

**T. C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**EKOLOJİK RESTORASYONDA YENİ EMPRENYE MADDELERİ VE
KULLANIM ÖLÇEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif ALKAN

Danışman

**Prof. Dr. Hüseyin PEKER
Doç. Dr. Abdi ATILGAN**

ARTVİN-2025

**T. C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**EKOLOJİK RESTORASYONDA YENİ EMPRENYE MADDELERİ VE
KULLANIM ÖLÇEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif ALKAN

Danışman

**Prof. Dr. Hüseyin PEKER
Doç. Dr. Abdi ATILGAN**

ARTVİN-2025

TEZ BEYANNEMESİ

Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “*Ekolojik Restorasyonda Yeni Emprenye Maddeleri ve Kullanım Ölçeği*” başlıklı bu araştırmayı en baştan sonuna kadar danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin PEKER’in gözetiminde bitirdiğimi, bitki örneklerini kendim elde ettiğimi, çalışma içerisinde bulunan deneyleri/analizleri ilgili laboratuvar ortamlarında yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

- ☒ Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezim sadece Artvin Çoruh Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ☐ Tezimin ... ay süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

...../...../2025

Elif ALKAN

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

EKOLOJİK RESTORASYONDA YENİ EMPRENYE MADDELERİ VE
KULLANIM ÖLÇEĞİ

Elif ALKAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12/08/2025

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 21/08/2025

Başkan : Prof. Dr. Şule CEYLAN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Hüseyin TAN

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hüseyin PEKER

ONAY:

Bu Yüksek Lisans tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 21/08/2025 tarihinde **oybirliği** ile uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../2025 tarih.ve..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../2025

Prof. Dr. Mustafa Çağatay KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Organik koruyucu olarak kabul edilen midye kabuğu ekstraktının Maun (*Swietenia mahagoni*) ve Larex (*Larix decidua*) odunlarına emprenyesi ve bazı teknolojik özelliklerini belirleyip ahşap endüstrisine katkı sağlaması hedeflenen tez çalışması, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırmada tüm bilgi ve birikimlerini ortaya koyan ve bizzat laboratuvar çalışmalarında her türlü yardım ve desteğini sergileyen danışmanlarım sayın Prof. Dr. Hüseyin PEKER'e, Doç. Dr. Abdi ATILGAN'a ve Doç. Dr. Hüseyin TAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Çözelti hazırlığı/bilimsel katkılarından dolayı Prof. Dr. Hasan BALTAŞ ve Doç. Dr. Murat ŞİRİN'e şükranlarımı arz ederim.

Hayatımın her safhasında şahsımı her ortamda destekleyip yalnız bırakmayan aileme, sevdiklerime şükranlarımı, segilerimi arz ederim. Araştırmanın tüm bilim camısına katkılar sağlayacağı inancıyla hayırlara vesile olmasını niyaz ederim.

Elif ALKAN

Artvin-2025

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ BEYANNEMESİ	I
JÜRİ KABUL TUTANAĞI	II
ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	VI
SUMMARY.....	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
KISALTMALAR DİZİNİ.....	X
1 KURAMSAL ve KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	1
1.1 Araştırmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.1.1 Ekolojik Restorasyonun Tanımı ve Ahşabın Önemi	4
1.1.2 Çalışmada Kullanılan Materyalin Nitelikleri	6
2 KONUYLA İLGİLİ LİTERATÜRÜN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	9
3 MAZEMELER ve YÖNTEM	15
3.1 Kullanılan Malzemeler	15
3.1.1 Çalışmada Kullanılan Ağaç Türleri	15
3.1.2 Kullanılan Kimyasallar	15
3.2 Yöntem.....	15
3.2.1 Deneysel Örneklerin Hazırlanması	15
3.2.2 Emprenye Çözelti Hazırlığı	16
3.2.3 Emprenye Yöntemi	16
3.2.4 Fiziksel Niteliklerin Tayini	18
3.2.5 Mekanik Özelliklerin Tespiti	20
3.2.6 Verilerin Değerlendirilmesi.....	23
4 ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	24
4.1.1 Fiziksel Niteliklerin Tayini	24
4.1.2 Mekanik Niteliklerin Tespiti	32
5 SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR.....	42

ÖZGEÇMİŞ.....	45
----------------------	-----------



ÖZET

EKOLOJİK RESTORASYONDA YENİ EMPRENYE MADDELERİ VE KULLANIM ÖLÇEĞİ

Ekolojik ortam yüzyıllar boyu insan hayatının idamesinde çok çeşitli katkılar sağlamıştır. Midye kabuğu ekstraktının (*Chamelea gallina*) maun (*Swietenia mahagoni*) ve larex (*Larix decidua*) odunlarının fiziksel, mekanik ve termal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. %2, %4 ve %6 konsantrasyonlarda hazırlanan çözeltiler, daldırma yöntemiyle 30 dakika, 6 saat ve 24 saat sürelerle uygulanmıştır. Emprenye sonrası numunelerde yoğunluk, retensiyon, basınç ve eğilme dayanımı ile elastikiyet modülü ölçülmüş, ayrıca termal özellikler termogravimetrik analiz (TGA) ile değerlendirilmiştir.

Deneyisel bulgulara göre, larex odunu midye kabuğu ekstraktını istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek absorpsiyon kapasitesi göstermiş ve hem fiziksel hem de mekanik özelliklerde maun odununa kıyasla daha etkin sonuçlar vermiştir. Özellikle %4 ve %6 konsantrasyonlardaki uygulamalar, larex odununda yüksek retensiyon (maks. 35,44 kg/m³), yoğunluk artışı (tam kuru yoğunluk 0,75 g/cm³) ve mekanik dayanım iyileşmesi sağlamıştır. Buna karşılık, maun odununda uzun süreli ve yüksek konsantrasyonlu uygulamaların elastikiyet modülü gibi bazı mekanik özellikleri olumsuz etkilediği saptanmıştır. TGA sonuçları, maun odununun 320 °C üzerinde, larex odununun ise 298 °C civarında bozunmaya başladığını göstermiştir. Midye kabuğu katkısı, başlangıç bozunma sıcaklıklarını artırmış ve 550 °C’de kalan inorganik miktarı yükselterek CaCO₃ katkısının kömürleşmeyi desteklediğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, midye kabuğu ekstraktının biyolojik temelli ve çevre dostu bir emprenye maddesi olarak özellikle larex gibi yapısal uygulamalarda etkin bir alternatif oluşturduğu tespit edilmiştir. Organik bir materyal olan midye kabuğu, geleneksel kimyasal emprenye maddelerine bir alternatif olarak tarihi ahşap yapıların iç ve dış yapısal bileşenlerinde kullanılabilirliği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Emprenye, Daldırma, Midye kabuğu, Maun, Larex, Odun teknolojisi

SUMMARY

NEW IMPREGNATION MATERIALS AND USAGE SCALE IN ECOLOGICAL RESTORATION

The ecological environment has made various contributions to the maintenance of human life for centuries. Mussel shell extract (*Chamelea gallina*) as a natural impregnation agent on the physical, mechanical, and thermal properties of mahogany (*Swietenia mahagoni*) and larch (*Larix decidua*) woods. Solutions at 2%, 4%, and 6% concentrations were applied by immersion for 30 minutes, 6 hours, and 24 hours. After impregnation, density, retention, compression strength, bending strength, and modulus of elasticity were measured, while thermal behavior was examined through thermogravimetric analysis (TGA).

Results indicated that larch exhibited a significantly higher absorption capacity than mahogany, yielding more pronounced improvements in physical and mechanical properties. Treatments at 4% and 6% concentrations produced the best outcomes in larch, with maximum retention of 35,44 kg/m³, an oven-dry density of 0.75 g/cm³, and enhanced strength properties. In contrast, mahogany showed adverse effects on certain mechanical characteristics, particularly modulus of elasticity, under long-term and high-concentration treatments. TGA analyses revealed that mahogany started to degrade above 320 °C, whereas larch began around 298 °C. Mussel shell extract raised the onset degradation temperatures and increased the residual inorganic content at 550 °C, demonstrating the contribution of CaCO₃ to char formation. Overall, the findings highlight mussel shell extract as a bio-based, eco-friendly impregnation material, offering effective protection especially for larch in structural applications. As an organic and sustainable alternative, it shows potential for replacing conventional chemical preservatives and may be applied in both interior and exterior components of historical wooden structures.

Keywords: Impregnation, Dipping, Mussel shell, Mahogany, Larch, Wood technology

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Fiziksel özelliklerin tayininde kullanılan örnek ebatları ve uygulanan standartlar.....	18
Tablo 2. Mekanik niteliklerin tayininde kullanılan ebatlar ve uygulanan standartlar	20
Tablo 3. Yoğunluk (hava kuru) değerleri (g/cm^3).....	25
Tablo 4. Ortalama tam kuru yoğunluk değerleri (g/cm^3)	27
Tablo 5. Retensiyon miktarları	29
Tablo 6. TGA sonuçları	31
Tablo 7. Eğilme direnci değerleri (N/mm^2).....	33
Tablo 8. Elastikiyet modülünün değerleri (MPa).....	35
Tablo 9. Lif yönüne paralel basınç dayanımı değerleri (N/mm^2).....	37

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Emprenye uygulamasından sonraki örneklerin görüntüsü.....	17
Şekil 2. Mekanik ve fiziksel testlerde kullanılan üniversal test cihazı	17
Şekil 3. Yoğunluk (hava kurusu) tayini için hazırlanan numuneler	18
Şekil 4. Yoğunluk (tam kuru) tayini için hazırlanan numuneler	19
Şekil 5. Eğilme direnci tayini için hazırlanan numuneler	21
Şekil 6. Elastikiyet modülü testinde kullanılan deney örnekleri.....	22
Şekil 7. Lif yönüne paralel basınç dayanımı için hazırlanan deney numuneleri	23
Şekil 8. Hava kurusu ortalama yoğunluk değerleri	26
Şekil 9. Yoğunluk (tam kuru) değerleri	28
Şekil 10. Retensiyon miktarları	30
Şekil 11. Eğilme dayanımı	34
Şekil 12. Elastikiyet modülü miktarı	36
Şekil 13. Lif yönüne paralel basınç dayanımı	38

KISALTMALAR DİZİNİ

dk	Dakika
EN	Avrupa Standardı (European Standards)
MOE	Elastiklik Modülü
TGA	Termogravimetrik analiz
TS	Teknik Spesifikasyon (Technical Specification)
%	Yüzde



1 KURAMSAL ve KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1 Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Tarih boyunca insanoğlu çeşitli amaçlarla değerlendirilen ağaç malzeme, temel ve vazgeçilmez hammadde arasında yer almaktadır. Teknolojik gelişmelerin hızla ilerlemesi, ahşap malzemenin kullanım alanlarının çeşitlenmesine ve farklı sektörlerde tercih edilmesine zemin hazırlamıştır. Bu durum, ahşabın geleneksel kullanımının ötesine geçerek daha geniş bir yelpazede değerlendirilmesine olanak tanımış; dolayısıyla tüketim miktarında da belirgin bir artış meydana gelmiştir. Ancak bu artış, ağaç malzemenin günümüzde tükenmekte olan doğal kaynaklar arasına da sayılmasına neden olmaktadır (Kartal ve Unamura, 2004). Bununla birlikte, ahşap malzemenin doğru yöntemlerle kullanılması ve etkin biçimde korunması durumunda, orman kaynakları çoğalan hammadde talebini karşılayabilecek potansiyele sahiptir.

Uygun şekilde emprenye edilmiş ağaç malzemenin hizmet ömrü, işlem görmemiş malzemeye kıyasla yedi ve sekiz kat daha uzun olabilmektedir. Buna karşılık natürel haliyle bırakılan ve herhangi bir koruma uygulanmayan ahşap, çoğu zaman beş yıldan daha kısa sürede bozulmaya (Özçifçi ve Batan, 2009).

Günümüzde sürdürülebilir kalkınma anlayışının yaygınlaşması, insanlığın ekolojinin önemini daha iyi kavramasını sağlamıştır. Ancak bu süreçte, iyi niyetli olsa da hatalı çevresel müdahaleler ortaya çıkmıştır. Geçmişteki bilinçsiz uygulamalar ile günümüzdeki yanlış yaklaşımlar, birçok türü tehdit ederek ekolojik restorasyon döngüsünü bozmakta ve türlerin yok oluş hızını artırmaktadır. Ekolojik restorasyon, bozulmuş alanlarda ekosistemi iyileştirmeyi hedefleyen bir süreçtir. Bu süreçte temel amaç; mevcut türlerin korunması, biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi ve ekosistemin eski işlevsel durumuna kavuşturulmasıdır. Doğayla kurulan her etkileşimde, doğal yapının korunması ve tüm canlılara uygun yaşam alanlarının sağlanması öncelikli olmalıdır (Gökkür ve Şahin, 2015).

Ağaç malzeme, higroskopik yapısı nedeniyle bulunulan mekânın bağıl nemi ve sıcaklığına uyum sağlamak amacıyla çevresindeki havayla nem alışverişinde bulunur.

Bu nem alışverişi, lif doygunluk noktasının altında gerçekleştiğinde ahşapta boyutsal ve hacimsel değişimler meydana gelir. Bu durum ise ahşabın biyotik (mantar, böcek vb. canlılar), abiyotik etkilere daha hassas hale gelmesine yol açar. Bu nedenle, ahşabın dış etkenlere karşı korunmasında en yaygın yöntem emprenye yöntemidir. Emprenye; ahşap malzemeye kullanım amacına uygun olarak yangın, çürüme ve boyutsal değişiklikler gibi dış etkenlere karşı dayanıklılık kazandırmak için koruyucu kimyasalların emdirilmesi süreci olarak tanımlanmaktadır. Bu işlemin başarısı, sadece kullanılan kimyasal maddenin yapısına bağlı kalmayıp, aynı zamanda emprenye maddesinin odun içerisindeki dağılım derinliği ile retensiyon miktarı vb. faktörlerde bağlıdır (Alkan, 2016).

Ahşabın tüm kısımlarının dayanımının korunması ve kullanım ömrünün uzatılması açısından emprenye uygulamaları ile tercih edilen yöntemler büyük önem taşımaktadır. İlgili standartlara uygun biçimde yürütülen emprenye süreçleri, ahşap malzemenin biyolojik ve çevresel etkenlere karşı direncini artırarak hizmet ömrünü belirgin biçimde uzatmaktadır. Özelliği itibarıyla tarihi nitelikteki ahşap yapılarda zamanla ortaya çıkan biyotik ve abiyotik kökenli bozulmalar, uygun emprenye tekniklerinin kullanılması ve yerinde yapılan koruma müdahaleleri sayesinde etkin şekilde giderilebilmekte; böylece hem yapısal bütünlük hem de kültürel mirasın sürdürülebilirliği güvence altına alınmaktadır (Kartal, 2016).

