortalama toplam yanma süresi değerleri (sn)

Toplam yanma süreleri kontrol örneklerine göre h-BN uygulanan örneklerde kestanede %28.72 ve ladinde %19.02 artış gösterirken Sarıçamda %28.30 azalma olduğu gözlemlenmiştir.



### 3.4. Yanmada Ağırlık Kaybı

Yanmada ağırlık kaybına ait varyans analizi sonuçları Tablo 3.16.' da verilmiştir.

Tablo 3.16. Ağaç türüne göre yanmada ağırlık kaybı varyans analiz sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P (Sig).
Ağaç Türü (A)	7,515	2	3,757	6,239	0,014*
Uygulama (U)	,318	1	0,318	0,528	0,482
A * U	6,311	2	3,156	5,240	0,023*
Hata	7,227	12	0,602		
Toplam	137431,63	18			

\*P:  $\alpha \leq 0,05$ 'a göre anlamlı

Tablo 3.16.'da görüldüğü üzere yanmada ağırlık kaybı değerleri üzerine ağaç türünün tekli ve uygulama çeşidi ile ikili etkileşimi istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Hangi gruplar arasında farklılıkların anlamlı olduğunu belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Tablo 3.17.).

Tablo 3.17. Ağaç türüne göre yanmada ağırlık kaybı (%)

Ağaç Türü	Ortalama	Alt sınır	Üst Sınır
Kestane	88,3	87,6	89,0
Ladin	86,8	86,2	87,5
Sarıçam	87,0	86,3	87,7

Standart hata: 0.317

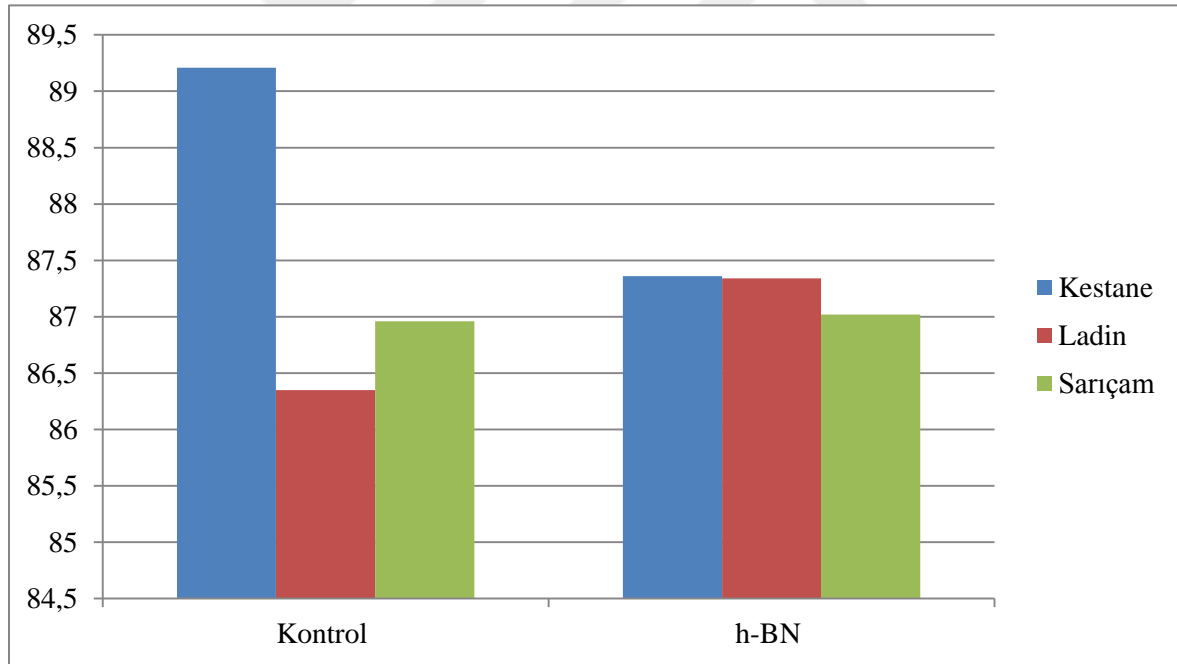
Ağırlık kaybında ağaç çeşidine göre en yüksek değerler kestanede (% 88,3), en düşük ladinde (% 86,8) elde edilmiştir. Ağırlık kaybına ilişkin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 3.18.'de verilmiştir.

