



Bambu (*Phyllostachys Bambusodites*)
Şeritleri Kullanılarak Üretilmiş Paralel
Şerit Kerestenin Bazı Fiziksel ve
Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

İbrahim Ersin

ORCID 0000-0002-1224-2926

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Vedat Çavuş

Ocak 2023

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **İbrahim ERSİN** tarafından hazırlanan **Bambu (*Phyllostachys Bambusodites*) Şeritleri Kullanılarak Üretilmiş Paralel Şerit Kerestenin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi** başlıklı bu çalışma tarafımızca okunmuş olup, yapılan savunma sınavı sonucunda kapsam ve nitelik açısından başarılı bulunarak jürimiz tarafından YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

ONAYLAYANLAR:

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Vedat Çavuş
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Jüri Üyeleri:

Doç. Dr. Vedat Çavuş
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Nasır Narlı
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Prof. Dr. Bekir Cihat BAL
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Savunma Tarihi: 03.02.2023

Yazarlık Beyanı

Ben, **İbrahim Ersin**, başlığı **Bambu (Phyllostachys Bambusodites) Şeritleri Kullanılarak Üretilmiş Paralel Şerit Kerestenin Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi** olan bu tezimin ve tezin içinde sunulan bilgilerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim. Ayrıca:

- Bu çalışmanın bütünü veya esası bu üniversitede Yüksek Lisans derecesi elde etmek üzere çalıştığım süre içinde gerçekleştirilmiştir.
- Daha önce bu tezin herhangi bir kısmı başka bir derece veya yeterlik almak üzere bu üniversiteye veya başka bir kuruma sunulduysa bu açık biçimde ifade edilmiştir.
- Başkalarının yayımlanmış çalışmalarına başvurduğum durumlarda bu çalışmalara açık biçimde atıfta bulundum.
- Başkalarının çalışmalarından alıntıladığımda kaynağı her zaman belirttim. Tezin bu alıntılar dışında kalan kısmı tümüyle benim kendi çalışmamdır.
- Kayda değer yardım aldığım bütün kaynaklara teşekkür ettim.
- Tezde başkalarıyla birlikte gerçekleştirilen çalışmalar varsa onların katkısını ve kendi yaptıklarımı tam olarak açıkladım.

Tarih:

03.02.2022

Bambu (*Phyllostachys Bambusodites*) Şeritleri Kullanılarak Üretilmiş Paralel Şerit Kerestenin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

ÖZ

Bu çalışmada; mühendislik ürünü ağaç malzemeler grubunda yer alan yapısal kompozit kereste ürünlerinden biri olan paralel şerit kereste başarılı bir şekilde üretilmiştir. Paralel şerit kerestelerin üretiminde ağaç malzeme olarak Bambu (*Phyllostachys Bambusodites*) kullanılmış ve üretimde kullanılan tutkal (pMDI) içerisine modifiye malzemesi olarak poliöl eklenerek üretimler gerçekleştirilmiştir. Hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİÖL tutkallarından üretilen paralel şerit kerestelerin bazı fiziksel özelliklerden; tam kuru yoğunluk, hava kuru yoğunluk, rutubet miktarı, genişleme yüzdesi ve su alma yüzdesi ile mekanik özelliklerden; eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, darbe direnci, teğet, radyal ve enine yönlerde vida tutma kapasite incelenmiştir. Deney sonuçlarından elde edilen verilere göre; Hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİÖL tutkallarıyla üretilmiş test örneklerinin sırasıyla ortalama hava kuru yoğunluk değerleri 1,02 gr/cm³ ve 0,99 gr/cm³, tam kuru yoğunluk değerleri 0,99 gr/cm³ ve 0,94 gr/cm³ olarak, ortalama rutubet miktarı değerleri %5,13 ve %4,92 olarak tespit edilmiştir. Test örneklerinin 2 saat sonunda ortalama genişleme değerleri teğet ve Radyal yönler için sırasıyla %3,78 ve %2,49 oranında artış gösterirken bu oran yine aynı sıralama ile 24 saat sonunda %12,41 ve %9,66 olarak 2 saat sonunda ortalama su alma yüzdesi değerleri sırasıyla %5,96 ve %4,73 oranında, 24 saat sonunda %18,72 ve %16,76 olarak tespit edilmiştir. Mekanik özelliklerden pMDI+%5 POLİÖL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü pMDI kullanılan test örneklerinden yüksek çıkmıştır. Hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİÖL tutkallarıyla üretilmiş test örneklerinin vida tutma kapasitesi değerleri teğet, radyal ve enine yüzeyler için sırasıyla 43.61, 47.22, 35.15 ve 47.21, 48.61, 32.47

N/mm² olarak tespit edilmiştir. Her iki tutkal türü ile üretilen paralel şerit kerestelerin üretildiği malzemenin özelliklerini geliştirdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Paralel şerit kereste, Fiziksel ve mekanik özellikleri, Bambu, pMDI

Determination of Some Physical and Mechanical Properties of Parallel Strand Lumber Manufactured with Bamboo (*Phyllostachys Bambusodies*)

Abstract

In this study; Parallel strand lumber, one of the structural composite lumber products in the engineered wood materials group, has been successfully manufactured. Bamboo (*Phyllostachys Bambusodies*) was used as a wood material in the manufacturing of parallel strand lumber, and polyol was added as a modified material into the glue (pMDI) used in manufacturing. Some physical properties (oven dry density, air dry density, moisture content, thickness swelling and water absorption percentage) and mechanical properties (bending resistance, modulus of elasticity, impact resistance, screw holding capacity in tangential, radial and transverse directions) of parallel strand timbers for both glue types were determined. According to the data obtained from the test results; The average air-dry density values of the test samples manufactured with both pMDI and pMDI+5% polyol were found to be 1.02 gr/cm³ and 0.99 gr/cm³, oven dry density values of 0.99 gr/cm³ and 0.94 gr/cm³, average moisture content values as 5.13% and 4.92% were determined respectively. While the average radial swelling and tangential swelling values of the test samples 3.78% and 2.49%, respectively, at the end of 2 hours, this rate was 12.41% and 9.66% at the end of 24 hours, and the average weight increase values at the end of 2 hours were %, 5.96% and 4.73%, 18.72% and 16.76% after 24 hours respectively. Flexural strength and modulus of elasticity of the test specimens using pMDI+5% POLIOL glue from mechanical properties were higher than the test specimens using pMDI. The screw holding capacity values of the test samples produced with both pMDI and pMDI+5% POLIOL adhesives were determined as 43.61, 47.22, 35.15 and 47.21, 48.61, 32.47 N/mm² for tangential, radial and transverse surfaces, respectively. It has been determined that both resin types improve some physical and mechanical properties of parallel strand lumber.

Keywords: Parallel strand lumber, Physical and mechanical properties, Bamboo, pMDI

Teşekkür

Bambu (*Phyllostachys Bambusodites*) Şeritleri Kullanılarak Üretilmiş Paralel Şerit Kerestenin Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi isimli bu tez, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışman hocam sayın Doç. Dr. Vedat ÇAVUŞ'a Orman endüstri mühendisliği bölüm başkanı Prof. Dr. Nihat Sami ÇETİN'e testlerin yapılması sırasında desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Fatih MENGELOĞLU'na ve Prof. Dr. Bekir Cihad BAL'a teşekkür ediyorum.

Yüksek lisans projemizi (Proje No: 2021-TYL-FEBE-0017) destekleyen katkıda bulunan İKÇÜ Bilimsel Araştırma Projeleri koordinatörlüğüne teşekkür ediyorum.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımını gördüğüm Büşra AVCI, Akın ŞENDAĞ ve Ayberk AYDOĞMUŞ'A teşekkür ediyorum.

Son olarak öncelikle desteğini benden esirgemeyen aileme, varlığı ile bana huzur veren kıymetli eşim Çiğdem ERSİN ve kızlarım Gökçe, Almila Duru'ya sevgi ve minnetlerimi sunarım.

İçindekiler

Yazarlık Beyanı	ii
Öz	iii
Abstract	v
Teşekkür	vi
Şekiller Listesi.....	x
Tablolar Listesi.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Bambu.....	1
1.2. Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler	9
1.2.1 Tabakalanmış Ağaç Malzeme (glulam)	10
1.2.2 Çapraz lamine kereste (CLT)	11
1.2.3 Lamine kaplamalı kereste (LKK)	12
1.2.4 Lamine şerit kereste (LŞK)	13
1.2.5 Paralel şerit kereste (PŞK)	14
1.2.6 Yönlendirilmiş Yonga Kereste (OSL)	14
1.2.7 Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB)	15
1.2.8 Yapısal kontrplak	16
1.2.9 Ahşap I kirişler	16
1.3. Yapıştırıcılar	17
1.3.1.Fenol Formaldehit Yapıştırıcılar.....	19
1.3.2. Resorsinol ve Fenol-Rezorsinol Formaldehit Yapıştırıcılar	20
1.3.3. Üre Formaldehit Yapıştırıcılar	21
1.3.4. Melamin Formaldehit Yapıştırıcılar.....	21
1.3.5. Polimerik Difenilmetan Diizosiyanat.....	22

1.3.6. Emülsiyon polimer izosiyanatlar	23
1.3.7. Poliüretan Yapıştırıcılar	24
1.3.8. Epoksi Yapıştırıcılar	24
1.3.9. Polivinil ve Etilen-Vinil Asetat Yapıştırıcılar.....	25
1.3.10. Hibrit Yapıştırıcılar	25
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	27
3. MATERYAL VE METOT	37
3.1. Materyal	37
3.1.1. Bambu	37
3.1.2. Tutkal Maddesi.....	39
3.1.3. Test Örneklerinin Üretimi	40
3.2. Metot.....	42
3.2.1. Fiziksel Özelliklerin Tespit Edilmesi.....	42
3.2.1.1. Rutubet Miktarının Tespit Edilmesi	42
3.2.1.2. Hava Kuru ve Tam Kuru Yoğunluğun Tespit Edilmesi	43
3.2.1.3. Genişleme Yüzdesinin Tespit Edilmesi.....	44
3.2.1.4. Su Alma Yüzdesi Miktarının Tespit Edilmesi.....	45
3.2.2. Mekanik Özelliklerin Tespit Edilmesi	46
3.2.2.1. Eğilme Direncinin Tespit Edilmesi	47
3.2.2.2. Elastikiyet Modülünün Tespit Edilmesi	48
3.2.2.3. Dinamik Eğilme (Darbe) Direncinin Tespit Edilmesi.....	49
3.2.2.4. Vida Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi.....	50
3.3 İstatistik Analizler.....	51
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	52
4.1. Fiziksel Özellikler.....	52
4.1.1. Hava Kuru ve Tam Kuru Yoğunluğun Tespiti	52

4.1.2. Rutubet Miktarının Tespiti.....	53
4.1.3. Genişleme Yüzdesinin Tespiti	54
4.1.4 Su Alma Yüzdesi Tespiti	55
4.2. Mekanik Özellikler	56
4.2.1. Eğilme Direncinin Tespiti	56
4.2.2. Elastikiyet Modülünün Tespiti.....	57
4.2.3. Darbe (Şok) Direncinin Tespiti.....	59
4.2.4. Vida Tutma Kapasitesinin Tespiti.....	60
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
5.1. Sonuçlar	63
5.2. Öneriler.....	65
Kaynaklar	66
Özgeçmiş	78

Şekiller Listesi

Şekil 1. Bambu yetişen yerlerin küresel dağılımı	1
Şekil 1.2. Türkiye’de bulunan bambu türlerinin yetiştiği yerler	3
Şekil 1.3. düğümler ve boğumlardan oluşan bambu kültürlerinin	4
Şekil 1.4. Rizomların görünüm ve yapısı	5
Şekil 1.5. Bambunun yapısının ve yönlerinin şematik görünümü.	6
Şekil 1.6. tabakalanmış ağaç malzeme	11
Şekil 1.7. Çapraz tabakalanmış kerestenin genel görünümü.....	12
Şekil 1.8. Lamine kaplamalı kereste (LKK)	13
Şekil 1.9. Lamine şerit kereste (LŞK)	13
Şekil 1.10. Paralel şerit kereste (PŞK)	14
Şekil 1.11. Yönlendirilmiş Yonga Kereste (OSL)	15
Şekil 1.12. Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB)	155
Şekil 1.13. Yapısal kontrplak	16
Şekil 1.14. Ahşap I giriş	17
Şekil 3.1. Bambu yetiştirme alanı ve kesimi yapılan bambuların görünümleri.	36
Şekil 3.2. Bambu kütükleri ve bambuların boy ölçülendirmesi	37
Şekil 3.3. Boyları kesilen bambuların şerit haline getirilmesi	37
Şekil 3.4. Şeritlerin üretiminde kullanılan yatay bant zımpara makinesi ve şeritleme işlemi sonucunda bambunun görünümü.	38
Şekil 3.5. Üretilen bambu şeritleri ve yüzey düzgünlükleri sağlanmış şekli.	39
Şekil 3.6. şeritlere tutkal uygulanması, taslak haline getirilmesi ve preslenmesi	41

Şekil 3.7. Yoğunluk ölçümlerinde kullanılan test örneklerinin şematik görüntüsü	444
Şekil 3.8. Genişleme yüzdesi test örneği ve ölçüleri.....	455
Şekil 3.9. Eğilme direnci test örneklerinin şematik görüntüsü ve test makinesi.....	48
Şekil 3.10. Dinamik eğilme (darbe) direnci test cihazı ve testin şematik görüntüsü.	50
Şekil 3.11. Vida tutma kapasitesinin tespiti için kullanılan test makinesinin görüntüsü ve test örnekleri	511
Şekil 4.1. Test örneklerinin genişleme yüzdesi grafiği	555
Şekil 4.2. Test örneklerinin su alma yüzdesi grafiği	566
Şekil 4.3. Test örneklerinin eğilme direnci grafiği.....	577
Şekil 4.4. Test örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü grafiği	599
Şekil 4.5. Test örneklerinin darbe direnci grafiği.....	60
Şekil 4.6. Test örneklerinin vida tutma kapasitelerinin yönlere göre karşılaştırma grafiği ...	611
Şekil 4.7. Vida tutma kapasitesi testi esnasında elde edilen yük-deformasyon grafikleri	622

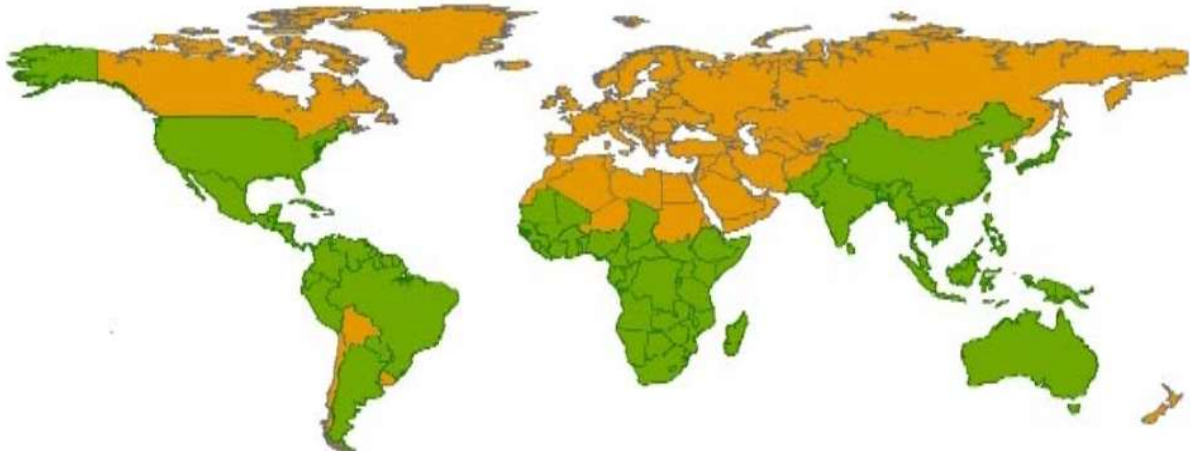
Tablolar Listesi

Tablo 1. Orman endüstrisinde kullanılan tutkalların sınıflandırılması	18
Tablo 3.1. Üretiminde kullanılan PMDI ve PMDI+%5 POLİOL tutkalların bazı özellikleri	402
Tablo 3.2. Test örneklerinin üretiminde kullanılan bazı değişkenler.....	401
Tablo 3.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Test Adı, Parça Sayısı, Tutkal Türü ve Standartlar.....	422
Tablo 3.4. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Test Adı, Parça Sayısı, Tutkal Türü ve Standartlar.....	46
Tablo 4.1: Test örneklerinin hava kuru yoğunluk (gr/cm^3) değerleri	52
Tablo 4.2: Test örneklerinin tam kuru yoğunluk (gr/cm^3) değerleri	523
Tablo 4.3: Test örneklerinin rutubet miktarı (%) değerleri.....	533
Tablo 4.4: Test örneklerinin genişleme yüzdesi (%) değerleri	544
Tablo 4.5: Test örneklerinin su alma yüzdesi(%) değerleri	555
Tablo 4.6: Test örneklerinin eğilme direnci (N/mm^2) değerleri.....	566
Tablo 4.7: Test örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü (N/mm^2) değerleri	5858
Tablo 4.8: Test örneklerinin darbe direnci (kgm/cm^2) değerleri.....	5959
Tablo 4.9: Test örneklerinin vida tutma kapasitesi (N/mm^2) değerleri	60

Giriş

1.1 Bambu

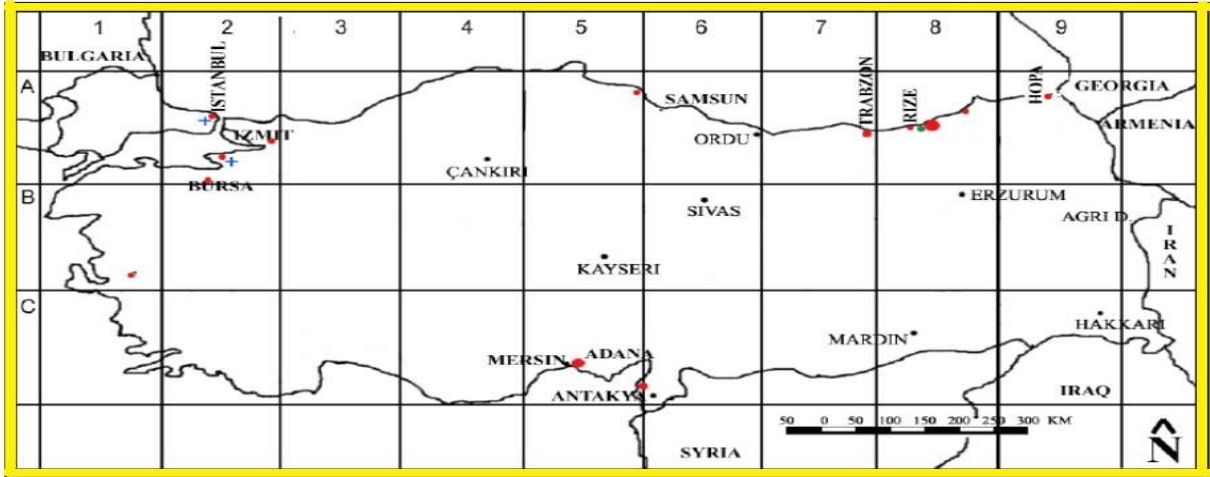
Bambu, Bambusoideae alt familyası olan bitki familyasına (Gramineae) ait içi boş odunsu bir bitkidir [1]. Bambu, gıda ve ilaçtan mobilya ve iskeleye kadar farklı alanlarda dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyanın dört bir yanındaki tropikal, subtropikal ve ılıman iklimlerde ve 3500m yüksekliğe kadar uzanan bir alanda büyüme eğilimindedir. Bambular genellikle otsu ve odunsu olmak üzere iki kısımda incelenebilir. Otsu olanlar çok küçük çaplı olup ve çimenleri andırmakta odunsu olanlar ise inşaat için kullanılabilir daha büyük çaplı olanlardır. Odunsu bambuların çapları 10 mm'den 200 mm'ye, duvar kalınlıkları dış çapın <math><10\%</math>undan tamamen katıya kadar değişir [2]. Dünya çapında yaklaşık 1250 farklı bambu türü ve 75 cins bulunmaktadır ve bunların yaklaşık 1100 tür odunsu bambu olarak sınıflandırılabilir. Bambu, doğal olarak dört kıtada, Afrika, Amerika, Asya ve Okyanusya'da yetişmektedir [3]. Bambunun doğal olarak yetiştiği ülkeler şekil 1.1'de yeşil ile işaretlenmiştir.



Şekil 1 Bambu yetişen yerlerin küresel dağılımı [4].

Bambu, geniş bir dağılım yelpazesine ve çok çeşitli habitatlara sahiptir. Bambu normalde sıcaklığın 8°C ila 36°C arasında değiştiği ve yıllık 1020 ila 6350 mm yağış alan bölgelerde

bulunur. Bazı bambu türleri deniz seviyesinden 4000 m yüksekliğe kadar gelişebilir ve -20 °C'ye kadar düşük sıcaklıklara dayanabilir. En büyük bambu çeşitliliği, yaklaşık 590 bambu türü ve 44 cins ile Asya'da bulunmaktadır. Çoğu, ılıman bambu ormanlarının, Dünya'daki en fazla sayıda bambu türünü Çin'de bulunmaktadır. Odunsu bambu cins ve türlerinin çoğu Güney ve Güneydoğu Asya'ya özgü olup bu bölge, ekonomik değeri yüksek yaklaşık 150 türe sahiptir. Bambu çeşitliliği açısından en zengin ikinci bölge ise dünyadaki tüm bambu türlerinin %39'luk payıyla Latin Amerika'dır. Özellikle Brezilya ve Kolombiya 100'den fazla farklı tür ile büyük bir çeşitlilik sunmaktadır [3-5]. Bambu ayrıca Sahra altı Afrika'da ve Amerika Birleşik Devletleri'nin güneyinden Arjantin ve Şili'ye kadar Amerika kıtasında da bulunur. Avrupa'da ise herhangi bir yerli bambu türü olduğu bilinmemektedir. Yüksekliği birkaç santimetreden 30 metreye kadar, gövde (culm) çapı 3 mm'den 25 cm'ye kadar değişir. Türe ve iklime göre yaşam süresi değişen bambu, son derece hızlı büyüyen bir bitki olup 4-7 yıl içinde hasatı yapılabilir [6]. Bambu bitkilerinin gövdeleri, düğümlerdeki bölmeler dışında çok güçlü ancak içi boştur. Bu iki özelliği bambunun özellikle Amerika, Asya, Afrika, Çinliler, Japonlar, Hint-Çinliler ve Batı Hintliler için günlük yaşamda büyük popülaritesini ve kullanılabilirliğini arttırmaktadır [7]. Bambu türleri Türkiye'ye ilk olarak 100 yıldan önce, ilk olarak Gürcistan'dan ve daha sonraları ise diğer ülkelerden getirilmiştir. Türkiye'de alan olarak çok önemli bir yer kaplamamaktadır. Türkiye'de en fazla bilinen bambu türleri (*Phyllostachys*) 30-40 sene önce getirilmiş olan *Pleioblastus* ve *Sasa* türleridir. Ülkemizde bazı bambu türleri özellikle kırsal kesimlerde erozyonu kontrol etmek amacıyla dikilmektedir. Ülkemizde ton bazında bambu miktarı 2000 yılında 110.4 olup daha sonraları örneğin 2005 yılında 157.3-ton olarak tespit edilmiş ve hektar başına 14.3-ton olarak belirtilmiştir [8-9]. Şekil 1. 2'de ülkemizde bambunun yetiştiği yerler ve türleri gösterilmiştir.



- *Phyllostachys bambusoides* Sieb. & Zucc. (A2,A5,A7,A8,A9)
- *Phyllostachys pubescens* Mazel ex H de leh (A8)
- *Pleioblastus simonii* Nakai (A8)
- *Phyllostachys nigra* var. *Henonis* Muroi. (A7,A2)
- + *Sasa veitchii* Rchd. (A2)

Şekil 1.2. Türkiye’de bulunan bambu türlerinin yetiştiği yerler [8 -9].

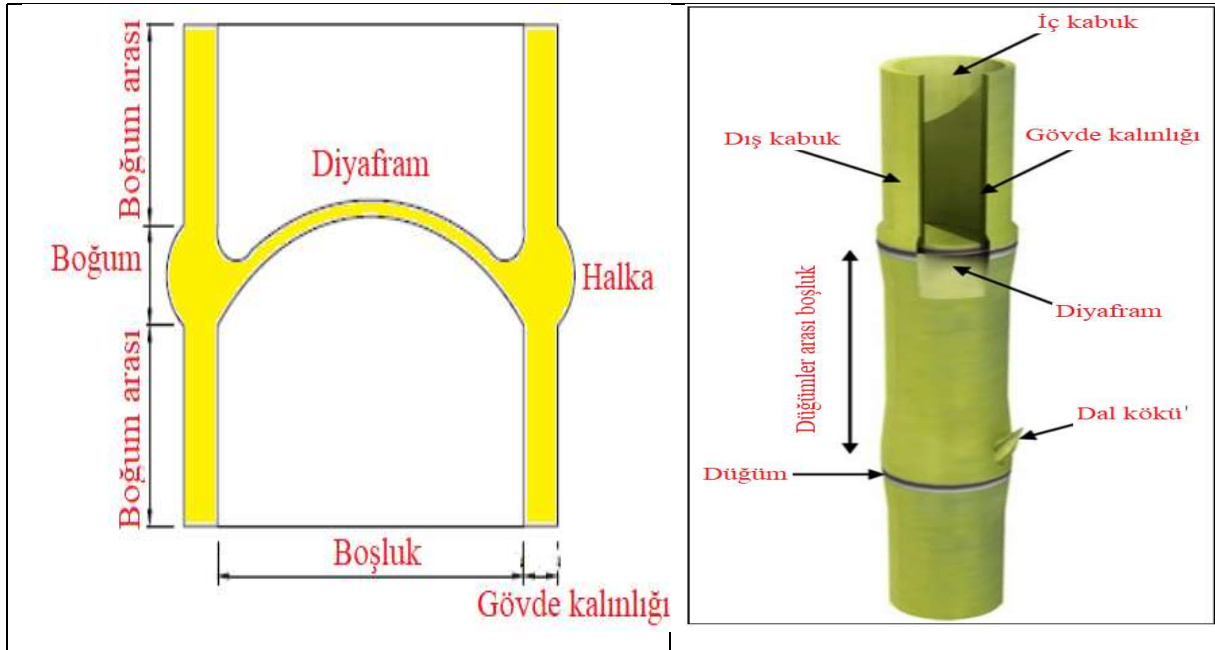
Bambu güzel bir yapıya sahiptir ve benzer özellikleri ve özellikleri paylaşan diğer bitki ve ağaçlardan benzersizdir. Bambunun en önemli özelliği, çoğu türün 60 ila 120 yıl gibi uzun aralıklarla çok seyrek çiçek açmasıdır. Bu türler, popülasyondaki tüm bitkilerin aynı anda çiçek açtığı toplu çiçeklenme adı verilen şeyi sergiler. Çiçeklenme bambu bitkisinin ölmesine neden olduğundan, bu fenomen birçok türün ticarileştirilmesini kısıtlamıştır. Vejetatif olarak üretilen bitkilerde çiçeklenme modelini tahmin etmek neredeyse imkansızdır. Ancak çiçeklenme olayı gerçekleşir ve fidan kullanılırsa türe bağlı olarak 60-120 yıl daha çiçeklenme beklenmemektedir [10].