Tarihi ahşap yapıların bakımı ve korunması için dört temel yaklaşım geliştirilmiştir: renovasyon, restorasyon, emprenye ve koruma ve rekonstrüksiyon (Lebow & Anthony, 2012). Bir yapının korunması gerekliliği, çoğu zaman onun taşıdığı “özgünlük” değeriyle ilişkilendirilir. Bu özgünlük, yapının taşıdığı bilgi kaynaklarının varlığına bağlıdır. Söz konusu bilgi kaynakları; yapı tasarımı, biçimi, kullanılan malzeme, işlev, geleneksel uygulamalar, teknikler, bulunduğu yer ve konum, manevi değeri, anlatım gücü ve tarihsel süreç içindeki gelişimini kapsar. Tüm bu öğelerin oluşturduğu bütünsel yapı, kültürel mirasın çok katmanlı bir şekilde tanımlanmasına olanak tanır (Bayraktar ve Kesik, 2022).

Bu araştırmanın başlıca amacı, çevreye duyarlı ve sürdürülebilir emprenye maddelerinin geliştirilmesini ve bu maddelerin çeşitli odun türleri üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Özellikle doğal dayanıklılığı yüksek olan larex (*Larix decidua*

Mill.) ve maun (*Swietenia spp.*) türleri üzerinde uygulanacak olan emprenye işlemlerinde, biyolojik olarak geri dönüştürülebilir bir atık materyal olan midye kabuğunun katkı maddesi olarak kullanımı araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, bu emprenye maddelerinin ahşabın fiziksel (retensiyon, tam kuru ve hava kurusu yoğunluk) ve mekanik (elastikiyet modülü, eğilme ve basınç direnci) niteliklerine etkisi testlerle ortaya konulmuştur.

Ahşap materyaller, ekolojik restorasyon ve sürdürülebilir yapı projelerinde estetik, çevresel ve yapısal avantajları nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak dış etkenlere karşı dayanıksız yapıları nedeniyle korunmaları gerekir. Geleneksel emprenye maddeleri çoğunlukla toksik içerikli olup çevre ve canlı yaşamı üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. Bu nedenle çevreyle uyumlu, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen alternatiflerin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Midye kabuğu gibi atık biyomateryallerin yeniden değerlendirilmesi, yalnızca çevresel fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirliği de destekler. Bu çalışmayla, biyolojik temelli emprenye maddelerinin ekolojik restorasyon uygulamalarındaki potansiyel katkıları araştırılmıştır.

Mevcut emprenye maddelerinin çevresel zararları ve kullanım sınırlamaları, daha sürdürülebilir çözümlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu nedenle, ahşap malzemelerin korunmasında kullanılabilecek yeni emprenye bileşenlerinin hem koruyucu etkileri hem de malzeme özelliklerine olan katkıları araştırılmalıdır. Bu çalışma, alternatif bir emprenye maddesi olarak midye kabuğunun farklı ağaç türleri üzerindeki etkisini deneysel verilerle değerlendirmektedir.

Araştırmada şu temel sorulara yanıt aranmıştır: Midye kabuğu katkılı emprenye çözeltisi larex ve maun odunlarının mekanik ve fiziksel niteliklerini nasıl etkiler? Çevre duyarlı emprenye maddeleri, klasik yöntemlerle kıyaslandığında etkinliği ne kadar yükseltir? Ahşap türü, uygulanan emprenye maddesinin etkinliğini hangi düzeyde etkiler?

Araştırmada sadece larex ve maun türleriyle sınırlıdır ve emprenye maddesi olarak yalnızca laboratuvar ortamında hazırlanmış midye kabuğu katkılı çözelti kullanılmıştır. Deneyler sabit çevresel koşullarda gerçekleştirilmiştir.

1.1.1 Ekolojik Restorasyonun Tanımı ve Ahşabın Önemi

Ekolojik restorasyon, bozulmuş ya da yok olmuş doğal alanların onarılması sürecidir. İnsan faaliyetleri; yerel bitki ve hayvan popülasyonlarının değiştirilmesi, istilacı türlerin yayılması, doğal habitatların tarım veya madencilik gibi kullanımlara dönüştürülmesi, su kirliliği ve toprak bozulması gibi etkilerle ekosistemlere zarar vermektedir. Restorasyon çalışmaları, bu zararları gidererek ekosistemleri önceki doğal durumuna ya da insan etkisinin en az olduğu hâle yakın bir yapıya kavuşturmayı hedefler. Bu yaklaşım, ekosistemlerde mevcut kayıpların önlenmesine odaklanan koruma çalışmalarından farklıdır (Veblen vd., 2023).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan tanıma göre ekolojik restorasyon, bozulmuş veya yok olmuş ekosistemlerin iyileşmesine yardımcı olma sürecidir. Ancak kavram, yalnızca ekosistem iyileştirmesini değil, aynı zamanda bu çabanın arkasındaki nedenleri ve toplumsal değerleri de kapsar. Restorasyona iki açıdan yaklaşmak mümkündür: Ekosistemin yapısını, işlevini ve süreçlerini onarma; ortak değerler ve inançlar doğrultusunda ekosistemi yeniden kazandırma (Martin, 2017).

Ormanlar; insanlığa yenilenebilir, geri dönüştürülebilir, biyolojik olarak parçalanabilir, dayanıklı, estetik açıdan değerli ve genetik çeşitlilik barındıran önemli bir hammadde sunar: odun. Ancak günümüzde, özellikle kentleşmenin yoğun olduğu toplumlarda, odun tüm bu çevreci özelliklerine rağmen çoğu zaman düşük teknoloji ve çağın gerisinde kalmış bir malzeme olarak algılanmaktadır. Koruma işlemlerinden geçmiş odun ürünleri de tüketiciler tarafından genellikle olumsuz değerlendirilir. Bu nedenle, çevresel açıdan sürdürülebilirliği yüksek olmasına karşın, odun yerine sıklıkla yenilenemeyen kaynaklardan üretilen ve yüksek enerji gerektiren yapı malzemeleri tercih edilmektedir. Oysa, kentlerde yaygın olarak kullanılan beton bloklar, çelik profiller ve plastik bazlı ahşap görünümlü ürünler, koruma işlemi uygulanmış odunun sahip olduğu çevre dostu bir yaklaşım sunmamaktadır (Mc Connell ve Irby, 2011).

Koruyucu işlem uygulanmış odun kullanımı, orman kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından stratejik öneme sahiptir. Bu tür işlemler, odunun kullanım ömrünü

belirgin ölçüde uzatarak kaynak tüketimini azaltmakta ve orman ürünlerinin planlı, dengeli ve verimli şekilde kullanımını mümkün kılmaktadır. Ayrıca, çevresel faktörlerden kaynaklanan yaygın zararların su havzaları ve komşu ekosistemler üzerindeki olumsuz etkileri de minimize edilmektedir. Koruma işlemleri, yalnızca materyalin dayanıklılığını artırmakla kalmayıp aynı zamanda habitat çeşitliliğini desteklemektedir. Günümüzde koruyucu işlem görmüş odun ürünlerinin büyük bölümü konutlarda kullanılmakta ve işlemler, ulusal ve uluslararası standartlara uygun şekilde yürütülmektedir. Amerikan Ahşap Koruma Derneği denetimi ve EPA kriterlerinin ötesindeki uygulamalar, yeni araştırmalarla çevre dostu ve insan sağlığına güvenli formülasyonlara yönlendirilmiş; geliştirilen birçok koruyucu madde ise gıda katkıları ve kişisel bakım ürünleri kadar güvenli hâle gelmiştir (Mc Connell ve Irby, 2011).

Ahşap, hafif yapısı, yüksek dayanıklılık-ağırlık oranı ve ısı yalıtımındaki üstün performansı sayesinde yüzyıllardır inşaatta önemli bir malzeme olarak kullanılmaktadır. Yenilenebilir tek yapı malzemesi olması, küresel ölçekte ekonomik değer taşıması ve karbon depolama kapasitesiyle iklim değişikliğiyle mücadeleye katkı sağlaması öne çıkan özelliklerindendir. Ahşap, yapısal işlevinin yanı sıra iç mekânlarda kullanıcı konforunu ve psikolojik iyiliği artırırken, tarihi yapılarda da kültürel mirasın korunmasına hizmet eder (Fritz ve Garay, 2025) .

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından ahşap, hizmet ömrü tamamlandığında enerji üretiminde değerlendirilebildiği için sıfır atık yaklaşımına uygundur. Ayrıca, yerel orman kaynaklarının etkin kullanımıyla bölgesel ekonomiye katkı sağlar. Modern inşaat teknikleri ve uygun koruma yöntemleri sayesinde, ahşabın uzun vadeli dayanıklılığı artırılabilir; böylece hem doğal kaynak tüketimi hem de çevresel etkiler azaltılabilir (Fritz ve Garay, 2025).

Ekolojik restorasyon, doğal ekosistemleri iyileştirerek biyolojik çeşitliliği korumayı amaçlarken; ahşap emprenye, bu ekosistemlerden elde edilen kaynakların ömrünü uzatarak sürdürülebilir kullanımı destekler. Her ikisi de doğal sermayenin korunması ve iklim hedeflerine ulaşılması için birbirini tamamlamaktadır.

1.1.2 Çalışmada Kullanılan Materyalin Nitelikleri

1.1.2.1 Maun (*Swietenia mahagoni*) Özellikleri

Maun (*Swietenia mahagoni*) ağacı, doğal olarak Hindistan, Afrika ve Orta Amerika bölgelerinde yetişmektedir. Türkiye’de ise özellikle Anamur ormanları içinde varlığına rastlanmıştır. Bu ağaç türü, kolay işlenebilirliği, homojen ve gözeneksiz yapısı ile düzgün yüzeyli kereste elde edilmesine olanak tanınması nedeniyle tercih edilmektedir. Yüksek özgül ağırlığa ve iyi mekanik dayanım özelliklerine sahip olması, onu özellikle mobilya endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılan bir tür haline getirmiştir (Yıldırım, 2020).

Maun ağacının türü ve yetiştiği bölgeye bağlı olarak farklı alt türleri mevcuttur. Kesim işleminden sonra ahşap renginde zamanla koyulaşma gözlenir. Vernikleme ve boyama işlemlerine oldukça elverişlidir; bu işlemler sonrasında yüzeyde kırmızımsı-kahverengi tonlarda estetik ve parlak bir görünüm elde edilir. Fiziksel dayanıklılığı sayesinde biyotik (mantarlara, böceklerle) ve abiyotik (iklim, nem, güneş gibi çevresel) etkenlere karşı oldukça dirençlidir ve bu özelliği, uzun ömürlü kullanımını mümkün kılar (Yıldırım, 2020).

Maun ağacı geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Mobilya sektöründe özellikle lüks ve klasik mobilya üretiminde tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra iç mekân dekorasyonunda kaplama, döşeme ve aksesuar yapımında da sıkça kullanılır. Ahşabın işlenebilirliğinin yüksek olması, oyma ve tesbih gibi el işçiliği gerektiren ürünlerde de değerlendirilmesini sağlar. Ayrıca yat ve gemi yapımında, gitar gövdesi başta olmak üzere birçok müzik aletinin üretiminde, çivi, tutkal ve vida tutma kapasitesinin yüksek olması nedeniyle kaplama sanayinde de önemli bir yer edinmiştir (Yıldırım, 2020).

1.1.2.2 Larex (*Larix decidua*) Özellikleri

Kuzey yarımkürenin ılıman kuşaklarında doğal olarak yetişen melezçam türleri, boyları 30 metreye kadar ulaşabilen, iğne yapraklı ve sarkık dallı ağaçlardır. Bu türler arasında yer alan Avrupa melezçamı (*Larix decidua*) ve Amerika melezçamı (*Larix laricina*), kırmızımsı, sert ve reçinece zengin odun yapıları nedeniyle yaygın olarak

yetiştirilmektedir. Uzun sürgünlerinde yapraklar spiral şekilde tek tek dizilirken, kısa sürgünlerde ise 30–50 adetlik demetler halinde bulunur (URL 1, 2025).

Larex ağacı, Diri odun, yaklaşık 1–3 cm kalınlığında olup sarımsı bir renkte görülürken; öz odun ise kırmızıya dönük kahverengi tonlarda olup, zamanla rengi koyulaşarak estetik bir görünüm kazanmaktadır. Tekstürü ince, lif yapısı düzgün ve budaklıdır; ancak budaklar zamanla gevşeyerek mantar etkilerine karşı orta derecede direnç gösterir, böcek saldırılarına ise hassastır. Diri odunu orta, öz odunu ise zor emprenye edilebilir niteliktedir (Kara, 2015).

Mikroskobik olarak larex türleri, kuzey yarımkürede geniş yayılışa sahiptir. Avrupa Melezi (*Larix decidua*) ve Japon Melezi (*Larix leptolepis*) gibi taksonları hem endüstriyel hem de süs bitkisi olarak değerlidir. Sonbaharda yapraklarını dökerler, kabukları tanen içerdiğinden dericilikte de kullanılır (Kara, 2015).

Fiziksel ve mekanik özellikleri açısından larex, 0.56 g/cm³ yoğunluğa, 55 N/mm² eğilme direncine ve 10528 N/mm² elastikiyet modülüne sahiptir. İşlenmesi ve vidalanması kolay, bükülmeye uygun, ıslak koşullarda orta, kuru koşullarda ise uzun ömürlüdür (Kara, 2015).

Kullanım alanları oldukça geniştir. Yüksek sertlik ve esnekliği sayesinde dış cephe, lambri, mobilya, yonga levha, kapı-pencere doğraması, döşeme, gemi yapımı, su yapıları, tel ve çit direkleri gibi birçok alanda tercih edilmektedir. Kurutulduğunda su ve nemli ortamlarda 100 yıla kadar dayanabilir. Günümüzde özellikle kafe, restoran ve havuz kenarlarında estetik ve dayanıklılığıyla öne çıkmakta; kolay boyanabilir olması nedeniyle şık dekoratif çözümler sunmaktadır (Kara, 2015).

1.1.2.3 Beyaz Kum Midyesi (*Chamelea Gallina*) Hakkında Genel Bilgiler

Beyaz kum midyesi (*Chamelea gallina*), veneridae familyasına mensup, çift kabuklu (bivalvia) bir deniz canlısıdır. İnfaalitoral ve sirkalitoral bölgelerin kumlu veya çamurlu zeminlerinde, deniz tabanının içinde yaşar. Suyu filtre ederek beslenen bir infaunal bentik organizmadır. Geniş bir coğrafi yayılım gösteren bu tür, Akdeniz’de (özellikle Adriyatik), Atlantik Okyanusu kıyılarında ve Karadeniz’in büyük kısmında

bulunur. Türkiye kıyılarında özellikle Karadeniz ve Marmara Denizi'nde yoğun popülasyonlar oluşturur (R. Ç. Öztürk, 2018).

Beyaz kum midyesi ortalama 6–8 yıl yaşayabilmekte, bazı bireyler 12 yıla kadar ömür sürebilmektedir. Maksimum 50 mm boya ulaşabilen bu tür, ticari olarak en çok rağbet gören 25–35 mm boya ortalama 2 yıl içinde ulaşır. Büyüme hızı çevresel faktörlere oldukça bağlıdır. Özellikle su sıcaklığı, fitoplankton yoğunluğu, popülasyon yoğunluğu ve avcılık baskısı büyüme üzerinde etkili olmaktadır. 10°C'nin altında büyüme durur, 28°C'nin üzerinde ise solunum yükü arttığı için büyüme yavaşlar (R. Ç. Öztürk, 2018).