Tablo 3.18. Ağaç türü ve uygulama yöntemine göre ağırlık kaybı ortalamaları (%)

Ağaç Türü	Etken İşlem Çeşidi	Yanmada Ağırlık Kaybı (%)			Sd
		Ortalama	Maksimum	Minimum	
Kestane	Kontrol	89,2	89,7	88,9	0,42
	h-BN	87,4	87,9	87	0,49
Ladin	Kontrol	86,4	87,4	85,6	0,91
	h-BN	87,3	88,4	86,3	1,04
Sarıçam	Kontrol	87	87,5	86,3	0,60
	h-BN	87	87,6	85,9	0,96

Standart hata: 0.448, Sd: Standart sapma

Ortalama değerlerde en büyük ağırlık kaybı kestane kontrol örneklerinde (% 89,2), en düşük ladin kontrol örneklerinde (% 86,4) elde edilmiştir. Yanmada ağırlık kaybı değişiklikleri Şekil 3.6.' da gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Yanmada ortalama ağırlık kaybı değerleri (%).

Yanmada ağırlık kaybı kontrol örneklerine göre h-BN uygulanan örneklerden ladinde %1,1 ve Sarıçamda %0,07 artarken kestane % 2,1 azalma gözlemlenmiştir.

#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Retensiyon Miktarı; Retensiyon miktarı en yüksek Sarıçamda, en az ise kestanede ölçülmüştür. Retensiyon oranlarında ise en yüksek değerler Ladinde, en düşük değerler ise Kestane numunelerinde çıkmıştır. Ladin ve Sarıçam numunelerinin retensiyon miktarı ve oranının yüksek çıkmasında, Kestaneye göre daha kolay empenye edilebilir olmaları etkili olmuş olabilir.

Alev Kaynaklı Yanma Sıcaklığı; Alev kaynaklı yanmada en yüksek sıcaklıklar h-BN uygulanan örneklerde elde edilmiştir. AKY minimum sıcaklık değerleri Sarıçamda 601°C, ladinde 601,8°C, kestanede 642,08 °C; maksimum kestanede 645,7 °C, ladinde 627 °C, Sarıçamda 616,8 °C olarak tespit edilmiştir. Anadolu kestanesinin yüksek oranda ekstraktif maddeye sahip olması AKY sıcaklıklarını arttırmış olabilir. Her ağaç türünde farklı miktarlarda bulunan ekstraktif maddeler termal bozulmalar da daha karardır (Fengel ve Wegener, 1984).

AKY'de kontrol örneklerine göre h-BN uygulanan örneklerde yanma dereceleri en fazla %20,3 ile Ladinde, %13,3 ile Sarıçamda, %12,4 artışla kestanede ölçülmüştür. Retensiyon miktarı en düşük olan kestanede odunu en düşük artış oranlarını göstermektedir. Her ağaç türü içinde h-BN uygulaması alev kaynaklı yanma sıcaklık değerlerini arttırmış olup, h-BN'nin içeriğinin ilk yanma sıcaklıklarında etkili olduğu söylenebilir.

Kendi Kendine Yanma Sıcaklığı; Kendi kendine yanmada ağaç türüne göre en yüksek sıcaklıklar Sarıçamda (706,4°C ), ondan sonra ladinde (695,4°C) ve en düşük kestanede (652,6°C) elde edilmiştir. Sarıçam ve Ladinin reçine ihtiva etmeleri KKY sıcaklıklarını yüksek tutmuş olabilir. KKY'de kontrol örneklerine göre h-BN ile empenye edilen örneklerde % 7,8 ile en fazla kestanede, % 0,6 ile ladinde, en az ise % 0,3 ile Sarıçamda artış ölçülmüştür.