Bambu bitkisi, endüstriyel kullanım için sapın en yararlı kısmı olduğu köksapı, sapı, yaprakları, çiçekleri ve meyveleri içerir. Bambu kültürü üç bölümden oluşur: gövde, gövde tabanı ve gövde yaprak sapı. Uzunluğu, çapı, gövde duvar kalınlığı ve boğum sayısı farklı bambu türlerine göre değişir [7-11].

Gövde, bir bambu bitkisinin en gözle görülür ayırt edici özelliğidir. Gövde boyut, şekil, renk ve hatta koku bakımından değişebilir. Görünümleri kalın veya ince, uzun veya kısa, dik veya bükülmüş olabilir. Bambu gövdelerinin çoğu yeşil olmasına rağmen kahverengi, siyah, sarı veya çizgili de olabilirler. Yaprığın anatomisi bir bıçak, kılıf ve ligule içerir. Yapraklar ilk olarak, neredeyse tamamen kılıfı oluşturdukları köksapta bulunur. Bu aşamada yapraklar, köksapı yeraltında ilerlerken örtmek için koruyucu bir örtü görevi görür. Kanat, güneş ışığını

enerjiye çevirerek bitkinin fotosentetik işlevini sağlar. Yaprakların görünümü, bambunun tanımlanmasında büyük rol oynar [12].

Gövde her zaman düzdür ve düğümler ve iç düğümler içeren görünür parçalara sahip koni veya elips koni şeklindedir. Düğümlerin içi oyuktur ve gövde boşluklarını oluşturur. Boşlukların etrafındaki duvara gövde duvarı denir. Gövde duvarının kalınlığı, farklı türlere göre büyük ölçüde değişir. Halkalar arasındaki kısım düğümün kendisidir. Düğümler, bambunun daha düz olmasına yardımcı olur ve ayrıca su ve besin içerirler [7-11]. Şekil 1.3'te düğümler ve boğumlardan oluşan bambu kültürlerinin bir bölümünü göstermektedir. Gövde tabanı, bambu sapının alt kısmıdır; kök sistemi ile bağlantı kurmak için toprağa uzanır. Kök tabanı çok sayıda kısa bölümden oluşur ve çap oldukça önemlidir. Bazı bambu türlerinin gövde tabanlarında, filizlere ve ardından bambu saplarına dönüşen on adede kadar alternatif tomurcuk vardır. Bambunun endüstriyel kullanımında, özellikle bambu esaslı panel yapımında büyük gövdeli bambu türleri seçilir [2-13].

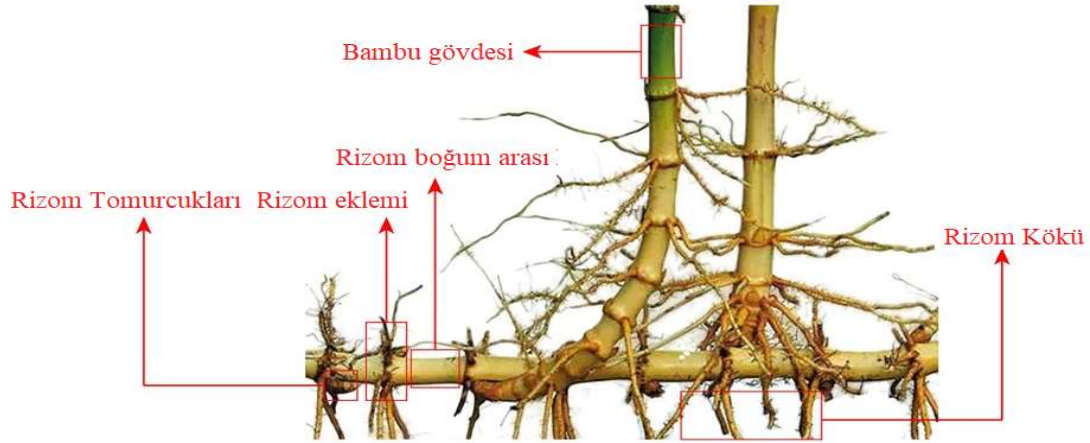


Şekil 1.3. düğümler ve boğumlardan oluşan bambu kültürlerinin [2].

Gövde veya kültür, düğümlerle düzenli aralıklarla bölümlere ayrılmıştır. Düğüm, duvarların burkulmasını önlemeye yardımcı olan gövdenin iç kısmında bir diyafram olarak kendini gösterir. Düğümler arasındaki boşluk internode olarak bilinir (Şekil 3); düğümler arası boşluk kültür boyunca ve türler arasında değişir. Boğumlar arası selüloz lifleri ve vasküler demetler, culm4'ün uzunluğuna paralel uzanırken, düğümlerde kesişirler ve bir kısmı nodal diyaframa geçer. Doğal verimlilik için, bu liflerin sayısı iç kısma kıyasla kabaca altı kat daha fazladır

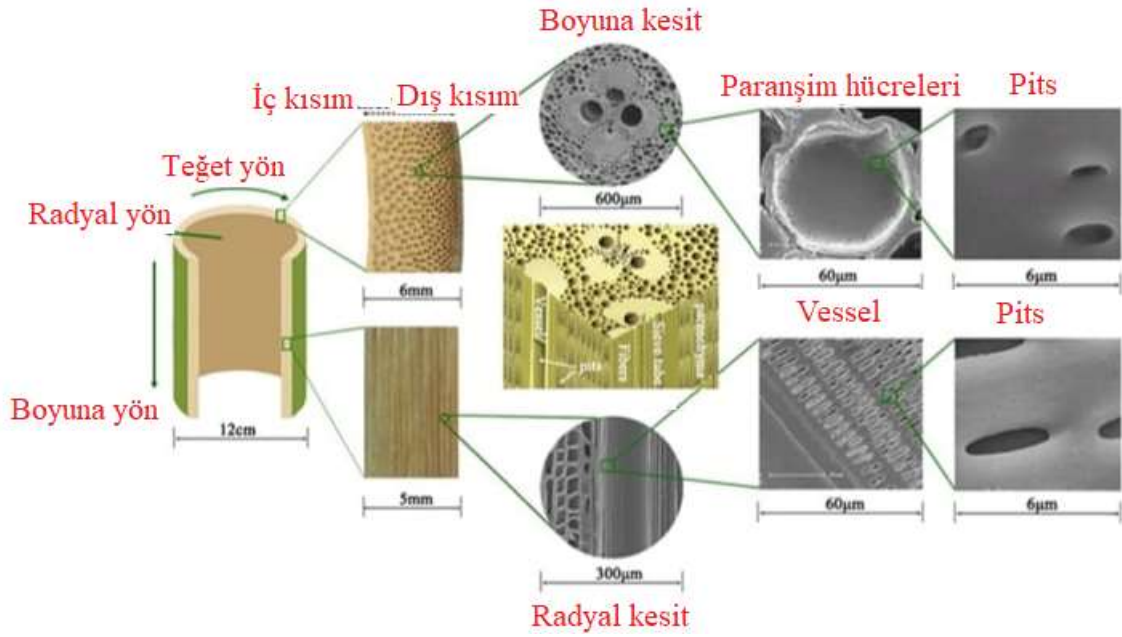
(Şekil 3), bu da onu hem daha yoğun hem de dışarıya doğru daha güçlü hale getirir. Kerestede olduğu gibi, paraşim adı verilen zayıf bir matris (öncelikle ligninden yapılı) bu güçlü lifleri çapraz olarak bir arada tutar4 ve normalde, özellikle liflere dik gerilimde ve kesmede bir bambu sapının gücünü yöneten bu malzemedir. Selülozun etrafında koruyucu bir kabuk sağlayan, nispeten geçirimsiz olan yaklaşık 0,25 mm kalınlığında sert bir silika tabakasıdır. Bambu kuru yoğunluğu tipik olarak yaklaşık 500-800 kg/m³'tür, ancak bu hem sapın uzunluğu boyunca hem de duvarın kalınlığı boyunca belirtildiği gibi değişebilir [2].

Bir bambu bitkisinin ana bileşenleri arasında rizomlar, kökler, kültürler, dallar, yapraklar ve çiçekler den oluşmaktadır. Rizomlar, toprağın altına doğru uzanan yatay gövdelerdir. Rizomlar toprağa yayıldıkça, büyüme için birincil besinleri toplar ve depolarlar [14]. Rizomların görünüm ve yapısı şekil1.4'te gösterilmiştir [15].



Şekil 1.4. Rizomların görünüm ve yapısı [15].

Bambu kütükleri farklı katmanlardan oluşan duvarları olan bir tüp şekline sahiptir. Bambu duvarın dış tabakasına epidermis adı verilir, iç tabaka korteks olarak bilinir ve kısa hücrelerde konsantre edilmiş yüksek oranda lignin ve silika içeriğine sahiptir. Epidermisin altında paraşim hücreleri adı verilen damar demetlerin bulunur. Bambu duvarın en iç kısmı oldukça odunlaşmıştır ve hücreler yoğun bir şekilde düzenlenmiştir [16]. Şekil 1.5'te bambunun yapısının ve yönlerinin şematik görünümü



Şekil 1.5. Bambunun yapısının ve yönlerinin şematik görünümü [17].

Gövdenin özellikleri anatomik yapısı tarafından belirlenir. Gövde üzerinde iç ve dış kısımda olmak üzere düğümler bulunmaktadır. Düğüm noktalarında hücreler aksel olarak yönlendirilirken, düğüm noktalarında hücreler enine ara bağlantıları sağlar. Düğümler arasında ışınlar gibi radyal hücre elemanları yoktur. Düğümler içinde damarlarda yoğun bir dallanma meydana gelir. Bunlar ayrıca radyal olarak iç doğru bükülürler ve düğüm diyaframları boyunca enine iletim sağlarlar, böylece gövdenin tüm parçaları iç içe geçmiş olur. Gövdenin dış kısmı iki epidermal hücre tabakasından oluşur, iç kısım daha kalın ve oldukça odunsu görünür. En dıştaki hücrelerin yüzeyleri, hidroksil asitlerin mum polimer kaplaması ile kütinize bir tabaka ile kaplanmıştır [18]. Gövdenin yaklaşık %50 paranşim, %40 lif ve %10 iletken dokulardan oluştuğunu ve türlere göre bazı farklılıklar gösterdiğini belirtmiştir [18]. Hücrelerin yüzde dağılımı ve yönü, kültür içinde hem paralel hem de dikey olarak belirli bir konfigürasyon gösterir. Gövdenin dış kısmında damar demetleri daha küçük ve daha çok, iç kısımlarında ise daha büyük ve daha az sayıdadır [13].

Bambu ile üretilen malzemelerin dayanıklılığını etkilediği için kimyasal bileşimi büyük önem taşımaktadır. Bambu kültürlerinin ana organik bileşenleri, toplam kütlede %90'ından fazlasını oluşturan başlıca selüloz ($\pm\%55$), hemiselüloz ($\pm\%20$) ve lignin ($\pm\%25$) olmak üzere ahşabinkine benzerdir. Bambu sapının farklı kısımlarına ve aynı bambu sapının farklı yaşlarına

göre değişen küçük bileşenler reçineler, tanenler, mumlar ve inorganik tuzlardır. Bununla birlikte, ahşapla karşılaştırıldığında, bambu daha yüksek alkali özütleyicilere, kül ve silika içeriğine sahiptir [12]. Gövdenin olgunlaşmasından sonra kimyasal bileşim büyük ölçüde sabit kalmaktadır. Bambuda; sıcak su çözünürlüğü %10,73, %8,85, alkol benzen çözünürlüğü %6.,6 %5.48, %1'lik NaOH çözünürlüğü %29,43, %27.04, holoselüloz miktarı %71.04, %71,39, α-selüloz miktarı %43,10, %42,24, pentozan miktarı %23,79, %25,48, ve kül oranı da %1,52, %1,47dir. [19]. Bambu malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri

Kesilmemiş ve büyüyen bir bambunun ortalama rutubet miktarı oldukça yüksektir. Rutubet miktarı mevsimlere ve farklı türlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Kesme yaşındaki bir bambunun ortalama rutubet miktarı yaklaşık %90 civarındadır [20]. Bambu malzemenin denge rutubet miktarı, atmosferin sıcaklığına ve nemine göre değişir. Bambu denge rutubet miktarı, lif yoğunluk noktasının altına düştüğünde fiziksel özellikleri, özellikle mukavemeti etkileyebileceğinden çok önemlidir. Rutubet azaldığında, mukavemet artar ve bunun tersi de geçerlidir. Bambunun denge rutubet miktarı yapısal bir eleman olarak kullanımı için de belirleyici faktördür. Rutubet miktarının fazla olası mantarları ve delici böcekleri kolayca çektiği için bambu malzemenin ömrünü de kısaltmaktadır. Bambudaki hızlı çürüme süreci, yüksek su içeriğinin bir sonucudur. Bambu, yüksek besin içeriği nedeniyle diğer ağaç ve otlara göre böcek saldırılarına daha yatkındır. Bambu bitkisinin yüksekliği boyunca rutubet miktarı da sabit değildir, dolayısıyla fiziksel ve mekanik özellikleri de yüksekliğe göre değişmektedir [21]. Yoğunluk, ahşabın ve dolayısıyla bambunun mukavemetinin en iyi ve en basit belirleyicisidir. Artan yoğunlukla birlikte güç de artar. Yoğunluk ve dayanıklılık ilişkisi, özelliklere ve türlere göre değişir. Bambu malzemesinin temel yoğunluğu (tüm gövde ağırlığı / yeşil bambu hacmi) 0,40- 0,9 g/cm³ aralığındadır ve bu esas olarak damar demetlerinin yoğunluğuna ve bileşimlerine bağlıdır. Kural olarak, bambu sapının yoğunluğu içten dışa ve aşağıdan yukarıya doğru artar. Gövde duvarının iç katmanlarının yoğunluğu, gövdenin büyümesi ve duvar kalınlığı ile artarken, dış katmanlar sadece biraz değişir. Düğümlerin yoğunluğu, iç düğümlerinkinden daha yüksektir ve alt düğümler üst düğümlere göre daha yüksek yoğunluğa sahiptir [22]. Bambuda çekme, kesimden sonra kurutma işleminde suyun buharlaşmasının bir sonucunda oluşur. Çekme miktarı, lif doyma noktasının altında kaybedilen nem ile orantılıdır. Ayrıca damar demetleri ve paraneşim hücreleri gibi erişilebilir hücre duvarı malzemelerinin miktarına, yani bambunun yoğunluğuna bağlıdır. Çekme miktarı bambunun farklı yönlerine göre (radyal, teğet ve boyuna) göre değişir. Boy yönünde çekme miktarı ağaç

malzemede olduğu gibi az olmasına rağmen, teğet ve radyal yönde çekme ise birbirlerine benzer şekildedir [12]. Bambu'nun mekanik özellikleri, kütlelerini deforme etmeye çalışan dış kuvvetlere karşı direncinin ölçüsüdür. Bu tür kuvvetlere karşı direnç, yüklemenin büyüklüğüne ve şekline (çekme, sıkıştırma, kesme, bükme, vb.) bağlı olacaktır. Bambu mukavemeti türe, nem içeriğine, yoğunluğa, yaşa ve sap yüksekliğine bağlıdır [23]. Gövde duvarlarının sertleşmesi nedeniyle bambunun dayanıklılığı yaşlandıkça artar. Yaş artışıyla birlikte olgun dokuların gelişmeye başlar. Bambu olgunlaştıkça, gövde duvar kalınlığının sertleşerek maksimum güç sağlar. Bambu yaklaşık üç yılda olgunlaşır; maksimum gücüne ulaşır [18]. Rutubet miktarındaki düşüşle birlikte mekanik özellikler artar.

Bambu, ahşaba alternatif olarak kabul edilebilmesi için, ahşabın sergilediği çeşitli mekanik özelliklerle önemli ölçüde uyum gösterebilmelidir. Bambu, ahşaba benzeyen heterojen ve anizotropik bir malzeme türüdür. Bu nedenle mekanik özellikleri son derece dengesizdir ve bazı açılardan ahşaptan daha dengesizdir [24]. Bunun nedeni; damar demetlerinin düzensiz dağılımı, farklı yükseklik ve pozisyonlarla bağlantılı olarak değişen yoğunluk, kuruma sırasında çekme ve mukavemet azalması olarak açıklanabilir. Genel olarak damar demetlerinin gövde duvarının dış kısmındaki dağılımı iç kısımdan çok daha yakındır, bu nedenle dış kısmın mukavemeti daha yüksektir [25]. Bambu gövde duvar kalınlığı alt kısımdan itibaren yoğunluğu artar, dolayısıyla mukavemeti de aynı yönde artar. Rutubet miktarındaki fark fiziksel ve mekanik özellikleri de etkiler. Ahşabın rutubet miktarı sindeki %12'den %6'ya ve %20'ye bir değişiklik sırasıyla basınç dayanımını %35 oranında artırabilir veya azaltabilir, bu da daha yüksek rutubet miktarının basınç dayanımı üzerinde zararlı etkiye sahip olduğunu gösterir [26]. Düğüm kısımları ile düğümler arası kısımların fiziko-mekanik özellikleri farklıdır. Örneğin, düğümlerin gerilme mukavemeti, düğümlerinkinden daha azdır. Bambu sapının fiziksel ve mekanik özellikleri yaşla birlikte değişme eğilimindedir. Normalde, 2 yıllık bir bambu malzeme daha yumuşak ve daha düşük mukavemete sahipken, 4 ila 6 yıllık bir bambu malzeme daha sert ve yüksek mukavemetlidir. Ancak 7 yaş ve üzeri bambu malzemeler kırılabilir ve çok düşük mukavemetlidir. Bambu malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri radyal, teğet ve uzunlamasına yönlerde farklıdır [24].

Bambu, yavaş ve öngörülebilir bir oranda kömürleştiği ve aynı zamanda zayıf bir ısı iletkeni olduğu için ateşte keresteye benzer şekilde davranır, böylece kömürleşmiş tabakanın arkasındaki bambu neredeyse zarar görmez. Sınırlı yangın testleri yapılmış olmasına rağmen, kereste için olanlara benzer yanma hızları (örneğin 0,6 mm/dakika) varsaymak mümkündür ve

kulp duvarları çok ince olduğundan, yalnızca birkaç dakika yandıktan sonra ince duvarların yanacağı sonucuna varmak mümkündür. Hızla gücünü kaybetmeye başlayacak. Bu, görsel olarak açıkta kalan bir bambu yapının yalnızca çatılar ve muhtemelen tek katlı binaların duvarları gibi yangına dayanıklılık gerekliliğinin olmadığı durumlar için uygun olacağı anlamına gelir [2]. Bambu, el işleri, sepetler, mobilya ve genel ticari ürünlerin üretiminde yaygın olarak kullanılan, hızlı büyüyen bir bitki olup, silindirik yapıda, genellikle içi boş, hafif ve işlevsel olarak derecelendirilmiş bir malzemedir. Bambu, kereste yerine en iyi alternatif olarak kabul edilebilir. Bambu, inşaatlarda kafes giriş elemanları oluşturmak için kullanıldığı [27] konut ve köprü inşaatı için önemli bir hammadde olduğu [28], iskele, fiber takviyeli kompozitler ve köprüler dahil olmak üzere çok çeşitli mühendislik ve inşaat inşaatı uygulamalarında [29] biyomalzeme olarak [7], kağıt hamuru ve kağıt üretiminde [30] kullanılmaktadır.

1. 2. Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler

Ağaç malzeme, Dünya'nın en çabuk erişilebilir ve uyarlanabilir yapı malzemelerinden biridir ve işlenmiş ağaç malzeme ürünlerdeki yeni gelişmeler, bunların temel olarak yük taşıyıcı olarak kullanılmasına olanak tanımıştır [31-32]. Ağaç malzeme, eski çağlardan günümüze kadar insanların varoluşunda büyük bir rol üstlenmiştir. Mühendislik ürünü ağaç malzeme (MAM), ekosistem yapı malzemeleri için en mükemmel ve zararsız ürünler arasındadır. Bu malzemeler yenilenebilir bir kaynaktan verimli bir şekilde üretilirler. Geliştirme aşamasında olan mühendislik ürünü ağaç malzeme ürünleri çok çeşitli boyut ve şekillerde üretilebilirler. Mühendislik ürünü ağaç malzemeler terimi, soyulmuş, yontulmuş veya dilimlenmiş kaplamalar veya şeritler kullanılarak üretilen geniş bir ağaç malzeme esaslı ürün kümesini kapsamaktadır. Mühendislik ürünü ağaç malzemeler aynı boyuttaki masif ahşaba kıyasla daha yüksek yük taşıma yeteneklerine sahip olduklarından daha iyi performans gösterme eğilimindedir. Bunun nedeni, ağaç malzemedeki olağan budak ve çatlaklar gibi özellikler üretim süreci içerisinde giderildiğinden veya dengelenmesinden kaynaklanmaktadır [33]. Mühendislik ürünü ağaç malzemeler daha tekdüze ve öngörülebilir yapısal özelliklere sahip malzemelerdir.

Mühendislik ürünü ağaç malzeme (MAM) kaplama, talaş, kereste, yonga, şerit ve liflerin yapısal veya yarı yapısal tutkallar kullanarak uygun sıcaklık ve basınç derecesinde yapıştırılmasıyla üretilirler ve genellikle “Engineered Wood Products (EWP)” olarak bilinirler. Bu ürünler yapısal kompozit keresteler (Structural Composite Lumber), yapısal odun levhalar (Structural Composite Boards), tabakalanmış ağaç malzeme (Glued Laminated Timber) ve -I- kirişler (Wood I- joist) olmak üzere dört ana kısma ayrılabilir [34; 35; 36; 37; 38]. Bu ürünlerin ağaç malzemeye göre avantajları, yüksek genişleme, mimari olarak daha büyük ve daha karmaşık yapısal bölümlerin üretimlerine diğer malzemelere göre daha fazla izin vermeleri, ağaç malzemenin direnç azaltan budak lif kıvrıklığı gibi istenmeyen özelliklerinin bu ürünlerde olmaması ve daha homojen mekanik özellikleri içermeleridir [39-40]. Mühendislik ürünü ağaç malzeme ürünleri, masif ahşabın yetersiz kaldığı durumlarda ahşabın kullanılmasına izin vererek, belirli ögelerin daha farklı bir kullanım sergilemesine yardımcı olur [41].

Mühendislik ürünü ağaç malzeme ürünleri, amaçlanan yapısal uygulamalarda geleneksel biçilmiş keresteden daha üstün olduğu kanıtlanmıştır [42-43]. Mühendislik ürünü ağaç malzeme ürünlerinin yapısal amaçlarla kullanımı daha ucuz malzemelerle daha düşük inşaat maliyeti, daha hızlı inşaat süresi, enerji artırılmış malzemeler kullanılmayarak ozon tabakasına daha düşük zarar vermeleri, sismik yükler altında rakipsiz uyum ve daha iyi enerji uygulaması/verimliliği sağlamaları gibi birçok ekstra avantajları da bulunmaktadır. Mühendislik ürünü ağaç malzeme ürünleri diğer ürünlere kıyasla çok büyük avantajlar sağlar. Çelik, beton ve alüminyum gibi ürünlerin, üretim ve ekstraksiyon sırasında oluşan enerji ve karbon dioksit ve diğer kirlenici emisyonları açısından avantajı oldukça fazladır [44].