Beyaz kum midyesinin kabukları üçgenimsi-oval yapıdadır ve CaCO₃ (kalsiyum karbonat) içerir. Kabuklar grimsi veya açık kahverengi olup, üzerinde spiral çizgiler ve ışınal bantlar bulunur. İç yüzeyde beyazdan mora değişen renkler görülebilir. Kabuk kenarları ince ve keskin olup, menteşe bölgesinde üç kardinal diş bulunur. Bu yapı veneridae familyasının karakteristik bir özelliğidir. Kabuk boyutu ve şekli, sediment tipi, pH, sıcaklık gibi çevresel faktörlere göre farklılık göstermektedir (R. Ç. Öztürk, 2018).

Midyenin kabukları öğütülüp su bazlı çözeltiler haline getirilerek emprenye maddesi olarak kullanılabilir. Kabuklarının yüksek oranda kalsiyum karbonat içermesi ve yüzey mikro yapısının dayanıklı olması ile, ahşap yüzeylerde biyolojik bozunmaya ve yangına karşı direnç sağlamayı artırabilir. Yapılan çalışmalarda bor bileşikleri (boraks gibi) ile birlikte kullanıldığında alev geciktirici etkisi artığı gözlemlenmiştir. Bu yönüyle beyaz kum midyesi kabukları, sürdürülebilir doğal emprenye malzemesi olarak değerlendirilebilir.

2 KONUYLA İLGİLİ LİTERATÜRÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

Atılğan ve Peker, (2012) gerçekleştirdikleri çalışmada, sarıçam ve doğu kayını odunları, farklı miktarlarda amonyum tetra flu borat (%1- %3) ve çimento+ boraks (%6-%9) karışımlarıyla emprenye edilerek yanma özellikleri ve yoğunlukları incelenmiştir. En yüksek tutunma değeri kayın örneklerinde 42,43 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Maksimum yanma sıcaklığı 587°C'ye ulaşırken, en uzun yanma süresi ise 29,03 dakika ile amonyum tetrafluborat uygulanmış sarıçam örneklerinde tespit edilmiştir. Öte yandan, en fazla kütle kaybı %94 oranıyla kontrol grubu sarıçam örneklerinde gözlemlenmiştir.

Atılğan vd., (2013) gerçekleştirdikleri çalışmada, çay bitkisi ekstraktıyla emprenye işlemi yapılan çeşitli ağaç türlerinde tutunma ve retensiyon miktarları oranları değerlendirilmiştir. Çalışmada karaçam, doğu kayını, sarıçam, iroko kara kavak ve Avrupa melezi türleri kullanılmıştır. Elde edilen verilere göre, doğu kayını odununda maksimum retensiyon oranı ve toplam tutunma miktarı gözlemlenirken; iroko odununda bu değerlerin en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Araştırma bulguları, çay bitkisi özütünün odun malzemedeki çevre yanlısı ve tabii bir emprenye maddesi olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Kara, (2015) gerçekleştirdiği çalışmada, Larex (*Larix decidua*) odunu, yerli bir kaynak olan pirit maddesi ve borlu bileşiklerle (%1, %3, %5) ASTM D1413-76 standardına göre emprenye edilerek dış mekân mobilyalarında kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Fiziksel, mekanik ve odun-su ilişkileri değerlendirilmiştir. En yüksek özgül ağırlık değerleri %3 pirit + borik asit uygulamasında elde edilirken; eğilme, basınç ve yapışma dirençleri en çok %1 borik asit ile işlem gören örneklerde gözlemlenmiştir. Odun-su ilişkilerinde en düşük daralma ve genişleme değerleri 6 saatlik sürede %1 boraks uygulamasında tespit edilmiştir. Sonuçlar, pirit ve borlu bileşiklerin ahşap performansını artırabileceğini ortaya koymaktadır.

Alkan, (2016) gerçekleştirdiği çalışmada, ülkemizde yaygın olarak bulunan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunu, borlu bileşikler (borik asit, boraks, boraks+borik asit) ile doğal tanen içeriği yüksek emprenye maddeleri (tara ve kebrako) kullanılarak, %1, %3

ve %5'lik çözelti konsantrasyonlarında ASTM D1413-76 standardına göre emprenye edilmiştir. Tam kuru özgül ağırlığın en yüksek olduğu değer %5 tara çözeltisinde kaydedilmiştir. Kebrako ile emprenye edilen numuneler, eğilme direnci ve vida tutma performansı bakımından en yüksek sonuçları vermiştir. Bunun yanında, %3 oranında uygulanan borik asit ve boraks karışımları, elastikiyet modülü ve basınç dayanımında belirgin bir iyileşme sağlamıştır. Elde edilen veriler, doğal emprenye maddelerinin borlu bileşiklerle birlikte kullanılmasının ahşabın fiziksel ve mekanik özelliklerini anlamlı ölçüde geliştirdiğini ortaya koymaktadır.

Ulusoy vd., (2013) gerçekleştirdikleri çalışmada, ladin odunu nanoteknolojik vernik ve borik asit kullanılarak farklı vakum ve difüzyon sürelerinde emprenye edilmiş ve bu işlemlerin teknolojik özellikler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Emprenye sonrası örneklerin retensiyon oranı, elastikiyet modülü ve eğilme direnci tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, maksimum retensiyon değeri %8,35 ile 40 dk vakum ve 60 dk difüzyon zaman diliminde elde edilirken, minimum değer %3,10 ile 20 dk vakum ve 60 dk difüzyon zaman diliminde saptanmıştır. Mekanik özellikler açısından, maksimum eğilme direnci 89,68 N/mm² ile 20 dk vakum ve 60 dk difüzyon süresinde ölçülmüş; en yüksek elastikiyet modülü ise 10.300 N/mm² değeriyle nanoteknolojik vernik uygulamasında belirlenmiştir.

Çakal, (2018) gerçekleştirdiği çalışmada, Doğu ladini (*Picea orientalis* L.), "Firetex" adlı taş suyu kullanılarak emprenye edilmiş ve bu işlem sonrasında bazı mekanik ve fiziksel niteliklerindeki değişiklikler değerlendirilmiştir. Deneyler sonucunda örneklerin basınç dayanımı, retensiyon miktarı, özgül ağırlığı, eğilme direnci ve elastikiyet modülü belirlenmiştir. Maksimum özgül ağırlık değeri, 35 dk vakum ve 30 dk difüzyon süresinde elde edilmiş; ayrıca selülozik vernik uygulanmış numunelerde tüm mekanik özelliklerinin maksimum seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir.

Özdemir, (2018) gerçekleştirdiği araştırmada, doğu kayını (*Fagus orientalis*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*), %1 ve %3 konsantrasyonlarında ışgın bitkisi ekstraktıyla emprenye işlemi uygulanmıştır. Uygulama sonrası odunun retensiyon, özgül ağırlık ve mekanik dayanım özellikleri değerlendirilmiştir. Işgın bitkisi ekstraktı kullanılarak yapılan çalışmada, maksimum tutunma (%0,49), özgül ağırlık (0,63 g/cm³), eğilme direnci (116,33 N/mm²) ve basınç direnci (68,93 N/mm²) değerlerine %3 ekstraktla

işlenmiş kayın odununda ulaşıldı. Sonuçlar, ışgın ekstraktının ahşabın teknolojik özelliklerini olumlu yönde etkileyebileceğini göstermiştir.

Bal vd., (2018) gerçekleştirdikleri çalışmada, maun (*Swietenia mahagoni*), ceviz (*Juglans regia*), ıhlamur (*Tilia grandifolia*) ve kestane (*Castanea sativa*) odunlarının vida tutma kapasiteleri TS EN 13446 standardına esas alınarak değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına bakıldığında, ağaç türü vida tutma performansı üzerinde istatistiksel açıdan önemli etki göstermiştir. Maksimum vida tutma kapasitesi maun odununda (38,36 N/mm²), en düşük ise ıhlamurda (19,53 N/mm²) tespit edilmiştir.

Peker ve Ulusoy, (2018) gerçekleştirdikleri çalışmada, iç ve dış mekân koşullarında bazı ahşap türlerinin boyut stabilitesi incelenmiştir. ASTM D1413-76 standardına göre iroko ve larex odunlarına çeşitli emprenye maddeleri uygulanmıştır. En yüksek özgül ağırlık, larex odununda 24 saatlik Tanalith-E uygulamasında (0,75 g/cm³), en düşük ise iroko odununda 48 saatlik aynı uygulamada (0,57 g/cm³) görülmüştür. Su alma oranı en yüksek iroko odununda Immersol (%69,68- 24 saat), en düşük ise larex odununda Tanalith-E (%22,03- 24 saat) olarak belirlenmiştir. Her iki emprenye maddesi de ahşabın fiziksel özelliklerini olumlu etkilemiştir.

Ulusoy ve Peker, (2020a) gerçekleştirdikleri çalışmada, Ahşap endüstrisinde yangın geciktirici olarak çeşitli emprenye maddeleri kullanılmakta ve bunların çevre dostu olması tercih edilmektedir. Bir çalışmada, Tanalith CBC, borik asit, diamonyum fosfat, amonyum sülfat ve modern taş suyu, ASTM D1413-76 standardına uygun olarak 30 dakika vakum/30 dakika difüzyon yöntemiyle uygulanmıştır. Bu sonuçlar kapsamında, maksimum retensiyon değeri borik asitte (%17,23), eğilme direnci ve elastikiyet modülü ise taş suyu uygulamasında ölçülmüştür. Eğilme direncinde belirgin artış gözlenirken, elastiklik modülünde benzer bir artış tespit edilmemiştir.

Yıldırım, (2020) gerçekleştirdiği çalışmada, yerli ladin (*Picea orientalis*) ve ithal maun odunları, doğal emprenye maddeleri olarak çamır, çayır soğanı özütləri ve boraks kullanılarak %1 ve %3 oranlarında ASTM D1413-76 standardına göre emprenye edilmiştir. Uygulama sonrası fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişimler incelenmiştir. Sonuçlara göre, her iki türde de özgül ağırlık değerleri artmış; maksimum değer ise hava kurusu ve tam kuru özgül ağırlık, %1 boraksla emprenye edilen maun odununda elde edilmiştir. Eğilme ve elastikiyet modülü en yüksek

sırasıyla %3 çam ve %1 çayır soğanı özütüyle işlem gören maun örneklerinde gözlemlenmiştir. Basınç direnci maun odununda artarken, ladinde azalma göstermiştir.

Güray vd., (2020) gerçekleştirdikleri çalışmada, çeşitli sert ağaç türlerinin eğilme direnci üzerine kesit geometrisi (daire ve kare) ile yükleme yönünün (teğet ve radyal) etkileri araştırılmıştır. Akçaağaç, ceviz, dişbudak, huş, ıhlamur, doğu kayını, kestane, kiraz, meşe ve maun türlerinden sağlanan deney örnekleri, kesit alanları birbirine eşit olacak şekilde işlenmiş ve TS 2474 (2005) standardına göre eğilme testine tabi tutulmuştur. Toplamda 400 örnek üzerinde yapılan deneylerde, ceviz odunu en yüksek, maun ise en düşük eğilme direnci değerini göstermiştir.

Ulusoy ve Peker, (2020b) gerçekleştirdikleri çalışmada, antioksidan ve antibakteriyel özellikleri bilinen çiriş otu özütü (%1–3), kayın odununa ASTM D1413-76 standardına göre emprenye edilmiştir. Deneyler sonucunda, %3'lük özütte en yüksek tutma (%0,43) ve dinamik eğilme dayanımı (0.66 N/mm²) tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, emprenye yönteminin ve malzemenin kendine has özelliklerinin eğilme direncini etkilediğini gösteriyor.

Tülüce, (2021) gerçekleştirdiği çalışmada, sarıçam odununun bazı teknolojik özellikleri, çiriş otu (*Asphodelus aestivus* L.) ekstraktıyla emprenye edildikten sonra araştırılmıştır. Bu incelemede, tutunma (retensiyon), özgül ağırlık, basınç ve eğilme direnci ile elastikiyet modülü ve dinamik eğilme dayanımları incelenmiştir. Su bazlı vernikle işlenmiş numunelerde, tüm mekanik özelliklerde önemli bir artış saptandı; maksimum eğilme dayanımı 89.92 N/mm² ve basınç dayanımı ise 46.19 N/mm² olarak belirlenmiştir.

Tan, (2022a) gerçekleştirdiği çalışmada; Deniz midyesi kabukları (*Chamelea gallina*), piroliz sonrası %10 ve %15 çözelti halinde boraksla birlikte veya tek başına emprenye maddesi olarak kullanılmıştır. En yüksek retansiyon değeri %15'lik boraks uygulamasında akasya odununda (%0,89) elde edilirken, en düşük değer %10'luk midye kabuğu çözeltisiyle işlem gören ladin odununda (%0,22) tespit edilmiştir. Sınırlandırıcı oksijen indeksine göre en yüksek değer yine akasya türünde (%42,8), en düşük değer ise %10 midye kabuğu tozu ile işlem görmüş akasya örneğinde (%28,9) bulunmuştur.

Tan, (2022b) gerçekleştirdikleri çalışmada; sarı çam (*Pinus sylvestris* L.) örneklerine %1, %3 ve %5 oranlarında deniz midyesi (*Chamelea gallina*) tozu ile emprenye uygulanarak yangına dayanıklılıkları değerlendirilmiştir. TGA sonuçlarına göre, emprenye edilen örneklerde ağırlık kaybı artarken kalıntı miktarı da yükselmiş, bu da midye kabuğunun yanmayı geciktirici etki sağladığını göstermiştir.

Tan vd., (2022) gerçekleştirdikleri çalışmada, Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*) vedoğu ladini (*Picea orientalis*) örneklerine, doğal bir biyobozunur kaynak olan deniz midyesi kabuğu (*Chamelea gallina*) tozu, farklı konsantrasyonlarda (%1, %5, %10, %15) daldırma yöntemiyle uygulanmıştır. Elde edilen örneklerin ahşap endüstrisindeki kullanım potansiyeli ve özellikle yangına karşı dayanıklılığı, yapışma testi, termogravimetrik analiz (TGA) ve sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) ölçümleri ile değerlendirilmiştir. TGA bulgularına göre, en yüksek kalıntı oranı ladin odununda %5, kestane odununda ise %15 konsantrasyonda elde edilmiştir. Ayrıca midye kabuğu tozu miktarının artmasıyla birlikte her iki türde de LOI değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, midye kabuğu ile yapılan emprenye işleminin ahşabın yangına karşı direncini artırabileceğini göstermektedir.