Kor Halde Yanma Sıcaklığı; Kor halde yanmada maksimum, minimum ve ortalama değerleri kontrol örneklerinde h-BN uygulanan örneklere göre daha yüksek çıkmıştır. Kontrol örneklerine göre KHY sıcaklıklarında h-BN uygulaması kestanede %11,8; ladinde % 8,5 ve Sarıçamda % 4,1 azalmaya neden olmuştur. AKY ve KKY aşamalarında yüksek sıcaklıklar gösteren h-BN uygulaması KHY'da soğumaya sebebiyet vermiş olabilir.

Yıkılma Süresi; Yıkılma süresinde uygulama çeşidine göre en yüksek değerler h-BN'de (750,1 sn) elde edilmiştir. Yıkılma süreleri kontrol örneklerine göre h-BN uygulanan örneklerde %27.4 ile en fazla kestanede, %23.8 ile ladinde, %15.1 Sarıçamda artış ölçülmüştür. Yıkılma süresinde ağaç çeşidine göre en yüksek oranlar Sarıçamda (756 sn), en düşük ladinde (599 sn) elde edilmiştir. Ladinin yoğunluğunu düşük olması erken yıkılmaya gerekçe gösterilebilir. İkili etkileşim olarak ortalama değerlerde en uzun yıkılma süresi Sarıçam+hBN 'de (809 sn), en düşük ladin kontrol örneklerinde (535,3 sn) elde edilmiştir. Tüm ağaç çeşitleri için h-BN uygulaması yıkılma sürelerini uzattığı görülmüştür.

Toplam Yanma Süresi; Ortalama değerlerde en uzun toplam yanma süresi Sarıçam kontrol örneklerinde (2773,7 sn), en düşük ladin kontrol örneklerinde (1860,7 sn) elde edilmiştir. Toplam yanma vakitleri kontrol örneklerine göre h-BN uygulanan örneklerde kestanede %28,72 ve ladinde %19,02 artış gösterirken Sarıçamda %28,30 azalma olduğu görülmüştür. Kontrol örneklerinde Sarıçamın toplam yanma süresinin fazla olması reçine miktarının yüksek olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Yanmada Ağırlık Kaybı; Ağırlık kaybı h-BN uygulaması ile ağaç türüne göre Sarıçam ve Ladinde artış gösterirken Kestane azalma göstermiştir. Yanmada ağırlık kaybı kontrol örneklerine göre h-BN uygulanan örneklerden ladinde %1,1 ve Sarıçamda %0,07 artarken; kestanede %2,1 azalma gözlemlenmiştir. Sarıçam ve Ladinin Kestaneye göre yoğunluklarının düşük olması ve retensiyon miktarlarının fazla oluşu ağırlık kaybında artışa neden olabilir. Ayrıca Kestane odunu içeriğindeki ekstraktif maddeler h-BN uygulaması sonrası ağırlık kaybı miktarını düşürmüş olabilir.

Öneriler; Ülke nüfusumuzun artışıyla birlikte ahşap malzemenin kullanımı da artış gösterdiğinden mevcut malzemelerin kullanım ömürlerini artırmaya, kullanım ömrünü tamamlayan malzemelerin ise alternatif geri dönüşümlerde değerlendirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Yapılan bu çalışma ile ahşap malzemenin kullanım ömrünü kısaltan yanma özelliğini iyileştirmek için örnek numuneler h-BN ile emprenye işlemine tabi tutulmuştur. Çalışma sonucuna göre Kestanenin yoğunluğunun fazla olmasından dolayı az miktarda emprenye maddesinin nüfuzu olduğundan yanma özelliklerinde önemli bir değişme gözlenmemiştir. Konsantrasyon oranları, basınç miktarı ve süresi değiştirilerek yeni çalışmaların yapılması tavsiye edilebilir.

Emprenye uygulaması olarak %1,5 konsantrasyonda muamele edilen h-BN ilk yanma sıcaklıklarını arttırırken; yıkılma süresini uzatıp, toplam yanma süresinde ağaç

türüne göre değişiklik göstermiştir. Genel olarak sarıçam +h-BN uygulamasında daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Yangın riski olan mekanlar için h-BN uygulanacaksa Sarıçam odunu önerilebilir.



## 5. KAYNAKLAR

- Akarsu C., 2009. Titanyum Diborür Katkılı Sıcak Preslenmiş Bor Karbür - Silisyum Karbür Kompozitlerinin Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akhtari, M., Kokandeh, M.G. ve Taghiyari, H.R. 2012. Mechanical properties of *Paulownia Fortinei* wood impregnated with silver, copper and zinc oxide nano particles. *Journal of Tropical Forest Science*, 24(4)p.507-511.
- Akhtari, M. ve Arefkhani, M., 2013. Study of microscopy properties of wood impregnated with nanoparticles during exposed to white-rot fungus, *Agricultures Sciences Developments*, 2 (11), p.116-119.
- Akman, Y., 1995. Türkiye Orman Vejetasyonu. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Botanik Anabilim Dalı, Ankara
- Anşin, R. ve Özkan, Z., 1997. Tohumlu bitkiler. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını No:167, Trabzon
- Anşin, R., 1994. Tohumlu Bitkiler (Gymnospermae), Cilt:1, Sayı:2, Trabzon.
- Antal, M.J.Jr., 1985. Biomass pyrolysis: A Review of the Literature Part 2 Lignocellulose Pyrolysis. *Adv. Solar Energy*, 2:p.175-256
- Archer, K. ve Lebow, S., 2006. Wood Preservation, Primary Wood Processing: Principles and Practice. P.297–338.
- ASTM D 1413-76, 1976. Standard test methods of testing wood preservatives by laboratory soil block cultures.
- ASTM E 160-50, 1975. Standard test method for combustible properties of treated wood by the crib test.
- Atalay, İ., 1984, Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) tohum transfer rejyonlaması. OGM Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Enstitüsü Yayın No: 2. 67 s.
- Bauer, B.J., Liu, D. ve Jackson, C.L.,1996. Epoxy/SiO<sub>2</sub> interpenetrating polpern etworks. *Polym J. Adv Technol*, 7: s.333-339.
- Baysal, E., Peker, H., Çolak, M. ve Tarımer, İ., 2003. Verniklenmiş ağaç malzemenin yanma özellikleri ve borlu bileşiklerle ön emprenye işleminin yanmayı geciktirici Etkisi, *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15 (4)s.645-653.
- Baysal, E., Peker, H. ve Çolak, M., 2004. Borlu Bileşikler ve Su İtici Maddelerin Cennet Ağacı Odunun Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20 (1-2), s.55-65.

- Berkel, A., 1972. Ağaç Malzeme Teknolojisi, Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği –Wood Material Technology, Protection and Impregnation of Wood .
- Bostancı, Ş. 1979. Türkiye Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Carr Odununun kimyasal bileşimi ve Doğu Ladini ile Doğu Karadeniz Göknaarı (*Abies nodrmanniana*) Yongalarından elde edilen Mekanik Kağıt Hamurunun Endüstride Kullanım Olanakları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No:6, Trabzon.
- Bozkurt, Y. 1992. Odun Anatomisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul Yayın No: 3652, O.F.Yayın No: 415 ISBN: 975-s.404-230.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y. ve Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3779/425s.
- Bozkurt, A.Y. ve Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Orman Fak. Orman End.Müh.Böl., 372s. İstanbul.
- Chaichana, E., Jongsomjit, B. ve Praserttham, P., 2007. Effect of nano-SiO<sub>2</sub> particle size on the formation of LLDPE/SiO<sub>2</sub> nanocomposite synthesized via the in situ polymerization with metallocene catalyst. Chemical Engineering Science, 62(3): p.899-905.
- Czernik, S., Maggi, R. ve Peacocke, G.V.C. 1999. Review of physical and chemical methods of upgrading biomass-derived fast pyrolysis liquids. Overend, R. P.; Chornet, E., (eds), Biomass: A Growth Opportunity in Green Energy and Value-443p.
- Ebin, B., 2007. Hexagonal boron nitride, *Hard Metal Compounds Lecture*, İ.T.Ü. İstanbul.
- Environmental Protection Agency (EPA), 2006. Solid Waste Management and Greenhouse Gases a Life Cycle Assessment of Emissions and Sinks (3rd ed.), Washington D.C., USA.
- Erdem, R., 1951. Türkiye'deki Kestane Ölümünün Sebepleri ve Savaş İmkanları. Tarım Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Sayı No: 102, Seri 11, Ankara
- Eriç, M., 1985. Dünün ve bugünün ahşap ve ahşaptan üretilmiş malzemesinin Türkiye şartları içinde yapıda rasyonel kullanılma imkanlarının araştırılması, Doktora Tezi, İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi, İstanbul, s.54-78.
- Fengel, D. ve Wegener, G. 1984. Wood chemistry. *Ultrastructure, Reactions, Walter de Gruyter*, Berlin, New York, p.456-470.
- Fidan, M.S., Yasar, S.S., Yasar, M., Atar, M. ve Alkan, E., 2016. Effect of seasonal changes on the combustion characteristics of impregnated cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) wood, Construction and Building Materials 106 p.711-720.
- Flores, I., Sobolev, K., Torres, M.L, Cuellar, E., Valdez, P. ve Zarazua, E., 2010. Performance of cement systems with nano-SiO<sub>2</sub> Particles Produced by using the Sol-Gel Method. Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, 2141(1): p.10 -14.

- Fufa, S. M., Jelle, B. P. ve Hovde, P. J., 2013. Weathering performance of spruce coated with water based acrylic paint modified with TiO<sub>2</sub> and clay nanoparticles. *Progress in Organic Coatings*, 76(11), p.1543-1548.
- Habibzade, S., Taghiyari, H. R., Omidvar, A., ve Roudi, H.R., 2016. Effects of impregnation with styrene and nano-zinc oxide on fire-retarding, physical, and mechanical properties of poplar wood. *Cerne*, 22 p.465-474.
- Hafizoğlu, H., 1987 Ağaç Malzeme Emprenye Tekniği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Ders Notları, Trabzon.
- Hammond, J.J., Donnelly, E. T., Harrod, W. F., Rayner, N.A. ve Özden, F. 1969. Woodworking technology. (Çevirenler : Yaşar, E., Yılmaz, K., Taymaz, H., Ağaç İşleri Teknolojisi), Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları-20, Ajans-Türk Matbaası, Ankara, s.65-76-77.
- Haubner, R., Wilhelm, M., Weissenbacher, R. ve Lux, B., 2002. Boron Nitrides- Properties, Synthesis and Applications. In: Jansen, M. (ed). High Performance Non- Oxide Ceramics II. 15. Springer Verlag, Berlin.
- Hill, C., 2006. Wood Modification: Chemical, Thermal and other processes, Wiley and Sons, Chichester, UK, 2133 pp.
- Ibach, R.E., 2013. Biological properties of wood, in: Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, R. Rowell (ed.), CRC Press, Boca Raton, FL, p.99-126.
- Ingle, A. P., Duran, N. ve Rai, M., 2014. Bioactivity, mechanism of action, and cytotoxicity of copper-based nanoparticles: Applied Microbiology and Biotechnology Journal 98s., s.1001-1009.
- İlhan, R., 1983. Ağaç Malzeme Koruma ve Emprenye Tekniği, KTÜ Orman Fakültesi, Fak Yayın No:74, Trabzon, 180 s.
- Jansen M., 2002. Hexagonal Boron Nitride, High Performance Non-Oxide Ceramics II p.4-38
- Jo, B.W., Kim, C.H., Tae, G.H. ve Park, J.B., 2007. Characteristics of cement mortar with nano- SiO<sub>2</sub> particles. Construction and building materials, 21(6): p.1351-1355.
- Kartal, S. N., Green III, F. ve Clausen, C. A., 2009. Do unique properties of nanometals affect leachability or efficacy against fungi and termites, International Biodeterioration & Biodegradation 63, p.490-495.
- Kayacık, H., 1960. Doğu Ladininin Coğrafi Yayılışı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Serisi, B, s.10-11.
- Kayacık, H., 1981. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği. II. Cilt, Angiospermae. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No: 2766/287, İstanbul.