1.2.1 Tabakalanmış Ağaç Malzeme

Tabakalanmış ağaç malzeme veya Glulam, mühendislik ürünü ağaç malzeme ürünlerinin en temel ve en eski çeşidi olup ve ahşabın ve geleneksel biçilmiş kerestenin yapısal kullanımlarının artmasına öncü olmuştur [45-46]. Masif biçilmiş kereste, son derece büyük boyutlar için erişimle sınırlıdır ve deformasyonlar nedeniyle yeterli değildir. Tabakalanmış ağaç malzeme, gövde çapraz alanının boyutu, gövdenin uzunluğu ve mevcut yapısal deformasyonlarla ilgili olarak büyük biçilmiş ahşabın kullanımına ilişkin sınırlamaları ortadan kaldırmıştır. Bu ürünün üretimi, yeni yüzyılın devriyle birlikte Avrupa'da, 1940'larda ABD'de ve 1952'de Kanada'da başlamıştır [47]. Ürünün üretiminde kullanılacak kerestelerin birbirlerine daha iyi yapışmasını sağlamak amacıyla hidrolik pres kullanılır. Tabakalama işlemi için boyutlandırılmış keresteler

seçilerek kullanılır ve kereste lif yönleri tabakalama işlemi sırasında bitmiş ürünün boy yönüne paralel olacak şekilde olmasına özen gösterilir (Şekil 1.6). Tabakalama işleminde kullanılan keresteler boyut olarak farklılık gösterebilir ancak kalınlıkları iki inç'i geçmez. Tabakalanmış ağaç malzemenin uzunluklarını artırmak için kullanılan kerestelerin boyları parmak birleştirme ile birbirlerine eklenir. Son zamanlarda, elyaf takviyeli polimerler, bazı tabakalanmış ağaç malzeme üretiminde kullanılmaya da başlanmıştır. Elyaf takviyeli polimerler, tabakalanmış ağaç malzemenin performansını artırır ve bazı uygulamalarda ekonomik fayda sağlar. Tabakalanmış ağaç malzeme genellikle lentolar, aşıklar, mahya kirişleri ve döşeme kirişleri dahil olmak üzere düz kirişler, yuvarlak, kare ve karmaşık kesit içeren kolonlar, kavisli kirişler ve çatılarda kullanılır. Lamine kaplamalı kereste Tabakalanmış ağaç malzemenin yüksek mukavemeti, ara kolonlar olmadan büyük mesafeler kat etmesini sağlayarak geleneksel ağaç malzeme konstrüksiyona göre maksimum tasarım esnekliği sağlar. Tabakalanmış ağaç malzeme çeliğin üçte ikisi ve betonun altıda biri ağırlığındadır [48; 49; 50; 51; 52; 53].



Şekil 1.6. tabakalanmış ağaç malzeme

1.2.2 Çapraz lamine kereste (CLT)

İnşaat sektörü, yeni, çok kapsamlı mühendislik ürünü ağaç malzeme kompozitleri kullanmaya başlamıştır. Çapraz lamine kereste inşaatta ağaç malzeme ürünlerinin kullanımını önemli ölçüde genişletmek için olağanüstü potansiyele sahip, kısmen yeni bir ağaç malzeme (Şekil 1.7) üründür [54]; [55-56]. Çapraz lamine kereste, yapısal dereceli yumuşak ağaç malzeme levhaların çeşitli katmanlarının üst üste yapıştırılması ile oluşturulur. Levhaların her tabakası kontrplak üretiminde olduğu gibi lif yönleri bitişik tabakalara dik olarak yapıştırılır, böylece dış tabakalar aynı orta tabakalar ise farklı oryantasyona sahip olur. Çapraz lamine keresteler,

döşeme levhaları, taşıyıcı duvar ve perde duvar olarak bina projelerinde kullanım alanı bulmaktadır [57-58]. Çapraz lamine keresteler, yüksek dayanım özellikleri ile çok katlı yapılarda kullanılabilen hazır bir yapı malzemesi olarak değerlendirilebilir. Çapraz lamine kereste mükemmel termal performansı olan ve çeşitli ekolojik avantajlar sağlayan ve son kullanım uygulamaları için üretilmiş bir üründür. Çapraz lamine kereste kullanmanın en büyük avantajı, tasarımın ve üretiminin hızlı olmasıdır. Çapraz lamine kereste, çok katlı binaların çerçevelerinde beton levhaların yerini alabilir. Çapraz lamine kerestenin ağırlığı betondan yaklaşık 4 kat daha az olması nakliye maliyetini azaltır [59].



Şekil 1.7. Çapraz tabakalanmış kerestenin genel görünümü

1.2.3 Lamine kaplamalı kereste (LKK)

Tabakalanmış ağaç malzeme ve çapraz lamine kereste; üretiminde levha şeklinde kerestelerden üretilirken, lamine kaplamalı kereste (Şekil 1.8) kaplama levhalarından üretilirler. Lamine kaplamalı kereste (LKK), üretiminde kaplamalara yarı yapısal veya yapısal tutkallar uygulanır ve sertleşene kadar ısı ve basınç altında preslenir. Lamine kaplama kereste, pencere ve kapılarda başlık, Ozemin ve çatı çerçeveleri için yüksek mukavemetli, yük taşıyan kirişler olarak vekiriş/kolon bileşenlerini olarak kullanılır [60]. Bu ürünün üretiminde de kullanılan kaplamaların lif yönünde birbirlerine paralel olarak sıralanır [61]. Lamine kaplamalı kereste homojen bir yapıda üretilmektedir.



Şekil 1.8. Lamine kaplamalı kereste (LKK)

1.2.4 Lamine şerit kereste (LŞK)

Lamine şerit kereste (LŞK) genellikle ağaç malzemedен elde edilen şeritler kullanılarak üretilir. Lamine şerit kereste, küçük boyutlu, sağlam veya yeterince düz olmayan hızlı gelişen ağaç türleri kullanılarak üretilir. Bu amaçla, kabuğu soyulmuş kütüklerden elde edilen 300 mm boyunda şeritlere elde edilir. Bu şeritler daha sonra kurutulur ve tutkal püskürtülerek, buhar enjeksiyonunu içeren bir işlemle büyük kütükler halinde preslenir (Şekil 1.9). Kütük 140 mm kalınlığa, 2,4 m genişliğe ve 10 metre uzunluğa kadar olabilir. Zımparalamanın ardından, başlıklar, zemin çerçeveleri için kenar kirişleri gibi uygulamalarda kullanılabilen ölçülerde ölçülendirilirler. Lamine şerit kereste sütunlar, kirişler ve dikme, kapılar, pencereler ve yüksek kaliteli kereste gerektiren çeşitli doğrama işleri için, kamyon kasaları, pencere ve kapı başlıkları gibi bazı yapısal uygulamalarda kullanılır [62-63].



Şekil 1.9. Lamine şerit kereste (LŞK)

1.2.5 Paralel şerit kereste (PŞK)

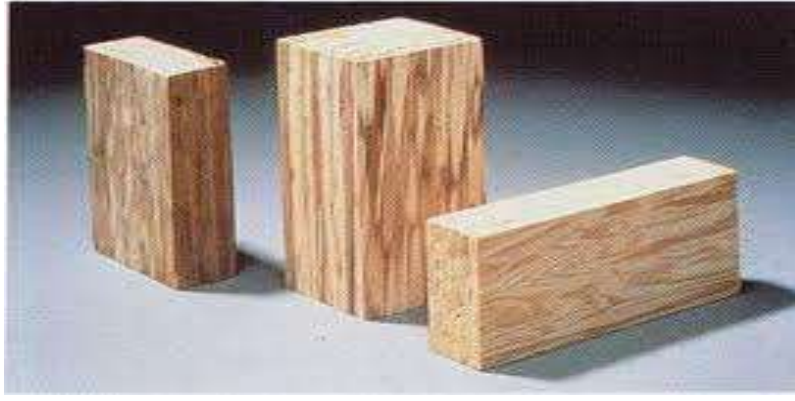
Genellikle Parallam olarak bilinen Paralel şerit kereste (PŞK), büyük boyutlu kerestenin (kirişler, kalaslar ve direkler) yerini alması için tasarlanmıştır. Paralel şeritli kereste Kanada'da geliştirilmiş ve 1980'lerin sonunda piyasaya sürülmüştür. PŞK çok sayıda kalınlık ve genişlikte gelir ve 20 metre uzunluğa kadar üretilir (Şekil 1.10). Şeritler çoğunlukla soyulmuş kaplamalardan kesilerek alınır. Kaplamalar %11 nem içeriğine kadar kurutulur ve şeritler halinde doğranmadan önce mukavemet açısından gözden geçirilir. Daha sonra birbirine paralel olarak ayarlanır, su geçirmez yapıştırıcı ile kaplanır, preslenir. Konut inşaatlarında, ticari bina inşaatlarında kolon, kiriş, başlık olarak, köprü inşaatlarında taşıyıcı eleman olarak kullanılır [64; 65; 66; 67].



Şekil 1.10. Paralel şerit kereste (PŞK)

1.2.6 Yönlendirilmiş Yonga Kereste (OSL)

Yönlendirilmiş Yonga Kereste (OSL) ağaç malzemeden elde edilen yongalarının son ürünün boyuna paralel olarak yönlendirilip, yarı yapısal veya yapısal tutkallar püskürtüldükten sonra ısı ve basınç altında preslenmesi ile elde edilen bir üründür [68]. Üretiminde lamine şerit kereste (LŞK)'ye benzeyen bu ürün üretiminde daha kısa boyutlu yongalar kullanılır. Yongalar aynı kontrplak teknolojisinde olduğu gibi katmanlardan oluşur ve katmanlara yerleştirilen yonga lif yönleri birbirlerine zıt açı yapacak şekilde yerleştirilir [69]. Yönlendirilmiş yonga kereste (Şekil 1.11), mühendislik ürünü ağaç malzemelerin en yeni ürünüdür. Bu üründe kullanılan şerit boylarının 15 cm olması odun kaynaklarının daha etkin kullanılmasının yolunu açmıştır ([35]).



Şekil 1.11. Yönlendirilmiş Yonga Kereste (OSL)

1.2.7 Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB)

Yönlendirilmiş yonga levha (OSB) ilk olarak 1964 yılında Kanada'da üretilmiştir. 1980'lerin ortalarından beri yönlendirilmiş yonga levha mükemmel özellikleri nedeniyle konut sektörlerinde yapısal inşaat için en yaygın kullanılan tasarlanmış ağaç malzeme esaslı panellerden biri olmuştur. Yönlendirilmiş yonga levha (OSB) küçük çaplı kereste kütüklerinden dilimlenmiş ve ısı ve basınç altında yapısal bir yapıştırıcı ile birbirine yapıştırılmış ağaç malzeme şeritlerden üretilmiş bir yapısal paneldir. Bu ürünün üretiminde yonga lifleri aynı kontrplak teknolojisinde olduğu gibi birbirlerine dik açı yapacak şekilde yönlendirilmektedir. Yönlendirilmiş yonga levha, nemin etkilerine karşı direnci arttırılmış çeşitli sınıflarda üretilmektedir (Şekil 1.12). Yönlendirilmiş yonga levha hem ticari hem de konut binalarında duvar kaplaması, zemin altı döşemesi, çatı kaplaması ve I-kiriş için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca mobilyalarda, kamyon ve treylerlerin zeminlerinde de kullanılmaktadır [70;71;72].



Şekil 1.12. Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB)

1.2.8 Yapısal kontrplak

Kaplama ile yapılan en iyi bilinen yapı malzemelerinden biri kontrplaktır. Dünyanın her yerinden kolayca temin edilebilen bir malzemedir. Kontrplak, bazı hafif yapı malzemeleri için çatı ve zemin kaplaması, beton kalıp, ağaç malzeme kiriş ağırları ve teknelerin çerçeveleri için de kullanılır. Kontrplak diyaframlarda ve perde duvarlarda olduğu gibi yerçekimi yüklerine veya yatay yüklere karşı koymak için kullanılabilir. Kontrplak, tek sayıda katmanlar halinde düzenlenen istiflenmiş kaplamalardan üretilir, üst ve alt katmanların lif yönleri levhanın uzun boyutuna göre düzenlenir ve yapıştırıcı olarak yapısal tutkallar kullanılır (Şekil 1.13). Kaplama yönlerinin çapraz şekilde yerleşimi güç, sertlik ve genişleme sağlar [73]. Duvarlar ve çatılar için kontrplak kullanımı masif ağaç malzeme levhaların kullanılmasına kıyasla ev inşaat maliyetinin azaltılmasına sebep olur.



Şekil 1.13. Yapısal kontrplak

1.2.9 Ahşap I kirişler

Ahşap I kirişler, boyutlarına ve ağırlıklarına göre büyük bir dayanıklılığa sahip, tasarlanmış ağaç malzeme ürünlerdir. Ahşap I kirişler, ağaç malzeme flanşlar ile fiber levha ve kontrplak kirişlerin birbirine yapıştırılmasıyla birleştirilen bir mühendislik ürünü ağaç malzemedir. Kirişin flanşları lamine kaplama kereste veya parmak eklemli masif ağaç malzeme keresteden yapılabilir. Kirişi oluşturan ağ kısmı ise kontrplak, lamine kaplama kereste veya yönlendirilmiş yonga levhadan yapılabilir. Ahşap I kirişler 25 metre uzunluğa kadar uzanabilir (Şekil 1.14). Konut ve ticari inşaatlarda zemin, yapının çatısı ve dış duvar çerçeveleri olarak kullanılır. I-

kirişlerin avantajı, kerestede meydana gelen eğilme, bükülme, çarpılma veya ayrılma gibi olasılıklarının daha düşük olmasıdır [74].



Şekil 1.14. Ahşap I kiriş

1.3.Yapıştırıcılar

Bir yapıştırıcının özelliklerinin, yalnızca son kullanım yerine göre yapıştırılmış malzemenin hizmet göreceği koşulların ihtiyaçlarını karşılaması değil, aynı zamanda yapıştırma işlemi koşulları ile uyumlu olması gerekir. Genellikle ahşap yapıştırıcılar yapısal tipte olup yapısal, yarı yapısal ve yapısal olmayan olarak (Tablo 1) sınıflandırılabilirler. Yapıştırıcılar yapısal, yarı yapısal ve yapısal olmayan kullanımının yanı sıra kalıcılık ve dayanıklılıklarına göre de sınıflandırılabilirler [75]. Yapıştırıcıların ticari olarak kullanılan yapıştırma koşulları ile uyumlu olması gerekir. Isıyla sertleşen yapıştırıcılar, oda sıcaklığında yavaş kürlenmeleri, ahşap bileşenlerin yapıştırıcı ile kaplanıp montaj için bir araya getirilmesine zaman tanınmaları, Isı ve nem yardımıyla bitişik ahşap yüzeylerin yakın temasına izin vermeleri ve ısıtıldıklarında hızlı bir şekilde sertleşip; basınç serbest bırakıldığında geri yaylanmayı azaltmalarından dolayı mühendislik ürünü ağaç malzemelerin imalatıyla uyumludurlar [76]. Orman endüstrisi ürünleri genel olarak yapıştırma işlemine dayanmaktadır. Bu ürünlerin üretim süreci büyük oranda odun kaplamalarını, şeritlerini, liflerini, yongalarını ve küçük parçalarını tutkallayıp yapıştırma işlemi üzerinde geliştirilmiştir. Bu durum orman endüstrisinde sentetik tutkalların yaygın olarak kullanılmasını zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Günümüzde orman endüstrinde elde edilen ürünlerin %80 veya daha fazlasında tutkal kullanılmaktadır. Aynı zamanda dünyada üretilen bütün yapıştırıcıların hacimce yaklaşık %70 orman endüstrinde tüketilmektedir [77].

Tablo 1. Orman endüstrisinde kullanılan tutkalların sınıflandırılması

Orman endüstrisinde kullanılan tutkalların sınıflandırılması [78] (Vick, 1999)		
Yapısal özellik	Kullanım şartları	Tutkal türü
Yapısal	Tamamen dış kullanım koşullarına uygun	Fenol formaldehit tutkalı Resorsin formaldehit tutkalı Fenol- resorsin formaldehit tutkalı İzosiyanat tutkalı Melamin formaldehit tutkalı Melamin-üre-fenol formaldehit tutkalı
	Sınırlı dış kullanım koşullarına uygun	Melamin-üre formaldehit tutkal Üre formaldehit tutkalı Epoksi tutkalı Kazein tutkalı
Yarı yapısal	Sınırlı dış kullanım koşullarına uygun	Poliüretan tutkalı Polivinil asetat tutkalı
Yapısal olmayan	İç dış kullanım koşullarına uygun	Polivinil asetat tutkalı Hayvansal tutkallar Soya tutkallar Hot-Melt tutkalı

Türk standartlarından TS 93 yapıştırıcıları, yüzeylerini birleştirmek suretiyle değişik maddeleri birbirine bağlayan veya tutturan, inorganik veya organik, sentetik maddeler olarak tanımlanmaktadır. Orman endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bazı tutkal çeşitleri Şekil 1-1'de gösterilmiştir. Bu yapıştırıcılar dolgu özelliklerine göre iki kısma ayırmaktadır. Dolgu özelliği olmayan yapıştırıcılar, yapıştırılacak yüzeylerin uygun bir basınç yardımıyla temas haline getirilmesiyle kullanılan, yapışma filmi kalınlığının 0,15mm'yi aştığı durumlarda kullanılmaması gereken yapıştırıcılardır. Dolgu özelliği olan yapıştırıcılar ise imalattaki küçük yüzey kusurlarının bulunması veya yeterli basınç uygulanmasının mümkün olmaması durumlarında yakın veya sürekli temasın sağlanamadığı veya sağlandığı yüzeylerin yapıştırılmasında kullanılan ve 1,3 mm'ye kadar olan yapışma filmlerinde mukavemeti yeterli olan yapıştırıcılardır (TS 93,1994).

1.3.1. Fenol Formaldehit Yapıştırıcılar

Fenol formaldehit (FF) yapıştırıcılar, 20. yüzyılın başında geliştirilen en eski sentetik polimer sınıfında olan yapıştırıcılardır. Bu yapıştırıcılar, ahşaba iyi yapışmalarından, polimerin yüksek mukavemetinden ve yapıştırıcının mükemmel stabilitesinden kaynaklanan olağanüstü dayanıklılıkları nedeniyle hem laminasyonlarda hem de kompozitlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Genel olarak, fenol formaldehit yapıştırıcılar, maliyet ve ısıyla sertleşme süreleri sorun değilse, çoğu ahşap uygulamasının yapıştırma ihtiyaçlarını karşılayabilirler [79].

Tüm bu yapıştırıcılar için fenol, sertleşme işlemi sırasında daha fazla polimerizasyona uğrayabilen bir reçine üretmek için uygun koşullar altında formaldehit veya bir formaldehit öncüsü ile reaksiyona sokulur. Önpolimerlerin iki temel tipi vardır; formaldehit/fenol (F/P) oranı 1'den küçük olan ve genellikle asidik koşullar altında yapılan novolak olarak adlandırılır ve F/P oranları 1'den büyük olan bazik koşullar altında yapılan rezol olarak adlandırılır. Bunlar ilk bakışta asit ve baz işlemleri benzer gibi görünse de kimyasal reaksiyonlar ve polimer yapıları oldukça farklıdır. Ahşap yapıştırıcı uygulamalarının çoğu için, iyi ahşap ıslatma özelliklerine sahip çözünür bir yapıştırıcı sağladıkları ve sertleşme, ürünün montaj süresini sağlayan ısı ile aktive olana kadar geciktirildiği için, resol reçineleri kullanılır [80-81]. Resol reçineleri genellikle 7 ila 13 pH'ta formaldehit: fenol oranı 1.0 ila 3.0 olan alkali hidroksitler kullanılarak yapılır. Novolak reçineleri, pH 4 ila 7'de tipik formaldehit-fenol oranları 0,5 ila 0,8 olan asidik

koşullar kullanılarak yapılır. Novolak oligomerleri suda düşük çözünürlükleri ve yüksek asitlikleri nedeniyle genellikle ahşabın yapıştırılmasında kullanılmazlar [76].

Fenol formaldehit yapıştırıcılar daha çok dış ortam şartlarında kullanılacak ağaç malzemeler ve suya dayanıklı kontrplak üretiminde kullanılır. Bu tutkalının rengi koyu kırmızımsıdır ve piyasada sıvı ve toz ya da film şeklinde mevcuttur. Dolgu maddeleri ve hızlandırıcılar katılabilir [82]. Fenol formaldehit yapıştırıcıların suya karşı dayanıklılıklarının fazla olması, aşınma dirençlerinin ve sertliklerinin fazla olması, hızlı kurumaları, mükemmel genişleme, mükemmel direnç kaynaklı, mükemmel nem direnci, ısı dirençlerinin yüksek olması, mükemmel kimyasal dirence sahip olmaları en önemli avantajlarıdır. Buna karşın kırılma olmaları, pahalı olmaları, geri dönüşümlerinin olmaması en önemli dezavantajlarıdır [83].

1.3.2. Resorsinol ve Fenol-Rezorsinol Formaldehit Yapıştırıcılar

Rezorsinol-formaldehit (RF) reçineleri, reaksiyonda 10 kat daha hızlı olmaları nedeniyle Fenol formaldehit yapıştırıcılara oda sıcaklığında kürlenebilme avantajına sahiptir. Resorsinol 1,3-dihidroksibenzendir ve ekleme reaksiyonu için formaldehit ile reaksiyona doğru 2-, 4- ve 6-pozisyonlarını aktive etmede aromatik halka üzerindeki iki hidroksil grubunun birleşik etkisi nedeniyle çok reaktiftir [84]. Her iki adımın aktivasyonu, hızlı bir modifikasyona ve polimerizasyona yol açar. Fenol ve resorsinolün üç reaktif bölgesi olduğundan, ısıyla sertleşen bir yapıştırıcı oluşturmak üzere çapraz bağlanabilirler. Resorsinol, oda sıcaklığında formaldehit ile iyi bir şekilde kopolimerize olur. Bu nedenle, formaldehit-rezorsinol oranının çapraz bağlı olmayan bir novalak polimeri yapmak için yeterince düşük olması önemlidir. Ancak aynı zamanda sertleşmeyi tamamlamak için yapıştırıcıyı ahşaba uygulamadan hemen önce bir formaldehit sertleştiricinin eklenmesini gerektirir. Rezorsinol-formaldehit kimyası, fenol-formaldehyde benzer, ancak reaksiyon hızları, ısı uygulanmasına gerek kalmayacak kadar hızlıdır [76]. Fenol-formaldehit yapıştırıcılar gibi, bu yapıştırıcılar da çok dayanıklı bağlar oluşturur. Hem bağ kopmasına hem de bozulmaya karşı dirençlidirler. Resorsinol yapıştırıcıların ana dezavantajı, resorsinolün maliyetidir. Maliyeti düşürmek, ancak oda sıcaklığında sertleşme özelliklerini korumak için fenol-rezorsinol-formaldehit (PRF) yapıştırıcılar geliştirilmiştir [85-86].

13.3. Üre Formaldehit Yapıştırıcılar

Üre-formaldehit (UF) yapıştırıcılar çok düşük maliyetli, yanmaz, çok hızlı kürleme oranı ve açık renge sahip olmaları gibi olumlu yanlarına rağmen bağlarının suya dayanıklı olmaması ve yapıştırıcıdan formaldehit gelişmeye devam etmesi gibi olumsuz yanları da vardır. Üre-formaldehit yapıştırıcılar, amino reçinelerin en geniş sınıfında olup genellikle iç sınıf kontrplak ve yonga levha üretiminde yaygın olarak kullanılan yapıştırıcılardır. Üre-formaldehit yapıştırıcılarının kimyası birkaç adım içerir; ilki formaldehitin üreye nötr veya bazik koşullar altında eklenmesidir Hidroksimetil bileşikleri daha sonra hafif asidik koşullar altında reaksiyona girer ve üre moleküllerinin bizmetilen eter veya metilen köprüleri ile bağlandığı yağ yakıcılar oluşturmak için ısı verir (Şekil 3) Uygulama için istenen moleküler ağırlığa ulaşıldıktan sonra, pH yükseltilerek ve soğutularak polimerizasyon yavaşlatılır. Reçineden formaldehit emisyonlarını azaltmak için genellikle ek bir üre yükü eklenir. Üre-formaldehit yapıştırıcılar ısı kürü sırasında bir asit katalizörü üreten gizli bir asit katalizörü içerir. Gizli katalizörler, sırasıyla amonyak ve sülfürik veya hidroklorik asit oluşturan amonyum sülfat veya klorür gibi tuzlar olabilir. Bu asitler ve ısı, Üre-formaldehit yapıştırıcıların hızla sertleşmesine neden olarak UF yapıştırıcıya arzu edilen hızlı sertleşme özelliklerini verir. Üre-formaldehit yapıştırıcılar, diğer yapıştırıcılardan daha kısa pres sürelerine yol açarak hızla güç geliştirir. Kimya ve formülasyonun çok daha karmaşık olması, burada kimyanın açıklanması ve anlaşılması için yer olmaması, ticari olarak kullanılan verimli ürünlere yol açmıştır [76-84]. Üre-formaldehit yapıştırıcıların önemli bir dezavantajı zayıf su direncidir; bu dezavantajı Üre-formaldehit yapıştırıcıları iç mekân uygulamalarıyla sınırlandırır. Bir diğer dezavantajları ise üre-formaldehit (UF) yapıştırıcıların, sürekli formaldehit emisyonu ile sonuçlanan depolimerize olduğuna inanılmaktadır [87-88].

1.3.4. Melamin Formaldehit Yapıştırıcılar

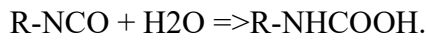
Fenol ve resorsinol ile yapılan formaldehit yapıştırıcılar gibi, melamin-formaldehit (MF) yapıştırıcılar da kabul edilebilir su direncine sahiptir, ancak diğerlerinden çok daha açık renklidirler. Melamin-formaldehit yapıştırıcılar en yaygın olarak dış ve yarı dış kontrplak ve yonga levha ve parmak birleştirme işlemleri için kullanılır. Diğer bir önemli kullanım alanı ise laminatların yapımında arkalık olarak kullanılan kâğıt tabakalarının emprenye edilmesi içindir. Kâğıt emprenye için reçineler birçok açıdan (polimerizasyon derecesi, kopolimerleştirici katkı maddelerinin eklenmesi, viskozite, vb.) farklıdır [84]. Melamin-formaldehit yapıştırıcıların

dezavantajları melamin maliyeti nedeniyle yüksek maliyetleridir. Bu, melamin-formaldehit yapıştırıcıların su direncinin çoğuna sahip olan ancak önemli ölçüde daha düşük maliyetle melamin-üre-formaldehit (MUF) yapıştırıcıların kullanılmasına yol açmıştır. melamin-üre-formaldehit (MUF) yapıştırıcılar, melamin-üre oranına bağlı olarak, daha düşük dayanıklılığa sahip daha ucuz bir melamin-formaldehit (MF) yapıştırıcıların veya daha iyi su direncine sahip daha pahalı bir üre-formaldehit yapıştırıcı olarak düşünülebilir [89]. Melamin-üre-formaldehit (MUF) yapıştırıcıları, bazı dış mekân uygulamaları için kullanılan diğer yapıştırıcıların yerini alabilir [88].