Bayraktar ve Kesik, (2022) gerçekleştirdikleri çalışmada; Günümüzde restorasyon ekolojisi, ekosistemlerin doğal dengesini korumaya yönelik çevre dostu yaklaşımları ön plana çıkarmaktadır. Bu kapsamda, odun malzemelerde dayanıklılığı artırmak amacıyla sodyum bikarbonat ile yüzey aşındırma ve ardından farklı konsantrasyonlarda emprenye uygulamaları denenmiştir. En yüksek retensiyon oranı %7 çözeltide ve 3 atü basınçta ladin odununda elde edilirken, en düşük oran %9 çözeltide ve 1 atü basınçta meşe odununda gözlenmiştir. Basınç direnci açısından en yüksek değer meşede, en düşük ise ladinde ölçülmüş; odun türü ve aşındırma düzeylerinin istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar yarattığı belirlenmiştir.

Öztürk, (2024) gerçekleştirdiği araştırmada, ahşabın biyolojik ve yanmaya karşı dayanıklılığı üzerinde emprenye işleminin etkileri incelenmiştir. Biyolojik dayanıklılık araştırmalarında, yaygın olarak tabi ahşap türleri, doğal veya suda çözünen emprenye maddeleri ile basınçlı yöntemler tercih edilmiştir. Yanma özelliklerine ilişkin çalışmalarda ise hem doğal hem de kompozit ahşaplar üzerinde farklı türdeki

emprenye maddeleri (doğal, yağlı, suda ve organik çözücüler içeren) kullanılarak hem basınçlı hem de basınçsız uygulama teknikleri değerlendirilmiştir.



3 MAZEMELER ve YÖNTEM

3.1 Kullanılan Malzemeler

3.1.1 Çalışmada Kullanılan Ağaç Türleri

Çalışma kapsamında, ithal ve doğal dayanıklılığı yüksek olan larex (*Larix decidua* Mill.) ve maun (*Swietenia spp.*) odun türleri kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan ahşap malzeme, öncelikle odun örnekleri lata haline getirilmiş, ardından radyal yönde yapılan kesimlerle diri odun parçaları hazırlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında kullanılan deney örnekleri, Artvin’de faaliyet gösteren kereste İşletmelerinden sağlanmış, boyutlandırma işlemleri ise Artvin Çoruh Üniversitesi mobilya atölyesinde TS ISO 3129 standartları esas alınarak yapılmıştır.

3.1.2 Kullanılan Kimyasallar

Bu çalışmada emprenye amacıyla doğal kökenli bir materyal olan midye kabuklarından üretilen çözeltiler tercih edilmiş, çözeltiler %2, %4 ve %6 derişimlerde hazırlanmıştır.

Deneyisel uygulamalarda kullanılacak bu çözeltiler, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi kimya laboratuvarlarında hazırlanmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Deneyisel Örneklerin Hazırlanması

Bu araştırmada; emprenye işlemlerinde kullanılacak maun ve larex odunları, çatlak içermeyen, budaksız, düzgün lifli ve herhangi bir büyüme kusuru ya da tül teşekkülü bulunmayan; yoğunluk ve renk açısından homojen, reaksiyon odunu içermeyen, böcek ve mantar zararlarından etkilenmemiş diri odun bölümlerinden, TS ISO 3129 standardına uygun olarak hazırlanmıştır. Mekanik testler için hazırlanan numuneler, ilgili standartlara uygun biçimde alınmış olup, deneyler Universal Test Cihazı kullanımıyla gerçekleştirilmiştir. Liflere dik yöndeki eğilme direnciyle eğilmede

elastiklik modülü ölçümleri, TS ISO 13061-3 standardına uygun olarak hazırlanmıştır. TS ISO 13061-6 standardına uygun olarak, lif yönüne paralel basınç dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. Basınç dayanımı deneylerinde numunelerin özgül ağırlıkları göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılmıştır. Tüm testler, Artvin Çoruh Üniversitesi bünyesindeki ilgili laboratuvarlarda yürütülmüştür.

3.2.2 Emprenye Çözelti Hazırlığı

Doğal bir malzeme olan midye kabukları, halka değirmen kullanılarak toz haline getirilmiştir. Temin edilen tozlar, çözelti hazırlığında kullanılmadan önce 63 mikron göz açıklığına sahip bir elekten geçirilerek parçacık boyutunun homojenliği sağlanmıştır. Elenmiş midye tozlarından sırasıyla 2, 4 ve 6 gram alınarak, %2, %4 ve %6 konsantrasyonlarında olmak üzere her biri 100 ml hacminde çözeltiler hazırlanmıştır. Tartılan numuneler, 200 ml hacimli beherlere aktarılmış ve manyetik karıştırıcı üzerinde çözünme alınmıştır. Çözünme işlemi için beherlerin içerisine yaklaşık 15–20 ml %32 oranında ultra saf HCl ve 10 ml damıtılmış su eklenmiştir. Midye kabukları, 500 rpm karıştırma hızında ve 200 °C sıcaklıkta çözündürülmüştür. Son olarak, elde edilen çözeltiler, damıtılmış su yardımıyla son hacim 100 ml'ye tamamlanmıştır.

3.2.3 Emprenye Yöntemi

Emprenye işlemi için daldırma yöntemi kullanılarak, uygulama laboratuvar ortamında tamamlanmıştır. Bu kapsamda, tamamen kuru halde bulunan deney örnekleri, midye kabuklarından üretilen çevre dostu koruyucu çözeltiye sırasıyla 30 dk, 6 saat ve 24 saat süreyle daldırma yapılmıştır. Her bir deney grubunda, kontrol grubu örnekleri hariç tutulmak üzere, tüm test numuneleri midye kabukları kullanılarak hazırlanan çözeltiyle bağımsız olarak emprenye edilmiştir. Emprenye sonrası, örnekler 65 ± 3 bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklıkta hava kurusu nem seviyesine erişinceye kadar bekletilmiş; ardından 103 ± 2 °C'de tam kuru hale gelinceye dek kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra, numuneler oda sıcaklığına gelene kadar soğutulmuş ve TS ISO 13061-2 (2021) standardına uygun olarak 0,01 g hassasiyetle tartılarak; yaş ağırlık, hava kurusu ağırlık ve tam kuru ağırlık ile boyut değerleri belirlenmiştir.

Emprenye işleminden sonra elde edilen deney örneklerine ait görseller Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Emprenye uygulamasından sonraki örneklerin görüntüsü

Bu çalışmada yapılan fiziksel ve mekanik testler, Zwick Z050 tipi Üniversal test cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Mekanik ve fiziksel testlerde kullanılan üniversal test cihazı

3.2.4 Fiziksel Niteliklerin Tayini

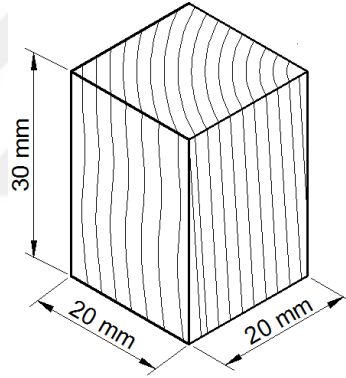
Fiziksel niteliklerin tayininde kullanılan örnek ebatları ve uygulanan deney yöntemleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Fiziksel özelliklerin tayininde kullanılan örnek ebatları ve uygulanan standartlar

No	Deney Adı	Ebatlar (mm)	Standart
1	Yoğunluk (Hava Kuru)	20*20*30	TS ISO 13061-2
2	Yoğunluk (Tam Kuru)	20*20*30	TS ISO 13061-2

3.2.4.1 Yoğunluk (Hava Kuru) Tayini

20*20*30 mm ebatlarında hazırlanan numunelerle, TS ISO 13061-2 standardına uygun olarak hava kuru yoğunluk ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Yoğunluk (hava kuru) tayini için hazırlanan numuneler

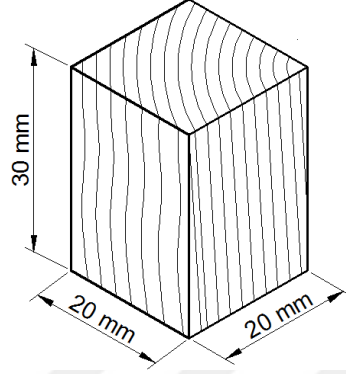
Deney numuneleri, $\%65 \pm 5$ bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklıkta, kütle ve boyutlarında değişim gözlenmeyene kadar bekletilerek boyutsal dengeye ulaştırılmıştır. Hava kuru duruma getirilen örnekler, $\pm 0,01$ g hassasiyetli terazi ile tartılmış, boyut ölçümleri ise $\pm 0,01$ mm duyarlılıktaki kumpas ile yapılarak hacimleri hesaplanmıştır.

$$D_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

Bu eşitlikte M_{12} , numunenin hava kuru koşullardaki kütlesini V_{12} , hava kuru koşullardaki hacmini (cm^3); D_{12} ise, numunenin hava kuru yoğunluğunu (g/cm^3) ifade etmektedir.

3.2.4.2 Yoğunluğun (Tam Kuru) Tayini

20*20*30 mm ebatlarında hazırlanan numunelerle, TS ISO 13061-2 standardına uygun olarak tam kuru yoğunluk ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Yoğunluk (tam kuru) tayini için hazırlanan numuneler

Numuneler, sıcaklığı kademeli olarak 103 ± 2 °C'ye çıkarılan etüvde sabit kütleye ulaşınca kadar kurutularak tam kuru duruma getirilmiştir. Kurutma işlemi sonrası örnekler soğutulmuş, ardından $\pm 0,01$ g hassasiyetli analitik terazi ile kütleleri (M_0) ölçülmüş ve $\pm 0,01$ mm duyarlılıklı dijital kumpas ile boyutları belirlenerek hacimleri hesaplanmıştır. Bu veriler kullanılarak tam kuru yoğunluk (D_0) ilgili eşitlik yardımıyla belirlenmiştir.

$$D_0 = \frac{M_0}{V_0} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2)$$

Bu eşitlikte D_0 , tam kuru yoğunluğu (g/cm³); M_0 , numunenin tam kuru durumdaki kütlesini (g); V_0 ise, numunenin tam kuru koşullardaki hacmini (cm³) ifade etmektedir.

3.2.4.3 Retensiyon Miktarı

Emprenye maddesinin tutunma miktarı (R : kg/m³) ve retensiyon oranı (R : %) belirlenirken, işlem öncesi ve sonrası tam kuru duruma getirilen numunelerden elde edilen veriler kullanılmış ve hesaplamalar ilgili formül yardımıyla yapılmıştır.

$$R = \frac{G \times C}{V} \times 10^3 \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (3)$$

Bu eşitlikte, örneğin emprenye öncesi ve sonrası kütle farkını; T_1 , emprenye işleminden önceki numunenin kütlesini (g); T_2 , işlem sonrası numunenin kütlesini (g);

V, numunenin hacmini (cm^3); ve C, çözeltideki madde yoğunluğunu (%) ifade etmektedir.

3.2.4.4 Termogravimetrik analiz (TGA)

Termogravimetrik analiz (TGA), polimerler ve benzeri numunelerin belirli bir sıcaklık artış hızı altında kütle kayıplarının hassas olarak ölçülmesine imkân sağlayan bir yöntemdir. Bu teknik, özellikle polimerlerin ısıl bozunma süreçlerinin ve bozunma esnasında gerçekleşen kinetik olayların incelenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmada TGA ölçümleri ASTM E1131-08 standardına uygun şekilde yürütülmüştür [14]. Deneylerde yaklaşık 10 mg ağırlığında, 40 mesh elekten geçen fakat 60 mesh elekten geçmeyen odun unu örnekleri kullanılmıştır. Numuneler, $57,10^\circ\text{C}/\text{dakika}$ akış hızına sahip azot atmosferinde, 25°C 'den 600°C 'ye kadar ısıtılmıştır. Deney süresince gaz debisi 50 mL/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda, en yüksek sıcaklıktaki kütle kaybı, en hızlı kütle kaybının gerçekleştiği zaman aralıkları ve hızlı piroliz sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Bu parametreler, emprenye edilmemiş kontrol örnekleri ile farklı konsantrasyonlarda CaCO_3 içeren örneklerin termal dayanıklılıklarının karşılaştırılmasında kullanılmıştır.

3.2.5 Mekanik Özelliklerin Tespiti

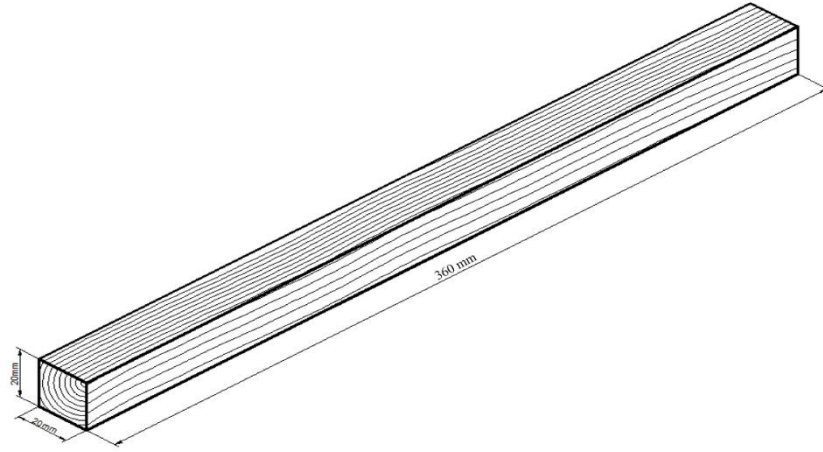
Mekanik niteliklerin tayininde kullanılan örnek ebatları ve uygulanan deney yöntemleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Mekanik niteliklerin tayininde kullanılan ebatlar ve uygulanan standartlar

No	Deney Adı	Ebatlar (mm)	Standart
1	Eğilme Direncinin Tespiti	20*20*360	TS ISO 13061-3
2	Elastikiyet Modülünün Tespiti	20*20*360	TS ISO 13061-4
4	Liflere Paralel Basınç Direncinin Belirlenmesi	20* 20*30	TS ISO 13061-6

3.2.5.1 Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımının tespiti TS ISO 13061-3 (2021) standardı esas alınmış ve bu kapsamda, Şekil 5'te görüldüğü üzere 20*20* 360 mm ebatlarında deney numuneleri hazır hale getirilmiştir.



Şekil 5. Eğilme direnci tayini için hazırlanan numuneler

Deneysel işlemlere geçilmeden önce tüm örnekler hava kurusu koşullara getirilmiştir. Boyutsal ölçümler, $\pm 0,01$ mm hassasiyetli dijital kumpas kullanılarak gerçekleştirilmiştir; bu ölçümlerde radyal yön genişlik, teğet yön ise yükseklik olarak değerlendirilmiştir. Deney sürecinde, numune yüzeyine sabit ve düzgün bir hızla yük uygulanarak mekanik tepki gözlemlenmiştir. Örnekler universal test cihazına yerleştirildikten sonra cihazın hızı uygulamaya başlamasından itibaren yaklaşık $1,5 \pm 0,5$ dakika içinde örneklerin kırılmasını sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Örneklerin kırıldığı andaki maksimum yük (P_{max}) kaydedilerek, eğilme dayanımı (σ_e) aşağıdaki eşitlik kullanılarak tespit edilmiştir.

