



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



**NANO PARTİKÜLLÜ KORUYUCU MADDELERİN BAZI AĞAÇ TÜRLERİNİN**  
**FİZİKSEL ve MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet IRKILATA**

**MAYIS 2019**  
**GÜMÜŞHANE**

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

**ORMANCILIK VE ÇEVRE ANABİLİM DALI**

**NANO PARTİKÜLLÜ KORUYUCU MADDELERİN BAZI AĞAÇ TÜRLERİNİN  
FİZİKSEL ve MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet IRKILATA**

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
“Ormancılık ve Çevre 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 Mehmet IRKILATA tarafından hazırlanan **“NANO PARTİKÜLLÜ KORUYUCU MADDELERİN BAZI AĞAÇ TÜRLERİNİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ”** isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Ormancılık 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

:

Prof. Dr. Selim ŞEN

ONAY

Bu tez 20/11/19 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ferkan ŞİPAHİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ormancılık ve Çevre Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum "Nano partiküllü koruyucu maddelerin bazı ağaç türlerinin fiziksel ve mekanik 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

Mehmet IRKILATA

**ÖZET**  
**YÜKSEKLİSANS TEZİ**

**NANO PARTİKÜLLÜ KORUYUCU MADDELERİN BAZI AĞAÇ TÜRLERİNİN**  
**FİZİKSEL ve MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

Mehmet IRKILATA

Gümüşhane Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Ormancılık ve Çevre Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şekip Şadiye YAŞAR

2019, 46 sayfa

Ahşap, hafif, mekanik direnci yüksek, iç-dış dekorasyonda yaygın kullanım alanları bulabilen bir hammaddedir. İç mekân uygulamalarında yaygın koruyucu malzemelerden olan bor bileşikleri açık havada yıkanma durumlarından ötürü uzun vadeli koruma sağlamazlar. Nano teknolojik uygulamalar bilgisayar, elektronik, robotik teknolojilerin yanı sıra malzeme biliminde yüzey kaplama ve nano kompozit üretimi gibi alanlarda da kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan nano maddelerin ahşaba daha derin nüfus edeceği, homojen dağılıp yıkanma miktarlarını azaltacağı düşünülmektedir.

Çalışmada ülkemizde yaygın kullanılan ağaç türlerinden iğne yapraklı ağaçlardan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu ladini (*Picea orientalis*) ve geniş yapraklı ağaçlardan Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* M.) odunları 1. Sınıf keresteler içinden rast gele yöntemlerle seçilmiştir. Koruyucu madde olarak seçilen nano hegzagonal bor nitrür %1,5 konsantrasyon da ahşap malzemeye emprenye edilmiştir. Emprenye uygulamalı ve kontrol örneklerine bazı fiziksel ve mekanik testler uygulanıp; odunun hava kurusu yoğunluğu (ISO 3131), eğilme direnci (ISO 3133) ve elastikiyet modülü (ISO 3349) değerleri belirlenmiştir.

Retensiyon değerleri bakımından sarıçam ladin ve kestaneye göre daha yüksek retensiyon değeri göstermiştir. Anadolu kestanesinin yüksek oranda tül oluşumu ihtiva etmesi geçirgenlik oranında düşüşün sebebi gösterilebilir. Emprenye uygulaması sonrası nano hegzagonal bor nitrür hava kurusu yoğunluk değerlerinde %1.5-%5 arasında bir artışa neden olmuştur.

Tüm ağaç türleri için emprenye uygulaması eğilme direnci değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. Kontrol örneklerine göre h-BN uygulaması sonrası sarıçamda %25, ladinde %18,5 ve kestanede %9 oranında eğilme direnci değerlerinde düşüş tespit edilmiştir. Elastikiyet modülü değerleri bakımından kestane odunun da farklı sonuçlar elde edilmiştir. Emprenye uygulaması elastikiyet modülü değerlerinde sarıçam ve ladinde sırasıyla %18 ve %1'lik azalmaya sebep olurken, kestanede %4'lük bir artışa neden olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ağaç malzeme, Emprenye, Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler, Nano hegzagonal bor nitrür

**ABSTRACT**  
**MASTER'S THESIS**

**THE EFFECTS OF NANO PARTICULAR PROTECTIVE SUBSTANCES ON THE  
PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SOME TREE SPECIES**

Mehmet IRKILATA

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Forestry and Environment

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Şekip Şadiye YAŞAR

2019, 46 pages

Wood is a raw material which is light, has high mechanical resistance and can find common usage in interior and exterior decoration. Boron compounds, which are common protective materials in indoor applications, do not provide long-term protection due to outdoor washing conditions. Nano-technological applications are used in computer science, robotics, surface coating and nano-composite production. It is thought that the nano materials used in the study will penetrate the wood more deeply and decrease the amount of homogeneous distribution and washing.

In this study, pine (*Pinus sylvestris* L.), Eastern spruce (*Picea orientalis*) and broad-leaved woods of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* M.), which are widely used in our country, were chosen by random methods from 1st class timber. Nano hexagonal boron nitride selected as preservative was impregnated to wood material at 1.5% concentration. Some physical and mechanical tests were applied to the impregnated and control samples. air dry density (ISO 3131), flexural strength (ISO 3133) and elasticity modulus (ISO 3349) of wood were determined.

Scots pine showed a higher retention value than spruce and chestnut in terms of retention values. The fact that the Anatolian chestnut contains a high amount of tulle formation can be shown as the reason of the decrease in permeability rate. After impregnation, nano hexagonal boron nitride caused an increase in air dry density values between 1.5% and 5%.

Impregnation for all wood species caused a decrease in bending strength values. According to the control samples, after the application of h-BN, 25% in pine, 18.5% in spruce and 9% in chestnut decreased bending strength values. Different results were obtained for chestnut wood in terms of elasticity modulus values. Impregnation application caused a decrease in elastic modulus values of pine and spruce by 18% and 1%, respectively, causing a 4% increase in chestnut.

**Keywords:** Wood material, Impregnated, Physical properties, Mechanical properties  
Nano hexagonal boron nitride

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ormancılık ve Çevre Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarım boyunca katkılarını esirgemeyen, yönlendirmeleriyle karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yön gösterici olan ve çalışmamın her aşamasında desteklerini sürdüren tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Şekip Şadiye YAŞAR, tez savunma başkanım Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK ve kıymetli katkılarından dolayı Prof. Dr. Selim ŞEN, Dr. Öğr. Üyesi Osman KOMUT ve Öğr. Gör. Mehmet YAŞAR hocama teşekkür ederim.

Çalışma süresince ilgi ve desteğini esirgemeyen başta eşim Emine IRKILATA'ya kızlarım Efsa Nur IRKILATA-Ahsen IRKILATA'ya, arkadaşım Bilgisayar Öğretmeni Zeynep NAZ'a, yine maddi manevi desteklerini esirgemeyen Ankara Merve Keresteden Fahri AYYILDIZ'a ve Elazığ Altungök Büro Mobilya Yöneticilerinden M. Veysel ALTUNGÖK'e, çalışanlarından Necmettin NAZ ve Murat KARAKAYA'ya teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

|                                                            |      |
|------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET .....                                                 | IV   |
| ABSTRACT .....                                             | VI   |
| TEŞEKKÜR .....                                             | VIII |
| İÇİNDEKİLER.....                                           | IX   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                      | XI   |
| TABLolar DİZİNİ.....                                       | XII  |
| SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....                       | XIII |
| 1. GENEL BİLGİLER .....                                    | 1    |
| 1.1. Giriş .....                                           | 1    |
| 1.2. Ağaç Malzemenin Yapısal İncelenişi .....              | 3    |
| 1.3. Ağaç Malzemenin Özellikleri .....                     | 7    |
| 1.3.1. Ağaç Malzemenin Anatomik Yapısı .....               | 8    |
| 1.3.2. Ağaç Malzemenin Rutubeti .....                      | 8    |
| 1.4. Ağaç Türleri.....                                     | 9    |
| 1.4.1. Anadolu Kestanesi ( <i>Castane sativa</i> M.) ..... | 9    |
| 1.4.2. Sarıçam ( <i>Pinus sylvetsris</i> L.) .....         | 10   |
| 1.4.3. Doğu Ladini ( <i>Picea orientalis</i> ).....        | 11   |
| 1.5. Emprenye Maddesi .....                                | 12   |
| 1.5.1. Çalışmada Kullanılan Emprenye Maddesi .....         | 12   |
| 1.5.1.1. Hegzagonal Bor Nitrür'ün Özellikleri.....         | 12   |
| 1.5.1.2. Hegzagonal Bor Nitrür'ün Kullanım Alanları.....   | 13   |
| 1.6. Önceki Çalışmalar (Literatür Özeti) .....             | 14   |
| 1.7. Problemin Tanımlanması.....                           | 17   |
| 1.8. Araştırmanın Amacı.....                               | 17   |

|          |                                                   |    |
|----------|---------------------------------------------------|----|
| 1.9.     | Araştırmanın Önemi .....                          | 18 |
| 2.       | YAPILAN ÇALIŞMALAR.....                           | 19 |
| 2.1.     | Materyal .....                                    | 19 |
| 2.1.1.   | Ağaç Malzemeler .....                             | 19 |
| 2.1.2.   | Emprenye Maddesi .....                            | 19 |
| 2.2.     | Yöntem .....                                      | 20 |
| 2.2.1.   | Deney Örneklerinin Hazırlanması .....             | 20 |
| 2.2.2.   | Emprenye Uygulaması.....                          | 20 |
| 2.2.3.   | Retensiyon Miktarı ve Oranının Belirlenmesi ..... | 22 |
| 2.2.4.   | Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi .....          | 22 |
| 2.2.4.1. | Hava Kuru Yoğunluk .....                          | 23 |
| 2.2.5.   | Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi .....           | 25 |
| 2.2.5.1. | Eğilme Direnci .....                              | 25 |
| 2.2.5.2. | Elastiklik Modülü .....                           | 27 |
| 3.       | BULGULAR ve TARTIŞMALAR .....                     | 29 |
| 3.1.     | Emprenye Maddesi pH Değeri ve Konsantrasyonu..... | 29 |
| 3.2.     | Retensiyon Miktarı ve Oranı .....                 | 29 |
| 3.3.     | Fiziksel Özelliklere İlişkin Bulgular.....        | 31 |
| 3.3.1.   | Hava Kuru Yoğunluk .....                          | 31 |
| 3.4.     | Mekanik Özelliklere İlişkin Bulgular .....        | 32 |
| 3.4.1.   | Eğilme Direnci .....                              | 32 |
| 3.4.2.   | Eğilmede Elastikiyet Modülü .....                 | 35 |
| 4.       | SONUÇ ve ÖNERİLER .....                           | 39 |
| 5.       | KAYNAKLAR .....                                   | 41 |
|          | ÖZGEÇMİŞ                                          |    |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                     | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Şekil 1.1. Ağaç malzemenin anatomik yapısı, (a) Enine kesit, (b) Teğet kesit, (c) Radyal kesit..... | 4                      |
| Şekil 1.2. İğne yapraklı (a) ve yapraklı ağaç (b) odunlarının mikroskop altındaki görünüşleri ..... | 5                      |
| Şekil 1.3. Ağaç malzemenin makroskobik görünüşü .....                                               | 6                      |
| Şekil 1.4. Hegzagonal bor nitrür tozlarının SEM görüntüleri .....                                   | 14                     |
| Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan nano hegzagonal bor nitrür .....                                    | 19                     |
| Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan ağaç malzemelerin kesilme anına ait görseller .....                 | 20                     |
| Şekil 2.3. Emrenye kazanın deney esnasındaki görünümü .....                                         | 21                     |
| Şekil 2.4. Hegzagonal bor nitrür'ün pH metre ölçümü .....                                           | 21                     |
| Şekil 2.5. Hava kurusu yoğunluk deneyi örnek boyutlar .....                                         | 23                     |
| Şekil 2.6. Hava kurusu yoğunluğu deney örneklerinin hassas teraziyle ölçülme anları.....            | 24                     |
| Şekil 2.7. Eğilme dayanımı ve esneklik modülü deneyi örnek boyutları.....                           | 26                     |
| Şekil 2.8. Eğilme direnci ve esneklik modülü deney örneklerinin test edilme anları                  | 27                     |
| Şekil 3.1. Ağaç türlerine göre h-BN miktarı retensiyon miktarı .....                                | 30                     |
| Şekil 3.2. Ağaç türü ve işlem çeşidine göre hava kurusu yoğunluk ortalama değerleri .....           | 32                     |
| Şekil 3.3. Ağaç türü ve işlem çeşidine göre eğilme direnci ortalama değerleri .....                 | 35                     |
| Şekil 3.4. Ağaç türü ve işlem çeşidine göre eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerleri .....    | 38                     |

## TABLÖLAR DİZİNİ

### Sayfa No

|             |                                                                                                     |    |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 1.1.  | İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarında ana bileşenlerin miktarları (%)                          | 7  |
| Tablo 1.2.  | Anadolu Kestanesi ( <i>Castanea sativa</i> M.) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri .....           | 9  |
| Tablo 1.3.  | Sarıçam ( <i>Pinus sylvestris</i> L.) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri .....                    | 10 |
| Tablo 1.4.  | Doğu Ladini ( <i>Picea orientalis</i> ) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri .....                  | 11 |
| Tablo 2.1.  | Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan test numune boyut ve standartları .....            | 23 |
| Tablo 2.2.  | Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan test numune sayıları .....                         | 23 |
| Tablo 2.3.  | Mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan deney numune boyutları.                             | 25 |
| Tablo 2.4.  | Mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan test numune sayıları .....                          | 25 |
| Tablo 3.1.  | Emprenye maddesinin pH değeri ve konsantrasyon oranı .....                                          | 29 |
| Tablo 3.2.  | Retensiyon değerleri ortalamaları R ( $\text{kg/m}^3$ , %)..                                        | 30 |
| Tablo 3.3.  | Hava kurusu yoğunluğun değerlerinin belirlenmesi ( $\text{g/cm}^3$ ) .....                          | 31 |
| Tablo 3.4.  | Eğilme direnci varyans analiz değerleri .....                                                       | 33 |
| Tablo 3.5.  | Ağaç türüne göre eğilme direnci ortalama değerleri ( $\text{N/mm}^2$ ) .....                        | 33 |
| Tablo 3.6.  | Emprenye uygulamasına göre eğilme direnci ortalama değerleri ( $\text{N/mm}^2$ )                    | 34 |
| Tablo 3.7.  | Eğilme direncinin ortalama, maksimum ve minimum değerlerinin belirlenmesi ( $\text{N/mm}^2$ ) ..... | 34 |
| Tablo 3.8.  | Eğilmede elastikiyet modülü varyans analiz değerleri .....                                          | 36 |
| Tablo 3.9.  | Ağaç türüne göre eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerleri (MPa) ..                            | 36 |
| Tablo 3.10. | Eğilmede elastikiyet modülü ortalama, maksimum ve minimum değerlerin belirlenmesi (MPa). .....      | 37 |

## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

|                  |                                               |
|------------------|-----------------------------------------------|
| b                | :Deney parçasının genişliği                   |
| BeO              | :Berilyum Oksit                               |
| C                | :Çözelti konsantrasyonu                       |
| Ca               | :Kalsiyum                                     |
| D <sub>12</sub>  | :Hava kurusu yoğunluk                         |
| E-Mod            | :Elastikiyet modülü                           |
| EPA              | :Çevre Koruma Ajansı                          |
| h                | :Deney parçasının kalınlığı                   |
| h-BN             | :Hegzagonal Bor Nitrür                        |
| L                | :Dayanak noktaları arasındaki açıklık         |
| LDN              | :Lif Doygunluğu Noktası                       |
| M <sub>12</sub>  | :Hava kurusu yoğunluk ağırlığı                |
| Mo               | :Emprenye öncesi numunenin tam kuru ağırlığı  |
| Mos              | :Emprenye sonrası numunenin tam kuru ağırlığı |
| n                | :Numune sayısı                                |
| NBN              | :Nano bor nitrür                              |
| P <sub>max</sub> | :Kırılma anında uygulanan yük                 |
| R                | :Retensiyon (tutunma) miktarı                 |
| Sd               | :Standart sapma                               |
| SiO <sub>2</sub> | :Silisyum Dioksit                             |
| TiO <sub>2</sub> | :Titanyum Dioksit                             |
| T <sub>1</sub>   | :Emprenye öncesi deney örneğinin ağırlığı     |
| T <sub>2</sub>   | :Emprenye sonrası deney örneğinin ağırlığı    |
| T <sub>12</sub>  | :Hava kurusu yoğunluk hacmi                   |
| WPC              | :Ahşap plastik kompozitleri                   |
| σ <sub>E</sub>   | :Eğilme direnci                               |
| Δf               | :Sehimler arasındaki fark                     |
| ΔF               | :Deformasyon bölgesine uygulanan kuvvet farkı |

## 1.GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Ahşabın tarih boyunca insan yaşamında bazı ihtiyaçların karşılaması amacıyla kullanışlı bir ham madde olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ahşabın kimyasal özellikleri doğası gereği karmaşıktır, ancak bu zorluğa rağmen, insanlar görünüşte sınırsız çeşitlilikte yapılar oluşturmak için ahşabın benzersiz özelliklerinden başarıyla yararlanmıştır. Ahşap, binlerce yıldır inşaat malzemesi olarak kullanılmakla birlikte, genellikle ev, barınak, tahıl ambarı, araç gereç, makine ve tekne inşa etmek aynı zamanda mobilya ve ev dekorasyonu endüstrisinde de yaygın olarak kullanılmıştır. Muhtemelen ahşabı yapı malzemesi olarak tercih etmenin en büyük avantajlarından biri, doğal bir kaynak olması, kolayca hazırlanabilir ve ekonomik olarak uygulanabilir olmasıdır. Ahşap malzemeye bu kadar yoğun talebin olması ve sık kullanılması sonucu dünyada ve ülkemizde de orman varlıkları hızla tükenmektedir. Ahşap malzemenin bazı özelliklerinin geliştirilmesi neticesinde elde edilen yeni mamuller, iç mekânlarda ve mobilya sektöründe önemli olanaklar sağlamakla birlikte aynı zamanda doğal ahşap malzeme tüketim oranının da bir miktar azalma sağlamaktadır (Hon, 2001).

Ahşap kolayca işlenebilir, hafif ve dayanıklı, ısı ses ve elektriği iyi yalıtması, taşınması kolay, farklı renk ve desenlerinin olması, estetik oluşları ve kimyasal maddelerden az etkilenmelerinden dolayı tercih edilirler (Kurtoglu, 2000). Ahşap malzeme anatomik ve kimyasal yapısı nedeniyle bazı dış etkilere karşı doğal bir dayanıklılığa sahip olsalar bile, belirli alanlarda kullanılmaları bir sınırlılık teşkil ettiği için uzun süre dayanım sağlamazlar (Usta, 1993).

Ahşap malzeme, anizotropik ve higroskopik yapısından kaynaklı olarak su buharı ile temasta bulunmaları esnasında boyutsal değişikliklere uğrarlar. Kara ve deniz canlıları önemli ahşap tahrip edicilerdendirler. Aynı zamanda ahşabın yanması da önemli olumsuzluklardandır. Teknolojik gelişmelerin artmasıyla birlikte ahşap malzemenin de tekrar yorumlanması, çeşitli işlemlerle ya da koruyucu ve katman oluşturu maddelerle yüzey işlemleri yapılarak kullanım oranları arttırılmıştır (Kurtoglu, 1984). Ahşap malzemelerin özelliklerini daha kullanılır hale getirmek için sıkça çalışmalar yapılmakta

olup bu çalışmalar sonucunda elde edilen metotlara ise "Odun Modifikasyonu Metotları" denilmektedir (Sandberg vd., 2017). Elde edilen yöntemlerle ahşap malzemenin günümüzde iç-dış dekorasyonda yaygın olarak kullanılması sağlanmıştır. Yapılan literatür ve kaynak taramalarında ahşabın ilk olarak mobilya yapımında kullanıldıkları ve ilk örneklerin Antik Mısır dönemine ait olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Türkiye’de ki bilinen en eski ahşap kullanımı ise Neolitik çağlarda kurulan, Konya ilindeki Çumra ilçesine bağlı Çatalhöyük bölgesindeki evlerin damlarının yapılmasında ve kullanılan ahşap kaplarda görülmüştür (Crochet, 2004).

Ahşap malzemelerin kullanıldıkları alanlardaki korunmasını sağlamak için yıllar boyunca çeşitli önlemler alınmış ve alınması içinde birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan kazılarda ahşap malzemelerin açık hava koşullarında bozulmalarını önlemek, çeşitli çevresel termitler, böcekler, deniz canlıları ve mantarlara karşı ahşap tahrip edici zararlılardan korumak için ahşabın kömürleştirilmesi, bitkisel, hayvansal ve mineral yağların kullanıldıkları görülmüştür. Açık hava şartlarına bırakılan ahşap malzeme fiziksel ve mekanik etkilerden kaynaklı görmüş olabileceği istenmeyen durumlar karşısında, oluşabilecek değişimler sonucunda ahşabın kullanım yerinde fiziksel ve mekanik bozulmalara neden oldukları görülmüştür. Dekoratif maksatlı kullanılan üst yüzey malzemelerden boya ve vernikler aynı zamanda ahşap malzemeyi dış ortam koşullarına karşı da iyi bir koruma sağladıkları görülmektedir (Evans vd., 1992; Yaşar ve Altunok, 2019).

Ahşap malzemenin uzun süreli korunabilmesi için bazı koruyucu maddelerle gerekli oranlarda emprenye edilmesi kaçınılmazdır. Ahşap koruyucular ahşap malzemeleri yangın, mekanik aşınma, açık hava şartları, biyolojik zararlılar, fiziksel ve kimyasal bozulmalardan koruyarak ağaç malzemenin hizmet ömrünü yükselttiği görülmekle birlikte, ahşap esaslı kompozit malzemelerin geliştirilmesini, ahşap kullanımı üzerinde önemli bir etkiye sahipliği ve değişen bir ahşap kaynağından yaratıcı ve çok yönlü ürünler için yeni fırsatlar açması, mühendislik yapı panellerini reçineler ve diğer malzemelerle çeşitli formlarda ve kombinasyonlarda yapma kabiliyeti ve diğer ahşap üretimi türlerinden artıkları ekonomik olarak kullanma imkanı, ahşap kompozitlerinin konseptinin daha da geliştirilmesi ve uygulanmasını sağlamıştır (Archer ve Lebow, 2006).

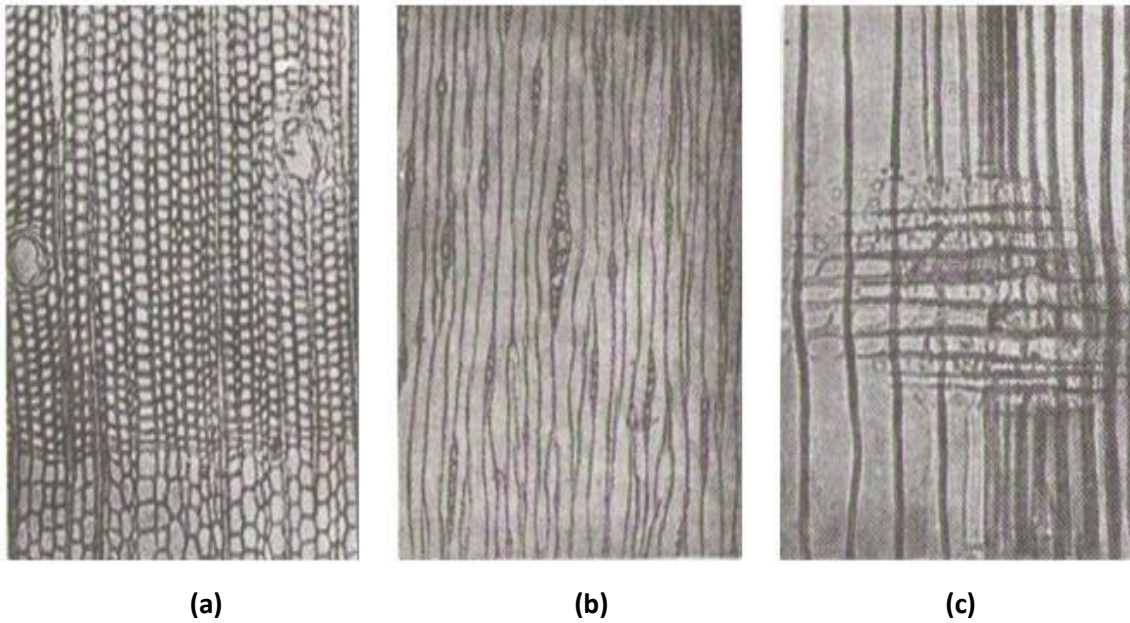
Ahşap uçucuların sadece ortam koşullarına dayanıklı olması, ahşap malzeme üzerine iyi tutunması, etkin düzeyi, çevre koruyucu ve insan sağlığı açısından tedirgin edici olmamalı 2008 yılında çevre koruma ajansı (EPA) arsenik, pentaklorofenol ve kreozot'un hafifletici önlemler alınarak etiket değişikliklerinin yapılmasının uygun olacağı belirtmiştir (US EPA, 2017).

Odun gözeneklerinden (100 µm) ve/veya hücreler arası gözeneklerden (400-600 nm) daha küçük boyutlara sahip nano metallerin ahşabın gözenekli yapısına nüfuz edebileceğini ve tahrip edici faktörlere karşı ahşap direncini etkileyebileceğini bildirmiştir (Freeman ve McIntyre, 2008). Nano teknoloji, geliştirilmiş özelliklere sahip yeni ve benzersiz metal biyositlerin oluşturulması yoluyla ahşap koruma alanını etkileme potansiyeline sahiptirler (Sivrikaya ve Gündüz, 2016). Nano partiküllerin ahşap liflerindeki boşluklu yapıyı doldurup daha etkin hale getirebileceği düşünülmektedir (Moon vd., 2016). Hegzagonal bor nitrürün ısıtılma işlemi görmüş ahşabın mekanik özelliklerinden eğilme mukavemeti/modülü, basınç direnci ve termal kararlılığı araştırılmıştır. Bakır ve bor ile geliştirilmiş odun koruyucular ahşap malzemelerin emprenyesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Mantar ve termitler gibi biyolojik bozucu organizmalara karşı ahşap malzemelerin kullanım ömrünü uzattığı yapılan deneylerde görülmüştür (Kartal vd., 2009).

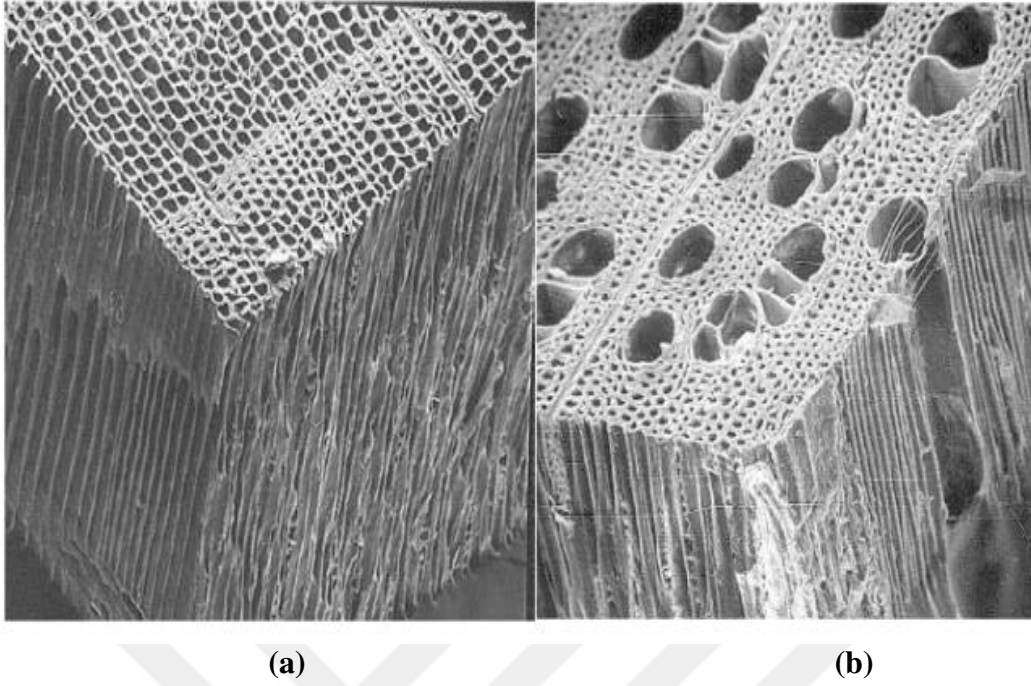
## **1.2. Ağaç Malzemenin Yapısal İncelenişi**

Kereste çeşitli yapılar için en uzun kullanılan malzemelerden olmaları tarihi ve modern yapıların inşası, iyi mekanik özellikleri yanında düşük ısı iletkenliği ve estetik çekiciliği değerleri, organik kökenleri nedeniyle, kereste, temel olarak fiziksel ve mekanik olarak, bozulma faktörlerine maruz kalırlar. Bugün, kereste koruma işlemlerini uygulayarak kerestenin dayanıklılığını artırabiliriz. Ahşap hayat boyunca yapı malzemesi olarak kullanılabilir. Sonuç olarak, ahşap yapıların daha da korunmasını sağlamak veya bunların değiştirilmesi, onarımı için etkili bir plan veya yeniden yapılanma, kereste yapısı, kerestenin organik kökenini dikkate almak gereklidir. Ahşabın hafifliği, mekanik ve fiziksel darbelere karşı direnci, bunlara ek olarak, düşük ısı ve ses iletimi, kolay işlenebilir olması, estetik görünümü, çevre ve sağlık açısından renk ve tasarım birliğini elde etmesi, iç ve dış yapı inşaatlarında uygulanabilirliği ahşap malzemeyi diğerlerinden daha çekici kılmaktadır (Archer ve Lebow, 2006).

Ağaç malzemedede diri odun nadiren dayanıklı olsa da, birçok ağaç türünde mantarlar ve böcekler tarafından tahribata maruz kalabildiklerinden dolayı belli oranlarda dayanım gösterirler. Bu doğal dayanıklılık, ahşabın içinde bulunan toksik ekstraktların bir kombinasyon'una ve doğasında bulunan geçirgenliğinden kaynaklanabilir. Bu doğal dayanıklılığın sonucu olarak, bu tür odunlar açık havada ve bazı durumlarda zemin temasıyla veya suya batırılmış olarak kullanılabilir. Arzu edilen niteliklere sahip, istenilen kombinasyonları taşıyan ağaçlar, Kuzey Amerika ve Avrupa'daki inşaat sektörleri için tropik ülkelerden dayanıklı türlerin kullanılmasına ilginin arttığı görülmüştür. Bununla birlikte, birkaç faktör doğal olarak dayanıklı türlerin kullanımını da sınırlamaktadır. Gelişmiş ülkelerde, doğal olarak dayanıklı türlerin büyüyen stok hacmi, dayanıklı ahşap talebine kıyasla nispeten düşüktür. İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçların anatomik incelenişi Şekil 1.1.'de (Toker, 1960) ve mikroskop altındaki görünüşleri Şekil 1.2.'de verilmiştir (Peydecastaing, 2008).