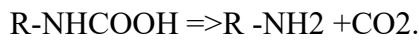
1.3.5. Polimerik Difenilmetan Diizosiyanat

İzosiyanat yapıştırıcılar, yüksek reaktiviteleri ve bağlamadaki verimlilikleri nedeniyle diğer yapıştırıcılara göre artan bir kullanım göstermiştir. Polimerik difenilmetan diizosiyanatlar (pMDI), ahşap yapıştırmada yaygın olarak kullanılır [90]. Bu yapıştırıcılar monomerik difenilmetan diizosiyanat ve metilen köprülü poliaromatik poliizosiyanatların bir karışımıdır. Yapıştırıcının yüksek maliyeti olması dezavantajının yanısıra, hızlı reaksiyon hızı, kullanım verimliliği ve yapıştırılması zor yüzeylere yapışma yeteneği gibi avantajları vardır. PMDI bir homopolymer oluşturur, ancak aktivasyon için suya ihtiyaç duyar. Kimyası birkaç adımdan oluşur bunlar:

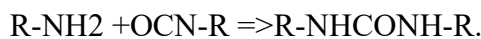
1-İzosiyanat önce suyla reaksiyona girerek bir karbamik asit oluşturur:



2-Kararsız karbamik asit bir amin oluşturmak için karbondioksit verir:



3- Amin daha sonra başka bir izosiyanat grubu ile reaksiyona girerek bir üre oluşturur:



4-Üre moleküllerinden bazıları izosiyanat ile reaksiyona girerek bir biüre oluşturur:



Bu mekanizmalar tarafından gösterildiği gibi, izosiyanat su ile reaksiyona girdiğinde, reaksiyon için yeterli izosiyanat olduğu sürece işlemin geri kalanı hızlı ilerler. Yeterli su, yüksek su içeriği

göz önüne alındığında ahşap için bir sorun değildir, ancak diğer bazı alt tabakaların düzgün bir şekilde yapıştırılması için ıslatılması gerekir. Bununla birlikte, yüksek su seviyeleri, çok fazla amin grubu üreterek polimer oluşumunu engelleyebilir, ancak ahşap yapıştırma durumunda durum böyle bulunmamıştır. Karbondioksit çıkış gazı, yapıştırıcıda mukavemeti azaltabilen boşluklar oluşturduğundan sorun olabilir. Genel olarak, bu reaksiyonlar normal koşullar altında geri alınmaz ve izosiyanat bağlı ahşabın iyi bir bağ bütünlüğüne yol açar. PMDI'nin kompozit yüzey ile etkileşimi, fenol-formaldehit gibi diğer ahşap yapıştırıcılardan oldukça farklıdır. Diğer ahşap yapıştırıcılara kıyasla pMDI'nin düşük polaritesi ve düşük viskozitesi, ahşaba çok hızlı nüfuz etmesine yol açar [90]. Normalde pMDI yapıştırıcılarının benzersiz özellikleri avantajlar sağlar. Hızlı polimerizasyonu ve yüksek su seviyelerinde bağ oluşturma yeteneği, OSB levhaların orta kısımları için kullanılmasına yol açmıştır. Yüksek nem içeriğine sahip ahşapla bağ oluşturma yeteneği, aynı zamanda pMDI'nin ıslak kerestenin yapıştırılmasında kullanılmasına da yol açmıştır. Ahşap dışındaki yüzeylere zayıf bağlayıcı olan birçok ahşap yapıştırıcının aksine, pMDI metal kaplama plakaları veya baskı baskı levhaları dahil olmak üzere diğer malzemelere çok iyi bağlanır [88].

1.3.6. Emülsiyon polimer izosiyanatlar

Emülsiyon polimer izosiyanatlar genellikle kullanımdan önce karıştırılan ve panel yapıştırma, plastiklerin ahşap yüzeylere yapıştırılması ve I-kirişler yapmak için OSB ağını flanşa yapıştırmak için kullanılan iki parçalı yapıştırıcılardır. Bileşenler, suyla emülsifiye edilebilir bir izosiyanat ve hidroksi işlevli bir emülsiyon lateksidir. Emülsiyon, uygulama kolaylığı için düşük bir çözelti viskozitesini korurken daha yüksek moleküler ağırlıklı polimerlerin kullanılmasına izin verir. İzosiyanat emülsifiye edilebilir olduğundan, lateksle karıştırıldığında kolayca dağılır ve su ahşaba ayrılırken hidroksi grupları ile temas geçer. Tüm iki bileşenli sistemlerde olduğu gibi, yeterli karıştırma önemlidir. Yapıştırıcı sertleşirken iki bileşen arasında poliüretan grupları oluşur. Hidroksi işlevselleştirilmiş ön polimer, çapraz bağlanmayı kontrol etmek için hem omurga yapısında hem de hidroksi gruplarının sayısında değiştirilebilir. Bu yapıştırıcılar, formülasyona bağlı olarak oldukça dayanıklı bağlar oluşturabilir; bazılarının iyi su direnci sağladığı bilinmektedir. Plastikleri ve diğer ahşap olmayan alt tabakaları yapıştırma yeteneği, bu reçinelerin diğer birçok ahşap yapıştırıcıya göre bir avantajdır. Daha yüksek maliyet ve kullanımdan önce iki bileşeni karıştırma ihtiyacı dezavantajlarıdır [76;91].

1.3.7. Poliüretan Yapıştırıcılar

Poliüretanlar, özel uygulamaya bağlı olarak seçim ile bir veya iki bileşenli sistemler olabilir. İyi bir ıslanma elde etmek için bileşenlerin moleküler ağırlığının düşük olması veya iyi bir ıslanma için viskoziteyi azaltmak üzere bir solventin eklenmesi gerekir. İzosiyanat bileşenlerinin düşük moleküler ağırlığı, aşırı uçuculuğa ve sağlık sorunlarına yol açtığı için istenmez. Tek bileşenli sistem, kalan izosiyanat gruplarına sahip izosiyanatla işlevselleştirilmiş bir polimerdir. Bu gruplar nemle reaksiyona girerek diğer izosiyanat gruplarıyla reaksiyona girerek omurgayı ve çapraz bağlanma bağlantılarını oluşturan aminlerin oluşmasına neden olur. İki bileşenli yapışkanın bir izosiyanat kısmı ve bir izosiyanatla reaktif kısmı vardır. Yapıştırmadan hemen önce bu iki bileşenin iyi karıştırılması çok önemlidir. Bu ürünlere yönelik pazar, bazı uygulamalarda marjinal ahşap arızası seviyeleri nedeniyle bir şekilde sınırlı kalmıştır. İyi güçleri, esneklikleri, darbe dirençleri ve birçok alt tabakayı yapıştırabilmeleri nedeniyle diğer birçok yapıştırma pazarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar [76].

1.3.8. Epoksi Yapıştırıcılar

Epoksi yapıştırıcılar ve kaplamalar, iyi çevresel dirençleri ve ahşap, metaller, plastikler, seramikler ve beton dahil olmak üzere çok çeşitli yüzeylere bağlanma yetenekleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Çoğu ahşap yapıştırıcısından daha pahalı oldukları ve bazı durumlarda dayanıklılıkları sınırlı olduğu için ahşap yapıştırmada daha az kullanılırlar. Öte yandan, ortam sıcaklığında kürlenene, iyi boşluk doldurma kabiliyetine sahip ve diğer birçok yüzeye yapışan yapısal yapıştırıcılardır. Bu nedenle, ahşabı diğer malzemelere yapıştırmada ve hasarlı ahşap yapı elemanlarının yerinde onarımında kullanımları için epoksiler incelenmeye devam etmektedir. Maliyetin yanı sıra, epoksilerin ana sınırlaması, dayanıklı bağlar gerektiren uygulamalar için kabul görmemeleridir [76].

1.3.9. Polivinil ve Etilen-Vinil Asetat Yapıştırıcılar

Bu su bazlı yapıştırıcılar, poli (vinil asetat), PVA ve poli (etilen-vinil asetat), EVA, ahşap ve kağıt ürünlerinin bitmiş ürünlere montajında geniş kullanım alanı bulmaktadır. Yaygın beyaz tutkal (PVA) ve EVA dispersiyonları, esas olarak mobilya yapımı gibi ahşap yapıştırma için kullanılır. Önceden şekillendirilmiş polimerler sertleşmek için herhangi bir ısı gerektirmez, uygun maliyetlidir ve kullanımı kolaydır. Su bazlı yapıştırıcılar, ahşap veya kağıt ürünü tarafından emilen (ve sonunda atmosfere salınan) su tarafından ayarlanır ve ahşabı içeren imalat ve inşaat operasyonlarında geniş kullanıma yol açar. Bu ürünler kürlenmedikleri için yüksek nem seviyelerinde güçlerinin çoğunu kaybederler. PVA ve EVA dispersiyonlarını yapma süreçleri birçok açıdan benzerdir [92-93].

1.3.10. Hibrit Yapıştırıcılar

Hibrit malzeme üretiminin hızla büyüyen uygulama alanlarından biride hibrit yapıştırıcı üretimidir. Geleneksel yapıştırıcıların performansını artırmak, hafifletmek, ömrünü uzatmak, üretim aşamaları azaltmak, fiyatını azaltmak, yeni uygulama alanları geliştirmek gibi birçok sebepten dolayı hibrit yapıştırıcı teknolojisi gelişmektedir [94]. Hibrit yapıştırıcılar, iki veya daha fazla yapıştırıcı çeşidinin belirli oranlarda birbirlerine kombine edilmesi ile mevcut yapıştırıcıların direnç özelliklerini geliştirmek ve odun kompozit malzemelere işlevsellik kazandırmak gibi birçok avantaja sahiptirler. Son yıllarda çeşitli yapıştırıcıları birbirlerine değişik oranlarda karıştırılarak elde edilen hibrit yapıştırıcıların reolojik, viskometrik, penetrasyon ve kuruma özelliklerinin yanı sıra, kimyasal olarak ve morfolojik özellikleri üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır [95]. Üre formaldehit yapıştırıcısı genellikle içmekan uygulamalarında (örneğin: mobilya üretiminde veya rutubetsiz ortamlarda) kullanılmaktadır. Bu tutkalın rutubete direncini arttırmak için içerisinde belirli oranlarda melamin veya fenol formaldehit yapıştırıcısı katılarak modifiye edilebilir. Bu güçlendirme işlemi MUF, MUPF, PMUF karışımları şeklinde ve farklı oranlarda olabilir. Melamin üre formaldehit yapıştırıcısı sertleştirici katılmış üre formaldehit yapıştırıcısından daha düşük pH oranına sahiptir. Üre formaldehit yapıştırıcısına sertleştirici katmamak ise jelleşme süresinin ve sıcak pres süresinin artmasına sebep olur. Bu karışıma katılacak melamin içeriği ne kadar yüksek olursa hazırlanan yapıştırıcının rutubet ve suya karşı dayanımını o kadar arttırmaktadır. Bu karışımlardaki ikili mol oranı şeklinde olabileceği gibi üçlü mol oranı ile karakterize edilebilir [89]. Melamin üre fenol formaldehit MUPF yapıştırıcıları ise genellikle DIN 68763 ve EN 312-5 standartlarında

Üretilen yüksek rutubet Şartlarında yük taşıyıcı olarak kullanılan yonga levhaların üretimlerinde kullanılmaktadır. Bu karıŐımda fenol oranı oldukça azdır. Fenol miktarının çok daha yüksek olduğu MUPF yapıştırıcıları karışımları (PMF / PMUF) ya çok az veya hiç üre içermemektedir. Bu yapıştırıcıların moleküler yapısının analizi fenol ve melamin arasında yoĐunlaŐma olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni, reaksiyonun gerçekleŐtirildiĐi pH koşulları bağlı olarak, fenol metilol ve melamin metilolun farklı reaktivite olmasıdır [89].

Bu çalışmanın amacı ; bambu Şeritleri kullanılarak üretilen paralel Şerit kerestelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine tutkal türünün (PMDİ ve %5 oranında Polil ilave edilmiş PMDİ) etkilerine araŐtırmaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mühendislik ürünü ağaç malzemelerden olan tabakalanmış şerit kereste, yönlendirilmiş şerit yonga kereste, paralel şerit kereste oldukça yeni bir ürün olduğundan dolayı üretimi sınırlı bir şekilde yapılmaktadır. Bu nedenle önceki çalışmalar kısmında bu ürünlerin hakkında yapılan sınırlı sayıda çalışmalar bulunmaktadır.

İki farklı optik tekniği kullanılarak paralel şerit kerestenin boşluklarının belirlenmesi isimli bir çalışmada iki farklı kamera yardımı ile Douglas çamından elde edilen şeritler kullanılarak imal edilmiş paralel şerit kerestenin yapısındaki boşluk oranları tespit edilmiştir. Bu çalışmada iki görüntü sistemi (video kamera ve kenar tarama kamerası) kullanılarak paralel şerit keresteden alınan bir kesitteki boşluk alanları hesaplanmış ve boşluk alanlarının ortalama 2.90% ve 1.66% arasında olduğunu tespit etmişlerdir [96].

Emprenye edilmiş paralel şerit kerestenin mekanik ve fiziksel Özellikleri isimli çalışmada paralel şerit kereste kullanılarak üretilmiş bir köprünün 2 yıl hizmet sonrası performansı değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre paralel şerit kerestenin köprü imalatı için uygun olduğu ve aynı zamanda demiryolu travers bağlantılarında bu ürününün kullanılabileceği ve üretilen traverslerin masif odundan yapılanlara göre daha üstün çivi tutma kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir [97].

Bazı kompozit ağaç malzemelerin sertlik özelliklerinin belirlenmesi isimli çalışmada tabakalanmış kaplama kereste, paralel şerit kereste ve yönlendirilmiş şerit yonga kerestenin sertlik özellikleri araştırılmış ve araştırma sonucunda bu malzemelerin sertliklerinin keresteye göre daha iyi olduğu belirlenmiştir [98].

Paralel şerit kereste kırılmaya karşı direncinin belirlenmesi isimli çalışmada 18 adet paralel şerit kereste test numunesi kullanmıştır. Test numunelerinin makaslama, eğilme ve darbe yüklerine maruz kaldığında; eğilme oranının hassas olduğu, darbe direnci sırasında bölgesel

zararlar oluştuğu ve çok aşırı yükleme oranında dirençte azalma meydana geldiği tespit edilmiştir [99].

Sugi ağacından elde edilen şeritlerle üretilmiş paralel şerit kerestenin mekanik özellikleri isimli çalışmada yoğunlukları 0.4, 0.6, 0.8 ve 1.0 gr/cm³ olan paralel şerit keresteler bazı mekanik ve fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. Deney sonuçlarına göre yoğunluktaki artışa paralel olarak mekanik özelliklerde artış meydana geldiği, yoğunluğu 0.6 gr/cm³ olan paralel şerit kerestenin eğilme direnci 839 kgf/cm² ve eğilmede elastikiyet modülü 116 kgf/cm² tespit edilmiştir. Yoğunluğu 0.6 gr/cm³ üstünde olan paralel şerit kerestenin olan düzgün yüzeylere sahip olduğu, yzeyleerde katlanma oluşmadığı, eğilmede elastikiyet modülü ve eğilme direncinde yönlere bağımlı olmadığı ancak liflere dik basınç direnci, makaslama direnci, su buharı ile kalınlıka artma miktarı üzerine %5 etki gösterdiği bu yüzden, PşK'ye genişleme yzdesisini arttırmak için emprenye maddesi gerektiğini tespit etmişlerdir [100].

İskele kurdu saldırısına uğramış paralel şerit kereste panellerinin özellikleri isimli çalışmada am ve göknar odunları kullanılarak üretilmiş paralel şerit keresteler bakır-krom-arsenik ve amonyak-bakır-çinko-arsenik ile emprenye edilmiş deney gurubu ve edilmemiş kontrol grubu test örnekleri 7 yıl boyunca deniz suyuna maruz bırakılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre emprenye edilmemiş test örnekleri am keresteye göre daha üstün bir performans sergilemiştir. Emprenye edilmiş test örnekleri ise yapıldıkları keresteye ve emprenye edilmemiş paralel şerit keresteye göre daha üstün performans göstermiştir [101].

Yapılan bir başka çalışmada am ve kavak odunları kullanılarak hazırlanan PşK örneklerinde; güney çamı örneklerinde yoğunluk değerı 0.68 gr/cm³ iken sarı kavak odunundan hazırlanan örneklerde yoğunluk değerı 0.62 gr/cm³ tespit edilmiştir. Rutubet miktarı ise bu türler için sırasıyla %7,72 ve %7,58 olarak tespit edilmiştir [102].

Paralel şerit kerestenin çivi tutma direncinin araştırılması isimli araştırmada bu malzemenin çivi tutma direnci incelenmiştir. Deney sonuçları kompozit malzemenin parçalarına ve yoğunluklarına ve kompozit malzemeyi oluşturan liflerin yapı içerisindeki yönlere bağlı olarak değişiklik gösterdiği ve kavaktan yapılan paralel şerit kerestede 6,5 cm boyundaki ivil birleştirme için 5,2 ile 6,2 kN aralığında olduğu bulunmuştur [103].

Kauçuk odunundan üretilen yönlendirilmiş şerit kerestenin mekanik özellikleri ve şerit boyunun bu özelliklere etkisi isimli çalışmada ise 1 mm kalınlığında rubberwood odunundan

elde edilen kaplama levhalarından yongalar elde edilmiştir. Elde edilen yongalar 15 mm genişliğinde ve üç değişik boyda 50 mm, 100 mm ve 150 mm kesilmiştir. Elde edilen yongalar fırınlara konularak %12 rutubet miktarına ulaşması için 24 saat, bir fırında bekletilmiştir. Bu yongaların üzerine ağırlığın %5 oranında tutkal püskürtülmüştür. Elde edilen yongalar elle yönlendirilerek taslak haline getirilmiştir. Prese hazır hale gelen taslaklar için Tüm kademelerde pres sıcaklığı 150°C olacak şekilde ayarlanarak üç kademe presleme yapılmıştır. Birinci kademe presleme 9 MPa basınçla 8 dakika süre ile uygulanmıştır. Daha sonra ilk kademe basınç 8 dakika sonra bu basınçta 3.5 MPa, basınca düşürülüp 8 dakika daha bekletilmiştir. Elde edilen numunelerin fiziksel (özgül ağırlık ve rutubet miktarı) ve mekanik özellikleri (liflere dik, liflere paralel basınç ve eğilme dirençleri) test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar OSL nin elde edildiği keresteye göre fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirdiğini ve yonga boyunun uzun olmasının bu sonuç üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. [104].

Rubberwood odunun artıklarından üretilmiş yönlendirilmiş şerit kereste” isimli çalışmada rubberwood odunundan elde edilen yongalarla yönlendirilmiş yonga kereste (OSL) üretilmiştir. Üretim için iki tür tutkal (PMDI ve PF) kullanılmıştır. Her tutkal türü için üç düzeyde (3, 6, 9%) parametreler belirlenmiştir. Yönlendirilmiş yonga kereste (OSL) üretimi için rubberwood odunundan elde edilen yongalar üç değişik boyda (60, 100, 140 mm) kullanılmıştır. Bu çalışmanın Sonucunda yönlendirilmiş yonga kereste (OSL) üretimi için Bulunan en uygun parametreler % 9PMDI tutkal içeriği ve 140 mm boy en uygun olarak bulunmuştur. Yönlendirilmiş yonga kerestenin (OSL) mukavemet özelliklerinin masif ağaca göre daha yüksek olduğunu göstermiştir [105].

Isıl işlem görmüş kauçuk odunundan üretilen yönlendirilmiş şerit kerestenin temel özellikleri ve termit direnci isimli yüksek lisans tezinde parawood odunundan elde edilen ısıl işlem görmüş şeritlerle yapılan yönlendirilmiş şerit kerestenin temel özellikleri ve termit direnci incelenmiştir. OSL'nin 30 ile 110 dakika zaman aralığında ve 130–190 °C arasındaki sıcaklıklarda ısıl işlem görmesinin fiziksel ve mekanik özelliklerini arttırdığını tespit etmiştir. Ancak sıcaklık 220 C⁰ çıktığında üretilen OSL'nin fiziksel ve mekanik özelliklerini şiddetli bir şekilde azalma olduğunu tespit etmiştir [106].

Kauçuk odunundan fenol formaldehit ve izosyanat hibrit tutkalları kullanılarak üretilen yönlendirilmiş şerit kerestenin özellikleri isimli çalışmada Fenol-Formaldehit (FF) ve Polimerik Difenilmetan Diisocyanate (MDI) tutkalları ve bu tutkalların 3 değişik oranda

karıştırılarak (25:75, 50:50 ve 75:25) kullanılarak üretilen yönlendirilmiş yonga Kereste (OSL) bazı fiziksel özellikleri. Fenol-formaldehit (FF) tutkalı MDI tutkalına göre daha yüksek bir iç yapışma oranına sahip olduğunu ve karıştırma tutkallar için, 75:25 FF: MDI oranındaki tutkal karışımının daha iyi performans verdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca MDI tutkalı ile yapıştırılmış OSL çok yüksek kalınlığına şişme yüzdesi tespit edilirken fenol formaldehit tutkalı ile üretilen OSL nin kalınlığına şişme yüzdesi çok düşük tespit edilmiştir. Kalınlığına şişme oranı düşük olan deney numunelerinin çok yüksek bir yapışma sağladığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak, eğilme direnci ve elastikiyet modülü kalınlık yönünde diğer yönlere göre daha yüksek bulunmuştur [107].

Fenol formaldehit/izosyonat tutkal karışımının rubberwood odunun artıklarından üretilmiş yönlendirilmiş şerit kerestenin özellikleri üzerine etkisi isimli çalışmada Fenol-Formaldehit (PF) ve Polimerik Difenilmetan Diisocyanate (MDI) tutkalları ve bu tutkalların 3 değişik oranda karıştırılarak (25:75, 50:50 and 75:25) kullanılarak üretilen yönlendirilmiş yonga Kereste (OSL) bazı fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Fenol-formaldehit (FF) tutkalı MDI tutkalına göre daha yüksek bir iç yapışma oranına sahip olduğunu ve karıştırma tutkallar için, 75:25 PF: MDI oranındaki tutkal karışımının daha iyi performans verdiğini tespit etmişlerdir Ayrıca MDI tutkalı ile yapıştırılmış OSL çok yüksek kalınlığına şişme yüzdesi tespit edilirken fenol formaldehit tutkalı ile üretilen OSL'nin kalınlığına şişme yüzdesi çok düşük tespit edilmiştir. Kalınlığına şişme oranı düşük olan deney numunelerinin çok yüksek bir yapışma sağladığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak, eğilme direnci ve elastikiyet modülü kalınlık yönünde daha diğer yönlere göre daha yüksek bulunmuştur [107].

Oduna alternatif olarak kullanılan tabakalanmış şerit levhaların özellikleri isimli çalışmada; Chrysophyllum sp odunundan elde edilen şeritlerle üretilen LŞK ve OSL'nin fiziksel ve mekanik özellikleri yine bu ağaçtan kesilen masif ahşapla karşılaştırılmıştır. Üretilen OSL üretiminde kullanılan şeritlerin boyu 15 cm LŞK üretiminde kullanılan şeritlerin boyu ise 30 cm boyunda idi. Elde edilen panellerin ASTM D 5456 standardına göre eğilme direnci, elastikiyet modülü, liflere paralel direnci, rutubet miktarı ve su alma miktarı (2 ile 24 saat) tespit edildi. Elde edilen verilere göre üretilen OSL ve LŞK panellerin fiziksel ve mekanik değerleri birbirlerine yakın olduğu ancak üretildiği ağacın bu özelliklerinden düşük olduğunu tespit ettiler. Ayrıca bu üretilen panellerin mekanik özellikleri üzerine şerit boyunun etkisi olmadığı belirlendi. Ancak kısa şeritlerden üretilen panellerin genişleme yüzdesisi uzun şeritlerden üretilen panellere göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir [108].

Isıl işlem görmüş Parawood odunundan üretilen yönlendirilmiş şerit kerestenin direnç özellikleri ve üretilebilirliği isimli araştırma yapılmıştır. Parawood odunundan laboratuvar tipi yongalama makinesinden (makinenin bıçak açısı 60 derece bıçak boyu 140 mm) yongalar (ortalama 0.70 mm kalınlık, 22 mm genişlikte ve 140 mm boyunda.) elde edilmiştir. Seçilen yongalar 30 dakika kaynar suda haşlanıp daha sonra 30 dakika süreyle 190°C sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra dönen bir diskin içine yerleştirilip yongaların üzerine pmdi tutkalı Yongaların fırın kurusu ağırlıklarının üzerine %9 oranında tutkal püskürtülmüştür. Kütüklerin imal edilmesinde soğuk ve sıcak pres kullanılmıştır. Soğuk pres 3 dakika süreyle bir 1 MPa çalışma basıncı kullanarak sadece bir adımda gerçekleştirilmiştir. Sıcak pres iki aşamada gerçekleşmiştir. İlk aşamada elde edilen taslaklar 2,5 MPa basınç ve 8 dakika boyunca bu yüksek basınç altında tutulmuş daha sonra ilk Basınç 1,25 MPa düşürüldü ve 10 dakika boyunca bu seviyede tutulmuştur. Elde edilen kütükler 65% rutubet ve 20oC kondisyonlanmış bu işlemin sonucunda eğilme direnci liflere paralel gerilme ve liflere paralel ve dik basınç direnci gibi fiziksel ve mekanik özellikleri test edilmiştir. Bu testler sonucunda ahşap yapılarda güvenle kullanılabilen bir yapı malzemesi olduğunu ortaya koymuşlardır [109].