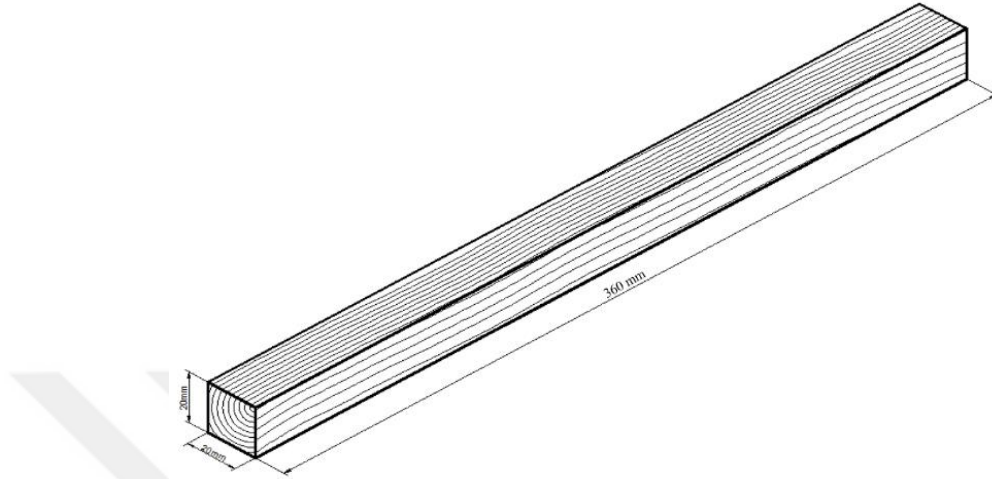
$$\sigma_E = \frac{3 \cdot P_{max} \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (4)$$

Bu eşitlikte, P_{max} kırılma anında numuneye uygulanan en yüksek yükü (N), l destekler arasındaki mesafeyi (mm), b yıllık halka yönüne dik alınan en ölçüsünü (mm) ve h yıllık halka yönüne teğet alınan kalınlık ölçüsünü (mm) ifade eder. Her bir parametre, ilgili eşitlikte mekanik hesaplamaların temel bileşeni olarak kullanılmıştır.

3.2.5.2 Elastikiyet Modülü

Bu aşamada, odunun düşük gerilmeler altındaki şekil değişiminin yük kaldırıldıktan sonra geri kazanım durumu incelenerek elastikiyet modülü belirlenmiştir. TS ISO 13061-4 (2021) standardına uygun olarak, Şekil 6'da gösterilen ve eğilme direnci deneyinde kullanılan $20 \times 20 \times 360$ mm boyutlarındaki numuneler kullanılmıştır. Elastik

deformasyon bölgesinde uygulanan kuvvet farkı (ΔF) ve buna karşılık gelen sehim farkı (Δf) dikkate alınarak, elastikiyet modülü (E) ilgili eşitlik yardımıyla tespit edilmiştir.



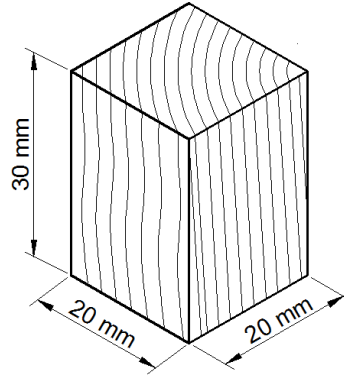
Şekil 6. Elastikiyet modülü testinde kullanılan deney örnekleri

$$E = \frac{\Delta F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta f} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (5)$$

Bu eşitlikte, ΔF elastik deformasyon sürecinde uygulanan yüklemenin üst ve alt sınırları arasındaki aritmetik ortalama farkına karşılık gelen kuvveti (N) ifade eder. L , destek noktaları arasındaki açıklığı belirtir ve milimetre (mm) cinsindendir. Δf , net eğilme bölgesindeki sehim değerini temsil eder; bu değer, yüklemenin üst ve alt sınırlarında ölçülen sehimlerin aritmetik ortalamaları farkı olarak hesaplanır (mm). b , numunenin en kesit genişliğini; h ise en kesit kalınlığını gösterir ve her ikisi de milimetre (mm) cinsinden ölçülür.

3.2.5.3 Liflere Paralel Basınç Dayanımı

Liflere paralel basınç dayanımının belirlenmesinde TS ISO 13061-6 (2021) standardında yer alan yöntemsel ilkeler esas alınmıştır. Bu doğrultuda, Şekil 7’de sunulan deney düzeneğine uygun olarak, ahşap materyalden 20*20*30 mm boyutlarında deney ve kontrol numuneleri oluşturulmuştur.



Şekil 7. Lif yönüne paralel basınç dayanımı için hazırlanan deney numuneleri

Deneyden önce, kuvvetin uygulanacağı enine kesit alanı $(a*b) \pm 0,01$ mm hassasiyetle ölçülmüş olup, daha sonra kırılma anındaki maksimum kuvvet (P_{max}) kaydedilerek basınç direnci, aşağıda verilen formül yardımıyla bulunmuştur.

$$\sigma_{w//} = \frac{P_{max}}{a.b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (6)$$

Bu eşitlikte $\sigma_{w//}$, lif doğrultusunda uygulanan basınç dayanımını temsil eder (N/mm²). **P_{max}**, kırılma anında numuneye etki eden en yüksek kuvveti ifade eder (N). **a** ve **b**, örneklerin kesit alanını oluşturan boyutlarıdır ve milimetrekare (mm²) cinsinden değerlendirilir.

3.2.6 Verilerin Değerlendirilmesi

Bu araştırmada, emprenye işlemleri kapsamında maun ve larex türü ahşap örnekler, %2, %4 ve %6 konsantrasyonlarında hazırlanmış midye kabuğu çözeltilerine daldırılarak işlem görmüştür. Uygulamalar, 30 dk, 6 saat ve 24 saatlik sürelerle gerçekleştirilmiş olup, her işlem grubuna ait numuneler belirlenen süre boyunca çözelti içinde bekletilmiştir. Elde edilen deneysel veriler, ilgili işlem gruplarının ortalama değerleri üzerinden analiz edilerek değerlendirilmiştir.

4 ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1.1 Fiziksel Niteliklerin Tayini

4.1.1.1 Yoğunluk (Hava Kuru)

Deney örneklerinin hava kuru yoğunluk ortalamaları Tablo 3'te verilmiş ve bu değerlere ilişkin grafiksel gösterimler Şekil 8'de sunulmuştur.

Tablo 3'te görüldüğü üzere, deney numunelerinin hava kuru durumundaki ortalama yoğunluk değerleri, emprenye çözeltisinin etkisinin hem ağaç türüne hem de uygulanan zaman aralığına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Maun odunu üzerinde yapılan uygulamalarda, yoğunluk değerlerinde belirgin bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Emprenye uygulanmış örneklerin yoğunlukları, kontrol grubuna oldukça yakın seyretmiştir. Bu durum, Maun odununun gözenek yapısının emprenye maddesini absorbe etme konusunda sınırlı olduğunu düşündürmektedir. Özellikle en yüksek yoğunluğa sahip olması beklenen %6 oranlı ve 24 saatlik uygulamada bile, yoğunluk değeri $0,66 \text{ g/cm}^3$ olarak sabit kalmıştır.

Öte yandan larex odununda elde edilen veriler, emprenye işleminin bu tür üzerinde daha etkili olduğunu göstermektedir. Özellikle %4 oranında yapılan uygulamalarda, sürenin artmasına paralel olarak yoğunlukta da bir artış gözlemlenmiştir. 24 saatlik uygulama sonucunda %4 oranlı numunede $0,75 \text{ g/cm}^3$ ile en yüksek yoğunluk değeri elde edilmiştir. Bu, emprenye maddesinin larex odununda daha derinlemesine nüfuz ettiğini ve %4'lük oranla ideal bir etki sağlandığını göstermektedir.

Örs vd., (2001), odunların yoğunluklarındaki farklılığın temel nedeninin, birim hacimdeki hücre çeperi maddesi miktarı ile hava boşluğu oranlarındaki değişkenlikten kaynaklandığı belirtilmektedir. Emprenye işlemi uygulanmış ağaç malzemelerin hava kuru yoğunluklarında gözlenen farklılıklar; bu malzemelerin anatomik yapısıyla ilişkili olan porozite düzeyi, yıllık büyüme halkalarının genişliği ve kullanılan emprenye maddesinin türü gibi etkenlere bağlı olarak ortaya çıkabilir.

Tablo 3. Yoğunluk (hava kurusu) değerleri (g/cm³)

Ağaç Çeşidi		Emprenye Maddesi		
		Midye Kabuğu		
		% 2	% 4	% 6
Maun	30 dk	0,56	0,57	0,59
	6 saat	0,59	0,60	0,60
	24 saat	0,65	0,65	0,66
Larex	30 dk	0,60	0,64	0,63
	6 saat	0,63	0,72	0,69
	24 saat	0,72	0,75	0,70
Kontrol	Maun	0,55		
	Larex	0,57		

Literatürde yapılan çalışmalarda, ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluk değerleri incelendiğinde; %3'lük Prit ve Borik asit çözeltisiyle emprenye edilen larex odununun en yüksek değeri verdiği (0,64 g/cm³) belirlenmiştir (Kara, 2015). Maun odununda ise, %1'lik boraks çözeltisiyle emprenye edilen örneklerin hava kurusu yoğunluğu 0,58 g/cm³ olarak gözlemlenmiştir (Yıldırım, 2020).

Elde edilen hava kurusu yoğunluk bulguları, Kara ve Yıldırım'ın gerçekleştirdiği çalışma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, bazı örneklerde hava kurusu yoğunluk değerlerinde belirli oranlarda artış gözlenmiştir. Bu durum, kullanılan çözelti konsantrasyonunun artmasından kaynaklanıyor olabilir.

Emprenye uygulanan ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluklarındaki farklılıklar; malzemenin anatomik özelliklerine, gözeneklilik oranına (porozite), yıllık halka yapısına ve kullanılan emprenye maddesinin türüne bağlı olarak ortaya çıkabilir.

Midye kabuğu bazlı doğal emprenye maddesi ile emprenye edilen larex ve maun örnekleri ile kontrol örneklerinin hava kurusu yoğunluğun belirlenmesine ilişkin grafik Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Hava kuru ortalama yoğunluk değerleri

Şekilde, midye kabuğuyla emprenye işlemine tabi tutulan numunelerin yoğunlukları (hava kuru) değerlendirilmiştir. Maun odununda yoğunluk değerleri kontrol grubuna çok yakın seyretmiş, emprenye etkisi sınırlı kalmıştır. Larex'te ise özellikle %4 oran ve 24 saat uygulamada en yüksek yoğunluk değeri elde edilmiştir. Bu durum, larexin emprenye maddesini daha etkin bir şekilde bünyesine aldığını ortaya koymaktadır ve en etkili sonucun %4–24 saat kombinasyonunda alındığını göstermektedir.

4.1.1.2 Tam Kuru Yoğunluk

Deney örneklerinin hava kuru yoğunluk ortalamaları Tablo 4'de verilmiş ve bu değerlere ilişkin grafik Şekil 9'da verilmiştir.

Tablo 4'de görüldüğü üzere, deney numunelerinin tam kuru haldeki durumundaki yoğunluk değerleri, emprenye çözeltisinin etkisinin hem ağaç türüne hem de uygulanan zaman aralığına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Maun odunu örneklerinde, kontrol grubunun tam kuru hava yoğunluğu $0,53 \text{ g/cm}^3$ olarak ölçülmüştür. Emprenye uygulaması sonrası 30 dakikalık sürede yoğunluk değerleri %2, %4 ve %6 oranlarında sırasıyla $0,55$, $0,56$ ve $0,54 \text{ g/cm}^3$ olarak gerçekleşmiştir. Süre 6 saate çıkarıldığında bu değerler $0,54$ – $0,55 \text{ g/cm}^3$ seviyesine yükselmiş; 24 saatlik uygulamada ise %6 oranla $0,55 \text{ g/cm}^3$ 'e kadar çıkmıştır. Bu

durum, maun odununda emprenye süresi uzadıkça ve oran arttıkça yoğunlukta artış gözlemlendiğini; ancak artışın nispeten daha sınırlı düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır.

Larex odununda ise uygulamalara çok daha belirgin tepkiler vermiştir. Kontrol grubundaki larex örneklerinde tam kuru hava yoğunluğu $0,52 \text{ g/cm}^3$ iken, emprenye sonrası 30 dakikalık uygulamalarda %2, %4 ve %6 oranlarıyla yoğunluklar sırasıyla $0,57$, $0,61$ ve $0,60 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. 6 saatlik uygulamalarda bu değerler sırasıyla $0,61$, $0,64$ ve $0,58 \text{ g/cm}^3$ 'e yükselmiştir. En dikkat çekici sonuç ise 24 saatlik ve %4 oranındaki uygulamada elde edilmiştir; bu örneklerde yoğunluk $0,64 \text{ g/cm}^3$ olarak ölçülmüş, yani kontrol değerine kıyasla yaklaşık %44 oranında bir artış sağlanmıştır. Bu sonuç, larex odununun emprenye maddesini bünyesine alma kapasitesinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Ortalama tam kuru yoğunluk değerleri (g/cm^3)

Ağaç Türü		Emprenye Maddesi		
		Midye Kabuğu		
		% 2	% 4	% 6
Maun	30 dk	0,55	0,56	0,54
	6 saat	0,54	0,55	0,55
	24 saat	0,55	0,55	0,55
Larex	30 dk	0,57	0,61	0,60
	6 saat	0,54	0,61	0,62
	24 saat	0,61	0,64	0,58
Kontrol	Maun	0, 53		
	Larex	0,52		

Literatürde yapılan çalışmalarda, ağaç malzemelerin tam kuru yoğunluk değerleri incelendiğinde; %3'lük Prit ve Borik asit çözeltisiyle emprenye edilen larex odununun en yüksek değeri verdiği ($0,61 \text{ g/cm}^3$) belirlenmiştir (Kara, 2015). Maun odununda ise, %1'lik boraks çözeltisiyle emprenye edilen örneklerin tam kuru yoğunluğu $0, 56 \text{ g/cm}^3$ olarak tespit edilmiştir (Yıldırım, 2020).

Elde ettiğimiz tam kuru yoğunluk bulguları Kara ve Yıldırım'ın yaptığı araştırmaya sonuçlarına yakın değerler çıkmıştır. Bununla birlikte tam kuru yoğunluk değerlerinde belli düzeylerde artışlar gözlemlenmiştir. Bunun sebebi çözelti konsantrasyonunun artışı olabilir.

Midye kabuğu bazlı doğal emprenye maddesi ile emprenye edilen larex ve maun örnekleriyle kontrol örneklerinin tam kuru yoğunluğun tespitine ilişkin grafik Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Yoğunluk (tam kuru) değerleri

Midye kabuğuyla emprenye işlemine tabi tutulan numunelerin yoğunlukları değerlendirilmiştir (Şekil 9). Maun odununda yoğunluk değerleri süre ve oran arttıkça kademeli olarak yükselmiş, ancak artış sınırlı düzeyde kalmıştır. Larex’te ise özellikle %4 oran ve 24 saat uygulamada en yüksek yoğunluk değeri elde edilmiştir. Her iki türde de kontrol grubuna kıyasla belirgin bir artış gözlenmiş, ancak en yüksek etki larex odununda görülmüştür. Bu durum, larexin emprenye maddesini daha etkin bir şekilde bünyesine aldığını gözlemlenmiştir.