- Kızılırmak, S., 2018. Isıl İşlem Uygulanmış ahşap malzemenin çeşitli nano partiküllerle emprenyesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın
- Kollmann, F. ve Fengel, D., 1965. Änderungen der chemischen Zusammensetzung von Holz durch thermische Behandlung. Holz als Roh- und Werkstoff 23 s.461-468
- Kurtoğlu, A., 2000. Ağaç Malzeme Üst Yüzey İşlemleri, İstanbul Üniversitesi, ISBN 975 404-590-9(1.Cilt).
- Lei, W., Deng, Y.H., Zhou, M., Xuan, L. ve Feng, Q., 2006. Mechanical properties of nano SiO<sub>2</sub> filled gypsum particleboard. Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition) 16 p.361-364.
- Lelonis D. A., 2003. Boron Nitride Powder- A High Performance Alternative for Solid Lubricants, GE Advanced Ceramics Teknik Notları.
- LeVan S.L. ve Winandy J.E., 1990. Effects of Fire Retardant Treatments on Wood Strength, Wood and Fiber Science 22(1), pp.113-131.
- Mayer, H. ve Aksoy, H. 1998. Türkiye Ormanları (Walder der Türkei). Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Orman Bakanlığı Yayın No. 038, Müdürlük Yayın No. 2, Muhtelif Yayın No. 1 Bolu (Çeviri: Hüseyin AKSOY, Gülen ÖZALP).
- Örs, Y. ve Keskin, H., 2001. Ağaç malzeme bilgisi, I. Baskı, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, s.2-3.
- Örs, Y., Atar, M., Özçifci, A. ve Peker, H., 2002. Çeşitli maddelerle emprenye edilmiş kokarağaç odununun yanma özellikleri, Z.K.Ü.K.T.E.F. Teknoloji Dergisi, s.1-2, s.61-70.
- Öz, M., 2016. Hegzagonal bor nitridin açık atmosferde termal davranışları, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD), Cilt 37, No. 1 (2016) ISSN: 1300-1949. <http://dx.doi.org/10.17776/csj.38616>
- Paine, R. ve Narula C. K., 1990. Synthetic Poutes to Boron Nitride, Chem. Rev., 90: 73 - 91.
- Poletto, M., Zattera, A.J., Forte, M.M.C. ve Santana, R.M. 2012. Thermal decomposition of wood: influence of wood components and cellulose crystallite size. Bioresource Technology 109 p.148- 153.
- Reinprecht, L., 2016. Wood Durability and Lifetime of Wooden Products, Wood Deterioration, Protection and Maintenance, p.1-27.
- Rowell, R.M. ve Dietenberger M.A. 2005. Handbook of wood chemistry and wood composites. CRC press, USA, p.128-147.