Melez kavak klonundan iki farklı tutkal kullanılarak üretilmiş paralel şerit kerestelerinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri isimli tez kapsamında paralel şerit kereste deney numuneleri üretilmiştir. Deney numunelerinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmış ve paralel şerit kerestenin üretildiği malzemenin direnç özelliklerini arttırdığı, hızlı yetişen ağaç türlerinin bu ürünün üretiminde kullanılabilceği ortaya konulmuştur.

Buhar basıncı ile sıkıştırılmış lif kerestenin özellikleri üzerine etkisi isimli çalışmada 3-7 inç çapındaki lodgepole ve ponderosa çamının odunları kabukları soyulmuş kabukları soyulan tomruklar 54 C° sıcaklıktaki suda 6 saat bekletildikten sonra liflendirme makinesine yönlendirilmiştir. Liflendirme makinesinde elde edilen liflerin boyu 30 cm uzunlukta ve yaklaşık olarak 6 mm kalınlıkta lifler elde edilmiştir. Liflerin elde edilmesinden sonra elde edilen lifler 20% rutubet miktarına erişinceye kadar fırında bekletilmiştir. 20% rutubet miktarına erişen lifler üzerine ağırlıklarının 12% si kadar fenol formaldehit tutkalı püskürtülmüştür. Bu aşamadan sonra fenol formaldehit tutkalı püskürtülen lifler 6% ve daha az rutubet miktarına ulaşınca kadar fırında bekletilmiştir. Fırından çıkartılan lifler bir kalıp içerisinde buharlı preste preslenerek kütükler elde edilmiş ve kütüklerden elde deney numuneleri elde edilmiştir. Elde edilen deney numunelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri

araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre deneyde kullanılan her iki türünde fiziksel ve mekanik özellikleri yapıldığı odun türüne göre arttığı tespit edilmiştir [111].

Asya bambusundan (*Dendrocalamus asper*) odunundan Kompozit kereste üretimi ve yapışma kalitesi isimli çalışmada Asian bamboo (*Dendrocalamus asper Backer*) odunundan elde edilen yongalara Üç temel parametre (tutkal türü, pres sıcaklığı ve pres süresi) uygulanmıştır. Deney numunelerinin üretiminde bu parametrelerden tutkal türü olarak (MF, MUPF, PF) tutkalları, dört farklı sıcaklıkta pres sıcaklığı (150-170-190-210 °C) ve iki değişik presleme süresi (20 ile 300 s) uygulanarak elde edilen yönlendirilmiş yonga Kerestenin (OSL) tamponlama kapasitesi, pH değeri ve Yapışma kalitesi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre pH derecesi elde edilen deney numunelerinin değişik yerlerinde önemli bir farklılık göstermediğini ortaya koymuştur. Aynı zamanda yapışma kalitesinin pres süresi ve sıcaklığı arttıkça daha iyi olduğunu belirlemişlerdir. Asya bambu (*Dendrocalamus asper Backer*) odunundan elde edilen yongalar için en uygun tutkalın melamin formaldehit tutkalı olduğunu ortaya koymuşlardır [112].

Asya bambusundan (*Dendrocalamus asper Backer*) üretilen yönlendirilmiş şerit kerestenin fiziksel ve mekanik özellikleri isimli çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Asya bambusu (*Dendrocalamus asper Backer*) odunundan elde edilen yongalarla dört farklı tutkal türü (MF, MUPF, PF ve PMDI) ve üç değişik düzeyde (7, 10 ve%13) tutkal oranı kullanılarak üretilen yönlendirilmiş yonga Kerestenin (OSL) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri test edilmiştir. Elde edilen deney numunelerinin üretiminde kullanılan tutkal oranı arttıkça fiziksel ve mekanik özellikleri arttığını ve en iyi sonucun 13% pMDI tutkalı kullanılarak ve 750 kg/m³ yoğunlukta olduğunu belirtmiştir. Asian bamboo (*Dendrocalamus asper Backer*) odunundan elde edilen yongalarla üretilmiş OSL'nin mukavemet özelliklerinin çok iyi olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen ürünün yapısal alanda kullanılabilceğini ve ürün olarak ticari olarak üretilebileceğini önermişlerdir [113].

Buharla Sıkıştırılmış lif Kereste (SPŞK) isimli çalışmada genç güney sarıçam ağaç odunu kullanılmıştır. Kullanılan kütüklerin çapı 79-178 mm arasında idi. Kütüklerin ilk önce kabukları soyulmuş ve daha altı saat boyunca 54-60 °C' de sıcak su bekletilmişlerdir. Sıcak su havuzundan çıkarılan kütükler liflendirme makinesine yönlendirilerek yaklaşık 6-7 mm kalınlığında ve 2,1-2,4 m uzunluğunda lifler elde edilmiştir. Elde edilen lifler %20 rutubet miktarına ulaşınca kadar 80 °C lik fırında bekletilmiş ve buradan çıkarılan liflerin üzerine ağırlıklarının %12 si kadar resol fenol formaldehit tutkalı püskürtülmüştür. Tutkal püskürtülen lifler daha sonra

115°C sıcaklıkta %6 rutubet miktarına erişinceye kadar bir konveyör kurutucuda bekletilmiştir. Buradan çıkarılan liflerin yönü elle son ürünün boyuna paralel olacak şekilde bir kalıp içerisinde yönlendirilmiştir ve buhar basınçlı preste sıcaklık ve basınç altında kırış elde edilmiştir. Elde edilen kırıştan deney numuneleri kesilmiş ve bu numuneler üzerinde bazı mekanik özellikler test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre scrimber diğer mühendislik ürünü keresteler gibi piyasada üretilip satılabileceğini ve küçük çaplı kerestelerin direnç özelliklerinin scrimber üretimi ile arttığını ortaya koymuşlardır [114].

Zhang ve tarafından 2010 yılında yapılan “yönlendirilmiş şerit kerestenin geçirgenliği Bölüm-1 yoğunluk ve yönlendirmenin etkisi” isimli çalışmada panel yoğunluğu ve lif yönlendirilmesi faktörleri incelendi. Bu çalışmada yaklaşık olarak, 25 mm genişliğinde, 180 mm uzunlukta ve 150 mm genişlikte Titrek kavaktan (*Populus tremuloides*) üretilen şeritler kullanıldı. Sıvı fenol-formaldehit tutkalı kullanılarak beş değişik yoğunlukta (450, 550, 625, 700 ve 800 kg/m³) her bir yoğunluğa 4 adet olmak üzere 20 OSL paneli üretildi. Üretilen 20 OSL panellerin 0, 45 ve 90 derece yönlerde olacak biçimde geçirgenlikleri ölçüldü. En iyi geçiregenlik 45 derece yönde olduğunu tespit ettiler. 0 derece yönündeki geçirgenliğin 90 dereceye göre daha fazla olduğunu ve geçirgenlik azaldıkça yoğunluğun arttığını tespit etmişlerdir [115].

Modifiye edilmiş bazı ahşap yapıştırıcıların yapışma performansı belirlenmesi isimli çalışmada Sarıçam ve Doğu kayını odunlarından deney numuneleri hazırlanmıştır. Elde edilen deney numuneleri poli (vinil asetat) (PVAc), üre-formaldehit (UF), melamin-formaldehit (TF) ve fenol-formaldehit (PF) çeşitli oranlarda (PVAc, PVAc + UF (15, 35 ve en az %50 uf), UF tek başına, UF + MF (15, 35 ve %50), ve UF + PF (15, 35 ve en az %50 PF) modifiye edilmiş tutkallar ile yapıştırılmıştır. Elde edilen deney numuneleri standart atmosfer, soğuk su, kaynar su olmak üzere üç deneysel ortamlara maruz bırakılmıştır. Yapışma performansının belirlenmesi için, DIN 53 255 standardı kullanılarak deney yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre standart atmosferik şartlar altında genel yapıştırma performansı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını ancak soğuk ve kaynar su koşullarında yapışma performansında artış olduğunu belirlemişlerdir. En iyi yapışma performansı sonucu doğu kayını örneklerinde standart atmosfer şartları altında 9.24 N/mm², kaynar suda 04:39 N/mm², soğuk suda 6.06 N/mm² UF + MF (50%) tutkalları kullanılarak bulunmuştur [116].

Melez kavak kaplamalarından üre ve fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilmiş paralel şerit kerestelerinin bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada üretilen

deney numunelerinin bazı mekanik ve fiziksel özellikleri tespit edilmiş ve kavak ağacından elde edilen kaplamalardan bu ürünün üretilebileceği ve ürünün kullanım yerinin belirlenmesinde üretiminde kullanılan tutkal türünün önemli olduğu tespit edilmiştir.

Melamin üre formaldehit tutkalı ile iki farklı kavak klonu kullanılarak üretilen paralel şerit kerestenin özellikleri isimli çalışmada I-214 (*Populus x euramericana*) ve I-77/51 (*Populus deltoides*) kavak klonlarının soyma kaplamalarından melamin üre formaldehit tutkalı kullanılarak paralel şerit kereste ve tabakalanmış ağaç malzeme üretilmiştir. Deney sonuçları I-214 (*Populus x euramericana*) ve I-77/51 (*Populus deltoides*) kavak klonlarının paralel şerit kereste üretiminde kullanılabilirliğini üretilen deney numunelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ağaç türüne göre değişiklik gösterdiği, I-77/51 (*Populus deltoides*)'in I-214 (*Populus x euramericana*)'ya kıyasla daha iyi mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olduğunu tespit etmişlerdir [118].

Paralel şerit kerestenin bor kullanılarak yanmaya dayanıklı hale getirilmesini araştıran bir tez çalışmasında; I-214 kavak klonundan üretilen kaplama şeritleri, fenol (FF) ve üre formaldehit (UF) tutkalları kullanılarak ve bor bileşikleri, borik asit, boraks ve bunların karışımları (53:47) kullanılarak kısa süreli daldırma yöntemiyle empenye edildikten sonra üretilen deney numuneleri test edilmiştir. Deney sonuçlarından elde edilen verilere göre bor bileşikleri katılımı ile mekanik ve fiziksel özelliklerde azalma meydana gelmiş ancak yanma direncinde artış meydana gelmiştir. Meydana gelen değişimin en çok fenol formaldehit tutkalı ile bor bileşikleri arasındaki uyumsuzluktan meydana geldiği tespit edilmiştir [119].

Pres basıncının paralel şerit kerestenin yapışma özelliklerine etkisinin incelendiği bir çalışmada kavak (*Populus deltoides*) klonundan elde edilen şeritleri üre formaldehit tutkalı kullanılarak deney numunesi haline getirilmiştir. Deney numunelerinin üretimi sırasında 7,5-10-12,5-15 kg/cm² pres basıncı uygulanmıştır. Paralel şerit kereste için en uygun pres basıncının 7,5 kg/cm² olduğu, yoğunluk artışı ve mekanik özellikler arasında pres basıncına bağlı olarak olumlu bir artışın meydana geldiği, yanma özellikleri üzerine pres basıncının bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir [120].

Dimetiloldihidroksietilenüre (DMDHEU) reçinesi ile empernye edilen kavak şeritlerinin melamin formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen paralel şerit kerestelerin mekanik ve fiziksel özellikleri araştırılmış ve deney sonuçları %5 DMDHEU katılım oranının ağırlıkça artış için en iyi oran olduğu ve bu madde ile empernye yapılmasının bazı fiziksel özellikleri olumlu etkilediği buna rağmen mekanik özelliklerde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir [121].

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Bambu

Bu tez kapsamında belirlenen özelliklerde seçilen, Bambu (*Phyllostachys Bambusodites*) kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Bambu yetiştirme alanı ve kesimi yapılan bambuların görüntüleri.

Bambu (*Phyllostachys Bambusodites*) kütükleri Mersin ili, Erdemli ilçesinden Şekil3.1’de gösterilen Bambu sahasından temin edilmiştir. Bambuların seçiminde gövde kısmı düzgün olan, böcek saldırılarına ve mantara maruz kalmamış bambular tercih edilmiştir. Tercih edilen Bambuların çapları; en düşüğü 6 cm en büyüğü 13 cm ve ortalama 9,5 cm çapında tespit edilmiştir. Bambular 2 metre boyunda kesilmiştir (Şekil3.2). Boyları kesilen bambular İzmir ilinde bulunan özel bir marangozhaneye taşınmıştır.



Şekil 3.2. Bambu kütükleri ve bambuların boy ölçülendirmesi

İzmir ilinde bulunan özel bir marangozhaneye taşınan bambular boyları pres tablasına uygun olması bakımından 65 cm olacak şekilde kesilerek istiflenmiştir. İstiflenen bambu kütükleri sıcaklığı 18-20°C, rutubet miktarı ise %50- 65 olan oda şartlarında %10–12 rutubet derecesine kadar kurutulmuştur. Kurutulan bambu kütükleri daha sonra daire testere makinesinde özel bir kalıp yardımı ile genişlikleri 20 mm genişliğinde, lif doğrultusunda şeritler halinde kesilmiştir. Şerit yapımı sırasında uygulanan işlem ve boyları 65 cm kesilen bambular Şekil 3.3’te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Boyları kesilen bambuların şerit haline getirilmesi

Kesilen bambu şeritlerinin boyları daire testere makinesinde 60 cm uzunluğunda kesilmiştir. Şerit haline getirilen bambular ardak ve çatlak olmayanları görsel olarak elle seçilmiştir. Üretilen şeritler karton kutular içerisine konularak çalışmanın yapılacağı İKCU Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarına götürülmüştür. Şeritlerin üretiminde

kullanılan daire testere makinesinin genel görünümü ve şerit olarak kesilmiş bambu şekil 3 verilmiştir. Bazı bambuların kenar kısımlarındaki eğrilikler daire testere makinesinde şerit haline getirmeye izin vermemiştir bu tür durumlarda kütük kenarındaki eğrilikler yatay bant zımpara makinesinde düzeltilerek şeritleme işlemine devam edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Şeritlerin üretiminde kullanılan yatay bant zımpara makinesi ve şeritleme işlemi sonucunda bambunun görünümü.

Laboratuvara getirilen şeritlerin yüzey düzgünlüğünün sağlanması için daire testere makinesine bağlanan özel bir kalıp yardımı ile yüzeyler birbirine paralel hale getirilmiştir. Elde edilen bambu şeritleri ve bu şeritlerin yüzey düzgünlüklerinin sağlanması ile ilgili görüntüler şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Üretilen bambu şeritleri ve yüzey düzgünlükleri sağlanmış şekli.

3.1.2. Tutkallar

Bu çalışmada kullanılan tutkal türü olarak polimerik difenilmetan diizosiyonat (PMDI) tutkalı ve içerisine %5 oranında poliol ile modifiye edilmiş polimerik difenilmetan (P.PMDI) diizosiyonat tutkalı tercih edilmiştir. Her iki tutkal türünde sertleştiriciye ihtiyaç duymayan ve poliüretan zemin kaplamaları, ahşap levha için yapıştırıcı, soğuk odalar için panel uygulamalarında ve yalıtım uygulamalarında sprey olarak birçok sektörde kullanılmaktadır. Hem poliol katılmış hemde poliolsüz PMDI tutkalı üretim koşullarına bağlı olarak sadece sıcak işlem ile uygulaması yapılmaktadır. Bu tutkalların depolama süreleri 20°C’de 45 gündür. Bu tutkallara ait özellikler Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Üretiminde kullanılan PMDI ve PMDI+%5 POLİOL tutkalların bazı özellikleri

Özellikler	Tutkal	
	PMDI	PMDI+%5 POLİOL
Görünüş	koyu kahverengi sıvı	yarı saydam renkte sıvı
Bağıl yoğunluk: (su = 1)	1,25 @ 25°C	(su = 1)1,25 @ 25°C
Ağırlıkça Katı madde oranı (%)	47±1	65±1
Viskozite (20°C cPs,)	200 +/- 50 mPas	200 +/- 50 mPas
Bozunma Sıcaklığı	>300°C	>300°C
pH (20°C)	10.5 - 13	8.5 - 9,5
Buhar Basıncı	10-4 mmHg @ 40°C	:10-4 mmHg @ 40°C
Kaynama Noktası/Aralığı	>204°C (ayrışır)	>204°C (ayrışır)
Parlama Noktası	230°C	230°C

3.1.3. Test Örneklerinin Üretimi

Bambu şeritlerinin yüzeylerine uygulanacak tutkal miktarının eşit olmasını sağlamak amacıyla tutkallama işlemi yapılacak şeritlerin yüzey alanı hesaplanarak tutkal püskürtme makinesi ile yapılmıştır. Her iki yüzeyinde tutkal püskürtülen bambu şeritleri lif yönleri bitmiş test örneklerinin son halinin boyuna paralel olacak şekilde taslak biçimine getirilmiştir. Taslak haline getirilen şeritler Tablo-3.2’de verilen tutkal ve sertleştirici miktarları ile basınç ve sıcaklık değerlerinde preslenmiştir (Şekil 3.6)

Tablo 3.2. Test örneklerinin üretiminde kullanılan bazı değişkenler

No	Üretim Faktörü	Tutkal	
		PMDI	PMDI+%5 POLİOL
1	Tutkal miktarı	200 gr/m ²	200 gr/m ²
2	Pres basıncı	15 kg/cm ²	15 kg/cm ²
3	Presin sıcaklığı	140 °C	140 °C
4	Sertleştirici	-----	-----
5	Pres süresi	30 dak.	30 dak.



Şekil 3.6. şeritlere tutkal uygulanması, taslak haline getirilmesi ve preslenmesi

Presten çıkarılan paralel şerit kereste levhalar halinde laboratuvar ortamında düzgünlükleri bozulmayacak ve aralarından hava sirkülasyonu olacak şekilde bir hafta süreyle şartlandırılmıştır. Üretilen Paralel şerit keresteler daire testere makinesi kullanılarak ilgili standartta belirtilen ölçülerde kesilmiştir. Hava kurusu halde bulunan test örnekleri %12 rutubet oranına ulaşmaları için sıcaklığı 20 ± 2 °C olan ve $\%65 \pm 3$ bağıl nemi olan iklimlendirme kabini içerisinde değişmez ağırlığa varıncaya kadar bekletilmiştir. Test örneklerinin net ölçüye getirilmesi ve yüzeylerinin düzgün olmasını sağlamak için kalınlık makinesi kullanılmıştır. Kalınlık makinesinden çıkan test örnekleri son ölçüye kontak zımpara makinesinde tüm yüzeyleri zımparalanarak getirilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Fiziksel Özelliklerin Tespit Edilmesi

Üretilen bambu paralel şerit kerestelerin fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan test adı, parça sayısı, tutkal türü ve uygulanan standartlar Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Test Adı, Parça Sayısı, Tutkal Türü ve Standartlar

Tutkal türü	N	Test adı Standart ve Ölçüler (mm)	
		PMDI	PMDI+%5 POLİOL
Rutubet Miktarı TS 2471	20	20X 20X 30	20X 20X 30
Tam kuru yoğunluk TS 2472	20	20X 20X 30	20X 20X 30
Genişleme yüzdesi ASTM D- 1037	20	15.2 X 15.2 X 2.54	15.2 X 15.2 X 2.54

3.2.1.1. Rutubet Miktarının Tespit Edilmesi

Test örneklerinin rutubet miktarı TS 2471 [122]standartı dikkate alınarak belirlenmiştir. Buna göre 2x2x30 cm ölçülerinde hem PMDI hem de PMDI+%5 POLİOL tutkalları için 20 adet olmak üzere toplam 40 adet dikdörtgen prizma şeklinde test örnekleri hazırlanmıştır. Test örneklerinin ağırlıkları 0,01 g duyarlıkta terazi ile belirlenmiştir. İlk ağırlıkları belirlenen test örnekleri 103±2 °C sıcaklığı olan etüv içerisinde değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. 6 saat zaman aralığında yapılan tartımlar arasındaki fark, test örneği ağırlığının %0,5 ine eşit veya daha az olduğunda, değişmez ağırlığa vardığına karar verilmiştir. Test örnekleri etüvden çıkartılıp ve desikatörde soğumaları sağlandıktan sonra rutubet miktarı %0,1'den fazla yükselmeyecek biçimde ağırlıkları belirlenmiştir. Ağırlıkları belirlenen test örneklerinin rutubet miktarı aşağıdaki denklem (1) kullanılarak belirlenmiştir.

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad (1)$$

Burada:

W = rutubet miktarı

m_1 = test örneğinin kurutmadan önceki ağırlığı (gr),

m_2 = test örneğinin kurutulduktan sonraki ağırlığı (gr),

Her bir tutkal türü için üretilen test örneklerinden elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanarak elde edilen değer ortalama rutubet miktarı olarak gösterilmiştir.

3.2.1.2. Hava Kuru ve Tam Kuru Yoğunluğun Tespit Edilmesi

Test örneklerinin tam kuru yoğunluğunun tespiti TS 2472 [123]standartı dikkate alınarak belirlenmiştir. Buna göre 2x2x30 cm ölçülerinde hem PMDİ hem de PMDİ+%5 POLİOL tutkalları için 20 adet olmak üzere toplam 40 adet dikdörtgen prizma şeklinde test örnekleri hazırlanmıştır. Tam kuru yoğunluğun belirlenmesinde kullanılan test örneğinin boyut ve şekli şekil 3.7'de gösterilmiştir. Hava kuru ölçüleri ve ağırlıkları tespit edilen test örnekleri etüve yerleştirilmiş ve kademeli olarak sıcaklıklar 50°C, 75 C° ve 103± 2 C° sıcaklığa getirilerek ani sıcaklık artışından ve yüksek sıcaklıktan zarar görmeleri engellenmiş ve bu sıcaklıkta test örneklerinin ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Etüvden çıkarıldıktan sonra test örneklerinin desikatörde soğumaları sağlanarak 0.01 mm duyarlılıklı kumpas kullanılarak ölçüleri belirlenmiştir. Test örneklerinin ağırlıkları terazide (0.01 g duyarlılıklı) belirlenerek yoğunlukları denklem (2) kullanılarak hesaplanmıştır.

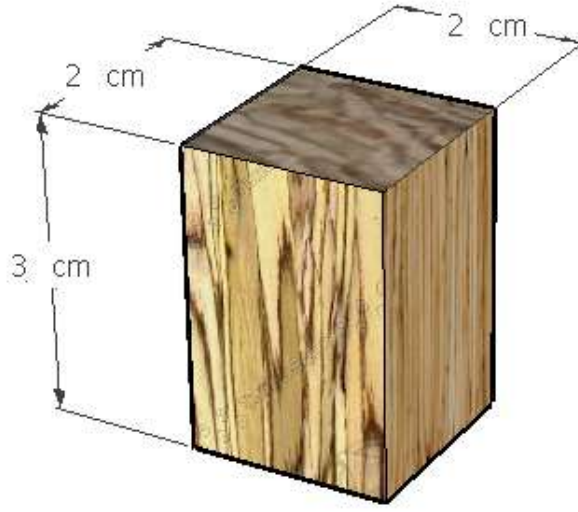
$$D_0 = \frac{M_0}{V_0} (gr / cm^3) \quad (2)$$

Burada;

D_0 : Test örneklerinin tam kuru özgül ağırlığı (gr/cm³)

M_0 : Test örneklerinin tam kuru ağırlığı (gr)

V_0 : Test örneklerinin tam kuru hacmi (cm³)



Şekil 3.7. Yoğunluk ölçümlerinde kullanılan test örneklerinin şematik görüntüsü

3.2.1.3. Genişleme Yüzdesinin Tespit Edilmesi

Test örneklerinin boyutsal stabiltesinin araştırılmasında ASTM D- 1037 [124] standardı dikkate alınarak belirlenmiştir. Buna göre 15,2 X 15,2 X 2,54 cm ölçülerinde hem PMDİ hem de PMDİ+%5 POLİOL tutkalları için 20 adet olmak üzere toplam 40 adet test örnekleri hazırlanmıştır. Kalınlığına şişme miktarının belirlenmesinde kullanılan test örneğinin boyut ve şekli şekil 3.8’de gösterilmiştir. Test örnekleri teste tabi tutulmadan önce %65 ± 1 nisbi rutubet ve 20 ± 3 °C’ta bir hafta süreyle bekletilmiştir. Test örnekleri her taraftan su alabilecek şekilde kovalara yerleştirilmiştir. Test örneklerinin kalınlıkları dört taraftan, genişlikleri ise tam ortalarından 0, 2 ve 24 saat sonra ölçülmüş ve ölçülen değerlerin ortalamaları alınmıştır. Genişlik kalınlık ve boy ölçülerinin tespitinde 0.01 mm duyarlıklı kumpastan yararlanılmış. Kalınlığına şişme miktarı denklem (3) ile belirlenmiştir.

$$\beta = \frac{L_r - L_0}{L_0} \times 100 (\%) \quad (3)$$

Burada;

L_R = Test örneklerinin rutubetli ölçüsü (mm),

L_0 = Test örneklerinin tam kuru ölçüsü (mm),



Şekil 3.8. Genişleme yüzdesi test örneği ve ölçüleri.