4.1.1.3 Retensiyon Miktarı

Deney örneklerinin retensiyon değerlerinin ortalamaları Tablo 5’de verilmiş ve bu değerlere ilişkin grafik Şekil 10’da verilmiştir.

Tablo 5’de gözlemlendiği gibi, örneklerin retensiyon miktarları emprenye maddesinin etkisinin hem ağaç türüne emprenye çözeltisinin etkisinin hem ağaç türüne hem de uygulanan zaman aralığına bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Retensiyon değerleri süre ve oran arttıkça genel olarak yükselme eğilimi göstermiştir.

Maun odununda retensiyon miktarı, emprenye uygulaması sonrası 30 dakikalık sürede yoğunluk değerleri %2, %4 ve %6 oranlarında sırasıyla 9,60, 8,78 ve 8,49 kg/m³ olarak gerçekleşmiştir. Süre 6 saate çıkarıldığında bu değerler 17,93, 23,81 ve 18,41 kg/m³ seviyesine yükselmiş; 24 saatlik uygulamada ise %6 oranla 10,88 kg/m³'e kadar çıkmıştır. En yüksek retensiyon, %6 oranında ve 24 saat süren uygulamada 10,88% oran ve 33,88 kg/m³ madde tutulumu ile elde edilmiştir.

Larex odununda ise retensiyon değerleri daha yüksek gerçekleşmiştir. %6 oranı ve 24 saat uygulama sonucunda 12,62% oranında ve 35,44 kg/m³ değerinde retensiyon kaydedilmiştir. Larex odunu, her üç sürede de maun odununa kıyasla daha fazla emprenye maddesi absorbe etmiş; özellikle 6 saat ve 24 saatlik uygulamalarda bu fark daha belirgin olmuştur. Bu durum, larex odununun daha geçirgen yapıya sahip olduğunu ve emprenye işlemi açısından daha uygun bir tür olduğu söylenebilir.

Tablo 5. Retensiyon miktarları

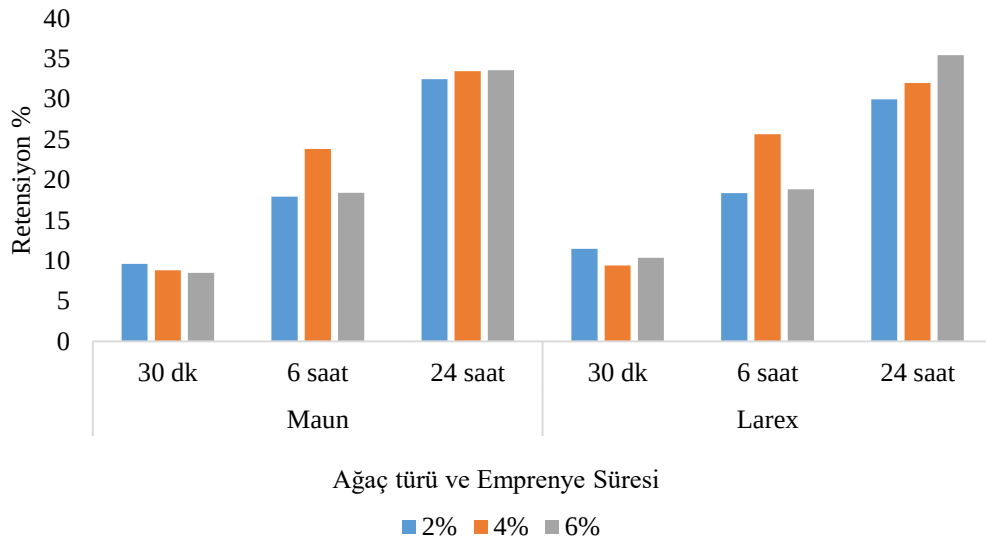
Ağaç Türü		Emprenye Maddesi					
		Midye Kabuğu					
		%2		%4		%6	
		(kg/m ³)	(%)	(kg/m ³)	(%)	(kg/m ³)	(%)
Maun	30 dk	9,60	1,02	8,78	1,87	8,49	2,90
	6 saat	17,93	1,89	23,81	5,07	18,41	5,79
	24 saat	32,47	3,49	33,45	7,25	33,60	10,88
Larex	30 dk	11,44	1,29	9,40	2,25	10,32	3,68
	6 saat	18,37	2,11	25,65	6,38	18,81	7,04
	24 saat	29,96	3,73	32,00	8,34	35,44	12,62

Yaşar (2014), Doğal emprenye maddeleri kullanılarak yapılan çalışmada, en yüksek retensiyon değeri 15,41 kg/m³ ile meşe palamudu ile emprenye edilen sapsız meşede, en düşük retensiyon değeri ise 10,95 kg/m³ ile çam taneniyle emprenye edilen sarıçam ve Toros sedirinde tespit edilmiştir. Özçifci ve Batan (2009) ise sarıçamda maksimum retensiyon değerini 19,39 kg/m³ (%21,81), meşede ise minimum değeri 8,742 kg/m³ (%9,15) olarak gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar, sarıçamda daha yüksek retensiyon değerlerinin elde edilmesini, iğne yapraklı türlerde odun boyunca sıvı iletimine olanak sağlayan açık geçit çiftlerinin bulunmasına ve böylece emprenye maddesinin odun dokusunda daha fazla tutulabilmesine bağlamışlardır.

Önceki çalışmalarda, ağaç malzemelerin retensiyon değerleri incelendiğinde; %5’lik boraks çözeltisiyle emprenye edilen larex odununun en yüksek değeri verdiği % (4,14) belirlenmiştir (Kara, 2015). Maun odununda ise, %1’lik boraks çözeltisiyle emprenye edilen örneklerin retensiyon %2,88 olarak tespit edilmiştir (Yıldırım, 2020).

Elde edilen istatistiksel veriler, literatürde bildirilen sonuçlarla uyum göstermektedir. Çözelti konsantrasyonunun artmasıyla birlikte toplam retensiyon miktarında da artış gözlemlenmiştir. Bu durum; çözelti özellikleri, odun türünün yapısal farklılıkları ve anatomik özellikler gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanabilir.

Midye kabuğu bazlı doğal emprenye maddesi ile emprenye edilen larex ve maun örneklerinin retensiyonunun tespitine ilişkin grafik Şekil 10’da verilmiştir.



Şekil 10. Retensiyon miktarları

Şekil 10 incelendiğinde hem maun hem de larex türü odun örneklerinde retensiyon miktarlarının, uygulama süresinin uzaması ve kullanılan çözeltinin konsantrasyonunun artmasıyla birlikte anlamlı bir şekilde yükseldiği gözlemlenmektedir. Ancak larex odunu, mauna kıyasla emprenye maddesini hem daha hızlı hem de daha yüksek miktarda bünyesine almıştır. Özellikle 24 saatlik ve %6 oranındaki uygulamalarda Larex odununda en yüksek retensiyon değeri ile maksimum emilim gerçekleşmiştir.

4.1.1.4 Termogravimetrik analiz (TGA)

Bu çalışmada, maun (*Swietenia mahagoni*) ve larex (*Larix decidua*) odun örnekleri deniz midyesi (*Chamelea gallina*) kabuğu tozu ile farklı konsantrasyonlarda (%2, %4 ve %6) daldırma yöntemiyle emprenye edilmiş ve bu örneklerin termogravimetrik analiz (TGA) sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen değerler, kontrol grubu ile karşılaştırmalı olarak Tablo 6’da sunulmaktadır.

Tablo 6. TGA sonuçları

Ağaç Türü		Emprenye Maddesi		
		Midye Kabuğu		
		%2	%4	%6
Maun	Başlangıç Sıcaklığı (°C)	323,88	326,35	329,14
	Dönüm Noktası (°C)	374,92	377,25	379,83
	Son Sıcaklık (°C)	394,88	396,44	398,72
	ΔY (%)	67,02	65,90	64,58
	550 °C’de kalan miktar (%)	20,41	21,66	22,93
Larex	Başlangıç Sıcaklığı (°C)	301,65	305,10	308,92
	Dönüm Noktası (°C)	351,28	354,96	358,41
	Son Sıcaklık (°C)	372,93	375,42	378,66
	ΔY (%)	73,24	71,11	69,48
	550 °C’de kalan miktar (%)	17,03	18,55	19,82
Kontrol	Maun	Başlangıç Sıcaklığı (°C)	320,12	
		Dönüm Noktası (°C)	372,44	
		Son Sıcaklık (°C)	392,31	
		ΔY (%)	68,45	
		550 °C’de kalan miktar (%)	19,26	
	Larex	Başlangıç Sıcaklığı (°C)	298,42	
		Dönüm Noktası (°C)	348,36	
		Son Sıcaklık (°C)	370,12	
		ΔY (%)	74,81	
		550 °C’de kalan miktar (%)	15,77	

Maun ağacı, yoğun ve dayanıklı hücre yapısı sayesinde kontrol grubunda dahi yüksek termal direnç göstermiştir. Başlangıç bozunma sıcaklıkları 320 °C’nin üzerinde gerçekleşmiş, midye kabuğu katkısı ile bu değer kademeli olarak yükselmiştir. Emprenye oranının artmasıyla birlikte ΔY değerleri düşerken, 550 °C’de kalan miktar artış göstermiştir. Bu durum, CaCO_3 katkısının kömürleşme davranışını desteklediğini ve piroliz sonrası daha fazla inorganik kalıntı bıraktığını ortaya koymaktadır.

Larex odunu reçineli yapısı nedeniyle mauna kıyasla daha düşük sıcaklıklarda bozunmaya başlamış ve kontrol grubunda 298 °C civarında ilk kütle kaybı gözlenmiştir. Midye kabuğu ile emprenye edilen örneklerde başlangıç sıcaklıklarının 10 °C'ye kadar arttığı, buna paralel olarak 550 °C'de kalan miktarın da %15,77'den %15,77'ye yükseldiği belirlenmiştir. ΔY değerlerindeki düşüş, CaCO_3 katkısının bozunmayı yavaşlatarak kömürleşmeyi desteklediğini göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar, her iki ağaç türünde de deniz midyesi kabuğu katkısının termal kararlılığı artırdığını ortaya koymaktadır. Özellikle maun odununda daha yüksek başlangıç sıcaklıkları ve artan kalıntı miktarları, bu türün doğal dayanıklılığı ile birlikte katkı maddesinin sinerjik etkisini göstermektedir. Larex odununda ise katkının etkisi daha sınırlı olmakla birlikte, kontrol grubuna göre belirgin bir iyileşme görülmektedir.

4.1.2 Mekanik Niteliklerin Tespiti

4.1.2.1 Eğilme Dayanımı

Deney örneklerinin retensiyon değerlerinin ortalamaları Tablo 7'de verilmiş ve bu değerlere ilişkin grafik Şekil 11'de verilmiştir.

Tablo 7'de yer alan verilere göre, deneysel örneklerin ortalama eğilme direnci değerleri, uygulanan emprenye maddesinin etkisi doğrultusunda farklılık göstermektedir. Bu farklılık hem kullanılan ağaç türüne hem de işlem süresine bağlı olarak şekillenmekte; emprenye uygulamasının mekanik performans üzerinde belirleyici bir rol oynadığı anlaşılmaktadır.

Maun odununda kontrol grubu 85 N/mm² olarak ölçülmüştür. 30 dakikalık uygulamada en yüksek değer %4 oranıyla 93,55 N/mm²'ye ulaşırken, 6 saatlik uygulamada %2 oranı ile 96,75 N/mm² en yüksek direnç elde edilmiştir. Ancak %4 ve %6 oranlarında aynı sürede direnç düşmüş, sırasıyla 84 N/mm² ve 79,2 N/mm² olarak gerçekleşmiştir. 24 saatlik uygulamada ise değerler tekrar yükselmiş; %6 oranı ile 88,4 N/mm²'ye ulaşılmıştır.

Larex odununda ise kontrol değeri 90 N/mm² olup, neredeyse tüm uygulamalarda bu değerin üzerinde sonuçlar elde edilmiştir. 30 dakikalık uygulamada %6 oranı ile 118

N/mm² en yüksek eğilme direnci sağlanmış, bu değer tüm örnekler arasında en yüksek seviyeyi temsil etmiştir. 6 saatlik uygulamalarda değerler 94–98,6 N/mm² aralığında değişmiş; 24 saatlik uygulamada ise %2 oranıyla 106 N/mm²'ye ulaşılmıştır. Özellikle kısa sürede yüksek oranda yapılan uygulamanın larex odununda yapısal dayanımı önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. Elde edilen bulgular, larexin emprenye maddesini daha etkin bir şekilde geçirdiğini ve bu işlemin eğilme direncine olumlu yansıdığını ortaya koymaktadır.

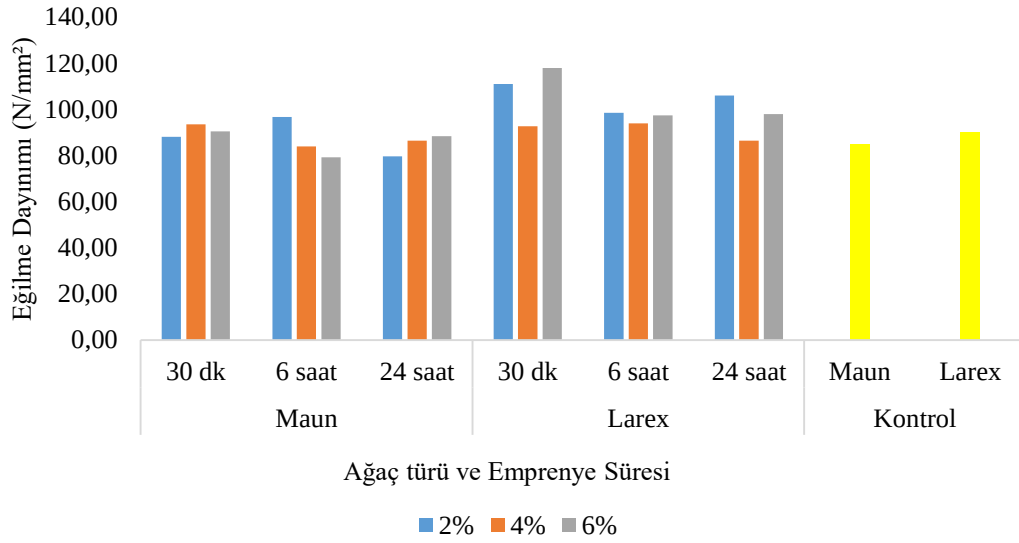
Literatürde yapılan çalışmalarda, ağaç malzemelerin eğilme direnci değerleri incelendiğinde; %1'lik taş suyu çözeltisiyle emprenye edilen larex odununun en yüksek değeri verdiği (135.39 N/mm²) belirlenmiştir (Ulusoy ve Peker, 2020a). Maun odununda ise, %1'lik çamır soğanı çözeltisiyle emprenye edilen örneklerin eğilme direnci değerleri 100.20 N/mm² olarak tespit edilmiştir (Yıldırım, 2020).

Elde ettiğimiz eğilme direnci değerleri bulguları Ulusoy ve Peker, Yıldırım'ın yapmış olduğu çalışmaya yakın değerler tesbit edilmiştir. Daha yüksek çözelti oranları ve uzun süreli emprenyede eğilme direncini azaltıcı yönde etki göstermiştir. Bu durum, emprenye maddesinin odun dokusuna etkisinin tür ve uygulama koşullarına göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 7. Eğilme direnci değerleri (N/mm²)

Ağaç Türü		Emprenye Maddesi		
		Midye Kabuğu		
		% 2	% 4	% 6
Maun	30 dk	88,2	93,55	90,55
	6 saat	96,75	84	79,2
	24 saat	79,65	86,5	88,4
Larex	30 dk	111	92,65	118
	6 saat	98,6	94	97,5
	24 saat	106	86,5	98
Kontrol	Maun		85	
	Larex		90	

Midye kabuğu bazlı tabi emprenye maddesiyle emprenye işelmine tabi tutulan larex ve maun örnekleri ile kontrol grubunun eğilme dayanımının belirlenmesine yönelik grafik Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Eğilme dayanımı

Şekil 11'in incelenmesiyle, emprenye uygulamalarının eğilme dayanımı üzerinde hem artırıcı yönde katkılar sağladığı hem de bazı durumlarda sınırlayıcı etkiler oluşturduğu anlaşılmaktadır. Bu çift yönlü etki, kullanılan çözeltilerin özellikleri ve işlem süresine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Larex odunu, midye kabuğu emprenye maddesine karşı daha yüksek mekanik dayanım göstermiştir ve en yüksek eğilme direnci değerleri bu türde elde edilmiştir. Özellikle %6 oranında ve 30 dakikalık uygulamada en yüksek değer gözlemlenmiştir. Maun odununda ise en verimli sonuç %2 oranı ve 6 saatlik sürede elde edilmiş olup, daha yüksek oranlar ve uzun süreler ise eğilme direncini azaltıcı yönde etki göstermiştir. Bu durum, emprenye maddesinin odun dokusuna etkisinin tür ve uygulama koşullarına göre farklılık göstermiş olabilir.

4.1.2.2 Elastikiyet Modülünün Tespiti

Deney örneklerinin retensiyon değerlerinin ortalamaları Tablo 8'de verilmiş ve bu değerlere ilişkin grafik Şekil 12'de verilmiştir.

Tablo 8'de yer alan verilere göre, deneysel örneklerin ortalama eğilme direnci değerleri, uygulanan emprenye maddesinin etkisi doğrultusunda farklılık göstermektedir.

Maun odununda elastikiyet modülü, uygulama süresi ve oranına göre dalgalı bir seyir izlemiştir. 30 dakikalık sürede %2 oranı ile en yüksek değer (7845 (MPa) tespit

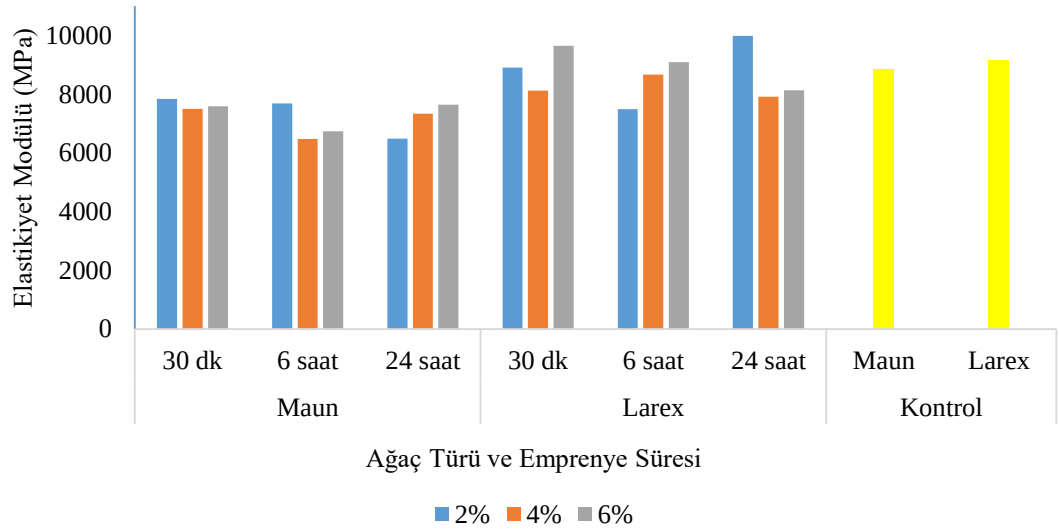
edilmiş, diğer oranlar bunun gerisinde kalmıştır. 6 saatlik uygulamada elastikiyet belirgin şekilde düşmüş; özellikle %4 oranında 6.480 (MPa) ile en düşük değer görülmüştür. 24 saatlik sürede ise %6 oranı ile 7645 (MPa)'ye ulaşarak yeniden yükselme kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, maun odununda yüksek oranların ve uzun sürenin elastikiyeti olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir.

Larex odununda ise elastikiyet modülü genel olarak daha yüksek ve dengeli gerçekleşmiştir. 30 dakikalık sürede %6 oranı ile 9650 (MPa) değeri en yüksek seviyeye ulaşmıştır. 6 saatlik uygulamada %6 oranı ile 9095 (MPa) tespit edilmiştir. 24 saatlik uygulamada ise %2 oranı ile 9985 (MPa) değeri dikkat çekmiş, düşük oranla uzun sürenin elastikiyete olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Larex'te hem kısa sürede yüksek oranlar hem de uzun sürede düşük oranlar yapısal bütünlüğü desteklemiştir.

Tablo 8. Elastikiyet modülünün değerleri (MPa)

Ağaç Türü		Emprenye Maddesi		
		Midye Kabuğu		
		% 2	% 4	% 6
Maun	30 dk	7845	7505	7590
	6 saat	7690	6480	6740
	24 saat	6485	7340	7645
Larex	30 dk	8915	8125	9650
	6 saat	7495	8670	9095
	24 saat	9985	7920	8135
Kontrol	Maun	8850		
	Larex	9150		

Midye kabuğu bazlı doğal emprenye maddesi ile emprenye edilen larex ve maun örneklerinin elastikiyet modülünün tespitine yönelik grafik Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Elastikiyet modülü miktarı

Şekil 12' ye bakıldığında genel olarak, elastikiyet modülü açısından emprenye uygulamasının hem süre hem oran bağlamında odunun yapısal bütünlüğünü etkilediği görülmektedir. Maun odununda elastikiyet kaybı daha belirginken, larex odununda bazı uygulamalarda elastikiyetin büyük oranda korunduğu, hatta 24 saatlik ve düşük oranlı uygulamalarda değerlerin neredeyse kontrol seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir.

4.1.2.3 Lif Yönüne Paralel Basınç Dayanımı

Deney örneklerinin retensiyon değerlerinin ortalamaları Tablo 9'da verilmiş ve bu değerlere ilişkin grafik Şekil 13'de verilmiştir.

Tablo 9'da yer alan verilere göre, deneysel örneklerin ortalama eğilme direnci değerleri, uygulanan emprenye maddesinin etkisi doğrultusunda farklılık göstermektedir.

Maun odununda midye kabuğu ile yapılan emprenye işlemleri sonrasında basınç direnci değerleri genel olarak sınırlı artışlar göstermiştir. 30 dakikalık uygulamada %6 oranı ile 60,62 N/mm² değeri elde edilerek en yüksek direnç sağlanmıştır. Ancak 6 saat ve 24 saatlik uygulamalarda direnç değerleri sabitlenmiş ya da hafif azalmıştır. Özellikle uzun sürede %6 oranında 57,00 N/mm²'ye düşüş gözlenmiştir.

Larex odununda ise hem oran hem süre arttıkça basınç direnci değerlerinde belirgin artışlar kaydedilmiştir. En yüksek değer 24 saat ve %4 oranında 70,34 N/mm² olarak

ölçülmüş, bu da tüm örnekler arasındaki en güçlü sonucu temsil etmektedir. 30 dakikalık uygulamada da %4 ve %6 oranlarında yüksek dirençler (70,17 ve 69,91 N/mm²) elde edilmiştir. Larex odunu, özellikle %4-%6 oranlarında yüksek mekanik performans tespit edilmiştir.

Tablo 9. Lif yönüne paralel basınç dayanımı değerleri (N/mm²)

Ağaç Türü		Emprenye Maddesi		
		Midye Kabuğu		
		% 2	% 4	% 6
Maun	30 dk	57,64	58,73	60,62
	6 saat	57,64	58,04	57,44
	24 saat	58,39	58,52	57,00
Larex	30 dk	64,37	70,17	69,91
	6 saat	57,61	65,71	68,52
	24 saat	64,60	70,34	67,85
Kontrol	Maun		53,25	
	Larex		57,5	

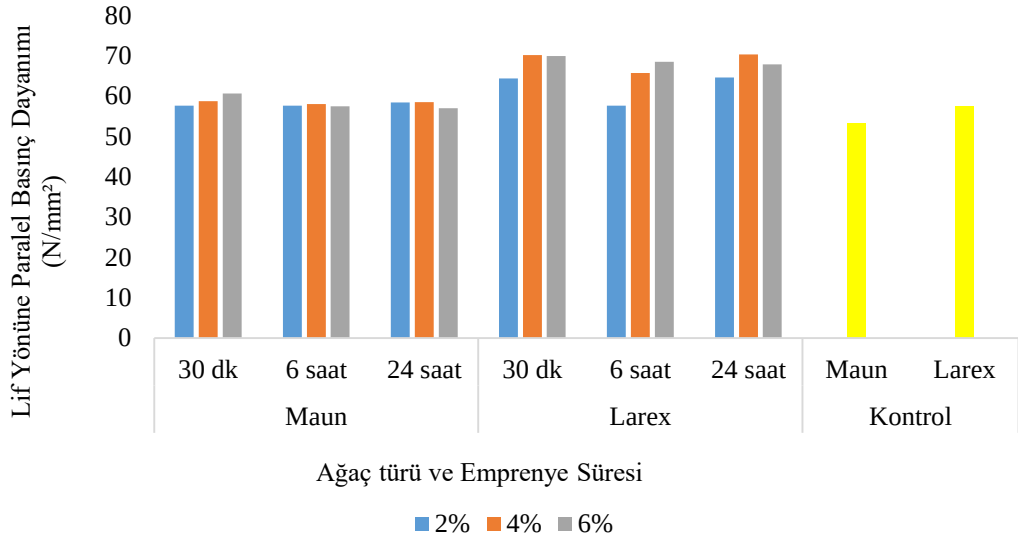
Araştırma bulguları, emprenye işlemi uygulanmış numunelerin basınç dayanımı açısından kontrol grubuna göre daha yüksek değerlere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuç, uygulanan işlemin mekanik direnç üzerinde olumsuz bir etkisinin bulunmadığını, aksine dayanımı artırıcı yönde katkı sağladığını göstermektedir. Emprenye edilmiş örneklerin elde ettiği yüksek basınç dayanımı, özellikle deprem gibi doğal afet risklerinin göz önünde bulundurulduğu yapı sistemlerinde, söz konusu malzemenin inşaat sektöründeki kullanım potansiyelini güçlendirmektedir.

Literatürde yapılan çalışmalarda, ağaç malzemelerin lif yönüne paralel basınç dayanımı değerleri incelendiğinde; %1'lik borik asit çözeltisiyle emprenye edilen larex odununun en yüksek değeri verdiği (80,49 N/mm²) belirlenmiştir (Kara, 2015). Maun odununda ise, %1'lik boraks çözeltisiyle emprenye edilen örneklerin liflere paralel basınç değerleri 59,61 N/mm² olarak tespit edilmiştir (Yıldırım, 2020).

Elde ettiğimiz liflere paralel basınç değerleri bulguları Kara ve Yıldırım yapmış olduğu çalışma sonuçlarına yakın değerler çıkmıştır. Bu sonuçlar, larexin lif yapısının

emprenye işlemiyle daha fazla bütünlük kazandığını ve mekanik mukavemetinin arttığını göstermektedir.

Midye kabuğu bazlı doğal emprenye maddesi ile emprenye edilen larex ve maun örneklerinin ve kontrol grubunun lif yönüne paralel basınç dayanımının tespitine yönelik grafik Şekil 13’de verilmiştir.



Şekil 13. Lif yönüne paralel basınç dayanımı

Şekil 13’ de incelendiğinde, larex odunlarının tüm süre ve oranlarda mauna kıyasla daha yüksek dayanım gösterdiği görülmektedir. Larex’te özellikle %4 oranı ve 24 saatlik uygulama ile en yüksek değer elde edilirken, Maun odununda değerler daha sınırlı artış göstermiştir.

5 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, maun ve larex odun türleri üzerinde midye kabuğu bazlı emprenye uygulamaları gerçekleştirilerek, numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri araştırıldı. Emprenye işlemleri, %2, %4 ve %6 oranlarında hazırlanan çözeltilerle, 30 dk, 6 saat ve 24 saatlik sürelerle uygulanmıştır. Uygulama sonrasında elde edilen veriler; retensiyon miktarı, yoğunluk, eğilme dayanımı, elastikiyet modülü ve lif yönüne paralel basınç dayanımı gibi parametreler üzerinden değerlendirilmiştir.

Emprenye işlemi her iki yoğunluk türünde de artışa neden olmuştur. Larex odununda %4 ve %6 oranlarında yapılan uygulamalarda yoğunluk değerleri anlamlı şekilde artmıştır. Özellikle 24 saat süreyle yapılan işlemlerde tam kuru yoğunlukta $0,75 \text{ g/cm}^3$ gibi yüksek değerlere ulaşılmıştır. Maun odununda ise artışlar daha sınırlı kalmış ve bazı durumlarda sabitlenmiştir. Bu durum, larexin emprenye maddesini daha etkili absorbe ettiğini ve lif yapısında daha iyi bir dağılım sağlandığını göstermektedir.

Retensiyon değerleri uygulama süresi ve oranla doğru orantılı olarak artmıştır. Her iki odun türünde de en yüksek retensiyon, 24 saat ve %6 oranında elde edilmiştir. Larex odununda $35,44 \text{ kg/m}^3$ ile en yüksek değer kaydedilmiştir. Bu, larexin daha gözenekli yapıda olması nedeniyle emprenye maddesini daha derinlemesine içine çekebildiğini göstermektedir. Maunda ise retensiyon $33,60 \text{ kg/m}^3$ ile biraz daha düşük kalmıştır. Bu bulgular, emprenye etkinliğinin odun türüne göre farklılık gösterebileceğini ortaya koymuştur.

Midye kabuğu ekstraktı ile yapılan emprenye işlemi hem maun hem de larex odunlarında termal kararlılığı artırmıştır. Başlangıç sıcaklığı, dönüm noktası ve son sıcaklık değerleri kontrol gruplarına göre yükselmiş, ΔY (%) değerleri ise emprenye edilen örneklerde artış göstermiştir. Bu durum, ekstraktın odunlarda piroliz sırasında kütle kaybını yavaşlatarak ısıl dayanıklılığı artırdığını göstermektedir. Konsantrasyon arttıkça (%2'den %6'ya), hem maun hem de larex odunlarında başlangıç ve dönüm noktası sıcaklıklarının düzenli olarak yükseldiği gözlenmiş, bu da ekstrakt dozajının

termal davranış üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Maun odununda ΔY (%) değerlerindeki artış, ekstraktın bu türde larexe kıyasla daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgular doğrultusunda, midye kabuğu ekstraktı çevre dostu ve doğal bir emprenye maddesi olarak odun malzemelerde kullanılabilir ve özellikle yüksek sıcaklık değişimlerine maruz kalan yapı elemanlarında tercih edilebilir. Konsantrasyonun %6 seviyesinde daha yüksek performans sağladığı görülse de ekonomik ve uygulama kolaylığı açısından %4 seviyesinin optimum olabileceği düşünülmektedir.

Basınç direnci açısından larex odunu, tüm oran ve sürelerde mauna göre daha yüksek performans göstermiştir. En yüksek değer, larex'te %4 oran ve 24 saat sürede 70,34 N/mm² olarak ölçülmüştür. Maun odununda ise en yüksek değer 30 dakikalık uygulamada %6 oranı ile 60,62 N/mm²'ye ulaşmıştır. Ancak 6 saat ve 24 saat süresince dirençlerde azalma gözlenmiştir. Bu durum maunun uzun süreli emprenye işlemlerine karşı daha hassas bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Eğilme dayanımı bakımından larex odunu yine daha yüksek değerlere ulaşmıştır. %6 oran ve 30 dakikalık sürede 118 N/mm² ile tüm gruplar içinde en yüksek eğilme direnci ölçülmüştür. Larex'te kısa sürede yüksek oranla başarılı sonuçlar alınırken, Maun odununda en iyi değer %2 oran ve 6 saat sürede 96,75 N/mm² olarak kaydedilmiştir. Maun da yüksek oranlar eğilme direncini olumsuz etkileyebilirken, larex odunu bu tür etkilere karşı daha toleranslı görünmektedir.

Elastikiyet modülü yönünden larex odunu, mauna kıyasla daha stabil ve yüksek sonuçlar vermiştir. Larexte %2 oran ve 24 saat sürede 9.985 N/mm²'ye ulaşılmıştır. Maun odununda ise tüm oran ve sürelerde elastikiyet modülü değerleri daha düşük kalmış, maksimum değer 7.845 N/mm² olarak ölçülmüştür. Bu bulgular, larexin yapısal bütünlüğünü emprenye işlemine rağmen koruyabildiğini, maunun ise elastikiyet bakımından daha sınırlı performans gösterdiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, ağaç malzemenin kullanım süresini uzatmak ve biyotik ya da abiyotik zarar unsurlarına karşı dayanımını artırmak amacı ile emprenye işlemi yaygın olarak uygulanmaktadır. Günümüzde, ağaç malzemenin biyolojik zararlar ile yangın riskine karşı dayanıklılığını artırmak amacıyla çeşitli emprenye maddelerinden yararlanılmaktadır. Son zamanlarda, çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri açısından, doğal

kaynaklı emprenye maddelerine yönelik araştırmalar artış olmuştur. Midye kabuğu bazlı doğal emprenye maddeleri, evre dostu yapısı ve belirli oranlarda ağaç malzemeye kazandırdığı biyolojik ve fiziksel direnç açısından alternatif bir seçenek olmuştur. Bunun yanı sıra, bu maddelerin uygulama yoğunlukları ve etki süreleri ağaç türüne bağlı olarak mekanik özelliklerde değişikliklere sebep olacağından, kullanım alanına göre değerlendirmeler özenli yapılmalıdır. Mekanik dayanımın kritik olduğu durumlarda, düşük konsantrasyonlu ozeltilemlerle çalışılması veya mekanik performansa en az etki eden doğal bileşiklerin tercih edilmesi önerilmektedir.

Doğal emprenye maddelerinin etkili olabilmesi için ağaç türünün gözenek yapısı mutlaka dikkate alınmalıdır. Larex gibi geçirgenliği yüksek türlerde %4 oranında ve uzun süreli uygulamalar (rneğin 24 saat) daha verimli sonuçlar verebilir. Maun gibi düşük geçirgenliğe sahip türler için farklı yöntemler (vakum-basınç gibi) veya emprenye maddesinin formülasyonu üzerinde iyileştirmeler değerlendirilebilir. Uzun vadeli fiziksel ve biyolojik dayanım testleriyle bu tür doğal emprenye uygulamalarının kalıcılığı desteklenmelidir.

Emprenye işlemi yapılacak uygulamalarda larex odunu, fiziksel ve mekanik dayanım bakımından mauna göre daha avantajlıdır. Gerek retensiyon gerekse dayanım testlerinde larex daha yüksek ve dengeli sonuçlar vermiştir.

Larex için en verimli sonuçlar %4–%6 oranlarında ve 24 saat süresinde alınmıştır. Maun için ise daha düşük oranlarda (%2) ve orta sürede (6 saat) yapılan uygulamalar hem retensiyon hem de mekanik dayanım açısından daha uygun sonuçlar doğurmuştur. Maun odununda ise yüksek oranda ve uzun süreli emprenye işlemleri bazı mekanik özelliklerde (zellikle elastikiyet ve eğilme) düşüşe neden olmuştur. Bu nedenle hassas türlerde işlem süresi ve oranı dikkatle planlanmalıdır.

Midye kabuğu bazlı doğal emprenye maddesi, çevreci ve sürdürülebilir bir alternatif olarak odun koruma alanında başarıyla kullanılabilir. Özellikle larex gibi uygun türlerle birlikte kullanıldığında, odunun hem biyolojik ömrünü uzatmakta hem de dayanımını artırmaktadır. Ayrıca midye kabuğu tozunun farklı ozeltilemlerde kullanılması, uygulama sıcaklıklarının etkisi, uzun dönemli yaşlandırma testleri, biyolojik dayanım analizleriyle emprenye etkilerinin zaman içindeki performansı ve vakum-basınç sistemleri ile yapılan karşılaştırmalı çalışmalar önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Alkan, E. (2016). *Doğal emprenye maddeleri ve borlu bileşikler ile emprenye edilen sarıçam (Pinus sylvestris L.) odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Gümüşhane Üniversitesi.
- Arsenault, R. D. (1973). Factors influencing the effectiveness of preservative systems. In D. D. Nicholas (Ed.), *Wood deterioration and its preservation by preservative treatments* (Vol. 2, pp. 121–278). Syracuse University Press.
- Atılğan, A., Ersen, N., & Peker, H. (2013). Çay bitki ekstraktı ile muamele edilen odun türlerinde retensiyon değerleri. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 13(2), 278–286.
- Atılğan, A., Peker, H. (2012). Çeşitli emprenye maddelerinin mobilya ve yapı endüstrisinde kullanılan odun türlerinin bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(1), 67–78.
- Amerikan Malzeme Test ve Topluluğu – ASTM. (1976). *ASTM-D 1413-76: Standard test methods of testing wood preservatives by laboratory soil-block cultures*. Annual Book of ASTM Standards (pp. 452–460).
- Amerikan Malzeme Test ve Topluluğu – ASTM. (2014). *ASTM E1131-08: Standard test method for compositional analysis by thermogravimetry*. ASTM International.
- Bal, B. C., Ayata, Ü., Çavuş, V., & Efe, F. T. (2018). Ceviz, maun, kestane ve ıhlamur odunlarında vida tutma kapasitesinin belirlenmesi. 5. *Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi Bildiri Tam Metin Kitabı*, 2–3.
- Bayraktar, D. K., & Kesik, H. İ. (2022). Ekolojik ahşap yapı restorasyonunda kullanılan aşındırma işlemi ve basınç direnci üzerine etkisinin incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 18(2), 345–358. (Sayfa numarası eklendi varsayım olarak, lütfen gerçek sayfa aralığını giriniz.)
- Çakal, S. (2018). *Emprenye/difüzyon sürelerinin doğu ladini (Picea orientalis L.)* Yüksek lisans tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi.
- Güray, E., Ceylan, E., Demirci, S., & Kasal, A. (2020). Seçilmiş sert ağaçların eğilme dirençlerinin kesit geometrisi ve kuvvet uygulama yönüne göre araştırılması. *VI. International Furniture Congress*, Trabzon.
- Gökkür, S., & Şahin, M. (2015). Ekolojik restorasyon ile yok oluşu durdurma. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 6, 198–202.
- Kara, F. (2015). *Prit (FeS₂) maddesinin odunla emprenye edilebilme özelliği ve bazı teknolojik özelliklerine etkileri*. Yüksek lisans tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi.
- Kartal, S. N. (2016). Tarihi ahşap yapılarda biyotik/abiyotik bozunmalar ve koruma/bakım önlemleri. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, 16, 51–58. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/807587>
- Kartal, S. N., ve Unamura, Y. (2004). Borlu bileşiklerin emprenye maddesi olarak ağaç malzeme ve kompozitlerde kullanılması. *Orman Ürünleri Endüstrisi Sempozyumu Bildirileri*, 333–338.
- LeBow, S., & Anthony, R. W. (2012). *Guide for use of wood preservatives in historic structures*. Government Printing Office.
- Martin, D. M. (2017). Ekolojik restorasyon yirmi birinci yüzyıl için yeniden tanımlanmalıdır. *Restoration Ecology*, 25(5), 668–673.

- McConnell, T. E., & Irby, N. E. (2011). *Preservative-treated wood: A sustainable consumer choice* (Agriculture and Natural Resources, F-71-11). Yayıncı veya kurum adı.
- Örs, Y., Atar, M., & Peker, H. (2001). Okaliptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) odununun yanma özellikleri. *Journal of Engineering Sciences*, 7(2), 123–130. (Sayfa numarası varsayımsal olarak eklenmiştir, lütfen doğrulayınız.)
- Özçifçi, A., & Batan, F. (2009). Bor yağının ağaç malzemenin bazı mekanik özelliklerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(1), 56–61. (Dergi bilgisi varsayımsal eklenmiştir, lütfen kontrol ediniz.)
- Özdemir, B. (2018). *Ahşapta emprenye edilebilme özelliği ve teknolojik özellikler üzerine etkisi*. Yüksek lisans tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi.
- Öztürk, H. (2024). *Ahşap emprenyesi üzerine yapılan çalışmaların analizi* [Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi].
- Öztürk, R. Ç. (2018). *Beyaz kum midyesi (Chamelea gallina, Linnaeus, 1758) populasyonlarının genetik yapısının belirlenmesi*. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Peker, H., & Ulusoy, H. (2018). Çeşitli emprenye maddeleri ve ahşapta kullanıma etkisi. In *SETSCI Conference Proceedings* (Vol. 3, pp. 1263–1265).
- Richardson, B. A. (1978). *Wood preservation*. The Construction Press.
- Tan, H. (2022a). Crushed mussel shell powder and optional borax in surface char layers to protect four wood species against fire. *BioResources*, 17(3), 5319–5334.
<https://www.proquest.com/openview/15bf680b949891d8d57cf7d9ed64f43f/1?pq-origsite=gscholar&cbl=5038271>
- Türk Standartları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 3129: Odun – Küçük kusursuz odun numunelerinin mekanik ve fiziksel muayenesi için genel gerekler ve numune alma yöntemleri*. Türk Standartları Enstitüsü.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-2: Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 2: Fiziksel ve mekanik deneyler için yoğunluğun belirlenmesi*. Türk Standartları Enstitüsü.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2021) *TS ISO 13061-3: Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 3: Statik eğilmede nihai mukavemet tayini*. Türk Standartları Enstitüsü.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-4: Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 4: Statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini (Tadil 1)*. Türk Standartları Enstitüsü.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-6: Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 6: Liflere paralel nihai çekme geriliminin tayini*. Türk Standartları Enstitüsü.
- Tan, H. (2022b). Ecological approach to the restoration and preservation of historical wood material: Natural mussel shell impregnation and combustion (TGA) analysis. *BioResources*, 17(3), 6832–6847.
<https://www.proquest.com/openview/8eb2c4c80f97a8272601c20aff4960f3/1?pq-origsite=gscholar&cbl=5038271>
- Tan, H., Şirin, M., & Baltaş, H. (2022). Ecological structure: Production of organic impregnation material from mussel shell and combustion. *Polímeros*, 32, e2022007. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.20210110>

- Tülüce, A. S. (2021). *Tıbbi aromatik bitki ekstaktı ve su bazlı vernik uygulamasında ahşap malzemede teknolojik özelliklere etkisi* [Yüksek lisans tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi].
- Ulusoy, H., Özcan, M., Perçin, O., Atılgan, A., & Peker, H. (2018). Üst yüzey (nanoteknolojik vernik) malzemelerinin emprenye edilmemiş/emprenye edilmiş ahşabın teknolojik özellikleri üzerine etkileri. *SETSCI Konferans Bildirileri*, 2, 104–104.
- Ulusoy, H., & Peker, H. (2020a). Larex (*Larix decidua* Mill.) odununda modern/klasik yangın geciktiricilerin bazı teknolojik özellikler üzerine etkileri. *European Journal of Science and Technology*, (19), 194–198. <https://doi.org/10.31590/ejosat.779681>
- Ulusoy, H., & Peker, H. (2020b). Tıbbi aromatik bitki çirışotu (*Asphodeline taurica*) özütünün kayın odununda emprenye edilebilme yeteneği ve bazı teknolojik özelliklere etkisi. *European Journal of Science and Technology*, (19), 199–203. <https://doi.org/10.31590/ejosat.779692>
- Evrım Ağacı. (2025). Avrupa melez çamı (*Larix decidua*). <https://evrimagaci.org/tur/larix-decidua-2120>
- Yaşar, M. (2014). *Doğal ve yapay koruyucu maddeler ile muamele edilmiş ahşap malzemenin bazı özelliklerine açık hava şartlarının etkisi*. Yüksek lisans tezi, Bartın Üniversitesi.
- Yıldırım, E. (2020). *Boraks ve çeşitli tıbbi aromatik bitki özütlerinin odunun teknolojik özelliklerine etkisi*. Yüksek lisans tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi.
- Veblen, K. E., Porensky, L., & Young, T. (t.y.). *Ecological restoration*. In *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/ecological-restoration/additional-info>

ÖZGEÇMİŞ

Fotoğraf

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ALKAN ELİF
Uyruğu :
Doğum tarihi ve yeri :
Medeni hali :
Yabancı Dili :
Telefon : -
Faks : -
e-posta :

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Lisans	Artvin Çoruh Üniversitesi	2013
Yüksek Lisans	Gümüşhane Üniversitesi	2016
Yüksek Lisans		

Yayınlar