- Russell, L.J., Marney, D.C.O., Humphrey, D.G., Hunt, A.C., Dovvling, V.P. ve Cookson L.J., 2007. Combining fire retardant and preservative systems for timber products in exposed applications-state of the art review", F.W.P.R.D,C. Project no: PN04.2007, Australia, p.10-12.
- Saatciođlu, F., 1971. Orman Ağacı Tohumları. 3. Baskı, İ.U. Yayın No:1649, Orman Fakültesi Yayın No:173, İstanbul, 242 s.
- Sandberg, D., Kutnar, A. ve Mantanis, G., 2017. Wood modification technologies - A review, iForest- Biogeosciences and Forestry 10(6) p. 895-908.
- Shebani, A.N., Van Reenen, A.J. ve Meincken, M. 2008. The effect of wood extractives on the termal stability of different wood species. *Thermochimica Acta* 471 p.43-50.
- Siegel, D.S., 1999. Skill-Biased Technological Change: Evidence From A Firm-Level Survey. Upjohn Institute for Employment Research, Kalamazoo, MI.
- Şanıvar, N. 1997. Ağaç işleri üst yüzey işlemleri. Milli Eğitim Basımevi, Ankara, 335s.
- Taghiyari, H.R., Layeghi, M. ve Liyafooee, F.A. 2012. Effect of dryice on gas permeability of nano-silver-impregnated *Populus Nigra* and *Fagus Orientalis*. *Wood and Paper Science and Technologies Department*, 6 (2): p.40-44.
- Töre, İ., 2006. Hegzagonal bor nitrür toz sentezi ve sinterleme davranışları, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- TS 2470, 1976. Wood-sampling methods and general requirements for physical and mechanical tests.
- Url: <http://emprenye-basinclikaplar.com/>, Ostim, Ankara
- Uysal, B., 1997. Çeşitli Kimyasal Maddelerin Ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığı üzerine etkileri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 135s.
- Uysal, B. 1998. Çeşitli Su İtici ve Yangın Geciktirici Kimyasal Maddelerin Kızılğaç Odununun Yanma Özellikleri, Z.K.Ü.K.T.E.F. Teknoloji Dergisi, 2: s.81-89.
- Uysal, B., Kurt, Ş., Seferođlu, D. ve Özcan, C., 2008. Combustion Propeties Of Scotch Pine Of Finishing Processed, *Teknoloji*, 11(4) p.305-313.
- Wagenführ, R. ve Scheiber, C., 1974. *Holzatlas*, Fachbuchverlag, Leipzig
- Wang, QJ. ve Cheng, S., 2002. Study on the CPE Nano SiO<sub>2</sub> blends *J Funct Polym*, p. 271-275.
- Xantos, M.,2005. Modification of polymer mechanical and rheological properties with furentional fillers.

- Yalınkılıç, A.C., 2008. Ağaç malzemedeki su bazlı vernikler ile su çözücülü ağaç boyası etkileşiminin kahverengi renk tonuna etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 3-4.
- Yaltrıık, F., 1993. Dendroloji Ders Kitabı. II Angiospermae (Kapalı Tohumlular) Bölüm I, İstanbul.
- Yaşar, M., Yasar, S.S. Fidan, M.S. Uysal, E.R. ve Altunok, M., 2017. The Analysis of the effects of open door conditions on the physical and mechanical characteristics of Sessile oak wood impregnated with natural and artificial substances, J. Engineering Sciences and Technology s.76–83.
- Yaşar, S.S., Fidan, M.S., Yasar, M. Atar, M. ve Alkan, E., 2016. Influences of seasonal alterations on the burning characteristics of impregnated and surface treated chestnut (*Castanea sativa mill* ) wood, Wood Research 61(3): s.399-412
- Yaşar, Ş.Ş., 2015. Dış Ortam Şartlarının Ağaç malzemenin yanma özelliklerine etkileri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zorlu, İ., 1997. Ağaçları konstrüksiyon bilgisi temel ders kitabı, 4. Baskı, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1 (1997).

## ÖZGEÇMİŞ

Eyüp ÇİÇEK; 1981 yılında Erzurum ili İspir ilçesinde doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Lise eğitimini İspir ilçesinde tamamladı. Üniversite eğitimini Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği bölümünde tamamladı. Yüksek Lisans eğitimine Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde devam etmektedir. Eyüp ÇİÇEK Erzincan İl Milli Eğitim Müdürlüğü bünyesinde okul müdürü olarak görev yapmakta olup evli ve üç çocuk babasıdır.