3.2.1.4. Su Alma Yüzdesi Miktarının Tespit Edilmesi

Kalınlığına şişme miktarının belirlenmesinde kullanılan test örnekleri su alma yüzdesi miktarının belirlenmesinde, kullanılmıştır. Buna göre 15,2 X 15,2 X 2,54 cm ölçülerinde hem PMDİ hem de PMDİ+%5 POLİOL tutkalları için 20 adet olmak üzere toplam 40 adet test örneklerinden yararlanılmıştır. Test örneklerinin ağırlıkları 0.01 gr duyarlıklı terazide belirlendikten sonra 20 ± 1 °C olan distile su dolu test düzeneğinin içine örnekler birbirine temas etmeyecek biçimde ve su yüzeyinden 4 cm aşağıda olacak şekilde yerleştirilmiştir. Distile su içerisinde 2 ve 22 saat aralığında bekletilen test örneklerinin ağırlıkları belirlenmiş ve distile su her saat aralığında değiştirilmiş ve aşağıdaki denklem (4) kullanılarak su alma yüzdesi miktarı hesaplanmıştır.

$$Gt = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100(\%) \quad (4)$$

Gt: su alma miktarı (%)

t₁: Test örneğinin ilk ağırlığı (gr)

t₂: Test örneğinin son ağırlığı (gr)

3.2.2. Mekanik Özelliklerin Tespit Edilmesi

Mekanik özelliklerin tespit edilmesinde, eğilme direnci, elastikiyet modülü, dinamik eğilme direnci ve vida tutma kapasitelerinin testleri yapılmıştır. Test örneklerinin şartlandırılması için TS 2470 [125] rutubet miktarının tespit edilmesinde ise TS 2471 [122] standartlarındaki esaslar dikkate alınmıştır. Mekanik özelliklerin tespit edilmesinde kullanılan test adı, parça sayısı, tutkal türü ve uygulanan standartlar Tablo-4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Test Adı, Parça Sayısı, Tutkal Türü ve Standartlar

Tutkal türü	Test adı Standart ve Ölçüler ()				
	N	(TS 2474) Eğilme Direnci	(TS 2474) Eğilmede Elastikiyet Modülü	(TS 2477) Darbe Direnci	(TS EN 13446) Vida tutma kapasitesi
PMDI	30	2X 2X 30	2X 2X 30	2X 2X 30	5X 5X 5
PMDI+%5 POLİOL	30	2X 2X 30	2X 2X 30	2X 2X 30	5X 5X 5

3.2.2.1. Eğilme Direncinin Tespit Edilmesi

Test örneklerinin eğilme direncinin (σ_E) tespit edilmesi için TS 2474 (1976) standarttı dikkate alınarak belirlenmiştir. Buna göre 2x2x30 cm ölçülerinde hem PMDI hem de PMDI+%5 POLİOL tutkalları için 20 adet olmak üzere toplam 40 adet test örnekleri hazırlanmıştır. Test örneklerinin boyutları 0,01 mm duyarlıkta ölçülerek belirlenmiştir. Testler Kahramanmaraş

Sütçü İmam Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümündeki test makinesinde yapılmıştır. Test örneklerinin yerleştirildiği mesnetler arasındaki uzaklık; test örneğinin kalınlığının 13 katı (2 cm X 13 = 26 cm) olarak ayarlanmıştır. Yük test örneğinin yüzeyine sabit hızla yüklenmiş ve test hızı test örnekleri yüklenmeye başladıktan 1,5 ± 0,5 dakika sonra kırılacak şekilde ayarlanmıştır. Test örneklerinin kırılma anındaki güç (Pmax) tespit edildikten sonra σ_E denkleme 5'e göre hesaplanmıştır. Eğilme direncinin tespiti için kullanılan test örneklerinin şekil ve boyutları şekil 3.8 de test makinesinin görüntüsü şekil 3.9'da gösterilmiştir.

$$\sigma_E = \frac{3.P_{max}.L}{2.b.h^2} (N/mm^2) \quad (5)$$

Burada,

Pmax= test örneklerine kırılma sırasında uygulanan en yüksek yük (Kg)

L = mesnetler arasındaki mesafe (cm)

b = test örneğinin eni (cm)

h = test örneğinin kalınlığı (cm)

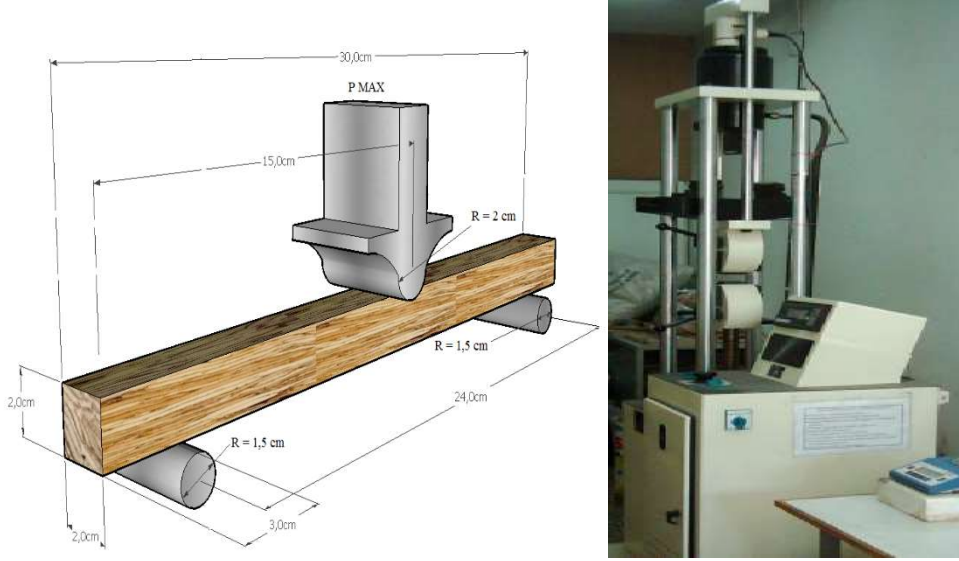
Eğilme direncinin %12 rutubet miktarına göre ayarlanması gerekirse, 10 kg/cm² (1 MPa) duyarlılıkta olmak üzere aşağıdaki eşitlikten (6) yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_{b12} = \sigma_E [1 + \alpha(W - 12)] (N/mm^2) \quad (6)$$

Burada;

σ = rutubet miktarı için düzeltme (bu değer 0,04) faktörü.

W = TS 2471'e göre hesaplanmış rutubet miktarıdır.



Şekil 3.9. Eğilme direnci test örneklerinin şematik görüntüsü ve test makinesi.

3.2.2.2. Elastikiyet Modülünün Tespit Edilmesi

Test örneklerinin elastikiyet modülünün tespit edilmesinde eğilme direncinin tespit edilmesi için kullanılan test örneklerinden faydalanılmıştır. Elastik deformasyon bölgesinde oluşan kuvvet (ΔF) farkı için test örneğinin eğilme miktarı farkı (Δf) kullanılarak test örneğinin elastiklik modülü (E), denklem 7 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$E = \frac{\Delta F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \Delta f} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (7)$$

Burada,

ΔF = Elastik deformasyon bölgesinde yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet N/mm

L = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (cm)

Δf = Net eğilme alanındaki sehim, yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehimlere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark (cm)

b = test örneğinin en kesit genişliği (cm)

h = test örneğinin en kesit kalınlığı (cm)

Eğilmede elastikiyet modülü test örneklerinin %12 rutubet miktarına göre ayarlanması (Rutubetleri (r) %12'den farklı) gerektiğinde, aşağıdaki denklem (8) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$E_{12} = E [1 + \sigma(W - 12)] (kg / cm^2) \quad (8)$$

Burada;

W = TS 2471'e göre hesaplanmış test örneği rutubet miktarı

α = rutubet miktarı için düzeltme (bu değer 0,02) faktörü.

3.2.2.3. Dinamik Eğilme (Darbe) Direncinin Tespit Edilmesi

Test örneklerinin dinamik eğilme (darbe) direncinin (A_w) tespit edilmesi için TS 2477 [126] standartı dikkate alınarak belirlenmiştir. Buna göre 2 X 2 X 30 cm ölçülerinde hem PMDİ hem de PMDI+%5 POLİOL tutkalları için 20 adet olmak üzere toplam 40 adet test örnekleri hazırlanmıştır. Test örneklerinin 0,01 mm duyarlıkta ölçüleri tespit edilmiştir. Test örneklerinin yerleştirildiği mesnet merkezlerin arasındaki mesafe 24 cm olarak ayarlanmıştır. Hazırlanan test örnekleri dinamik eğilme (şok) direnci test makinesine yerleştirilerek teste başlanmış iş miktarı (A) belirlenmiştir. Dinamik eğilme direnci (A_w) aşağıdaki denkleme göre (9) hesaplanmıştır. Testler Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümündeki şekil 10'da gösterilen darbe test makinesinde yapılmıştır. D dinamik eğilme (darbe) direnci (A_w) için kullanılan test örneklerinin şekli ve boyutları şekil 3.10'da gösterilmiştir.

$$A_w = \frac{1000Q}{bh} (kg / cm^2) \quad (9)$$

Burada;

A_w = Dinamik eğilme (darbe) direnci (kg/cm²)

Q = Test parçasının kırılması için gerekli enerji. 0.1 kgf.m (jul)

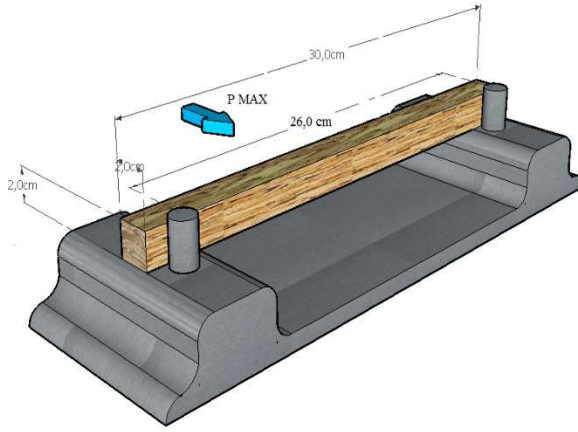
b ve h = Test parçasının radyal ve teğet yönlerdeki boyutları (cm²)

Eğilmede elastikiyet modülü test örneklerinin %12 rutubet miktarına göre ayarlanması (rutubetleri %12'den farklı) gerektiğinde, aşağıdaki denklem (10) kullanılarak hesaplanmıştır.

Burada;

$$A_{W12} = A_w(1 + \infty(W - 12))(kg / cm^2) \quad (10)$$

∞ = rutubet miktarı için düzeltme faktörü olup bu değer 0.025



Şekil 1 Şekil 3.10. Dinamik eğilme (darbe) direnci test cihazı ve testin şematik görüntüsü (Foto Ersin,2022)

3.2.2.4. Vida Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi

Çiviler, vidalar ve cıvatalar en yaygın olarak ağaç işleme endüstrisinde mekanik bağlantılar için kullanılmaktadır. Test örneklerinin vida tutma kapasitesi TS EN 13446 [127] standartında belirlenen esaslara uyularak üç yüzeyde (teğet, radyal ve boyuna kesitler) belirlenmiştir. Çalışmada çapı 4 mm ve boyu 50 mm uzunluğunda olan vidalar tercih edilmiştir. İlk olarak test örneklerinin ortası, pilot delik için 2,5 çaplı matkap ucu ile delinmiştir. Vidalar, pilot delikten test örneklerine 20 mm vidalanmıştır. Vida tutma kapasitesinin tespiti için kullanılan test makinesinin görüntüsü ve test örnekleri şekil 3.11’de gösterilmiştir. Test makinesi 5 mm/dk hıza göre ayarlanmış ve vida tutma kapasitesi 11’ nolu denkleme göre hesaplanmıştır.

$$F = [(F_{max}) / (D \times L_p)] \text{ N/mm}^2 \quad (11)$$

Burada;

F: Geri çekilmeye karşı vidanın gösterdiği direnç (N/mm²),

L_p: vidanın malzeme içerisine girme derinliği (mm),

D: Malzemeye vidalanan vidanın çap ölçüsü (mm),

F_{max}: Vidanın maksimum geri çıkma yükü (N),



Şekil 3.11. Vida tutma kapasitesinin tespiti için kullanılan test makinesinin görüntüsü ve test örnekleri

3.3 İstatistik Analizler

Test örneklerinden elde edilen sonuçlar IBM SPSS 22.0 Programı üzerinde varyans (ANOVA) analizi uygulanarak gruplar arasında anlamlılık farkının belirlenmesine ($\alpha > 0,05$ düzeyinde) karar vermek amacıyla TUKEY Post-Hoc Analizi testine tabi tutulmuştur.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fiziksel Özellikler

4.1.1. Hava Kuruğu ve Tam Kuru Yoğunluğun Tespiti

Hava kuruğu yoğunluğun (D_0) tespitinde hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkal türünden 20'şer adet test örnekleri kullanılmıştır. pMDI tutkalı ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanılarak hazırlanmış test örneklerinin M_{12} değerleri Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre poliöl katkılı tutkal ile hazırlanan örneklere ait hava kuruğu yoğunluk değerleri arasında istatistiksel olarak ($P \text{ value} > 0,05$) aralarında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Tablo 1 incelendiğinde hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkallarıyla üretilmiş test örneklerinin sırasıyla ortalama hava kuruğu yoğunluk değerleri $1,02 \text{ gr/cm}^3$ ve $0,99 \text{ gr/cm}^3$ olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.1: Test örneklerinin hava kuruğu yoğunluk (g/cm^3) değerleri

	Tutkal Türü	Min.	Max.	\bar{x}	σ
Yoğunluk (M_D)	pMDI	0,96	1,07	1,02	0,02
	pMDI+%5 POLİOL	0,96	1,05	0,99	0,02

Min: En düşük değer, Max: En yüksek değer, \bar{x} : Ortalama değer, σ : Standart sapma.

Tam kuru yoğunluğun (D_0) tespitinde hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkal türünden 20'şer adet test örnekleri kullanılmıştır. pMDI tutkalı ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanılarak hazırlanmış test örneklerinin tam kuru yoğunluk değerleri Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre poliöl katkılı tutkal ile hazırlanan örneklere ait tam kuru yoğunluk değerleri arasında istatistiksel olarak ($P \text{ value} > 0,05$) aralarında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Tablo 4.2 incelendiğinde hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkallarıyla üretilmiş test örneklerinin sırasıyla ortalama tam kuru yoğunluk değerleri $0,99 \text{ gr/cm}^3$ ve $0,94 \text{ gr/cm}^3$ olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.2: Test örneklerinin tam kuru yoğunluk (gr/cm^3) değerleri

	Tutkal Türü	Min.	Max.	\bar{x}	σ
Yoğunluk (M_0)	pMDI	0,89	0,94	0,90	0,03
	pMDI+%5 POLİOL	0,85	0,99	0,92	0,01

Min: En düşük değer, Max: En yüksek değer, \bar{x} : Ortalama değer, σ : Standart sapma.

Test örneklerinden pMDI+%5 POLİOL ile üretilen test örneğinin yoğunluk değeri sadece pMDI ile üretilenden biraz daha düşük çıkmıştır. Bunun sebebi olarak Poliöl ilavesi pMDI karışımı, genişerek %90-92'si kapalı ve sert köpük oluşumuna sebep olması [128] ile açıklanabilir. Yoğunluk, ağaç malzemenin ve dolayısıyla da bambunun mukavemetinin en iyi ve en basit belirleyicisidir. Artan yoğunlukla birlikte mukavemet değerlerinde de artış meydana gelir. Ancak ağaç malzeme yoğunluk ağaç malzemenin özelliklerine, ağaçtan alındığı yere göre değişiklik gösterir. Bu durum bambu malzeme içinde geçerlidir. Literatürde Bambu malzemenin temel yoğunluğu (tüm gövde ağırlığı/yeşil bambu hacmi) 0,40- 0,9 g/cm³ aralığında olduğu ve bu yoğunluğun bambuyu oluşturan damar demetleri ve bunların bileşiminin etkisi olduğu bildirilmiştir [7; 12; 22; 129]. Paralel şerit kereste üzerine yapılan önceki çalışmalarda üretilen numunelerin yoğunluklarında üretildikleri malzemeye göre yoğunluk artışı meydana geldiği ve bu artışın yüksek yoğunluklu yapıştırıcıların kullanımı ve üretim esnasında uygulanan yüksek basıncın sıcaklık altında uygulanmasından kaynaklandığı veya ağaç malzemenin anatomik özelliklerinin bu artışa katkısı olabileceği rapor edilmiştir [66; 110; 118; 119; 120; 121; 130].

4.1.2. Rutubet Miktarının Tespiti

Rutubet miktarının (%) tespitinde hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkal türünden 20'şer adet test örnekleri kullanılmıştır. pMDI tutkalı ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanılarak hazırlanmış test örneklerinin rutubet miktarı değerleri Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3: Test örneklerinin rutubet miktarı (%) değerleri

	Tutkal Türü	Min.	Max.	\bar{x}	σ
Rutubet Miktarı	pMDI	4,73	5,53	5,13	0,06
	pMDI+%5 POLİOL	4,74	5,31	4,92	0,03

Min: En düşük değer, Max: En yüksek değer, \bar{x} : Ortalama değer, σ : Standart sapma.

Elde edilen verilere göre poliöl katkılı tutkal ile hazırlanan örneklere ait rutubet miktarı değerleri arasında istatistiksel olarak (P value> 0,05) aralarında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Tablo 4.2 incelendiğinde hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkallarıyla üretilmiş test örneklerinin sırasıyla ortalama rutubet miktarı değerleri %5,13 ve %4,92 olarak tespit edilmiştir.

Rutubet ile ağaç malzeme arasındaki ilişkinin ağaç malzemenin özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ağaç malzemenin gelişmiş boyutsal kararlılığının artırılması için lamine levhalar halinde yapılmasını, rutubet emilimini azaltmak için için suya dayanıklı tutkal uygulanmasını, selüloz malzemelerin higroskopisitesini azaltılmasını önermişlerdir [131]. Rutubet miktarındaki artma ve azalma ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri de etkiler [26].

4.1.3. Genişleme Yüzdesinin Tespiti

Genişleme yüzdesinin (%) tespitinde hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkal türünden 20'şer adet test örnekleri kullanılmıştır. pMDI tutkalı ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanılarak hazırlanmış test örneklerinin 2 saat ve 24 saat süre boyunca Radyal ve teğet yönlerdeki genişleme yüzdesi değerleri Tablo 4.4'te ve grafiği ise Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

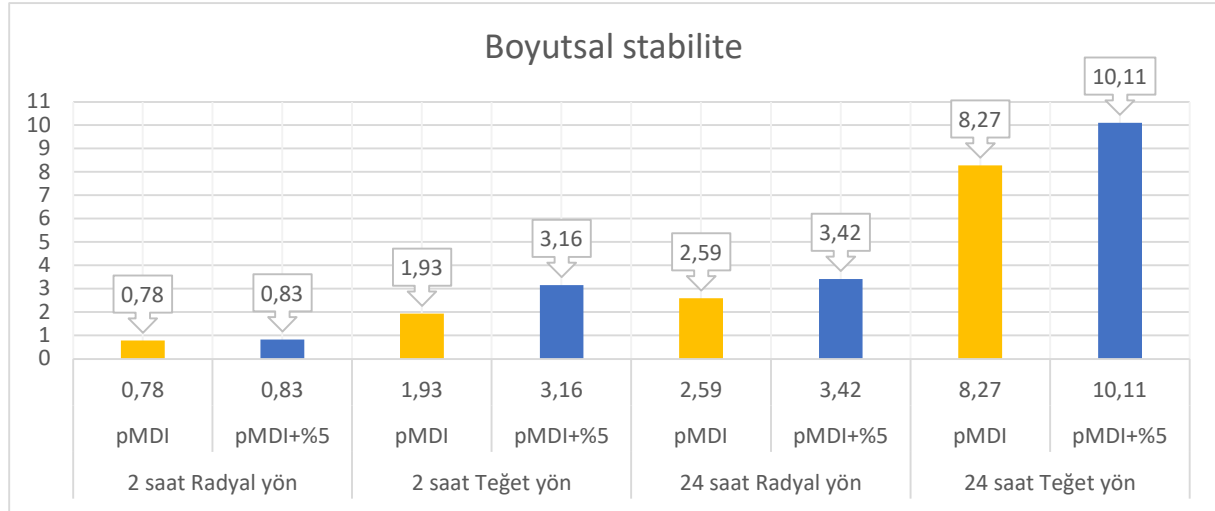
Tablo 4.4: Test örneklerinin genişleme yüzdesi (%) değerleri

	Saat	Yön	Tutkal Türü	Min.	Max.	\bar{x}	σ	F	P (α)		
Genişleme yüzdesi	2	Radyal yön	pMDI	0,05	1,73	0,78	0,42	0,149	,703		
			pMDI+%5	0,1	1,59	0,83	0,38				
		Teğet yön	pMDI	1,01	3,88	1,93	0,78			9,94	,003*
			pMDI+%5	0,94	6,64	3,16	1,37				
	24	Radyal yön	pMDI	0,98	4,36	2,59	0,7	5,87	,021*		
			pMDI+%5	1,34	6,49	3,42	1,2				
		Teğet yön	pMDI	5,41	12,7	8,27	2,26			6,49	,015*
			pMDI+%5	7,28	15,17	10,11	2,07				

Min: En düşük değer, Max: En yüksek değer, \bar{x} : Ortalama değer, σ : Standart sapma. P (α): P değeri, pMDI+%5: %5 POLİOL katılmış pMDI tutkalı.

Poliol katkısı sonrası hazırlanan test örneklerin genişleme yüzdesisi, poliol katılmamış test örneklerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklı çıkmıştır. İki tutkal türü ile yapılan test örnekleri birbiriyle karşılaştırıldığında pMDI ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin 2 saat sonunda ortalama boyutsal stabilite değerleri sırasıyla %3,78 ve %2,49 oranında artış gösterirken bu oran yine aynı sıralama ile 24 saat sonunda %12,41 ve %9,66 olarak tespit edilmiştir. pMDI+%5 POLİOL ilavesiyle birlikte test örneklerinin genişleme yüzdesi daha fazla genişleme yapmalarına neden olmuştur. Elde edilen verilere göre polioli katkılı tutkal ile hazırlanan örneklere ait 2 saatlik ve 24 saatlik genişleme yüzdesi değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı (P value <0,05) bir fark oluşturduğu tespit edilmiştir.

Bu şekliyle elde edilen veriler önceki çalışmalarla uyum sağlanmaktadır [66; 110; 118; 119; 120; 121; 130].



Şekil 4.1. Test örneklerinin genişleme yüzdesi grafiği

4.1.4 Su Alma Yüzdesi Tespiti

Ağırlıkça artış miktarının (%) tespitinde hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkal türünden 20'şer adet test örnekleri kullanılmıştır. pMDI tutkalı ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanılarak hazırlanmış test örneklerinin ağırlıkça artış miktarına ait değerler Tablo 4.5'te grafiği ise Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

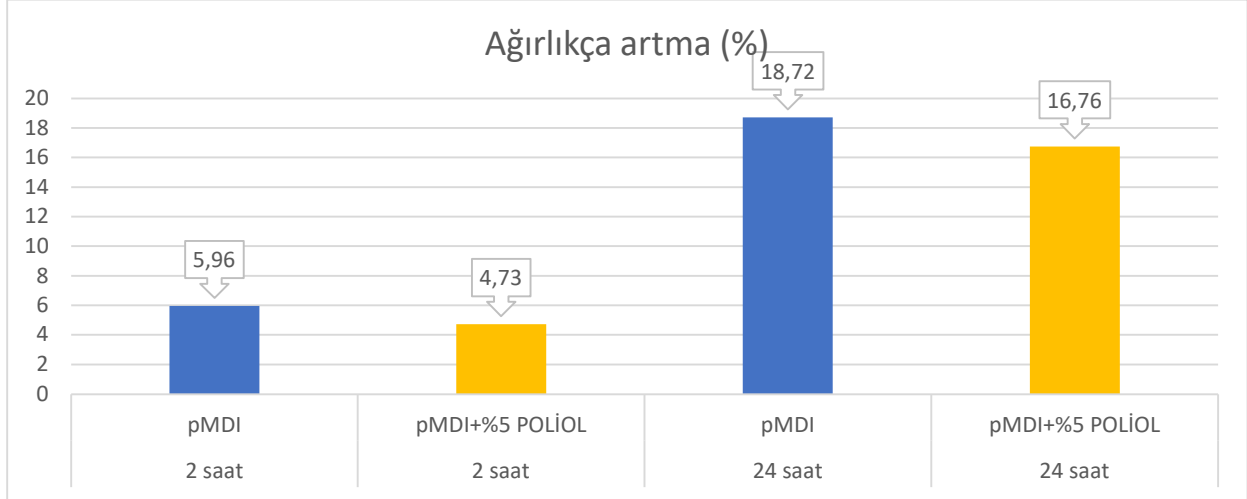
Tablo 4.5: Test örneklerinin su alma yüzdesi(%) değerleri

Ağırlıkça artma	Tutkal Türü		Min.	Max.	\bar{x}	σ
	2 saat	pMDI	4,36	7,73	5,96	1,16
	2 saat	pMDI+%5 POLİOL	4,25	5,50	4,73	0,30
	24 saat	pMDI	14,49	22,64	18,72	2,38
	24 saat	pMDI+%5 POLİOL	13,94	18,54	16,76	1,09

Min: En düşük değer, Max: En yüksek değer, \bar{x} : Ortalama değer, σ : Standart sapma.

İki tutkal türü ile yapılan test örnekleri birbiriyle karşılaştırıldığında pMDI ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin 2 saat sonunda ortalama su alma yüzdesi değerleri sırasıyla %5,96 ve %4,73 oranında artış gösterirken bu oran yine aynı sıralama ile 24 saat sonunda %18,72 ve %16,76 olarak tespit edilmiştir. pMDI+%5 POLİOL ilavesiyle birlikte

test örneklerinin genişleme yüzdesi değerlerinde bir azalmaya neden olmuştur. Elde edilen verilere göre poliöl katkılı tutkal ile hazırlanan örneklere ait 2 saatlik ve 24 saatlik su alma yüzdesi değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı (P value < 0,05) bir fark oluşturduğu tespit edilmiştir. Elde edilen veriler önceki çalışmalarla uyum sağlanmaktadır [66; 110; 118; 119; 120; 121; 130].