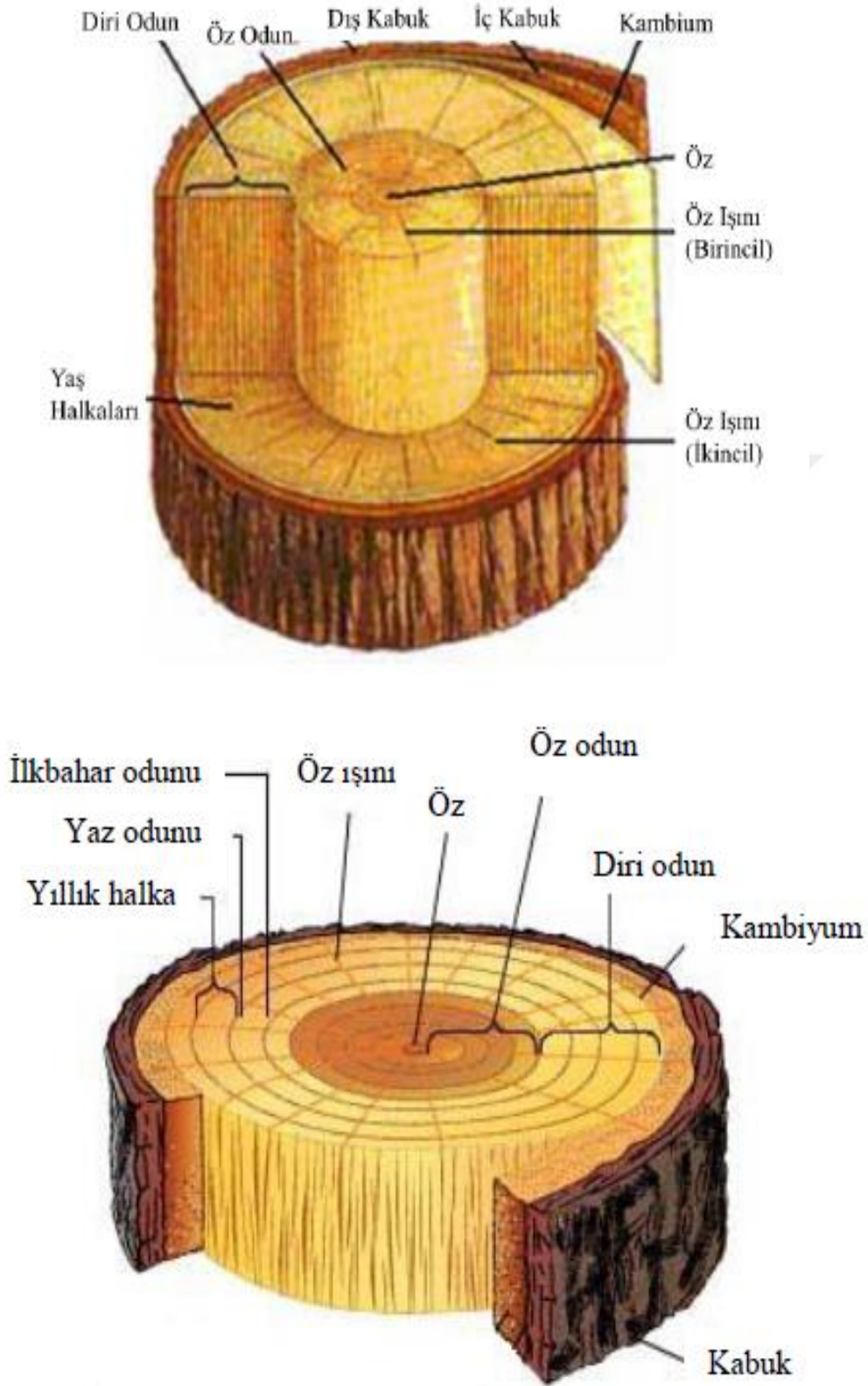


Şekil 1.1. Ağaç malzemenin anatomik yapısı, (a) Enine kesit, (b) Teğet kesit, (c) Radyal kesit (Toker, 1960).



Şekil 1.2. İğne yapraklı (a) ve yapraklı ağaç (b) odunlarının mikroskop altındaki görünümleri (Peydecastaing, 2008).

İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçların merkezinde koyu renkli, ölmüş hücreler, öz ve özün çevresinde ise öz odun tabakası ve özodun çevresinde açık renkte, yaşayan hücrelerden oluşan diri odun tabakası yer almaktadır (Christensen, 2013). Yıllık halkaların özden uzaklaştıkça iç içe geçmiş daireler şeklinde, bir ilkbahar ve yaz odunu tabakaları şeklinde oluşum gösterdikleri incelenmektedir (Unger vd., 2001). İlkbahar odunu hücrelerinin büyük lümenli ve ince çeperli oluşları ilkbaharda büyümenin hızlı devam etmesindendir. İlkbahar odun hücreleri oluşumunun ardından büyüme hızı yavaşlar hücrelerin lümenleri daralıp hücre çeperleri kalınlaşmaya başlar (Peydecastaing, 2008). İlkbahar odunu su ve besin iletimini, yaz odunu ise odunun mekanik destek görevini üstlenmiş bulunmaktadır (Unger vd., 2001). Kabuk, yukarı kısımlarda ince, kırmızı sarımsı kahverengi olup ince tabakalar halinde soyulur, aşağı kısımlarda kabuk kalınlaşır ve kül rengimsi gri kahve renkli derin yarıklı kalın pullar halinde gözlemlenir. Ağaç malzemenin makroskobik incelenişi Şekil 1.3.'de verilmiştir (Christensen, 2013).



Şekil 1.3. Ağaç malzemenin makroskobik görünüşü (Peydecastaing, 2008; Christensen, 2013).

Ağaç malzemenin ana yapısı selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Ağacın türüne ve odunun hücre çeperindeki dağılımlarına göre bileşen miktarlarında değişimler gözlenmektedir (Hon ve Shiraishi, 2001). Odun içerisindeki polimerler incelendiğinde; İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç odunlarında bulunan ana bileşenlerin oranları Tablo 1.1’de görülmektedir (Christensen, 2013).

Tablo 1.1. İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarında ana bileşenlerin miktarları (%) (Christensen, 2013).

| Ana Bileşenler | İğne Yapraklı Ağaç (%) | Geniş Yapraklı Ağaç (%) |
|----------------|------------------------|-------------------------|
| Selüloz        | 45-50                  | 40-45                   |
| Hemiselüloz    | 15-20                  | 20-30                   |
| Lignin         | 25-30                  | 20-25                   |

### 1.3. Ağaç Malzemenin Özellikleri

Ağacın kullanım alanın fazla olmasının en büyük nedenleri anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleridir (Bozkurt ve Erdin, 1997). Kullanılacak ahşap malzemenin seçimi, uygun standartlar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır (Bozkurt vd., 1993). Ahşabın çalışması havanın bağıl nemi ve sıcaklığına, böceklerin tahrip etkisi, mantarların çürüme yapmasına karşı sınırlı bir dayanım göstermeleri kullanım yerinde istenmeyen bazı olumsuz özelliklerdir (Sönmez, 2000). Kullanım yerinde ağaç malzemenin sakıncalı görülen özelliklerinin giderilmesi ve servis koşullarında kendinden beklenen maksimum yararlanmaya cevap vermelidir. Ağaç malzemenin kendinden beklenen performansı çoğu zaman göstermemesi durumunda ise yenisi ile değiştirilmesi esnasında gerekli zaman ve işçilik maliyetinin yüksek oluşu malzemenin kullanımında istenmeyen bazı olumsuz özelliklerdir (Berkel, 1972).

### **1.3.1. Ağaç Malzemenin Anatomik Yapısı**

Üretim esnasında kullanılacak ahşap malzemeler fiziksel ve mekanik bozulmalardan kaynaklı kusurlara sahip olanlardan seçildiği esnada yapılan üst yüzey işlemlerinden sonra değişebilecek hava koşullarında kullanıldığı esnada yüzey işlemlerinde istenilen sonuçlara ulaşılması mümkün değildir. İstenilmeyen koşullarda bekletilen ahşap malzemelerde, önceleri lekelenmeler ileriki zamanlarda ise çürüme ve ardaklanmalar görülebilmektedir. Kusurlu (lekeli, çürük, ardaklanmış) kısımlarda boyama, vernikleme işlemleri dengeli ve sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Uzun süre bekletilmiş ahşap malzemelerde renk farklılıklarını dıştan görmek oldukça zordur (Kurtoğlu, 2000).

Ağaç malzemenin yapısı ilkbahar ve yaz odunu yıllık halkaları olmak üzere iki değişik katman halinde görülmektedir. Ağaç malzemedeki üst yüzey işlemi için kullanılacak yüzeyler radyal ya da teğet biçilmeli. Radyal biçilmelerde ilkbahar ve yaz odunu tabakaları dar şeritler halinde görülürken, teğet biçilmelerde bir yıllık halkadaki ilkbahar ve yaz odunu tabakaları daha geniş yüzeyler kapsamaktadırlar. Radyal biçilmiş ağaç malzemeler üst yüzey işlemlerinde istenilen sonuçlar vermekle birlikte iğne yapraklı ağaçların üst yüzey işlemlerinde daha iyi sonuçlar doğurdukları görülmüştür (Kurtoğlu, 2000).

### **1.3.2. Ağaç Malzemenin Rutubeti**

Ahşap malzemelerdeki rutubet hücre çeperi ve hücre boşluklarının iç kısımlarında bulunmaktadır. Ahşap malzeme bünyesinde %25-30'dan fazla su bulunduruyor ise hücre çeperi ve boşluklarında rutubet vardır. Lif doygunluğu noktası (LDN) %25-30 rutubetin altındaki malzemelerde daralma ve genişlemeler şeklinde çalışmalar görülür, bu daralma ve genişlemeler ise üst yüzey işlemlerinde çatlaklara, yarılmalara ve yüzey dökülmelerine neden oldukları görülmektedir. Üst yüzey işlemine tabi tutulacak malzemenin kullanılacak yerin koşullarına uygun rutubette kurutulması gerek (Berkel, 1972).

Dış mekânlarda kullanılacak ahşap malzemenin rutubetinin %15-18, iç mekânlarda kullanılacak malzemenin ise %10-12 rutubet aralığında olması gerek. Gereğinden ötürü kurutulmuş bir malzeme atmosferde alabileceği rutubetten dolayı ölçülerinde genişleme ve üzerindeki yüzey katmanı çekme gerilmeleri etkisi altında kalarak yüzeyde yarıma ve çatlama oluşur. Yaş haldeki bir malzeme ise kurutulacak olursa ölçülerde küçülmeler görüleceğinden üst yüzey tabakasında kabarmalar ve ek yerlerinde açılmalar gözlenir.

Rutubet alış verişi ilkbahar ve yaz odunlarında farklı olacağından daralma ve genişlemelerdeki farklılık yüzey işlemi tabakasında farklı bozulmalara yol açarlar. Ahşap malzeme yüzeyinde ki rutubet miktarı kullanılacak mekânın rutubet yüzdesinden fazla olduğu durumlarda yüzey iyi üst yüzey işlemlerini tutmadığından açık renk alır (Kurtoğlu, 2000).

#### 1.4. Ağaç Türleri

##### 1.4.1. Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* M.)

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* M.) yıllık trahe halkaları büyük oluşu nedeniyle belirgin, ilkbahar odunu traheleri büyük, enine kesitleri oval, 2-6 sıralı ve tüllerle tıkladırlar. Yaz odunu traheleri genellikle radyal ve diyagonal sıralı, öz ışınları çok ince olduklarından belirgin değildirler. Kabuk kısımları genellikle gövdede her iki yöne sarmal şekilde çalışan derin oluklar veya çatlaklar şeklinde (retiform) ağzı bir desene sahiptirler. Yapısal olarak meşeye benzemekte fakat geniş özışınları bulunmaması nedeniyle meşeden rahatlıkla ayırt edilir. Oldukça sert ve orta ağırlıkta, mat dekoratif bir oduna sahiptir (Bozkurt ve Erdin, 2000). Anadolu kestanesi'nin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1.2.'de gösterilmektedir (Bozkurt, 1992).

Tablo 1.2. Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* M.) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri (Bozkurt, 1992).

| Fiziksel ve Mekanik Özellikler |                 |                           |
|--------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Yoğunluk                       | D <sub>0</sub>  | 0.59 gr/cm <sup>3</sup>   |
|                                | D <sub>12</sub> | 0.63 gr/cm <sup>3</sup>   |
| Elastikiyet Modülü             | E-Mod.          | 88000 daN/cm <sup>2</sup> |
| Eğilme Direnci                 | σ <sub>E</sub>  | 760 daN/cm <sup>2</sup>   |

Kurutulması güç, çatlama ve dönüklüğe eğilimli olup, kolay işlenir, çok güç yarıldıklarından yeterli derecede yapışma sağlarlar. Bünyelerindeki fazla tanen nedeniyle metallerle temaslarında koyu renge dönüşürler. Çivi vida tutma kabiliyeti iyi olmasıyla birlikte üst yüzey işlemleri uygulaması da kolay olur. Öz odunu, su altında kullanıldığı takdirde oldukça dayanıklı ve emprenye edilmeleri çok güç ancak diri odunu ise böceklere karşı çok hassas olup ve emprenye edilmeleri daha kolaydır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

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

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) yıllık halkaları belirgin, yaz odunu traheidleri radyal yönde çok yassılaşmış, kalın çeperli, dar lümenli, ilkbahar odununda traheidler geniş lümenli ve ince çeperli, sık ve geniş reçine kanallarına sahip yumuşak odunlu bir ağaçtır (Bozkurt ve Erdin, 2000; Örs ve Keskin, 2001). Sarıçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1.3.' de gösterilmektedir (Bozkurt, 1992).

Tablo 1.3. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri (Bozkurt, 1992).

| Fiziksel ve Mekanik Özellikler |                 |                             |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------------|
| Yoğunluk                       | D <sub>o</sub>  | 0.49 gr/cm <sup>3</sup>     |
|                                | D <sub>12</sub> | 0.52 gr/cm <sup>3</sup>     |
| Elastikiyet Modülü             | E-Mod.          | 117000 da N/cm <sup>2</sup> |
| Eğilme Direnci                 | σ <sub>E</sub>  | 980 da N/cm <sup>2</sup>    |

Kurutulması kolay olup, çatlamaya ve dönüklüğe karşı dayanıklı, işlenmesi ve yapıştırılması kolaydır. Yüzey işlemlerinde reçine sızıntısı nedeniyle öz odun güç, diri odunu çok iyi emprenye edilebilmektedir. Diri odununda mantar ve böceklerden dolayı dayanıksızlığa rastlanılırken öz odunu ise aksine çok dayanıklıdır. Odununun rutubeti %25'den fazla olduğu durumlarda ve 20–25°C'ler de mavi renk oluşumu görülmeye başlar (Bozkurt ve Erdin, 2000).

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

Doğu ladini (*Picea orientalis*), çam familyasından olup pürüzsüz gövdeli, sivri uçlu orman ağaç türlerindendir. Doğu ladini odunu sarımsı beyaz renktedir ve göknar odununa nazaran daha açık renklidir (Bozkurt, 1971). Doğu ladini'nin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1.4.' de gösterilmektedir (Bozkurt, 1992).

Tablo 1.4. Doğu Ladini (*Picea orientalis*) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri (Bozkurt, 1992).

| Fiziksel ve Mekanik Özellikler |                 |                             |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------------|
| Yoğunluk                       | D <sub>0</sub>  | 0.43 gr/cm <sup>3</sup>     |
|                                | D <sub>12</sub> | 0.45 gr/cm <sup>3</sup>     |
| Elastikiyet Modülü             | E-Mod.          | 110000 da N/cm <sup>2</sup> |
| Eğilme Direnci                 | σ <sub>E</sub>  | 760 da N/cm <sup>2</sup>    |

Ladinde koyu renkli özodun yoktur. Fakat gövdenin iç kısmında ölü, faaliyetten kalmış, fakat diri odun ile aynı renkte "olgun odunun" yer alması ile reçine kanalları seyrek ve dardır. Odun radial kesiti hafif parlak, liflerin gidişi düzgün, teğet kesitteki koyu renkli şeritler düzenli ve budaklar çoğunlukla küçük ve oval şeklindedir (Berkel, 1970).

Bütün iğne yapraklı ağaçlarda olduğu gibi, doğu ladini odununun yapısında da, hacim bakımından en büyük kısmı boyuna traheidler oluşturmaktadır. İnce çeperli ilkbahar odunu traheidlerinden, kalın çeperli dar lümenli ve daha ziyade ağacı destekleme görevi yapan yaz odun traheidlerine geçiş ladinde belirsiz ve yavaş görülür. Traheidlerin çeperlerinde hücreden hücreye su ileten geçitler, boyuna traheidlerin kendi aralarında, boyuna traheidlerle, özışını traheidleri ve özışını paranşim hücreleri arasında bulunurlar. Kenarlı geçitlerde "Porus" adı verilen geçit ağzı, geçit zarının bu ağzı kapatması sonucunda tıkanığundan, emprenye işlemi zorlaşmaktadır. Boyuna traheidlerin ışınsal yüzleri ile özışını paranşim hücrelerinin karşılaşma yerlerinde ise, basit geçitler bulunmaktadır (Peydecastaing, 2008).

## **1.5. Emprenye Maddesi**

Emprenye işlemleri ahşap malzemeyi çevresel olumsuzluklara karşı korumakla beraber malzemenin kullanım ömrünü arttırarak ağaç kaynaklarının kısa bir sürede tükenmesini önleyeceği, teknolojik ve ekonomik olarak en uygun çözüm olmalıdır. Emprenye işlemi çeşitli yöntemlerle değişik koruyucu maddelerle ahşap malzemenin bünyesine nüfuz ettirilmesidir. Emprenye gerek iç mekânlarda gerekse dış mekanlarda kullanılmaktadır. Emprenye işlemlerini etkileyen faktörler, ağaç malzemenin özellikleri, emprenye tekniği, sıvıların akış yolları, geçit aspirasyonu, geçit yapısı vb. dir (Bozkurt vd., 1993; Berkel, 1972). Emprenyeleme işlemi esnasında kullanılan emprenye maddesinin ve uygulanan korutma tekniğinin etki derecesini belirlenmek için fiziksel ve mekanik testlerden olumlu sonuçların alınması gerek. Emprenye işlemine tabi tutulmuş malzemeler, fiziksel ve mekanik kaynaklı oluşabilecek istenmeyen durumlara karşı dayanıklı olmaları aynı zamanda ekonomik ve estetik görünüşüyle de göz ardı edilemez özelliklere sahiptirler.

Ağaç malzemenin korunmasını sağlayabilmek için eskiden bu günümüze dek çeşitli maddeler denenmiş ve denenmeye de devam etmektedir. İlk başlarda hayvansal, bitkisel ve mineral yağlar kullanıldığı görülmektedir. Avrupa’da endüstrileşmenin başlaması ile ahşap malzemenin korunmasında kimyasal maddelerin kullanılmasına başlanılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda günümüzde 2500 den fazla emprenye maddesi kullanıldığı tespitine ulaşılmıştır (Bozkurt ve Göker, 1993).

### **1.5.1. Çalışmada Kullanılan Emprenye Maddesi**

#### **1.5.1.1. Hegzagonal Bor Nitrür’ün Özellikleri**

Hegzagonal bor nitrürün en önemli özellikleri.

- Öz kütlesi  $2,27 \text{ g/cm}^3$ ’tür. Seramik malzemelerin en hafifidir.
- Hegzagonal bor nitrür’ün ergime sıcaklığı  $2600^\circ\text{C}$ ’dir ancak düzenli bir ergime göstermez.
- Neme duyarlı olsa da bu problem  $\text{SiO}_2$  ve Ca ilavesi ile çözülebilmektedir.
- Tabanındaki zayıf bağların sürtünme sırasında kopması ile kayganlık ve yağlayıcılık özelliği kazanır.
- Hegzagonal bor nitrür düşük sıcaklıklarda çeliğe göre daha üstün termal iletkenlik

gösterir, yüksek sıcaklıklarda ise (700°C) toksik BeO'din termal iletkenliği daha yüksektir. Termal genleşmesi de oldukça düşüktür, bu özellikleri hegzagonal bor nitrür'ün üstün termal şok direnci sağlamaktadır (Ebin., 2007).

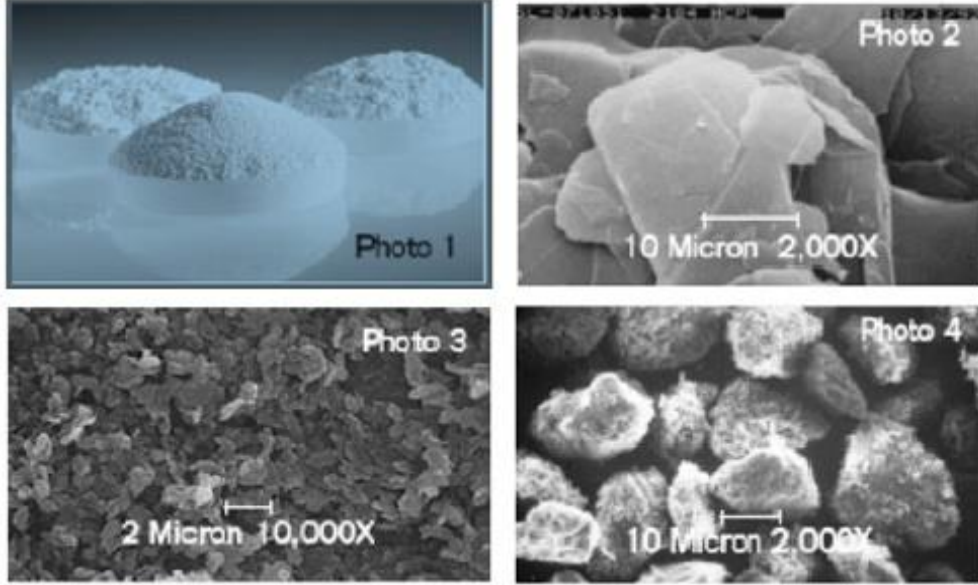
#### **1.5.1.2. Hegzagonal Bor Nitrür'ün Kullanım Alanları**

Doğada bulunmayan yapay bir malzeme olan hegzagonal bor nitrür bor ve azotun bir araya getirilmesinden üretilmiştir. Birçok özelliği içinde barındırmasından kaynaklı olarak hegzagonal bor nitrür kullanımında gün geçtikçe artış olduğu görülmektedir. Seramik malzemelerin en hafifi olan hegzagonal bor nitrür fiziksel ve kimyasal yapısının grafit benzerliğinden ötürü sıklıkla beyaz grafit olarak anılmaktadır. Hegzagonal bor nitrür, yüksek sıcaklıklardaki ateşe dayanıklılığı, yapışmama özelliği, kimyasal kimyasal tepkime vermeye yatkın olmaması, yüksek ısı iletkenliği, işlenebilirlik ve yağlayıcılık özellikleri sayesinde toz halinde, sıcak preslenmiş yoğun halde, kompozit malzemelere katkı olarak, gaz olmayacak şekilde ve kaplama süspansiyonu olarak sprey formundan kaynaklı olarak çok geniş alanda toz ve yığın ürün olarak kullanılmaktadır (Paine ve Narula, 1990; Lelonis, 2003).

Katkı maddesi olarak hegzagonal bor nitrür; tozlarının kullanım alanlarında sürekli artışlar gözlemlenmiştir. Yüksek sıcaklıklardaki üstün performansından kaynaklı ideal bir katkı malzemesidir. Birçok seramik ve intermetalik kompozitin performans karakteristiklerini geliştirip arttırmak maksadı ile içlerine bor nitrür ilavesi yapıldığı görülmüştür (Ebin, 2007).

Hegzagonal bor nitrür sentezi ilk kez 1842 yılında Balmain tarafından borik asit ve potasyum siyanürün reaksiyona sokulması ile üretilmiştir (Jansen, 2002). Ancak ticaretinin gerçekleşmesi ise yüz yıl sonrasını bulmuştur. Grafit ile hegzagonal bor yapısal benzerliği o tarihlerde bilinen bir husus olmakla beraber, 1957 yılında Wentorf, yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında elmasa benzer yapıdaki kübik bor nitrürü sentezlemeyi başarmıştır (Wentorfve Jr., 1957). Bor oksitler ve borik asidin amonyak veya üre ile reaksiyonunu gerçekleştirerek 900-1500°C aralığında bor nitrür üretmek için birçok yöntem kullanıla gelmiştir (Ebin, 2007).

Üç farklı boyuttaki hegzagonal bor nitrür tozları 2-3-4 farklı sıcaklıklarda üretilmiş hegzagonal bor nitrür tozlarının SEM görüntüleri Şekil 1.4.'de verilmiştir (Jansen, 2002)



Şekil 1.4. Hegzagonal bor nitrür tozlarının SEM görüntüleri (Jansen, 2002).

### 1.6. Önceki Çalışmalar (Literatür Özeti)

Ahşap yenilenebilir bir malzeme olmasından kaynaklı olarak birçok uygulama alanı olduğu görülmektedir. Ancak ahşabın organik yapısından dolayı güneş ışığı, nem ve yükseltilmiş sıcaklık karşısında kolay deforme olmaları, kimyasal yapının bozulması ve yüzey ahşabının bozulması ahşabın renk değişimleri de istenmeyen birincil nedenlerdir. Ağaç malzeme emprenyeleme işlemlerinde, yağlı ve organik çözücülü (bakır naftenat, pentaklorfenol aynı zamanda suda çözünen tuzlar (bakır, krom, bor, vb) gibi emprenye maddeleri yaygın olarak kullanılmıştır (Örs ve Keskin, 2001). Emprenye işlemi tamamlanmış ahşap malzemelerde beklenen başarıya yeterli korumanın gerçekleşebilmesi için emprenye maddesinin, oduna ait özelliklerin yanı sıra odunda tutunan kuru emprenye maddesinin miktarı (retensiyon) ve oduna geçme (nüfuze etme) derinliklerine bağlıdır (Baysal vd., 2003).

Ahşap malzeme yüzeyini geçici süreliğine korunmada, uygun su itici, biyotik ve abiyotik koruyucu maddelerle gerekli kuruma işlemleri yapıldıktan sonra gerekli üst yüzey işlemleri uygulanarak, boyutsal değişim ve biyolojik yıkımlara karşı iyi bir kuruma

sağlamak (Williams vd., 1996). Kullanılan üst yüzey malzemesinin; etkisi, zehirli oluşu, nüfuz derinliği ve tutunma miktarı (retensiyon), odunun anatomik yapısına bağlıdır. Emprenye öncesi gövde de ki kabuk soyularak ağaç malzeme, lümenlerindeki serbest su miktarı %20'ye kadar düşürülerek emprenye maddesinin etkili sonuç doğurması sağlanmış olur (Örs ve Keskin, 2001).

Odunda mikrobiyolojik bozulma, rutubetin %20'nin üzerine ulaşması durumunda başlar. Ahşapta oluşabilecek zararları önlemek, kullanım ömrünü arttırmak ve estetiğini arttırmak için koruyucu maddelerle emprenye edilmesi önem teşkil etmektedir (Yalınkılıç, 1993). Ahşabın korunması, ağacın ilk yerindeki temininden son kullanım yerini de içine kapsayacak şekilde karşılaşılabilecek tüm zararlı etmenlere karşı ve kullanım yerine uygun koruyucu emprenye maddeleriyle emprenye edilerek gerekli önlemlerin alınmasıyla başlar.

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte ağaç malzemeye olan talebinde hızla artışı görülmüştür. Buda beraberinde ağaç tüketimini hızlandırdığı görülmektedir. Ağaç malzeme, değişen atmosfer şartlarına bağlı olarak boyutlarında meydana gelebilecek değişimlere ve zarar vericilere karşı yeterli koruma sağlanmalıdır (Hafizoğlu vd., 1994). Kullanımları uygun olmayan ahşapların korunmaları için çinko, bakır levhalar ve beton ile kaplanarak fiziksel bariyerler oluşturulmuştur (Berkel, 1970). Çok yüksek yüzey alanı ve enerjili nano partiküllerin 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 emprenye ederek modifiye edilebilir (Taghiyari vd., 2012; Akhtari ve Arefkhani, 2013).  $TiO_2$  ve nano kalaylarla emprenye edilen bir çalışmada, nano partiküller ile tedavi edilen örneklerin yangına karşı dayanıklılığı artmıştır. Su buharı sonuçları, işlenmiş tüm örneklerin, işlenmemiş örneklerle göre su buharı akışının alınmasına karşı daha fazla direnç gösterdikleri görülmüştür (Fufa vd., 2012; Fufa vd., 2013).

Nano-gümüş ile emprenye edilen odunların geçirgenliğinin değerlendirildiği bir çalışmada, sonuçlar geçirgenliğin, basit perforasyon plakalarına sahip olan kavak ve gürgen ağaçlarında %50'den fazla arttığını gösterdi. Kayın'da geçirgenlik %3.7 azalmıştır (Taghiyari, 2012). Bununla birlikte, örneklerin nano-gümüş ile emprenye edildiği başka bir çalışmada, kırılma modülünün kayında %4.8 oranında azaldığı, ancak kavakta %1.7 oranında arttığı bulunmuştur. Her iki ağaç türü için liflere paralel olarak sıkıştırma

mukavemetinde bir azalma olduğu (Taghiyari vd., 2012).

Poli (metil metakrilat) akrilik reçinelerin eğilme direnci nano boyuttaki  $TiO_2$  ve  $SiO_2$  eklenerek incelenmiştir. Kontrol örneklerinde maximum eğilme direnci değerleri elde edilirken,  $SiO_2$  değeri kütlece arttıķa bu değerler düşmüştür (Sodagar vd., 2013).

Doğu kayını (*Fagus orientalis*) ve Sapsız meşe (*Quercus petrea*) odunları %1 ve %3 konsantrasyondaki  $SiO_2$  ile emprenyesi sonrası retensiyon miktarı ve oranı, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri incelenmiştir. Emprenye maddelerinin konsantrasyon miktarları artarken retensiyon değerleri de yükselmiştir. Ağaç türleri açısından eğilme değerlerinde Doğu kayını daha yüksek değerler göstermiştir. Konsantrasyon değerleri artarken, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri tam tersi azalmıştır (Karaman vd., 2019).

Nano bor ve nano titanium dioksitin odun polimer (polipropilen) kompozitlerin mekanik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Nano bor ihtiva eden örneklerde eğilme direncinde artış,  $TiO_2$ 'ye göre daha yüksektir. Bor malzeme genel olarak tüm mekanik özellikleri (eğilme, çekme ve darbe) arttırmıştır (Sözen vd., 2017).

Ağırlıkça farklı oranlarda (%2, %4 ve %6) nano hekzagonal bor nitrür, %50 odununu ve polipropilen termoplastığı ile üretilen ahşap plastik kompozitlerin (WPC) mekanik, yanma ve morfolojik özellikleri incelenmiştir. WPC'nin eğilme direnci ve sertlik değerleri Nano hekzagonal bor nitrür ihtivası arttıķa yükselmiş (Ayrılmış vd., 2014).

Nano hekzagonal bor nitrür ısııl işlem görmüş ahşabın mekanik özelliklerinden eğilme mukavemeti/modülü, basınç direnci ayrıca termal kararlılığına etkisi araştırılmıştır. Sarıçam, adi dişbudak ve iroco odunlarına tam dolu hücre yöntemi ile emprenye edilen Nano hekzagonal bor nitrür'n eğilme direncini ve elastikiyetini arttırıp, genel olarak basınç direncini azalttığı ortaya çıkmıştır (Sivrikaya vd., 2016).

Nano bor nitrür ile %3 konsantrasyonla emprenye edilen sarıçam, dişbudak ve iroko ağaçlarının genel olarak eğilme esnasında eğilme modülünün direncini ve elastikiyetini arttırdığı belirlenmiştir. Emprenye uygulaması sonrası mekanik özelliklerinde %25 artış belirlenmiştir (Aydemir vd., 2016).

### **1.7. Problemin Tanımlanması**

Koruyucu uygulanmayan ve ihtiyaç duyulan ahşap türü seçilmeden kullanılan ağaçların fiziki ve ekonomik ömürleri kısıtlıdır. Ahşap malzeme çeşitli teknik ve koruyucu maddeler yardımı ile korunarak kullanım ömrü uzatılabilir. Açık havada kullanılacak ahşabın türü, direnç özellikleri, dayanım süreleri ve maruz kalınan zararlı faktörler iyi bilinmelidir. Dekoratif ve koruyucu maksatlı olarak kullanılan vernik, boya gibi üst yüzey koruyucuları ahşap malzemeyi dış ortam şartlarına karşı koruyabilmektedir. Ahşap malzemede boyama ve vernikleme işlemi ile yapılan üst yüzey koruyucuları iki yıl ve daha kısa süreler için koruyuculuk sağladıkları görülmüştür (Evans vd., 1992). Ahşap malzemelerin uzun süreli korunup kullanılabilir olması için çeşitli koruyucu maddelerle emprenye edilmesi gerekmektedir.

### **1.8. Araştırmanın Amacı**

Doğal malzemeler, ileri bir teknoloji ürünle desteklenerek kompozit malzeme üretim tekniğiyle fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi kullanım yerlerinde alışılmışın çok ötesine taşınması amaçlanmıştır. İleri bir teknoloji ürün kullanımı denilince, akla gelen uygulamaların başında nano teknolojik ürünlerin geldiği bilinmektedir. Nano ürünlerin yapı sektöründeki kullanımlarına bakıldığında, genellikle inşaat, mobilya, ev dekorasyonu, barınak, tahıl ambarı, araç gereç, makine ve tekne inşa etmede malzeme özelliklerini iyileştirmesi, geliştirilmesi, korunması ve yeni kompozitlerle üretilmesi amaçlandığı görülmüştür.

Ahşap malzemeye herhangi bir koruyucu emprenye yöntemi uygulanmadan kullanılmaya çalışıldığında kullanım ömrü oldukça kısadır. Ahşabın ömrünü arttırmak için uygulanan koruyucu emprenye maddeleri ahşap malzemenin kullanım ömrünü arttırdığı görülmüştür. Günümüzde en çok tercih edilen borlu emprenye maddelerinin yıkanma sorunlarını tamamen yok edebilmek mümkün değil ise olabildiğince en aza indirmek için içerisindeki krom miktarı artırılmış olarak bilinen kimyasallar tercih edilmesi göz önünde bulundurulmalıdır.

### 1.9. Araştırmanın Önemi

Ham madde ihtiyacının arttırılması ve kullanılabilir yeşil alanların azalması beraberinde çevre kirliliğini getirmiştir. Geliřmiř ÷lkelerde hammadde konusunda sürekli çalışmalar yürüt÷lmekte ve bunun sonucu olarak ahşabın hammadde olarak kullanılması ön gör÷lmüştür. Ahşabın yenilenebilir, hafif ve kolay işlenmesi kullanımını arttırırken, olası doğal afetlerde taşıma ve deforme olma dayanımlarını geç kaybetmelerinden kaynaklı olarak kullanım olasılığını arttırdıkları gör÷lmüştür. Doęal afetlerde insanların büyük tahribatlarla veya can kayıplarıyla karşılaşmamaları için ahşap malzemenin taşıma kabiliyetlerini arttırabilmek için gerekli fiziksel ve mekanik önlemlerin önceden alınması gerekmektedir. Ahřap malzeme gerekli koruyucu üst yüzey işlemlerinden geçirilmeden ve uygun ağaç türü sečilmeden kullanıldığında ahşap malzemenin kullanım ömrü sınırlı kılınmaktadır. Ahřap yüzeylerinin sadece vernik ve boya ile kaplanmaları dış etkilere karşı göstereceği dayanım gücü yetersiz kalmakla birlikte, kullanıcı üzerinde kalıcı zararlara yol açabilirler (şanıvar, 1997; Baysal vd., 2003; Uysal vd., 2008).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Ağaç Malzemeler

Çalışmada yaygın ağaç türlerinden iğne yapraklı ağaçlardan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu ladini (*Picea orientalis*); geniş yapraklı ağaçlardan Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* M.) odunları 1. Sınıf keresteler içinden rast gele yöntemlerle seçilmiştir. Kullanılan ahşap malzemenin lif kusuru taşımayan, budaksız, çatlaksız, tül teşekkülü ve büyüme kusurları barındırmayan, renk ve yoğunluk farkı taşımayan, reaksiyon odunu içermeyen, mantar ve böcek tahribatına maruz kalmamış diri odun kısımlarından seçilmiştir.

#### 2.1.2. Emprenye Maddesi

Bu çalışmada kullanılan nano hekzagonal bor nitrür 65-75 nm boyutları arasında olup %99.85 saflıktadır. Nano grafit Nano Tek. Bil. İmalat ve Dan. Ltd Şti firmasından temin edilen nano Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan nano hekzagonal bor nitrür

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney parçaları Elazığ Altungök Büro Mobilya ve Dekorasyon Atölyesinde TS 2470 (1976) standartlarına göre her uygulama için 15'er adet olacak şekilde kesilmiştir. Örnekler  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta ve  $\%65\pm 5$  bağıl nemde iklimlendirmeye bırakılmıştır. Çalışmada kullanılan ağaç malzemelerin kesilme anına ait görseller Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan ağaç malzemelerin kesilme anına ait görseller

### 2.2.2. Emprenye Uygulaması

Ahşap malzemelerin emprenye uygulaması Gümüşhane Üniversitesi Mobilya ve Dekorasyon Laboratuvarın da ASTM-D 1413-76 (1976)' da belirtilen esaslara göre vakum-basınç yöntemiyle yapılmıştır. Nano hegzagonal bor nitrür  $\%1.5$  konsantrasyonla Şekil 2.3.'de gösterilen emprenye kazanı ile uygulama yapılmıştır.



Şekil 2.3. Emrenye kazanının deney esnasındaki görünümü

Bunun için örnekler önce  $60 \text{ cm Hg}^{-1}$  ya eşdeğer ön vakum uygulanmış, ardından  $7-8 \text{ kp/cm}^2$  basınç uygulanıp,  $60 \text{ cm Hg}^{-1}$  ya eşdeğer son vakum uygulanmıştır.

Emprenye edilen örnekler; çözücünün buharlaşması için, iklimlendirme odasında  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklık ve  $\%65 \pm 5$  bağıl nemde değişmez ağırlığa ulaşincaya kadar bekletilmiştir. Emprenye işlemi yapılırken hegzagonal bor nitrür'ün retensiyon oranını ölçmek için numuneler emprenye işleminden önce ve sonra hassas terazi ile tartılmış ve ayrıca Şekil 2.4.'de verilen pH metre ile hegzagonal bor nitrür'ün pH değeri ölçülmüştür.



Şekil 2.4. Hegzagonal bor nitrür'ün pH metre ölçümü

### 2.2.3. Retensiyon Miktarı ve Oranının Belirlenmesi

Hazırlanan deney örneklerinin emprenye edilmesi ASTM-D 1413-76 (1976) esaslarına göre tamamlandıktan sonra, deney parçalarının bünyesinde bulunan inorganik çözücünün buharlaşması için oda şartlarında 15 gün bekletilip, tekrar hava kurusu %12±1 denge rutubetine ulaşınca dek iklimlendirme kabiniinde %60±3 bağıl nem ve 20±2°C’de testi gerçekleştirildikten retensiyon miktarı ve retensiyon oranı sırasıyla formül (1) ve formül (2)’de ki şekilde hesaplanmıştır.

**Retensiyon Miktarı:**  $R = \left[ \frac{G.C}{V} \right] \times 10 \text{ (kg/m}^3\text{)}$  eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır.(1)

Burada;

**G** :T<sub>2</sub> -T<sub>1</sub>

**T<sub>1</sub>** :Emprenye öncesi deney örneğinin ağırlığı (g)

**T<sub>2</sub>** :Emprenye sonrası deney örneğinin ağırlığı (g)

**V** :Örnek hacmi (cm<sup>3</sup>)

**C** : Çözelti konsantrasyonu (%)

**Retensiyon Oranı:** (Mos-Mo)/Mo\*100 (%) eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır. (2)

Burada;

**Mos** : Emprenye sonrası numunenin tam kuru ağırlığı (g)

**Mo** : Emprenye öncesi numunenin tam kuru ağırlığı (g)

### 2.2.4. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan ahşap örneklerin boyut ve uygulanan deney metotları Tablo 2.1.’de, test edilmiş numune sayıları ise Tablo 2.2.’de gösterilmiş.

Tablo 2.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan test numune boyut ve standartları

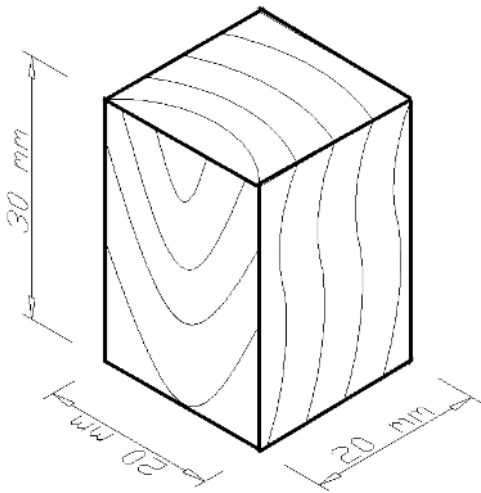
| Sıra No | Test Adı           | Boyutlar (mm) | Standart          |
|---------|--------------------|---------------|-------------------|
| 1       | Hava Kuru Yoğunluk | 20 x 20 x 30  | TS2472 – ISO 3131 |

Tablo 2.2. Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan test numune sayıları

| Fiziksel Özellikler | Ağaç Türü                                   | Borlu Bileşikler | Konsantrasyon (%) | Numune Sayısı |
|---------------------|---------------------------------------------|------------------|-------------------|---------------|
| Hava Kuru Yoğunluk  | Anadolu Kestanesi<br>Sarıçam<br>Doğu Ladini | h-BN             | 1.5               | 15            |

#### 2.2.4.1. Hava Kuru Yoğunluk

Hava kuru yoğunluk deneyi örnek boyutları Şekil 2.5.'de, hava kuru yoğunluğu deney örneklerinin hassas teraziyle ölçülme anları Şekil 2.6.'da, gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Hava kuru yoğunluk deneyi örnek boyutları

Numunelerin hava kurusu yoğunlukları TS 2472'ye göre belirlendi. Buna göre; test numuneleri,  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $\%65\pm 5$  bağıl nemde saklandı ve boyutsal stabiliteye ulaştıktan sonra,  $\pm 0.01$  mm hassasiyetli kumpas ile ölçülen  $\pm 0.01$  g hassasiyetli analitik terazi ile ölçülüp, hacimleri belirlendikten sonra hava kurusu haldeki ağırlık ( $M_{12}$ ), hacim ( $V_{12}$ ) ve yoğunluk ( $D_{12}$ ) değerleri aşağıdaki şekilde hesaplandı.

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

Bu eşitlikte;

$M_{12}$  :Örnek ağırlığı (g)

$V_{12}$  :Örnek hacmi ( $\text{cm}^3$ )

$D_{12}$  :Hava kurusu yoğunluk



Şekil 2.6. Hava kurusu yoğunluğu deney örneklerinin hassas teraziyle ölçülme anları

### 2.2.5. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan ahşap malzemelerin boyutları ve uygulanan deney metotları Tablo 2.3’de ve numune sayıları ise Tablo 2.4’de gösterilmiş

Tablo 2.3. Mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan deney numune boyutları

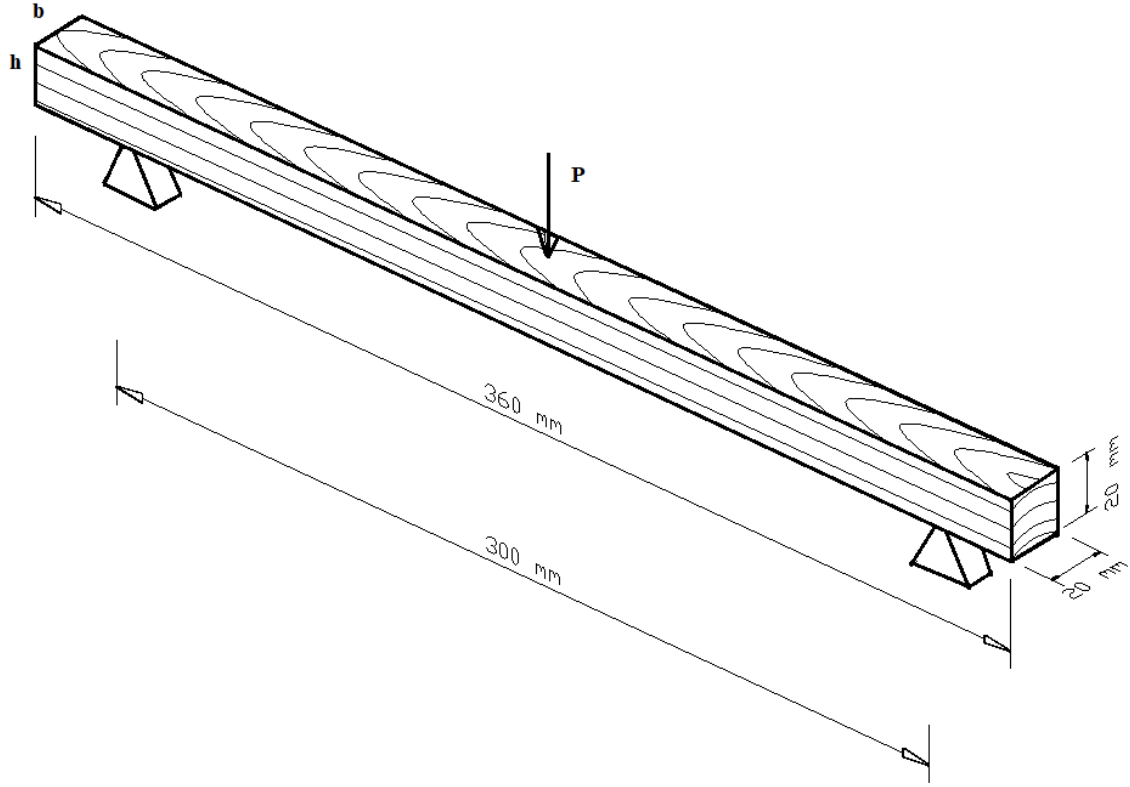
| Sıra No | Test Adı                           | Boyutlar (mm) | Standart           |
|---------|------------------------------------|---------------|--------------------|
| 1       | Eğilme Direncinin Belirlenmesi     | 20 x 20 x 360 | TS 2474 – ISO 3133 |
| 2       | Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi | 20 x 20 x 360 | TS 2478 – ISO 3349 |

Tablo 2.4. Mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan test numune sayıları

| Mekanik Özellikler                 | Ağaç Türü                  | Borlu Bileşikler | Konsantrasyon (%) | Numune Sayısı |
|------------------------------------|----------------------------|------------------|-------------------|---------------|
| Eğilme Direncinin Belirlenmesi     | Anadolu Kestanesi, Sarıçam | h-BN             | 1.5               | 15            |
| Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi | Doğu Ladini                |                  |                   |               |

#### 2.2.5.1. Eğilme Direnci

Eğilme dayanımı ve esneklik modülü deneyi örnek boyutları Şekil 2.7.’de, eğilme direnci ve esneklik modülü deney örneklerinin test edilme anları Şekil 2.8.’de gösterildiği gibi hazırlandı. Deneyler yapılmadan önce tüm numuneler havada kurutuldu ve numunelerin radyal yönü yükseklik olarak alındı, yükseklik ve genişlik  $\pm 0.01$  mm hassasiyetle dijital bir kumpasla ölçüldü. Test parçasının yüzeyi sabit bir hızda düzgün bir şekilde yüklendi. Test hızı, yük test parçaları üzerine yüklenmeye başladıktan sonra  $1.5 \pm 0.5$  dakika idi, daha sonra test parçası kırılmaya ayarlandı. Kopmadaki kuvvet ( $P_{max}$ ) okundu ve eğilme direnci ( $\sigma_E$ ), aşağıdaki formüle göre hesaplandı.



Şekil 2.7. Eğilme dayanımı ve esneklik modülü deneyi örnek boyutları

$$\sigma_E = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{\max} \cdot L}{b \cdot h^2} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Bu eşitlikte;

**P<sub>max</sub>** : Kırılma anında uygulanan yük (N)

**L** : Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

**b** : Deney numunesinin eni (yıllık halkalara dik yönde, mm)

**h** : Deney numunesinin kalınlığı (yıllık halkalara teğet yönde, mm)'dir.



Şekil 2.8. Eğilme direnci ve esneklik modülü deney örneklerinin test edilme anları

#### 2.2.5.2. Elastiklik Modülü

Esneklik modülü deneyi için hazırlanan örnek boyutları Şekil 2.7.'de ve esneklik modülü deney örneklerinin test edilme anları Şekil 2.8.'de görüldüğü gibi hazırlandı. TS 2478 (1976)'da belirtilen boyutlara göre elastik deformasyon bölgesinde uygulanan kuvvet farkı ( $\Delta F$ ) için numunedeki sehimler arasındaki fark ( $\Delta f$ ) yardımı ile elastiklik modülü ( $E$ ) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplandı.

$$E = \frac{\Delta F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta f} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Bu eşitlikte;

**$\Delta F$ :** Deformasyon bölgesinde yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet (N)

**L** :Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

**$\Delta f$**  :Net eğilme alanındaki sehim, yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehimlere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark (mm)

**b** :Deney parçasının en kesit genişliği (mm)

**h** :Deney parçasının en kesit kalınlığı (mm)'dir.

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMALAR

#### 3.1. Emprenye Maddesi pH Değeri ve Konsantrasyonu

Örneklerde kullanılan emprenye maddesinin pH değeri ve konsantrasyon oranı Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Emprenye maddesinin pH değeri ve konsantrasyon oranı

| Emprenye Maddesi | Çözelti konsantrasyon (%) | Emprenye Öncesi | Emprenye Sonrası |
|------------------|---------------------------|-----------------|------------------|
| h-BN             | 1.5                       | 8.90            | 8.37             |

Literatürde incelenen çalışmalara göre nano hegzagonal bor nitrür konsantrasyonu %1.5 olarak seçilmiştir (Aydemir vd.,2016; Karaman vd., 2019). Emprenye öncesi ve sonrası pH değerlerinde önemli bir değişme bulunmamıştır.

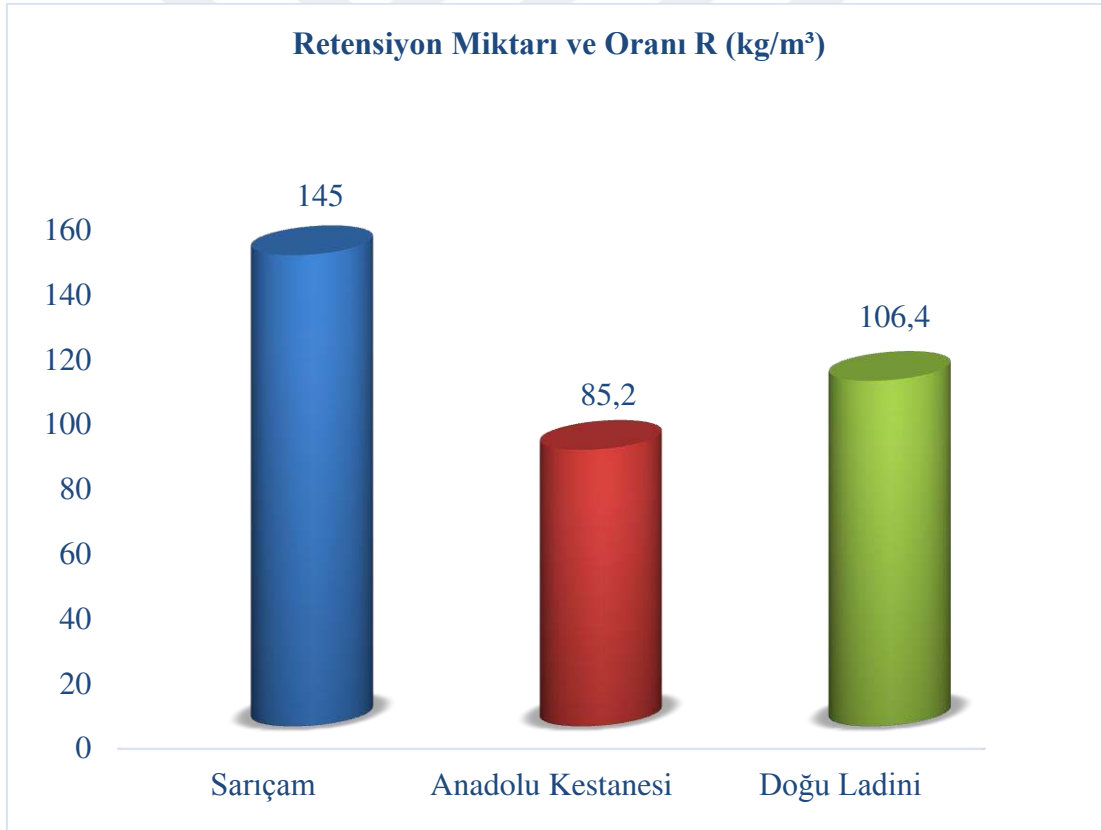
#### 3.2. Retensiyon Miktarı ve Oranı

Çalışmada kullanılan hegzagonal bor nitrür'ün ağaç malzemedeki retensiyon (tutunma) miktarı ve retensiyon oranı ortalama değerleri Tablo 3.2.'de buna ait grafik Şekil 3.1.'de gösterilmektedir.

Tablo 3.2. Retensiyon değerleri ortalamaları R (kg/m<sup>3</sup>, %)

| Ağağ Türü         | R (kg/m <sup>3</sup> ) | R (%) |
|-------------------|------------------------|-------|
| Anadolu Kestanesi | 85,2                   | 7,8   |
| Sarıçam           | 145                    | 14,3  |
| Doğu Ladini       | 106,4                  | 10,6  |

En yüksek retensiyon miktarı Sarıçamda, (145 kg/m<sup>3</sup>) sonra sırasıyla Doğu ladininde (106,4 kg/m<sup>3</sup>), en düşük Anadolu kestanesinde (85,2 kg/m<sup>3</sup>) belirlenmiştir. Retensiyon oranı değerlerinde paralel değerler elde edilmiştir.



Şekil 3.1. Ağağ türlerine göre nano h-BN retensiyon miktarları.

### 3.3. Fiziksel Özelliklere İlişkin Bulgular

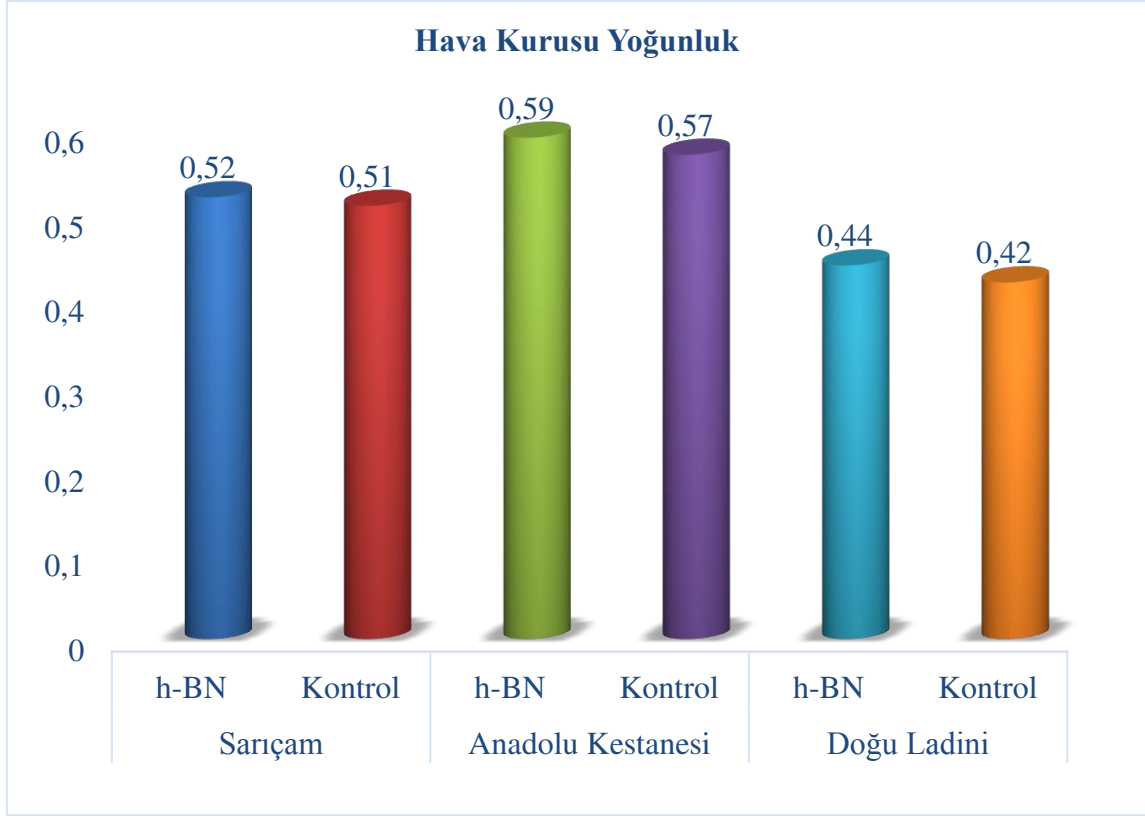
#### 3.3.1. Hava Kuruşu Yoğunluk

Ağaç türü ve işlem çeşidine göre hava kuruşu yoğunluk değerlerine ait ortalama değerler Tablo 3.3.'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Hava kuruşu yoğunluğun değerlerinin belirlenmesi ( $\text{g/cm}^3$ )

| Ağaç Türü         | İşlem Çeşidi | Hava Kuruşu Yoğunluk (n: 15) |
|-------------------|--------------|------------------------------|
| Anadolu Kestanesi | h-BN         | 0,59                         |
|                   | Kontrol      | 0,57                         |
| Doğu Ladini       | h-BN         | 0,44                         |
|                   | Kontrol      | 0,42                         |
| Sarıçam           | h-BN         | 0,52                         |
|                   | Kontrol      | 0,51                         |

En yüksek hava kuruşu yoğunluk değeri sarıçam + h-BN' de ( $0,52\text{g/cm}^3$ ), en düşük ladin kontrol ( $0,42\text{ g/cm}^3$ ) örneklerinde elde edilmiştir. h-BN ile emprenye sonucu ağaç türü bakımından en yüksek değerler sarıçamda, en düşük ladin örneklerinde elde edilmiştir. Kontrol örneklerine göre hegzagonal bor nitrür uygulaması yoğunluk değerlerini arttırmıştır (Yaşar, 2014). Ortalama değerlere ilişkin grafik Şekil 3.2.'de verilmektedir.



Şekil 3.2. Ağaç türü ve işlem çeşidine göre hava kuruşu yoğunluk ortalama değerleri.

### 3.4. Mekanik Özelliklere İlişkin Bulgular

#### 3.4.1. Eğilme Direnci

Ağaç türü ve işlem çeşidinin ortalama eğilme direncine etkisine belirlenmesine ilişkin varyans analizi Tablo 3.4.'de verilmiştir.

Tablo 3.4. Eğilme direnci varyans analiz değerleri

| Kaynak              | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F-Değeri | P (Sig). |
|---------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| Ağaç Türü (A)       | 6585,518        | 2                   | 3292,759           | 44,585   | ,000*    |
| Emprenye Uygulaması | 4517,042        | 1                   | 4517,042           | 61,162   | ,000*    |
| A + E               | 672,283         | 2                   | 336,141            | 4,551    | ,013*    |
| Hata                | 6203,676        | 84                  | 73,853             |          |          |
| Toplam              | 17978,518       | 89                  |                    |          |          |

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

Emprenye işleminin her üç ağaç türünde de eğilme direnci değerlerindeki etkisi % 5 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Emprenye uygulaması ve ağaç türlerine göre eğilme direnci değerleri arasındaki farklılıklar Tablo 3.5.'de ve Tablo 3.6.'da belirlenmiş, ortalama, maksimum, minimum eğilme direnci değerleri ise Tablo 3.7.'de belirlenmiştir.

Tablo 3.5. Ağaç türüne göre eğilme direnci ortalama değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

| Ağaç Türü         | Ortalama | Alt Sınır | Üst Sınır |
|-------------------|----------|-----------|-----------|
| Anadolu Kestanesi | 85,5     | 82,4      | 88,7      |
| Doğu Ladini       | 65,7     | 61,6      | 67,8      |
| Sarıçam           | 73,3     | 70,2      | 76,4      |

Std. Error: 1.569

Ağaç türüne göre eğilme direnci değeri sıralaması en yüksekte en düşüğe doğru sıralanışı en yüksek Anadolu kestanesinde (85,5 N/mm<sup>2</sup>), sonra Sarıçam (73,3 N/mm<sup>2</sup>) ve en düşük Doğu ladininde (65,7 N/mm<sup>2</sup>) bulunmuştur.

Tablo 3.6. Emprenye uygulamasına göre eğilme direnci ortalama değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

| Emprenye Uygulaması | Ortalama | Alt Sınır | Üst Sınır |
|---------------------|----------|-----------|-----------|
| h-BN                | 67,4     | 64,9      | 70        |
| Kontrol             | 81,6     | 79,1      | 84,1      |

Std. Error: 1.281

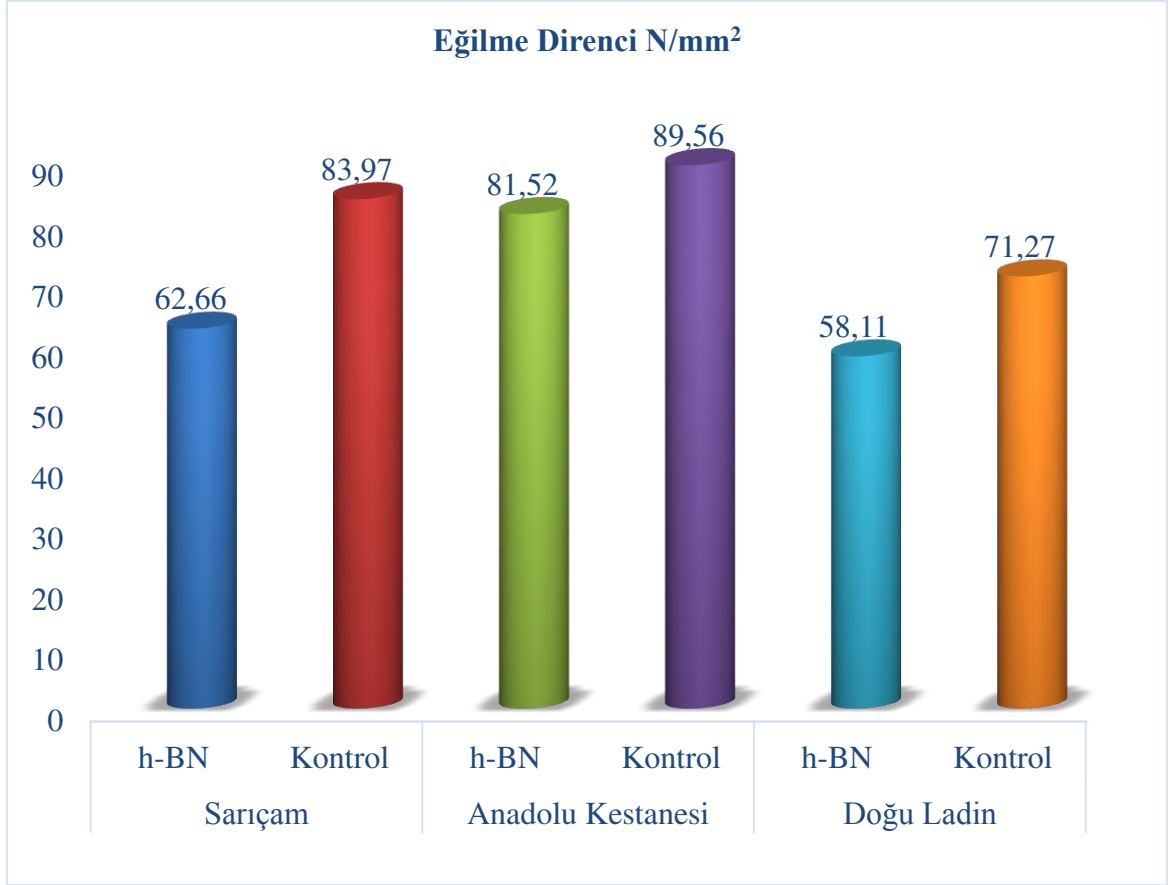
Emprenye uygulaması değeri tespiti en yüksek eğilme direnci değeri kontrol örneklerinde (81,6N/mm<sup>2</sup>), en düşük h-BN uygulamasında (64,7 N/mm<sup>2</sup>) bulunmuştur.

Tablo 3.7. Eğilme direncinin ortalama, maksimum ve minimum değerlerinin belirlenmesi (N/mm<sup>2</sup>)

| Etken             |              | Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> ) (n: 15) |         |          |       |
|-------------------|--------------|---------------------------------------------|---------|----------|-------|
| Ağaç Türü         | İşlem Çeşidi | Ortalama                                    | Minimum | Maksimum | Sd    |
| Anadolu Kestanesi | h-BN         | 81,52                                       | 68,80   | 91,20    | 7,20  |
|                   | Kontrol      | 89,56                                       | 71,90   | 117,00   | 15,08 |
| Doğu Ladini       | h-BN         | 58,11                                       | 52,00   | 70,80    | 5,02  |
|                   | Kontrol      | 71,27                                       | 60,60   | 79,60    | 5,46  |
| Sarıçam           | h-BN         | 62,66                                       | 49,50   | 78,70    | 9,45  |
|                   | Kontrol      | 83,97                                       | 76,20   | 91,70    | 4,43  |

Sd: Standart sapma

Buna göre; en yüksek ortalama eğilme direnci değeri Anadolu kestanesi kontrol örneklerinde (89,56 N/mm<sup>2</sup>), en düşük ladin h-BN'de (58,11 N/mm<sup>2</sup>) elde edilmiştir. Kontrol örneklerine kıyasla, hegzagonal bor nitrür uygulaması eğilme direnci değerlerini düşürmüştür (Karaman vd., 2019). Yapmış oldukları çalışmada benzer sonuçlar elde etmiştir. Ortalama değerlere ilişkin grafik Şekil 3.3.'de verilmektedir.



Şekil 3.3. Ağaç türü ve işlem çeşidine göre eğilme direnci ortalama değerleri

### 3.4.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Ağaç türü ve işlem çeşidinin ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisine ilişkin varyans analizi Tablo 3.8.'de verilmiştir.

Tablo 3.8. Eğilmede elastikiyet modülü varyans analiz değerleri

| Kaynak                  | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F-Değeri | P (Sig). |
|-------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| Ağaç Türü (A)           | 21455175,556    | 2                   | 10727587,778       | 5,922    | ,004*    |
| Emprenye Uygulaması (E) | 6405334,444     | 1                   | 6405334,444        | 3,536    | ,064     |
| A + E                   | 22168708,889    | 2                   | 11084354,444       | 6,119    | ,003*    |
| Hata                    | 152165013,333   | 84                  | 1811488,254        |          |          |
| Toplam                  | 202194232,222   | 89                  |                    |          |          |

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

Emprenye uygulamasının tek başına etkisi hariç tüm istatistiksel değerler anlamlı bulunmuştur ( $\alpha \leq 0,05$ ). Farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek amacıyla Tablo 3.9'da verilen Duncan testi uygulanmıştır. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ortalama, maksimum, minimum ve standard sapma değerleri ise Tablo 3.10.'da verilmektedir.

Tablo 3.9. Ağaç türüne göre eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerleri (MPa)

| Ağaç Türü         | Ortalama | Alt Sınır | Üst Sınır |
|-------------------|----------|-----------|-----------|
| Anadolu Kestanesi | 9735,3   | 9246,673  | 10223,993 |
| Doğu Ladini       | 8598     | 8109,340  | 9086,660  |
| Sarıçam           | 9487     | 8998,340  | 9975,660  |

Std. Error: 245.729

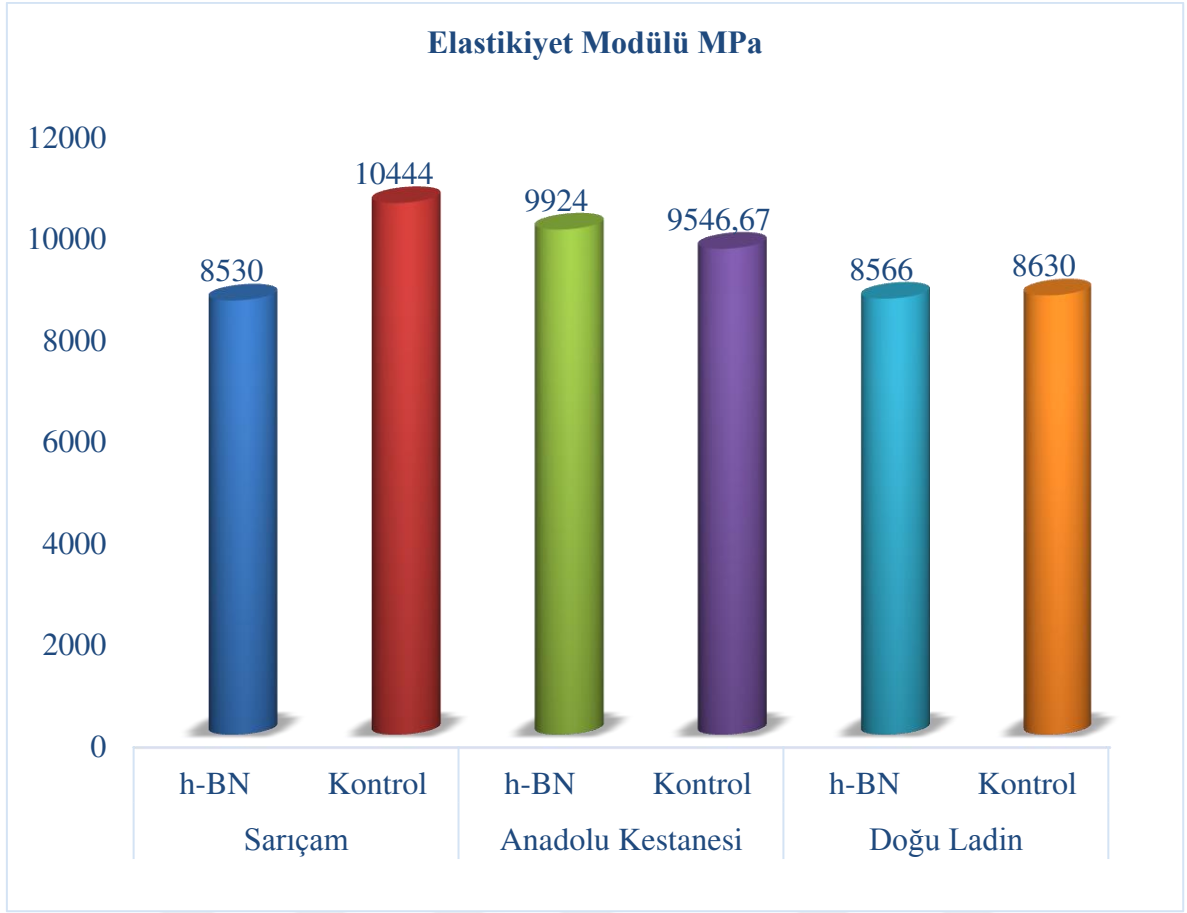
Ağaç türüne göre eğilmede elastikiyet modülü değeri sıralaması en yüksekten en düşüğe doğru sıralanışı en yüksek Anadolu kestanesinde (9735,5 MPa), sonra Sarıçam (9487 MPa) ve en düşük Doğu ladininde (8598 MPa) bulunmuştur.

Tablo 3.10. Eğilmede elastikiyet modülü ortalama, maksimum ve minimum değerlerin belirlenmesi (MPa)

| Etken             |              | Eğilmede Elastikiyet Modülü (MPa) (n: 15) |         |          |         |
|-------------------|--------------|-------------------------------------------|---------|----------|---------|
| Ağaç Türü         | İşlem Çeşidi | Ortalama                                  | Minimum | Maksimum | Sd      |
| Anadolu Kestanesi | h-BN         | 9924,00                                   | 7890,00 | 12500,00 | 1214,26 |
|                   | Kontrol      | 9546,67                                   | 6750,00 | 11900,00 | 1397,83 |
| Doğu Ladini       | h-BN         | 8566,00                                   | 7610,00 | 10100,00 | 746,12  |
|                   | Kontrol      | 8630,00                                   | 6350,00 | 11200,00 | 1313,94 |
| Sarıçam           | h-BN         | 8530,00                                   | 5480,00 | 11300,00 | 1814,38 |
|                   | Kontrol      | 10444,00                                  | 7750,00 | 12500,00 | 1365,82 |

Sd: Standart sapma

Buna göre; en yüksek ortalama eğilmede elastikiyet modülü değeri sarıçam kontrol örneklerinde (10444 MPa), en düşük sarıçam h-BN'de (8530 MPa) elde edilmiştir. Kestane odunu kontrolü hariç diğer kontrol örneklerinde hegzagonal bor nitrür uygulaması elastikiyet modülü değerlerini düşürmüştür (Karaman vd., 2019). Ortalama değerlere ilişkin grafik Şekil 3.4.'de verilmektedir.



Şekil 3.4. Ağaç türü ve işlem çeşidine göre eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerleri

#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu ladini (*Picea orientalis*) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* M.) odunları uygun standartlara göre boyutlandırıldıktan sonra, nano hegzagonal bor nitrür ile %1.5 konsantrasyonda emprenye uygulaması yapılmış arkasından retensiyon değerleri, hava kurusu yoğunluk, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri incelenmiştir.

Retensiyon miktarları Sarıçamda  $145 \text{ kg/m}^3$ , ladinde  $106 \text{ kg/m}^3$  ve kestanede  $85,2 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiştir. Anadolu kestanesinin yüksek oranda tül oluşumu ihtiva etmesi geçirgenlik oranında düşüşün sebebi gösterilebilir. Sarıçam odunun retensiyon oranının yüksek olması, bu odun türünün geçirgenlik oranının diğer türlere göre daha yüksek olmasından kaynaklı olabilir. Literatürde çeşitli boyutlarda hazırlanmış laboratuvar tipi sarıçam ve kızılçam odun örneklerinin tuzlu çözeltilerle emprenyesinde retensiyon miktarlarının  $70 \text{ kg/m}^3$  den  $324 \text{ kg/m}^3$  aralığında olabildiği görülmektedir. Kestane odunu zor emprenye edilen türler arasında olduğundan retensiyon miktarları çam türlerine göre düşük olmaktadır.

Ağaç türüne göre yoğunluk miktarı en yüksek kestane, en düşük ladin örneklerinde elde edilmiştir. Ağaç türüne göre yoğunluk miktarı en yüksek kestane, en düşük ladin örneklerinde elde edilmiştir. Emprenye uygulaması %1.5-5 arasında bir yoğunlukta artma ile sonuçlanmıştır. Literatüre paralel sonuçlara ulaşılmıştır.

Literatürde verilen değerlere paralel olarak, en yüksek eğilme direnci en yüksek Anadolu kestanesi kontrol örneklerinde, en düşük Doğu ladini h-BN'de elde edilmiştir. Emprenye uygulaması tüm odun türlerinin eğilme direnci değerlerini düşürmüştür. Kontrol örneklerinde sırasıyla sarıçamda %25, Doğu ladininde %18,5 ve kestanede %9 oranında eğilme direncinde düşüşe neden olmuştur. Kestane odununun retensiyon miktarının düşük olması h-BN'den daha az etkilenmesin sebep olabilir. Tanalith-E ile emprenye edilen sarıçamda emprenye sonrası eğilme direncinin  $96,9 \text{ N/mm}^2$  den  $91,5 \text{ N/mm}^2$  ye düştüğü belirtilmiştir.

En yüksek ortalama eğilmede elastiklik modülü değeri emprenyeli örneklerde Sarıçam kontrol örneklerine göre daha düşük değerler vermiştir. Tuzlarla emprenye işlemi sonrası çeşitli ağaç türlerinde eğilmede elastikiyet direncinin az miktar düştüğünü belirtmişlerdir. Bu çalışmalarında sarıçamın emprenye sonrası daha fazla etkilendiği belirtilmiştir. Sarıçam örneklerinin eğilmede elastiklik modülü (10444 MPa) iken h-BN ile emprenyeli örneklerde (8530 MPa) olarak belirlenmiştir. Ağaç türü bakımından en düşük ortalama değer ladinde görülmüştür. Ladin ve sarıçam odunun yoğunluğunun düşük olması elastikiyet modülünde doğrusal bir azalma göstermiş olabilir. Emprenye uygulaması kestane odunu elastikiyet modülünde %4'lük artışa, sırasıyla Sarıçam ve Ladinde %18 ve %1'lik azalmaya neden olmuştur.



## 5. KAYNAKLAR

- Akhtari, M. ve Arefkhani, M., 2013. Study of Microscopy Properties of Wood Impregnated with Nanoparticles during Exposed to White-Rot Fungus. *Agriculture Science Developments* 2 (11): 116-119.
- Archer, K. ve Lebow, S., 2006. "Wood preservation," *Prim. Wood Process. Princ. Pract.*, pp. 297 338.
- Aslan, S., 1998. Ağaç Zararlıları Koruma Ve Emprenye Teknikleri, KOSGEB Yayınları, Ankara.
- ASTM G7-05, 2005. "Standard Practice for Atmospheric Environmental Exposure Testing of Nonmetallic Materials", ASTM, USA, 2-10.
- ASTM G 154-06, 2006. "Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials", ASTM, USA, 2-8.
- ASTM G 151-06, 2006. "Standard Practice for Exposing Nonmetallic Materials in Accelerated Test Devices that Use Laboratory Light Sources", ASTM, USA, 3-13.
- ASTM D 1413-07, 2007. "Standard Test Method of Testing Wood Preservatives by Laboratory Soilblock Cultures", ASTM, USA, 1-9.
- ASTM D 3737-08, 2008. "Standard Practice for Establishing Allowable Properties for Structural Glued Laminated Timber (Glulam)", ASTM, USA, 8-7.
- Aydemir, D., Busra C., Alsan M., Can., A., Sivrikaya, H., Gunduz, G. ve Wang., A., 2016. Mechanical, Morphological and Thermal Properties of Nano-Boron Nitride Treated Wood Materials. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, no. ahead: 0-0. doi:10.4067/S0718-221X2016005000003
- Ayrılmış, N., Dunder, T., Kaymakçı, A., Ozdemir, F. ve Kwon, J. H., 2014. Mechanical and thermal properties of wood-plastic composites reinforced with hexagonal boron nitride. *Polymer composites*, 35 (1), 194-200.
- Bal, B.C., ve Bektaş, İ., 2018. Kayın ve kavak odunlarında fiziksel özelliklerle yoğunluk ilişkisinin belirlenmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1 (1), 1-10.
- 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), 645-653.

- Baysal, E., Peker, H. ve Çolak, M., 2004. Borlu bileşikler ve su itici maddelerin cennet ağacı odunun fiziksel özellikleri üzerine etkileri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20 (1-2), 55-65.
- Bektaş, İ., Güler, C. ve Baştürk, M. A., 2002. Principal mechanical properties of eastern beech wood (*Fagus orientalis* L.) naturally grown in Andırın northeastern mediterranean region of Turkey, Turk J Agric For, 26 (2002), 147–154.
- Berkel, A., 1970. “Ağaç Malzeme Teknolojisi”, İ.Ü., İstanbul, 1(147) :39- 43.
- Berkel, A., 1972. Ağaç malzeme teknolojisi, ağaç malzemenin korunması ve emprenye tekniği. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları No: 183, Sermet Matbaası, İstanbul, Cilt 2, 334.
- Bozkurt, A.Y., 1971. Önemli Bazı Ağaç Türleri Odunlarının Tanımı, Teknolojik Özellikleri ve Kullanış Yerleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul Yayın No: 1653, O.F.Yayın No: 177.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N., 1990. Ticarete Kullanılan Ağaçlarda Fiziksel ve Mekanik Özellikler, İ.Ü., Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 40, 1. s. 6-24.
- Bozkurt, Y., 1992. Odun Anatomisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul Yayın No: 3652, O.F.Yayın No: 415 ISBN: 975-404-230-6
- Bozkurt, Y., Göker, Y. ve Erdin, N., 1993. Emprenye tekniği. İ.Ü.Orman Fak. Yayınları, İstanbul, 3779 (425) :125, 135
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N., 1995. Yoğunluk ile mekanik özellikler arasındaki ilişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 45(2), 11-34.
- Bozkurt, A.Y. ve Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Yayın No: 3998, Orman Fakültesi Yayın No: 445, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y. ve Erdin, N., 2000. Odun anatomisi. İ.Ü. Orman Fak., Dilek Matbaası, İstanbul, 466 :360.
- Christensen, M., 2013. Developing new consolidants for archaeological wood, Dissertation for the degree of philosophiae doktor, Department of chemistry faculty of mathematics and natural sciences and museum of cultural history University of Oslo, ISSN 1501-7710.
- Crochet, P., 2004. Comparison between ERA-40 derived precipitation and measured precipitation in Iceland. Vedurstofa Íslands - Greinargerð 04022: 71 p.
- Ebin B., 2007. Hexagonal Boron Nitride, Hard Metal Compounds Lecture, İ.T.Ü. İstanbul.
- Evans, P.D., Michell, A.J. ve Schmalzl, K., 1992. Studies of the degradation and protection of wood surfaces. Wood Sci. Technol., 26: 151-163.

- Fidan, M.S., Yaşar, Ş.Ş., Yaşar, M., Atar, M. ve Alkan, E., 2016. "Characterization of the Combustion Parameters of Impregnated and Varnished Cedar Wood (*Cedrus libani*), Forest Products Journal, 66 (5-6), 290-299. <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-15-00063>.
- Freeman, M.H. ve McIntyre, C.R., 2008. Comprehensive review of copper-based wood preservatives. Forest Products Journal 58 (11), 6-27
- Fufa, S.M., Jelle, B.P., Hovde, P.J. ve Rørvik, P. M., 2012. Impregnated wooden claddings and the influence of nanoparticles on the weathering performance. Wood Material Science & Engineering 7(4): 186-195.
- Fufa, S.M., Jelle, B.P. ve Hovde, P.J., 2013. Durability, reaction to fire properties, and environmental impact of treated and untreated wooden claddings. Wood Material Science & Engineering 8(3): 175-187.
- Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, M.K., Yıldız, Ü.C., Baysal, E., Demirci, Z. ve Peker, H., 1994. Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilme İmkanları TÜBİTAK Projesi, TOAG-875, 377.
- Hill, C.A.S., 2006. Modifying the properties of wood, In: wood modification, chemical, thermal and other processes, Callum, A.S.H., 2006, John Wiley & Sons, ISBN: 0-470-02172-1, 19.
- Hon, D. N. S. ve Shiraishi, N., 2001. Weathering and photochemistry of wood, In: wood and cellulosic chemistry, ISBN-8247-0024-4, 514-914.
- Hon, D. N. S. ve Shiraishi, N., 2001. Wood and cellulosic chemistry, ISBN-8247-0024-4, 514-914.
- Jansen, M., 2002. Hexagonal Boron Nitride, High Performance Non-Oxide Ceramics II p.4 38
- Karaman, A., Yıldırım, M.N. ve Yaşar Ş.Ş., 2019. Determination of Modulus of Elasticity and Bending Strength of Wood Material Impregnated with Nanoparticle Silicon Dioxide (SiO<sub>2</sub>). Turkish Journal of Forestry Türkiye Ormancılık Dergisi 20 (1): 50-56. <https://doi.org/10.18182/tjf.462611>.
- Kartal, S.N., Green, F. ve Clausen, C.A., 2009. Do the unique properties of nanometals affect leachability or efficacy against fungi and termites? International Biodeterioration and Biodegradation, 63(4), 490-495. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2009.01.007>
- Keskin, H. ve Dağlıoğlu, N., 2016. Tanalith-E ile Emprenye Etmenin Bazı Ağaç Malzemelerin Eğilme ve Eğilmede Elastiklik Modülüne Etkileri, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17-1 (62-69)
- Kollmann, F., ve Cote, W.A., 1968. Principles of wood science and technology, Springer Verlag.

- Kurtoğlu, A., 1984. Ağaç malzemenin kimyasal olmayan yolla korunması olanakları. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, İstanbul, Seri B, 4(34):27-29.
- Kurtoğlu, A., 2000. Ağaç malzeme yüzey işlemleri, Genel Bilgiler. İ.Ü. Orman Fak. Orman End. Müh. Böl., Çantay Matbaacılık, 1:1
- Lelonis, D.A., 2003. Boron Nitride Powder- A High Performance Alternative for Solid Lubricants, GE Advanced Ceramics Teknik Notları.
- Malkoçoğlu, A., 1994. Doğu kayını (Fagus orientalis L.) odununun teknolojik özellikleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Moon, R.J., Schueneman, G.T. ve Simonsen, J., 2016. Overview of Cellulose Nanomaterials, Their Capabilities and Applications. *Jom*, 68(9), 2383–2394. <https://doi.org/10.1007/s11837-016-2018-7>
- Naeher, L.P., Braur, M., Lipsett, M., Zelikoff, J.T., Simpson, C.D., Koenig, J.Q. ve Smith K.R., 2007. Woodsmoke health effects. A review inhalation toxicology, 1967-109.
- Örs, Y. ve Keskin, H., 2001. Ağaç Malzeme Bilgisi, I. Baskı. isbn:975-6574-01-1, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 33-34.
- Paine, R. ve Narula C.K., 1990. Synthetic Routes to Boron Nitride, *Chem. Rev.*, 90, 73-91.
- Peydecastaing, J., 2008. Chemical modification of wood by mixed anhydrides, Université de Toulouse, Doktora Tezi, Eylül 2008.
- Sandberg, D., Kutnar, A. ve Mantanis, G., 2017. Wood modification technologies - A review, Forest- Biogeosciences and Forestry 10(6): 895-908.
- Siegel, R.W. ve Roco M.C., 1999. Nanostructure Science and Technology. Springer, Dordrecht.
- Sivrikaya, H., Gunduz, G. ve Wang, A., 2016. Mechanical, morphological and thermal properties of nano-boron nitride treated wood materials. *Maderas. Ciencia Y Tecnología*, (ahead), <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000003>
- Sodagar, A., Bahador, A., Khalil, S., Shahroudi, A.S. ve Kassaei, M.Z., 2013. The Effect of TiO<sub>2</sub> and SiO<sub>2</sub> Nanoparticles on Flexural Strength of Poly (Methyl Methacrylate) Acrylic Resins, Journal of Prosthodontic Research, 57 (1): 15–19. doi:10.1016/j.jpor.2012.05.001.
- Sönmez, A., 2000. Ağaç işlerinde üst yüzey işlemleri I. Ağaç malzeme yüzeylerinin üst yüzey işlemlerine hazırlık işlemleri, ağaç malzemede renk açma ve renklendirme işlemleri Türkiye. Web Ofset/Ankara.
- Sözen, E., Aydemir, D. ve Gündüz, G., 2017. Nano TiO<sub>2</sub> ve Nano Borun Odun Plastik Kompozitlerinin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri, 4. Uluslararası Mobilya Ve Dekorasyon Kongresi, 19.10.2017 21.10.2017, Düzce, Türkiye.

- Şanıvar, N., 1997. Ağaç işleri üst yüzey işlemleri. Milli Eğitim Basımevi, Ankara, s:335
- Taghiyari, H.R., 2012. Correlation between gas and liquid permeability in some nano silver- impregnated and untreated hardwood. *Journal of Tropical Forest Science* 24(2): 249–255.
- Taghiyari, H.R., Rassam, G., Sani, Y.L. ve Karimi, A., 2012. Effects of nano-silver impregnation on some mechanical properties of ice-blasted wood specimens. *Journal of Tropical Forest Science* 24(1): 83–88.
- Terzi, E., 2008. Amonyum bileşikleri ile emprenye edilen ağaç malzemenin yanma özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 106 s.
- Toker, R., 1960. Batı Karadeniz Sarıçamının Teknik Vasıfları ve Kullanım Yerleri Hakkında Araştırmalar. *Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten* Seri No: 10.
- TS 2470., 1976. “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler”, TSE Standartları, Ankara.
- TS 2471., 1976. “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler için Rutubet Miktarı Tayini”, TSE Standartları, Ankara.
- TS 2472., 1976. “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini”, TSE Standartları, Ankara, 1-12.
- TS 2474., 1976. “Odunun Statik Eğilmede Dayanımının Tayini”, TSE Standartları, Ankara.
- TS 2478., 1976. “Odunun Statik Eğilmede Elastiklik Modülünün Tayini”, TSE Standartları, Ankara, 139.
- TS 2595., 1976. “Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı”, TSE Standartları, Ankara.
- TS 53., 1981. “Odunun Fiziksel Özelliklerini Tayin İçin Numune Alma, Muayene ve Deney Metotları”, TSE Standartları, Ankara.
- TS 4084., 1983. “Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Şişmenin Tayini”, TSE Standartları, Ankara, 1-5.
- TS 5724., 1988. Ahşap koruma – suda çözünen emprenye maddelerinde ve emprenye edilmiş ahşapta bor, bakır, krom ve arsenik miktarı tayini - volumetrik metot, TS Standardı, Ankara.
- TS EN 205., 2004. “Yapıştırıcılar -Yapısal Olmayan Uygulamalar İçin Ahşap Yapıştırıcılar Bindirmeyle Yapıştırılmış Eklerin Çekmeyle Kayma Mukavemetinin Tayini”, TSE Standartları, Ankara, 1-7.

- TS EN 13446., 2005. Wood-based panels – Determination Of Withdrawal Capacity Of Fasteners, T.S.E. Standardı, Ankara.
- UNDP, 2004. United nations development programme. World energy assessment. New York: UNDP
- Unger, A., Schniewind, A.P. ve Unger, W., 2001, Conservation of wood artifacts a handbook, ISBN: 978-3-540-41580-0.
- US EPA., 2017. "Overview of Wood Preservative Chemicals". website. [Online]. Erişim: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/overview-wood-preservative-chemicals>.
- Usta, İ., 1993. Türkiye ağaç malzeme emprenye endüstrisinin bugünkü durumu ve geliştirilmesine ilişkin öneriler. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Ankara, 139 s
- Uysal, B., 1997. Çeşitli kimyasal maddelerin ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığı üzerine etkileri. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 6, 8, 9, 23-26.
- Uysal, B., 1998. Çeşitli su itici ve yangın geciktirici kimyasal maddelerin kızılğaç odununun yanma özellikleri. Z.K.Ü.K.T.E.F. Teknoloji Dergisi, 2, 81-89.
- Uysal, B., Kurt, Ş., Seferoğlu, D. ve Özcan, C., 2008. Combustion Properties Of Scotch Pine Of Finishing Processed, Teknoloji, 11(4) 305-313.
- Yalınkılıç, M.K., 1993. Malzemenin yanma, higroskopisite ve boyutsal stabilite özelliklerinde çeşitli emprenye maddelerinin neden olduğu değişiklikler ve bu maddelerin odundan yıkanabilirlikleri. Doçentlik Tezi, KTÜ Orman Fak. Trabzon.
- Yaşar, M., 2014. Natürel ve Yapay Koruyucu Maddeler ile Muamele Edilmiş Ahşap Malzemenin Bazı Özelliklerine Açık Hava Şartlarının Etkisi. Turkish Journal of Forestry Türkiye Ormancılık Dergisi 2, 175-183s.
- Yasar, Ş.Ş., Fidan, M.S., Yaşar, M., Atar, M. ve Alkan, E., 2017. Combustion properties of impregnated spruce ( *Picea orientalis* L.) wood, Construction and Building Materials, 143, 574–579. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.141>.
- Yasar, M. ve Altunok. M., 2019. Some Physical and Mechanical Properties of Impregnated Chestnut Wood with Natural and Chemical Agent Exposed to Outdoor Conditions. Journal of Journal of Polytechnic, 22(2) :399-406. doi:10.2339/politeknik.404006.
- Wentorf , R.H. Jr., 1957. Cubic Form of Boron Nitride, J. Chem. Phys 26: 956
- Williams, R.S., Knanbe, M.T. ve Feist, W.C., 1996. Finishes for exterior wood selection application and maintenance. Forest Products Society, USDA Forest Service. 127.

## ÖZGEÇMİŞ

Mehmet IRKILATA, 10 Mayıs 1986'da Elazığ'da doğdu. 2014 yılda vatani görevini kısa dönem er olarak tamamladı. Evli iki kız çocuğu babası olup, İlk ve Orta Öğretimini Baskil Yatılı Bölge Okulunda tamamladı. Lise eğitimini ise Akçadağ Çok Programlı Lisesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümünde tamamladı. 2010 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği Bölümünden mezun oldu. 2010-2014 yıllarında Elazığ Milli Eğitim Müdürlüğünde Ücretli Öğretmen olarak çalıştı. 2015'ten itibaren Elazığ Altungök Büro Mobilyada Proje Tasarımı ve Arge kısmında çalışmakta. 2019-2020 Eğitim Öğretim yılında Elazığ Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu İç Mekan Tasarımı Bölümünde Uzman Öğretici olarak çalışmakta. Eylül 2016'da Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ormancılık ve Çevre Bilimleri Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.