Şekil 4.2. Test örneklerinin su alma yüzdesi grafiği

4.2. Mekanik Özellikler

4.2.1. Eğilme Direncinin Tespiti

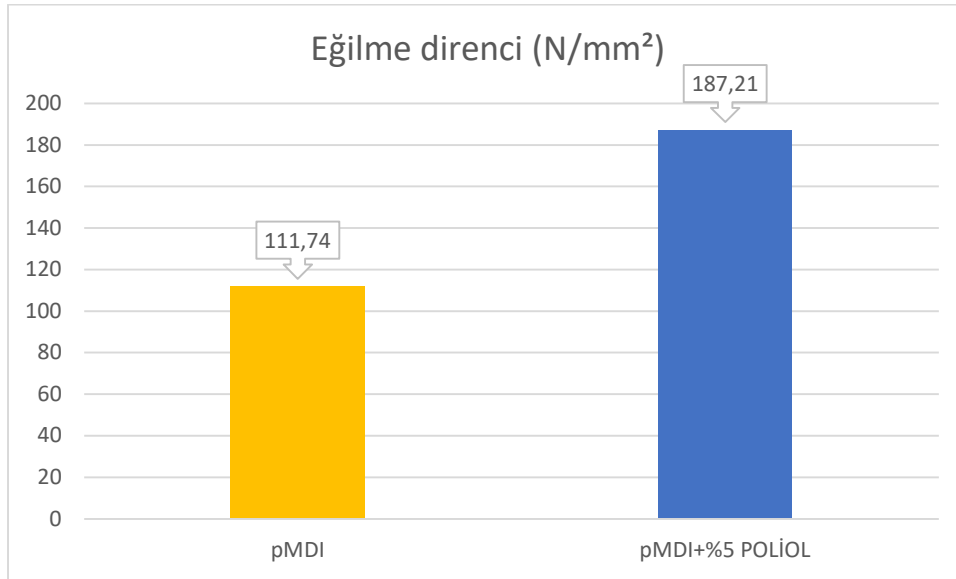
Eğilme direncinin tespitinde hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkal türünden 20'şer adet test örnekleri kullanılmıştır. pMDI tutkalı ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanılarak hazırlanmış test örneklerinin eğilme direncine ait değerler Tablo 4.6'da grafiği ise Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.6: Test örneklerinin eğilme direnci (N/mm²) değerleri

Eğilme Direnci	Tutkal Türü	Min.	Max.	\bar{x}	σ	F	P value (α)
		pMDI	78,7	162,7	111,74	6,11	39,89
	pMDI+%5 POLİOL	113,8	239,9	187,21	10,49		

Min: En düşük değer, Max: En yüksek değer, \bar{x} : Ortalama değer, σ : Standart sapma.

Elde edilen verilere göre poliöl katkısının hazırlanan örneklere ait eğilme dayanımı üzerine istatistiksel olarak anlamlı (P value <0,05) bir fark oluşturduğu tespit edilmiştir. Tablo 4.6 incelendiğinde pMDI ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin eğilme direnci ortalama değerleri sırasıyla 111,74 ve 187,21 N/mm² olarak tespit edilmiştir. pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin eğilme direnci pMDI kullanılan test örneklerinden yüksek çıkmıştır. Test örneklerinin ortalama eğilme direnci değerlerinin yapıştırıcı tipinden etkilendiğini tespit edilmiştir. Eğilme direncinde meydana gelen bu artış modifiye olarak katılan %5 oranındaki poliöl katılımından kaynaklanabilir. Tutkallar, ahşabın genel davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [132]. Farklı tutkallarla üretilen paralel şerit kereste üzerine yapılan önceki çalışmalarda üretilen numunelerin eğilme direnci değerlerinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tutkal türüne bağlı olarak meydana gelen bu artışın yapıştırıcı türünden ve polimerizasyon sırasında oluşan karbon-karbon bağlarından kaynaklanabileceği rapor edilmiştir [66; 110; 118; 119; 120; 121; 130; 131; 133].



Şekil 4.3. Test örneklerinin eğilme direnci grafiği

4.2.2. Elastikiyet Modülünün Tespiti

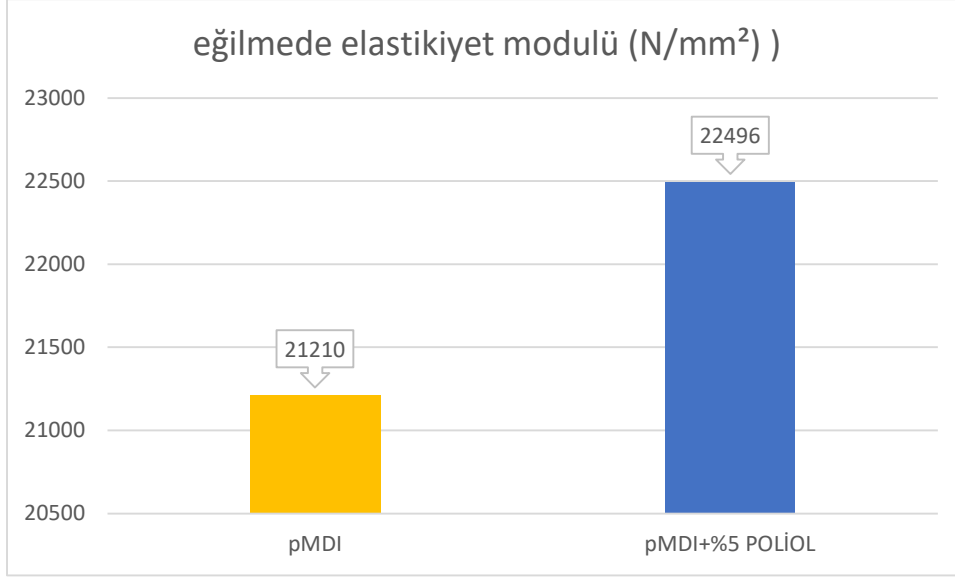
Eğilmede elastikiyet modülünün tespitinde hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkal türünden 20'şer adet test örnekleri kullanılmıştır. pMDI tutkalı ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanılarak hazırlanmış test örneklerinin eğilmede elastikiyet modülüne ait değerler Tablo 4.7'de grafiği ise Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

Tablo 4.7: Test örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü (N/mm²) değerleri

Eğilmede Elastikiyet Modülü	Tutkal Türü	Min.	Max.	\bar{x}	σ	F	P value (α)
		pMDI	14184,9	25963,9	21210,93	3245,80	
	pMDI+%5 POLİOL	18844,2	26777,7	22496,83	2564,24	1,39	0,249

Min: En düşük değer, Max: En yüksek değer, \bar{x} : Ortalama değer, σ : Standart sapma.

Tablo 4.6 incelendiğinde pMDI ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerleri sırasıyla 21210 ve 22496 N/mm² olarak tespit edilmiştir. pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü pMDI kullanılan test örneklerinden yüksek çıkmıştır. Test örneklerinin ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin yapıştırıcı tipinden etkilendiğini tespit edilmiştir. Eğilmede elastikiyet modülünde meydana gelen bu artış modifiye olarak katılan %5 oranındaki poliöl katılımından kaynaklanabilir. Elde edilen verilere göre poliöl katkılı tutkal ile hazırlanan örneklere ait Elastikiyet modülü üzerine istatistiksel olarak anlamlı (P value > 0,05) bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir. Buna göre Poliöl ilavesi sonrasında malzemenin elastikiyet modülün değerinde poliöl ilavesiz tutkal ile hazırlanan örneklere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı Elastikiyet modülü üzerine bir etki etmediği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.4. Test örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü grafiği

4.2.3. Darbe (Şok) Direncinin Tespiti

Darbe direncinin (kgm/cm²) tespitinde hem pMDI hem de pMDI+%5 POLIOL tutkal türünden 20'şer adet test örnekleri kullanılmıştır. pMDI tutkalı ve pMDI+%5 POLIOL tutkalı kullanılarak hazırlanmış test örneklerinin Darbe direncine ait değerler Tablo 4.8'de grafiği ise Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

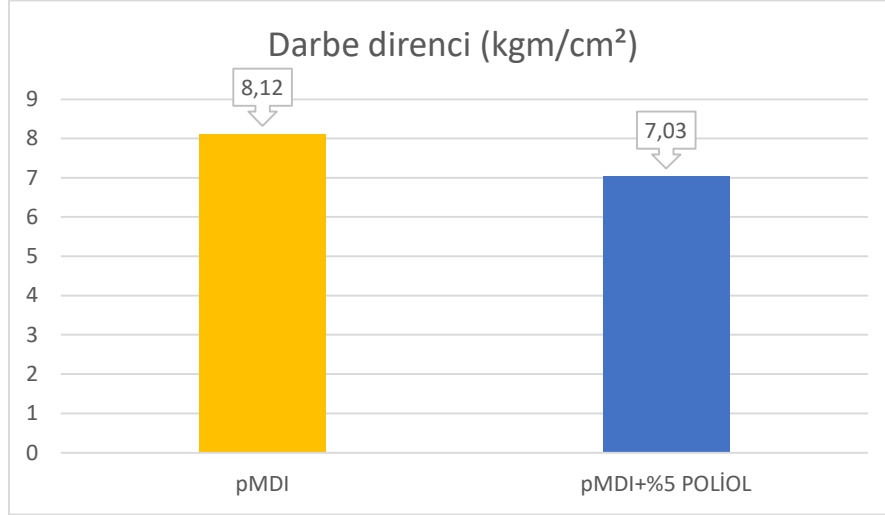
Tablo 4.8: Test örneklerinin darbe direnci (kgm/cm²) değerleri

Darbe Direnci	Tutkal Türü	Min.	Max.	\bar{x}	σ	F	P value (α)
	pMDI	5,8	9,9	8,12	1,18	6,25	0,018
	pMDI+%5 POLIOL	5	8,85	7,03	1,25		

Min: En düşük değer, Max: En yüksek değer, \bar{x} : Ortalama değer, σ : Standart sapma.

Tablo 4.8 incelendiğinde pMDI ve pMDI+%5 POLIOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin ortalama darbe direnci değerleri sırasıyla 8,12 ve 7,03 kgm/cm³ olarak tespit edilmiştir. pMDI+%5 POLIOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin darbe direnci pMDI kullanılan test örneklerinden düşük çıkmıştır. Test örneklerinin ortalama darbe direnci değerlerinin yapııştırıcı tipinden etkilendiğini tespit edilmiştir. Tutkal türüne bağlı darbe testi verilerinin istatistiksel olarak varyans analizi testi sonuçlarına göre %95 güven seviyesinde gruplar arası anlamlı bir fark (P value <0,05) olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak Poliöl katkılı tutkalın darbe dayanımı üzerine azaltıcı bir etkisi bulunmaktadır. Daha önce yapılan

çalışmalarda elde edilen farklı ağaç türleri ile üretilen paralel şerit kerestelerin darbe direnci üretildiği kerestenin dinamik eğilme direncinden daha iyi bir performans ortaya koymuştur [110; 118; 119; 120; 121; 130; 131].



Şekil 4.5. Test örneklerinin darbe direnci grafiği

4.2.4. Vida Tutma Kapasitesinin Tespiti

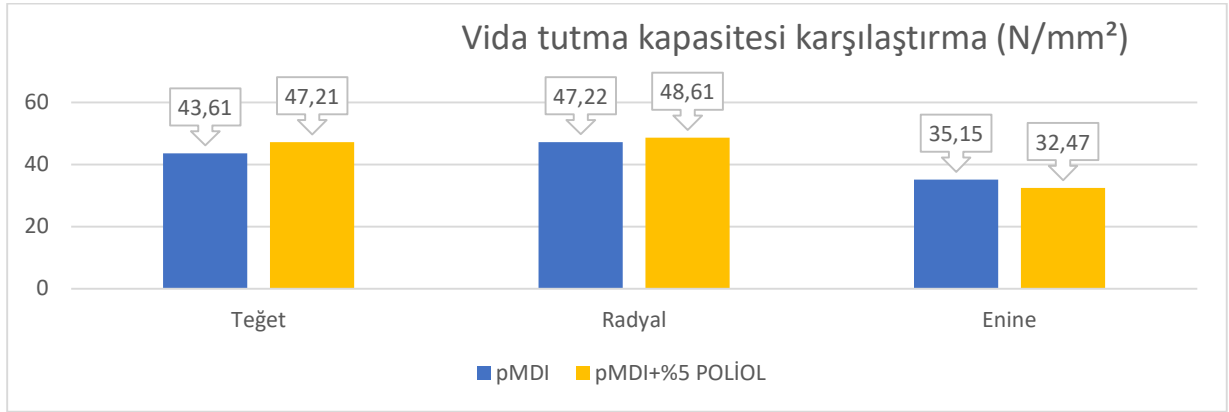
Darbe direncinin (kgm/cm²) tespitinde hem pMDI hem de pMDI+%5 POLIOL tutkal türünden 20'şer adet test örnekleri kullanılmıştır. pMDI tutkalı ve pMDI+%5 POLIOL tutkalı kullanılarak hazırlanmış test örneklerinin teğet yön (T), radyal yön (R) ve enine yüzeylerde vida tutma kapasitesine (N/mm²) ait değerler Tablo 4.9'da grafiği ise Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9: Test örneklerinin vida tutma kapasitesi (N/mm²) değerleri

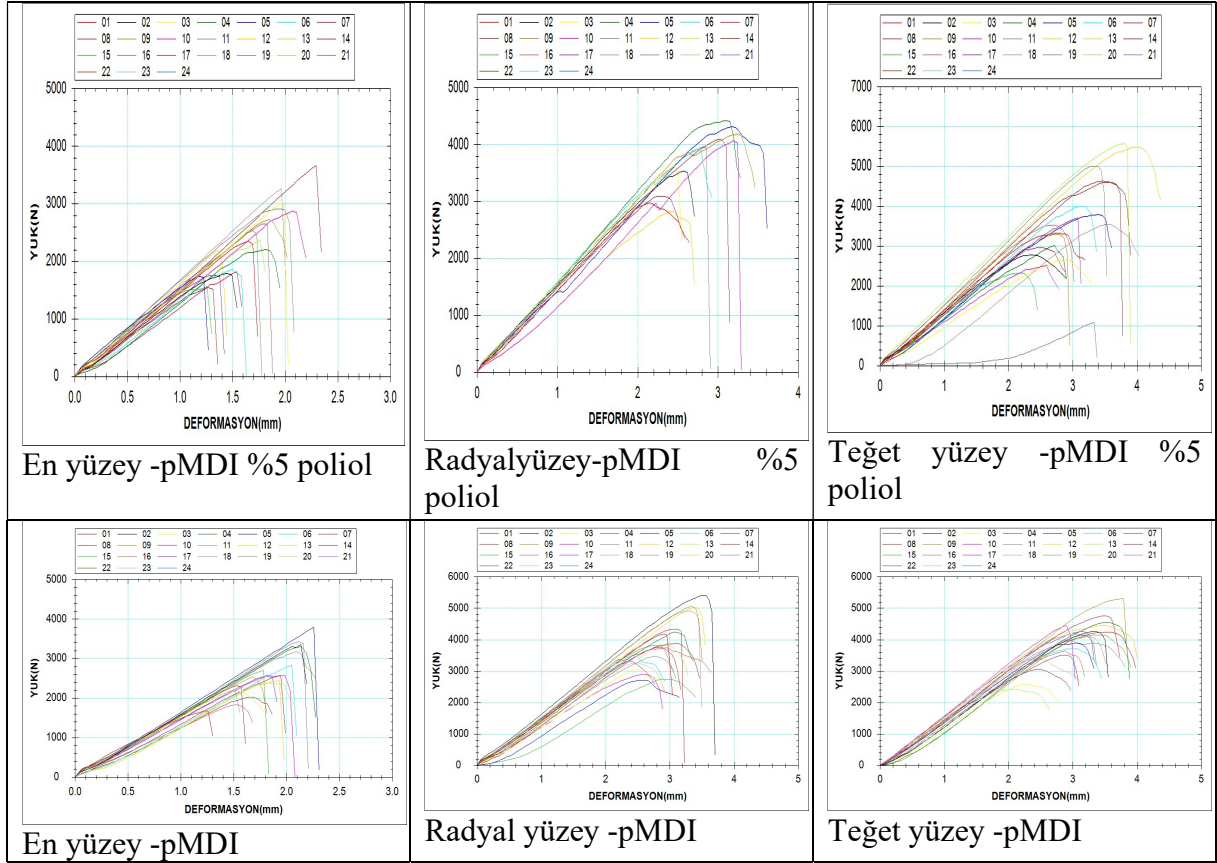
Vida Tutma Kapasitesi	Tutkal Türü	Yüzey	Yüzey				F	P value (α)
			Min.	Max.	\bar{x}	σ		
	pMDI	T	13,4	69,7	43,61	3,23	25,47	0,000
		R	35,2	55,1	47,22	1,38		
		E	19,2	122,6	35,15	5,16		
	pMDI+%5 POLIOL	T	30,1	56,8	47,21	7,2		
		R	34,1	67,5	48,61	9,34		
		E	20,8	47,4	32,47	7,01		

Min: En düşük değer, Max: En yüksek değer, \bar{x} : Ortalama değer, σ : Standart sapma, T: Teğet yön, R: Radyal yön, E: Enine yön

Tablo 4.9 incelendiğinde pMDI ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin ortalama darbe direnci değerleri teğet, radyal ve enine yüzeyler için sırasıyla 43.61, 47.22, 35.15 ve 47.21, 48.61, 32.47 N/mm² olarak tespit edilmiştir. pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin vida tutma kapasitesi radyal ve teğet yüzeylerde yüksek ancak enine yüzeyde düşük çıkmıştır. Test örneklerinin ortalama vida tutma kapasitesi değerlerinin yapıştırıcı tipinden daha çok test örneklerinin lif yönünden etkilendiğini tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre polioli katkı olarak hazırlanan örneklerin lif yönüne bağlı vida tutma kapasitesi değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark (P value <0,05) olduğu tespit edilmiştir. Polioli katkısı olmadan tutkal ile hazırlanan numunelerde ise vida tutma kapasitesi değerleri arasında lif yönünün bir fark oluşturmadığı (P value > 0,05) tespit edilmiştir.



Şekil 4.6. Test örneklerinin vida tutma kapasitelerinin yönlere göre karşılaştırma grafiği



Şekil 4.7. Vida tutma kapasitesi testi esnasında elde edilen yük-deformasyon grafikleri

Vida tutma kapasitesi testi esnasında elde edilen yük-deformasyon grafikleri Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Şekil 4.7 incelendiğinde yük-deformasyon grafiklerinin altında kalan alanların birbirlerinde farkı olduğu, en büyük alanın hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkalları ile hazırlanan test örneklerinin radyal yönlerinden elde edildiği görülmektedir. Yine Şekil 4.7’deki yük-deformasyon grafiklerine göre; teğet ve radyal yüzeylerde yapılan testler sonunda vidanın test örneklerinden derece derece olarak çıktığı, buna karşın, enine yüzeylerde ise vidanın test örneklerinden ani olarak çıktığı görülmektedir. Önceki çalışmalarda odun türü ve vidalama yüzeylerinin vida tutma kapasitesi üzerine etkili olduğu belirtilmiştir. Bu anlamda elde edilen veriler literatür ile uyumluluk göstermektedir [134; 135; 136; 137].

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada; mühendislik ürünü ağaç malzemeler grubunda yer alan yapısal kompozit kereste ürünlerinden biri olan paralel şerit kereste başarılı bir şekilde bambudan üretilmiştir. Üretilen malzemenin bazı mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Test sonuçlarından elde edilen verilere göre;

1. İyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip yapısal kompozit kereste ürünlerinden olan paralel şerit keresteler, bambu (*Phyllostachys Bambusodites*) ile üretilebilir.
2. pMDI tutkalı içerisine %5 poliöl ilave edilerek hazırlanan paralel şerit kerestelerin poliöl ilave edilmeyen gruplara kıyasla bazı fiziksel ve mekanik özellikleri iyileştiği tespit edilmiştir.
3. Bambu şeritlerinden hazırlanan paralel şerit kerestenin hava Kurusu ve tam kuru yoğunluğu bambu yoğunluğuna göre daha yüksek bulunmuştur. Bu değerde tutkal ilavesinin ve press basıncının etkili olduğu düşünülmektedir.
4. Hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkallarıyla üretilmiş test örneklerinin sırasıyla ortalama hava kurusu yoğunluk değerleri 1,02 gr/cm³ ve 0,99 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir.
5. Hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkallarıyla üretilmiş test örneklerinin sırasıyla ortalama tam kuru yoğunluk değerleri 0,99 gr/cm³ ve 0,94 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir. Yoğunluk massif ağaç malzemenin ve odun esaslı kompozit malzemelerin mekanik performansını belirleyen önemli faktörlerden birisidir.
6. Hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkallarıyla üretilmiş test örneklerinin sırasıyla ortalama rutubet miktarı değerleri %5,13 ve %4,92 olarak tespit edilmiştir.
7. İki tutkal türü ile yapılan test örnekleri birbiriyle karşılaştırıldığında pMDI ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin 2 saat sonunda ortalama genişleme değerleri sırasıyla %3,78 ve %2,49 oranında artış gösterirken bu oran yine aynı sıralama ile 24 saat sonunda %12,41 ve %9,66 olarak tespit edilmiştir.
8. İki tutkal türü ile yapılan test örnekleri birbiriyle karşılaştırıldığında pMDI ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin 2 saat sonunda ortalama

su alma yüzdesideğerleri sırasıyla %5,96 ve %4,73 oranında artış gösterirken bu oran yine aynı sıralama ile 24 saat sonunda %18,72 ve %16,76 olarak tespit edilmiştir.

9. pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü pMDI kullanılan test örneklerinden yüksek çıkmıştır. Eğilme direncinin ve eğilmede elastikiyet modülünün önemli olduğu yerlerde poliöl ilavesi yapılabilir.
10. pMDI ve pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin ortalama darbe direnci değerleri teğet, radyal ve enine yüzeyler için sırasıyla 43.61, 47.22, 35.15 ve 47.21, 48.61, 32.47 N/mm² olarak tespit edilmiştir. pMDI+%5 POLİOL tutkalı kullanarak yapılan test örneklerinin vida tutma kapasitesi radyal ve teğet yüzeylerde yüksek ancak enine yüzeyde düşük çıkmıştır.
11. Test örneklerinin ortalama vida tutma kapasitesi değerlerinin yapıştırıcı tipinden daha çok test örneklerinin lif yönünden etkilendiğini tespit edilmiştir.
12. Hem pMDI hem de pMDI+%5 POLİOL tutkallarından üretilen paralel şerit keresteler yapısal uygulamalarda özellikle havanın bozucu etkilerine maruz kalınan yerlerde kullanılabilir.
13. Bambunun (*Phyllostachys Bambusodies*) yapısal amaçlarla kullanılabilirliğinin önünün açılmasına fayda sağlanarak hızlı yetişen bu türün kullanımı ile hem ülkemiz hem de Dünya orman varlığına katkıda bulunulabilir.

5.2. Öneriler

1. Yapısal kompozit kereste ürünlerinden biri olan paralel şerit kerestenin, üretilmesi kullanımının yaygınlaştırılması ve orman varlığının daha rasyonel bir şekilde kullanılmasına katkı sağlayabilir.
2. Ekonomik değeri az, hızlı yetişen ağaç türleri mühendislik ürünü ağaç malzeme üretiminde kullanılarak katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülebilir.
3. Araştırmacılar farklı ağaç türleri farklı tutkallar kullanarak bu ürünlerin araştırılması ve geliştirmesine katkı sağlayabilirler.
4. Bu araştırma, laboratuvarda üretilen bambu paralel şerti kerestenin bazı ve spesifik performans değerlerini belirlemiştir. Bambudan yapılabilecek kompozit ürünleri ve teknolojinin endüstriyel ölçekte uygulanmasını daha kesin olarak belirlemek için daha fazla çaba gösterilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- [1] Khalil H P S A, Bhat I U H, Jawaid M, Zaidon A, Hermawan D, Hadi Y S, Bamboo fibre reinforced biocomposites. *Materials & Design* 2012; 42: 353–368 doi org/10 1016/j matdes 2012 06 015
- [2] Kaminski S, Lawrence A, Trujillo D. Structural use of bamboo: Part 1: Introduction to bamboo *Structural Engineer* 2016, 94: 40-43
- [3] Paridah M T. *Bonding with Natural Fibres* (1st ed) Serdang, Malaysia: Universiti Putra Malaysia Press 2013
- [4] Escamilla, E D. *Development Of Simplified Life Cycle Assessment Methodology For Construction Materials And Buildings Outside Of The European Context Through The Use Of Geographic Information Systems* Wageningen University 2015 Doktora Tezi
- [5] Tran, V H. Growth and quality of indigenous bamboo species in the mountaineous regions of Northern Vietnam, in *Faculty of Forest Science and Forest Ecology* 2010, Georg-August-Universität Göttingen: Göttingen
- [6] Ashby, M. F. *Materials and Sustainable Development. Materials and Sustainable Development* 2016. Elsevier. <http://doi.org/10.1016/B978-0-08-100176-9.00013-X>
- [7] Anokye R, Bakar ES, Ratnasingam J, Awang. Bamboo properties and suitability as a replacement for wood 2016. *PJSRR* 2(1):63–79
- [8] Var, M. *Country Report On Bamboo Report in Turkey. Global Forest Resources Assessment, International Network for Bamboo and Rattan (INBAR) 2005, Turkey.*
- [9] Okan, O T. *Anabilim Dalı kraft Yöntemiyle Üretilen Bambu (Phyllostachys Bambusodies) ve melez Kavak (Populus X Euramericana (Dode) Guinier) Kağıt Hamurlarının ağartılması (yüksek lisans tezi) Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2010*
- [10] Muller, I, Rebelo, C. *Bamboo Worldwide: The current market and future potential* Retrieved October 7, 2015, from http://www.ecoplanetbamboo.com/files/bamboo_worldwide.pdf
- [11] Taylor, D, Kinane, B, Sweeney, C, Sweetnam, D, O'Reilly, P, & Duan, K. The biomechanics of bamboo: investigating the role of the nodes *Wood Science and Technology*, 2014; 49(2), 345–357 <http://doi.org/10.1007/s00226-014-0694-4>
- [12] Liese, W. *Research on Bamboo* *Journal of Wood Science and Technology*, 1986; 21(1), 189–209

- [13] Mustafa M T, Wahab R, Sudin M, Sulaiman O, Kamal N, & Khalid I. Anatomical and microstructural features of tropical bamboo *Gigantochloa brang*, *G levis*, *G scortechinii* and *G wrayi* International Journal of Forest, Soil and Erosion, 2011; 1(1), 25–35
- [14] Gross, M. Green shoots Current Biology. 2009; CB, 19(9), R345–6 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23638598>
- [15] Shen Z, Zhang YH, Zhang L, Li Y, Sun YD, Li ZY. Changes in the distribution of endogenous hormones in *Phyllostachys edulis* ‘Pachyloen’ during bamboo shooting PLoS ONE 2020; 15(12): e0241806
- [16] Yuming, Y, Chaomao, H. China’s bamboo culture/resources/cultivation/utilization, in Technical report INBAR (INBAR). Bamboo and Rattan Research Institute, China Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan, P R China, 650224 p 148- 206
- [17] Tang, T; Chen, X; Zhang, B; Liu, X; Fei, B Research on the Physico-Mechanical Properties of Moso Bamboo with Thermal Treatment in Tung Oil and Its Influencing Factors Materials; 2019. 12, 599
- [18] Liese, W. Anatomy and Properties of Bamboo In International Bamboo Workshop (INBAR);1985. October 6-14 China
- [19] Wang, H. 1986 Studies on The High Yield Pulping of some Taiwan Bamboo Species, XXIII IUFRO World Congress Proceedings of The Production and Utilization of Bamboo and Related Species;1986 September; Ljubljana, Yugoslavia. 49-55
- [20] Hamdan, H. Characterization of mechanical properties and behaviour of *Gigantochloa scortechinii* for structural application PhD Thesis. Bangor; University of Wales 2004.
- [21] Wakchaure, M R, & Kute, S Y. Effect of Moisture Content on Physical and Mechanical Properties of Bamboo Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing) 2012; 13(6), 753–763
- [22] Razak W, Janshah M, Hashim WS. Morphological and anatomical characteristics of managed natural bamboo stands *Gigantochloa scortechinii* Journal of Bamboo and Rattan 2007; 6(2)
- [23] Razak, O, & Latif, M (1995) Bamboos of Peninsular Malaysia In O Abd Razak, M Abd Latif, W Liese, & H Norini (Eds), Planting and utilization of bamboo in Peninsular Malaysia (Pamphlet N, pp 1–12) Forest Research Institute of Malaysia (FRIM)
- [24] Ogunwusi, A A, Onwualu, A P. Prospects for Multi-Functional Utilisation of Bamboo in Nigeria 2013; 3(8), 58–71

- [25] Chand, M N, Shukla, M, & Sharma, M. Analysis of Mechanical Behaviour of Bamboo (*Dendrocalamus strictus*) by Using FEM Journal of Natural Fibers 2008; 5(2) <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15440470801928970>
- [26] Gerhards, C C. Effect of moisture content and temperature on the mechanical properties of wood: an analysis of immediate effects 1982; October, 14(1), 4–36 <http://swst.metapress.com/index/B08027N87757L339.pdf>
- [27] Krause, J Q, and Ghavami, K. Transversal reinforcement in bamboo culms. Proceedings of the 11th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies, Bath, UK 2009;1-288
- [28] Xing Y H, Jin Q Q, Jiu, L X, Jian F H, Bai D Q and Si M C. Variation in anatomical characteristics of bamboo, *Bambusa rigida*, Sains Malaysiana 2015; 44(1): 17-23
- [29] Tan T , Rahbar N , Allameh S M , Kwofie S , Dissmore D , Ghavami K , and Soboyejo, W O. Mechanical properties of functionally graded hierarchical bamboo structures, *Acta Biomaterialia* 2011;7(10), 3796-3803
- [30] Yuan Z, Wen Y, Kapu NS, Beatson R, Martinez DM. A biorefinery scheme to fractionate bamboo into high-grade dissolving pulp and ethanol *Biotechnol Biofuels* 2019; 10:38
- [31] Smulski S. Engineered wood products. PFS Research Foundation: Madison, Wisconsin; 1997.
- [32] Maxim P, Darryl P, Len G, Joseph C. Taller Wood Buildings and Fire Safety. University of the Fraser Valley; 2013.
- [33] Milner HR. Sustainability of engineered wood products in construction. Sustainability of construction materials. Wood head publishing series in civil and structural engineering, Cambridge UK; 2009: 184-212.
- [34] Baldwin R. Plywood and Veneers Based Products, Manufacturing Practices, Miller Freeman: San Francisco, California; 1995.
- [35] Nelson SPE. Structural composite lumber. In: Engineered wood products a guide for specifiers, designers and users, Sumulski S. (ed.), PFS, Research Foundation, Madison; 1997: 147-172.
- [36] Shukla SR, Rao RV, Sharma SN. Evaluation of parallel strand lumber (PŞK) and 144 WOOD RESEARCH its comparison with laminated veneer lumber (LKK), rubber wood and teak. *Holz als Rohund Werkstoff*. 1999; 57(4): 267-270.

- [37] Kurt, R., Mengeloğlu, F., Bektaş, İ. The Introduction Of Engineered Wood Products (EWPs) For The Earthquake Resistant Building Construction in Turkey. Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26–30 Mayıs 2003, Paper No: AE–0121 Page:6.
- [38] Hemmila V, Adamopoulos S, Karlsson O, Kumar A. Development of sustainable bio-adhesives for engineered wood panels–A Review. RSC Advances. 2017; 7 (61): 38604-38630.
- [39] Lam F, Prion HG. Engineered wood products for structural. Timber Engineering, Wiley, New York; 2003.p. 81.
- [40] Nicole MS, Cai Z, Carll C. Wood-Based Composite Materials Panel Products, Glued-Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and Wood–Nonwood Composite Materials, Chapter 11, General Technical Report FPL–GTR–190; 2010. p. 11.1-11.28
- [41] William C. A Review of Engineered Wood Products in Canada (An undergraduate thesis). Lakehead University Thunder Bay: Ontario; 2018
- [42] Stark NM, Cai Z, Carll C. Wood-based composite materials: panel products, glued-laminated timber, structural composite lumber, and wood-nonwood composite materials. In: Ross R. (Ed.), Wood Handbook- Wood as an Engineering Material. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI; 2010. p. 11.1-11.28.
- [43] Fadai A, Winter W, Gruber M. Wood based construction for multi-storey buildings. The potential of cement bonded wood composites as structural sandwich panels. World Conference on Timber Engineering (WCTE 2012), 2012;1. WCTE 2012 Committee. Aukland.
- [44] Adair C. Regional production and market outlook tor structural panels and engineered wood products 2001-2006. APA Economics Report E67 Table 28, APA, Tacoma, WA; 2001. p. 51.
- [45] Younquist JA. Wood based composites and panel products. In wood handbook: forest product laboratory. United States, department of agriculture forest service, Madison, Wisconsin; 1999. P. 10.1-10.31-113.
- [46] Brandner R, Schickhofer G. Glued laminated timber in bending: new aspects concerning modelling. Wood Science & Technology. 2008; 42(5):401-425
- [47] Herawati E. The characteristics of glued-laminated beams made from small diameter fast growing species (MS Thesis). Postgraduate School, Bogor Agricultural University; 2007.
- [48] Vratuša S, Kuzman MK, Kilar V. Structural particulars of glued laminated beams of variable height. Drewno. Pr. Nauk. Donies. Komunik. 2011;54: 185.
- [49] Xiao Y, Yang RZ, Shan B. Production, environmental impact and mechanical properties of glulam. Construction and Building Materials. 2013;44: 765-773.

- [50] Nadir Y, Nagarajan P. The behavior of horizontally glued laminated beams using rubber wood. *Construction Building Materials*. 2014; 55: 398-405.
- [51] Nagarajan P. The behavior of horizontally glued laminated beams using rubber wood. *Construction Building Materials*. 2014; 55: 398-405.
- [52] Ezeagu C, Eromosele A, Okoro H, Chukwujekwy U, Emetomo T. Flexural Strength of solid and glue laminated timber beams. *American Journal of Engineering Science & Technology Research*. 2015; 3 (1): 1-14.
- [53] Sreeshna KS. Study on Flexural Behavior of Glued Laminated Timber. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2016; 5(7): 13373-13381.
- [54] Lehmann S. Developing a prefabricated low-carbon construction system using cross-laminated timber (CLT) panels for multistorey inner-city infill housing in Australia. *Journal of Green Building*, 2012; 7(3): 131-150.
- [55] Mohammad M, Gagnon S, Douglas BK, Podesto L. Introduction to Cross Laminated Timber. *Wood Design Focus*. 2012;22: 2.
- [56] Liao Y, Tu D, Zhou J, Zhou H. Feasibility of manufacturing cross-laminated timber using fast-grown small diameter eucalyptus lumbers. *Construction Building Materials*. 2017; 132: 508-515.
- [57] Frangi A, Fontana M, Hugi E, Jubstl R. Experimental analysis of cross-laminated timber panels in fire. *Fire Safety Journal*. 2009; 44(8): 1078.
- [58] Brandner R, Flatscher G, Ringhofer A, Schickhofer G, Thiel A. Cross laminated timber (CLT): overview and development. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2016; 74: 331-351.
- [59] Mallo MFL, Espinoza O. Cross-Laminated Timber Vs. Concrete/Steel: Cost Comparison Using A Case Study. *World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016)*, Vienna, Austria; 2016.
- [60] Neuvonen E, Minna S, Jani H, Micha H, Matthias W. Laminated Veneer Lumber- Wood-Based Panels Technology. *Laminated Veneer Lumber- Wood-Based Panels Technology*. N.p., n.d. Web; 2013.
- [61] Kurt, R. Çavuş, V. Meriç, H. Keresteye alternatif bazı mühendislik ürünü ağaç malzemele paralel şerit kereste, tabakalanmış şerit kereste ve ahşap I- kiriş. *Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi 20–22 Mayıs 2010 Cilt: V Sayfa: 1772–1781*.

- [62] Weight S, Yadama V. Manufacture of laminated strand veneer (LSV) composite. Part 1: Optimization and characterization of thin strand veneers. *Holzforschung*. 2008; 62(6):718-724.
- [63] Wang Z, Gong M, Chui YH. Mechanical properties of laminated strand lumber and hybrid cross-laminated timber. *Construction Building Materials*. 2015; 101: 622-627.
- [64] Fan MZ, Xu RX, Yang AH. Study on parallel strand lumber made of waste veneer/bamboo strips. *Wood Industry (Beijing)*. 1995; 9(1): 10-13.
- [65] Yihai L, Le W. Selected properties of parallel strand lumber made from southern pine and yellow poplar. *Holzforschung*. 2003;57(2): 207-212.
- [66] Kurt R, Cavus V. Manufacturing of parallel strand lumber (PŞK) from rotary peeled hybrid poplar I-214 veneers with phenol formaldehyde and urea formaldehyde adhesives. *Wood research*. 2011; 56 (1): 137-144.
- [67] Andre M Iskandar. Potential Market of Parallel Strand Lumber (PŞK) and Laminated Veneer Lumber (LKK) in Indonesia. A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Bachelor of Science in Wood Products Processing in The Faculty of Forestry, 2013.
- [68] Chotchuay, V. Kyokong, B. Ouypornprasert, W. 2008. Strength and reliability of Oriented Strand Lumber made from heat-treated Parawood strands. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 30 (5), Pages:649–657.
- [69] Edward A. Le 2010. Numerical Modeling and Experiments on Wood-Strand Composites” Oregon State University doctorate thesis. Pages:3–4.
- [70] Gu H, Wang S, Neimsuwan T, Wang S. Comparison study of thickness swell performance of commercial oriented strandboard flooring products. *Forest Product Journal*. 2005; 55(12):239-245.
- [71] Hiziroglu S. Oriented strand board as a building material. Oklahoma State University; 2006.(74) Oriented strand board, Wikipedia. <https://images.app.goo.gl/3KA6wHxsw9MqGg5M8>
- [72] Lunguleasa A, Dumitrascu A, Ciobanu V. Comparative Studies on Two Types of OSB Boards Obtained from Mixed Resinous and Fast-growing Hard Wood. *Applied Science*. 2020; 10: 6634.
- [73] Bekhta P, Hiziroglu S, Shepelyuk O. Properties of plywood manufactured from compressed veneer as building material. *Materials and Design*. 2009; 30 (2009): 947-953.

- [74] Gagne, S., 2000. Fiber reinforced plastic joist for the construction industry, A feasibility study. Thesis Master of Science Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin, Madison. Pages: 24–25.
- [75] River, B.H., 1994. Fracture of adhesively-bonded wood joints. In: Pizzi, A. and Mittal, K.L. (Eds.), Handbook of Adhesive Technology. Marcel Dekker, New York, chap. 9.
- [76] Frihart, C.R. 2005. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Pages:215–259.
- [77] Walinder, M. 2000. Wetting Phenomena on Wood – Factors Influencing Measurements of Wood Wettability.” Doctorate Thesis, KTH-Royal Institute of Technology, Dept. Of Manufacturing Systems, Wood Technology and Processing, SE-100 44, Stockholm. Page: 2.
- [78] Vick, C. 1999. “Adhesive Bonding of Wood Materials” Forest Products Laboratory. 1999. Wood handbook—Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Chapter Pages: 1-5.
- [79] Detlefsen, W.D. (2002). Phenolic resins: Some chemistry, technology and history. In: Chadhury, M, and Pocius, A.V. (Eds.), Adhesive Science and Engineering – 2: Surfaces, Chemistry and Applications. Elsevier, Amsterdam, chap. 20.
- [80] Pizzi, A. 1993. Advanced Wood Adhesives Technology. Prs. Marcel Dekker, NewYork, 235, Pages:10–120.
- [81] Kim, Y. 2011. Modified Phenol-Formaldehyde Resins for C-Fiber Reinforced Composites: Chemical Characteristics of Resins, Microstructure and Mechanical Properties of their Composites. Faculty of Mechanical Engineering, Department of Composite Materials, Chemnitz University of Technology, Institute phd. Thesis Pages: 24-36.
- [82] Eckelman, Carl. ÓA 2010. Brief Survey of Wood Adhesives. Ó FNR Report 154. Purdue University Cooperative Extension Service (www.extension.purdue.edu/extmedia/FNR/FNR-154.pdf)
- [83] Global Insight, 2007. Socio-Economic Benefits of Formaldehyde to the European Union (EU 25) and Norway. 24 Hartwell Avenue Lexington, Page:19.
- [84] Pizzi, A. (2003’e). Urea-formaldehyde adhesives. In: Pizzi, A. and Mittal, K.L. (Eds.), Handbook of Adhesive Te chnology (2nd ed.) Marcel Dekker, New York, chap. 31
- [85] Vick, C.B. 1997. More durable epoxy bonds to wood with hydroxymethylated resorcinol coupling agent. Adhesives Age 40(8):24–29.

- [86] Vick, C.B., Okkonen, E.A. 1998. Strength and durability of one-part polyurethane adhesive bonds to wood. *Forest Products J.* 48(11/12):71–76.
- [87] Ebewele, R.O., River, B.H., Myers, G.E. 1993. Polyamine-modified urea-formaldehyde-bonded wood joints, III: Fracture toughness and cyclic stress and hydrolysis resistance. *J. Appl. Polymer Sci.* 49:229–245.
- [88] Dunky, M. 2003. Adhesives in the wood industry. In: Pizzi, A. and Mittal, K.L. (Eds.), *Handbook of Adhesive Technology* (2nd ed.). Marcel Dekker, New York, chap. 47.
- [89] Dunky, M. (2003). Adhesives in the wood industry. In: Pizzi, A. and Mittal, K.L. (Eds.), *Handbook of Adhesive Technology* (2nd ed.). Marcel Dekker, New York, chap. 47.
- [90] Frazier, C.E., 2003. Isocyanate wood binders. In: Pizzi, A. And Mittal, K.L. (Eds.), *Handbook of Adhesive Technology*. (2nd ed.). Marcel Dekker, New York, chap. 33.
- [91] Modzel, G. 2009 Computed Tomography Analysis of Wood-Adhesive Bonds. Oregon State University Doctor of Philosophy in Wood Science Page: 14.
- [92] Jaffe, H.L., and Rosenblum, F.M. (1990). Poly (vinyl alcohol) for adhesives. In: Skeist, I. (Ed.), *Handbook of Adhesives* (3rd ed.). Van Nostrand Reinhold, New York, chap. 22.
- [93] Geddes, K. 2003. Polyvinyl and ethylene-vinyl acetates. In: Pizzi, A. and Mittal, K.L. (Eds.), *Handbook of Adhesive Technology* (2nd ed.). Marcel Dekker, New York, chap. 35.
- [94] Honkala, A. 2012. Light and efficient wear resistant hybrid materials Tampere University Of Technology. Master's Degree Programme in Materials Science. Pages: 2.
- [95] Zheng, J. 2002. Studies of PF Resole/Isocyanate Hybrid Adhesives. Ph.D. thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University, Wood Science and Forest Products Blacksburg, VA. 213 pp. Pages:3–6.
- [96] Ellis, S., Dubois S. Determination of Parallel macroporosity by two optical Techniques *Wood and Fiber Science* 1994; 26(1). s.70-77.
- [97] Merrick, GP, RT Baileys and JL Watt. Manufacturing, physical/mechanical properties and creosote treatability of parallel strand lumber. *American Wood-Preservers' Association* 1997; 93, 405 – 413.
- [98] Janowiak, J.J. and S.W. Bukowski. Toughness properties for several composite lumber materials. *Forest Prod. J.* 2000; 50(5), 51–54.
- [99] Sukontasukkul, R., Lain F., Mindess, S. Fracture of parallel strand lumber (PŞK) under impact loading. *Materials and Structures/Matériaux et Constructions* 2000; 33, s. 445-449.

- [100] Takahashi, R., Kurisaki, H., Tsukai, H., Mizumoto, K. Production of Strand Lumber from Curved Sugi Logs I. Mechanical Properties of Parallel Strand Lumber. Journal of the Toyama Forestry and Forest Products Research Center 2000; 13, s.120-126.
- [101] Goodell, B., Merrick, P., Jellison, J., Yuhui, Q. Marine borer degradation of treated and untreated parallel strand lumber panels. Forest products journal 2007; 57 (4), s.72-76.
- [102] Yihai L., Lee, W. Selected Properties of Paralel Strand Lumber Made From Southern Pine and yellow poplar. Holzforschung2003; 57 (2): s.207-212.
- [103] Ronald, W., Wolfe M., Begel B. 2004. Timber Rivets in Structural Composite Lumber. United States Department of Agriculture Forest Service Forest Products Laboratory General Technical Report FPL-GTR-153 s.57.
- [104] Chirasatitsin S, Prasertsan S, Wisutmethangoon W, Kyokong B. Mechanical properties of rubberwood oriented strand lumber (OSL): The effect of strand length Songklanakarin J. Sci. Technol; 2005, 27(5) : 1047-1055
- [105] Malanit, P. Kyokong, B. Laemsak, N. Oriented Strand Lumber from Rubberwood Residues Walailak J Sci & Tech 2005; 2(2):115-125.
- [106] Choowang, R. 2005. Basic Properties and Termite Resistance of Oriented Strand Lumber Made from Heat-Treated Parawood Strands. Master Thesis, School of Engineering and Resources, Walailak University (In Thai). Choowang, R
- [107] Preechatiwong, W. Yingprasert, W. Kyokong, W. Effects of phenol-formaldehyde / isocyanate hybrid adhesives on properties of oriented strand lumber (OSL) from rubberwood waste. Songklanakarin J. Sci. Technol. Vol. 29 No. 5 Sep. - Oct. 2007 1368
- [108] Ferraz, J Menezzi, C. Teixeira, D. Okino, E. Souza, F. Bravim, G. 2008 Properties of laminated strand panels used as an alternative to solid wood Cerne, Lavras, v. 15, n. 1, p. 67-74, jan. /mar. 2009 P: 68-75
- [109] Chotchuay, V. Kyokong, B. Ouypornprasert, W. 2008 “Strength and reliability of Oriented Strand Lumber made from heat-treated Parawood strands” Songklanakarin J. Sci. Technol; 2008 Sep.-Oct.; 30 (5), 649-657.
- [110] Çavuş, V. I-214 (populus x euramericana) melez kavak klonundan fenol formaldehit ve üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilmiş paralel şerit kerestelerinin(pşk) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri (yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş: Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2008.

- [111] Linton, J. Barnes, M. Seale, D. Effect of Species-type on Properties of Steam Pressed Scrim Lumber (SPŞK). Proceedings of the 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology; November 10-12, 2008: Concepción, CHILE Paper WS-32 3 of 8.
- [112] Malanit P, Barbu M, Frühwald A. The gluability and bonding quality of an Asian bamboo (*Dendrocalamus asper*) for the production of composite lumber. *Journal of Tropical Forest Science* 2009; 21(4): 361–368.
- [113] Malanit, P. Barbu, M. Frühwald A Marius C. Barbu · 2010Physical and mechanical properties of oriented strand lumber made from an Asian bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer)” *Eur. J. Wood Prod.* (2011) 69.27–36
- [114] Barnes, M. Michael, H. Seale, D. Linton, M. Steam-Pressed Scrim Lumber (SPŞK) “Proceedings of the International Convention of Society of Wood Science and Technology and United Nations Economic Commission for Europe – Timber Committee 2010 October 11-14, Geneva, Switzerland Paper WS-8 1 of 8.
- [115] Zhang C, Smith G.D. In-Plane Permeability of Oriented Strand Lumber. Part II: Microscopic Investigation of Void Structure During Compression Wood and Fiber Science. *Society of Wood Science and Technology* 2010; 42(2) pp. 121-129.
- [116] Altinok M, Atar M, Keskin H, Korkut S, Kocaturk I. Determination of Bonding Performance of Several Modified WoodAdhesives.*Int. J. Phys. Sci.* 2011; 6, 294–300.
- [117] Kurt, R., and Cavus, V. Manufacturing of parallel strand lumber (PŞK) from rotary peeled hybrid poplar I-214 veneers with phenol formaldehyde adhesives 2011; *Wood Res*56(1), 137-144.
- [118] Kurt R, Aslan K, Çil M, Cavus V. Properties of parallel strand lumber from two hybrid poplar clones using melamine urea formaldehyde adhesive, *BioResources* 2012; 3711–3719.
- [119] Aslan K. Bor bileşikleri kullanılarak yanmaya dayanıklı paralel şerit kereste üretimi (yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş: Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2012
- [120] Kurt R, Aslan K, Çavuş V. Influence of press pressure on the properties of parallel strand lumber glued with urea formaldehyde adhesive; 2013, *BioResources*. No:3. (ss4029–4037).
- [121] Suna, Ö. Dimetiloldihidroksietilenüre reçinesi modifikasyonunun kavaktan üretilen paralel şerit kerestelerin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi (yüksek lisans tezi). Bursa: Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü;2019.
- [122] TS 2471, 1976. Odunda. Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.

- [123] TS 2472. 1976. Odunda, Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.
- [124] ASTM D- 1037
- [125] TS 2470, 1976. Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.
- [126] TS 2477, 1976. Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini, TSE Ankara s.1-5.
- [127] TS EN 13446, 2005. Ahşap esaslı levhalar – bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [128] Akdoğan E, 2011. Farklı Katkı Maddelerinin Poliüretan Malzemelerin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Programı Yüksek Lisans Tezi
- [129] Kelemwork, S. (2008). Testing of two Ethiopian Bamboo species for value add products. [http://www.eabp.org.et/Publications/present/Testing of Two Ethiopian Bamboo.pdf](http://www.eabp.org.et/Publications/present/Testing%20of%20Two%20Ethiopian%20Bamboo.pdf)
- [130]. Kurt, R., 2010. Suitability Of Three Hybrid Poplar Clones For Laminated Veneer Lumber Manufacturing Using Melamine Urea Formaldehyde Adhesive, Bioresources 5(3)s.1868-1878
- [131]. Simpson, W., TenWolde, A. 1999. Physical Properties and Moisture Relations of Wood, Wood handbook, chapter 3, Madison.
- [132]. Wu, Z.H., Furuno, T., Zhang, B.Y, 1998: Properties of curved laminated lumber made from fast-growing species with radiofrequency heating for use in furniture. Journal of Wood Science 44(4): 275-281.
- [133] Marra, A.A., 1992: Technology of wood bonding, principles in practice.: Van Nostrand Reinhold. New York, 454 pp.
- [134] 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, 02-03 Kasım, Antalya, Türkiye, 383-396.
- [135] Çavuş, V., Ayata, Ü., (2018), Manolya ağacı, akçağaç ve tespih ağacı odunlarında vida tutma direnci üzerine bir araştırma, Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, 1(2), 94-102. DOI: 10.33725/mamad.496615.
- [136] Efe, F.T., (2020), Japon akçağaç odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma, Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, 3(2), 110-118, DOI: 10.33725/mamad.837309.

[137] Çavuş, V., (2020a), Kayısı ağacı (*Prunus armeniaca* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22(2), 457-464. DOI: 10.24011/barofd.729707.

Özgeçmiş

Adı Soyadı: İbrahim ERSİN

Eğitim:

Lisans Gazi Üniversitesi (Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya Dekorasyon Öğretmenliği)
Ön Lisans Mersin Üniversitesi (Mobilya Dekorasyon)
Lise Erdemli Çok Programlı Lisesi (Mobilya Dekorasyon Bölümü)

İş Deneyimi:

1994 Yılından 2010 tarihine kadar Mersin, Ankara ve İzmir' de Mobilya sektöründe çalıştım.

09.12.2010 Tarihinde Mobilya Ve İç Mekan Tasarımı Öğretmeni olarak atandım.

2018/2019 Eğitim Öğretim Yılından itibaren Buca Süleyman Şah Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesinde Müdür Yardımcısı olarak çalışmaktayım.

Yayımlar:

1. Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi (2022 - Cilt: 5 Sayı: 2), Ihlamur (Tilia tomentosa) odunun bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi