



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

KAVAK KAPLAMALARDAN ALTERNATİF KONTRPLAK ÜRETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Lütfullah KOCA

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

TEMMUZ 2025

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

KAVAK KAPLAMALARDAN ALTERNATİF KONTRPLAK ÜRETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Lütfullah KOCA

(22434967610)

ORCID: 0009-0004-6915-4961

**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Orman Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

Danışman: Prof. Dr. Ramazan KURT

ORCID: 0000-0003-3703-6966

TEMMUZ 2025





20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı SOYADI: Lütfullah KOCA

İmzası:

X



Aileme ve eşime

ÖNSÖZ

“Kavak Kaplamalardan Alternatif Kontrplak Üretimi” başlıklı bu çalışma Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Akademik eğitim sürecimin bir üst noktası olan yüksek lisans tez çalışmamda her daim yardımcı olan, beni yetiştiren, orman endüstrisini sevmem için elinden geleni yapan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ramazan KURT hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim sürecinde, bilimsel alanda bilgi, düşünceleri ve yardımlarıyla her türlü destek sağlayan hocalarım Sayın Prof. Dr. Murat ERTAŞ’a, Doç. Dr. İbrahim Halil BAŞBOĞA’ya, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hülya VARLIBAŞ BAŞBOĞA’ya ve yüksek lisans eğitime başlamama yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Muhammed Said FİDAN’a çok teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca büyük emekleri olan beni destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Doğan MEMİŞ hocama teşekkür ederim.

Tezimle ilgili test örneklerinin hazırlanmasında büyük emek sarf eden BTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Mobilya Atölyesi ustası Semih AKIN’a çok teşekkür ediyorum.

Ayrıca yüksek lisans tez dönemim boyunca desteklerini esirgemeyen, sürekli yardım eden, bilgi ve tecrübelerini paylaşan Merze Mobilya A.Ş. genel müdürümüz Sayın Orman End. Yük Müh. İ.Metin DAĞCI’ya, üretim müdürümüz Sayın Orman End. Yük Müh. Cihan AKINCI’ya ve ilk işe başladım günden bu yana beraber yol yürüdüğüm mesai arkadaşım Sayın Orman End. Yük Müh. Serdar DEMİR’e çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteklerini eksik etmeyen ve akademik alanda gelişmem için beni motive eden kıymetli aileme ve eşime teşekkür ederim.

Temmuz 2025

Lütfullah KOCA

(Orman Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler (MAM)	2
1.1.1 Kaplama Tabakalı Kereste (KTK).....	3
1.1.2 Büyük Kontrplak (Mass Plywood)	5
1.1.3 Kontrplak Hakkında Genel Bilgiler	7
1.1.3.1 Kontrplağın Tanımı	7
1.1.3.2 Kontrplakların Sınıflandırılması	7
1.1.3.3 Kontrplağın Kullanım Alanları ve Avantajları	8
1.1.3.4 Kontrplak Üretiminde Kullanılan Ağaç Türleri	8
1.1.3.5 Kontrplak Üretimi	9
2. LİTERATÜR TARAMASI	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1 Materyal	15
3.1.1 Ağaç Malzeme	15
3.1.2 Tutkal.....	16
3.2 Yöntem.....	17
3.2.1 Levhalarda Kaplama Yönlendirme Konbinasyonları	17
3.2.1.1 Kaplamaların Tutkallanması	19
3.2.2 Levha Taslaklarının Preslenmesi	20
3.3 Yapılacak Testler	20
3.3.1 Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi	20
3.3.1.1 Yoğunluk Değerinin Belirlenmesi	20
3.3.1.2 Su Alma Oranının Belirlenmesi	21
3.3.1.3 Kalınlık Artışı Oranının Belirlenmesi	21
3.3.2 Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi.....	22
3.3.2.1 Eğilme Direnci	22
3.3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	23
3.3.2.3 Yapışma Direnci.....	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR	26
4.1 Fiziksel Özellikler	26
4.1.1 Yoğunluk Sonuçları	26
4.1.2 Su Alma Sonuçları	29
4.1.3 Kalınlık Artışı Sonuçları	33

4.2 Mekanik Özellikler.....	36
4.2.1 Eğilme Direnci Sonuçları	36
4.2.2 Elastikiyet Modülü Sonuçları	39
4.2.3 Yapışma Direnci Sonuçları.....	43
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	47
KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ.....	54



KISALTMALAR

APA	: American Plywood Association
ÇLK	: Çapraz Lamine Kereste
ED	: Eğilme Direnci
EM	: Elastikiyet Modülü
FF	: Fenol Formaldehit
KTK	: Kaplama Tabakalı Kerestelerin
LVL	: Laminated Veneer Lumber
MAM	: Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler
MP	: Mass Plywood
PŞK	: Paralel Şerit Kereste
TŞK	: Tabakalanmış Şerit Kereste
TLK	: Tutkallı Lamine Kereste
ÜF	: Üre Formaldehit
YD	: Yapışma Direnci

SEMBOLLER

σ	: Hava Kuru Haldeki Özgöl Ağırlığı
cm^3	: Santimetreküp
cm	: Santimetre
gr	: Gram
mm	: Milimetre
S_a	: Su Alma Miktarı
S_1	: Suyu Daldırılmadan Önceki Ağırlık
S_2	: Suyu Daldırıldıktan Sonraki Ağırlık
MPa	: Mega paskal
gr/cm^3	: Gram/santimetreküp
K_s	: Kalınlığına Şişme Miktarı
K_1	: Suyu Daldırılmadan Önceki Kalınlık
K_2	: Suyu Daldırıldıktan Sonraki Kalınlık
$F_{\max}$	: Maksimum Yük Miktarı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Kontrplakların sınıflandırılması.	7
Çizelge 3.1: FF tutkallarına ait bazı teknik özellikleri.	16
Çizelge 4.1: Levha gruplarında yoğunluk ve standart sapma sonuçları.	26
Çizelge 4.2: Levha gruplarının SA (%) standart sapma sonuçları.....	31
Çizelge 4.3: Levha gruplarının KŞ (%) standart sapma sonuçları.....	34
Çizelge 4.4: Levha gruplarının eğilme direnci ve standart sapma sonuçları.	36
Çizelge 4.5: Levha gruplarının elastikiyet modülü ve standart sapma sonuçları.	41
Çizelge 4.6: Levha gruplarının yapışma direnci ve standart sapma sonuçları.	43

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: KTK temel üretim aşamaları.	4
Şekil 1.2: KTK'nın yapı elamanlarında kullanımı.	4
Şekil 1.3: Bir MPP ve Freres (11.000 MPa) KTK ürününün yapısının gösterimi.	5
Şekil 1.4: Mass Plywood Panels kaplama dizilim görünüşü.	6
Şekil 1.5: Mass Plywood uygulamaları.	6
Şekil 1.6: Kontrplak genel görünüşü.	7
Şekil 1.7: Kontrplak üretim sürecinin şematik görünümü.	9
Şekil 2.1: Kontrplak ve KTK'ların tabaka yönlendirmeleri.	10
Şekil 2.2: Kontrplakların tabaka yönlendirmeleri.	10
Şekil 2.3: Levha gruplarının tabaka oryantasyonları.	11
Şekil 2.4: Çapraz bantlı kaplama tabakalı kerestelerin yapısı.	12
Şekil 2.5: Kontrplakta tabaka yönlendirmeleri.	12
Şekil 2.6: Levhaların tabaka yönlendirmeler.	13
Şekil 2.7: Çapraz lamine kerestelerin tabaka yönlendirmeleri.	14
Şekil 3.1: Satın alınan kavak soyma kaplamalar.	15
Şekil 3.2: Atölyede kaplamaların boyutlandırma ve tasnif işlemleri.	16
Şekil 3.3: Homojen şekilde karıştırılmış FF ve un karışımı.	17
Şekil 3.4: 7-9-11 katlı levhalarda kaplama yönlendirmeleri.	18
Şekil 3.5: 7 katlı levhanın kodu ve tabaka yönlendirmeleri.	19
Şekil 3.6: 9 katlı levhanın kodu ve tabaka yönlendirmeleri.	19
Şekil 3.7: 11 katlı levhanın kodu ve tabaka yönlendirmeleri.	19
Şekil 3.8: Kaplamaların tutkal sürme merdanesi yardımıyla tutkallanması.	19
Şekil 3.9: Hazırlanan levha taslağının tek katlı preste preslenmesi.	20
Şekil 3.10: Su alma ve kalınlığına şişme miktarının belirlenmesi.	22
Şekil 3.11: Eğilme ve elastikiye modülü belirleme makinası.	23
Şekil 3.12: Eğilme ve elastikiyet modülü test örnekleri.	24
Şekil 3.13: Yapışma direnci testi.	24
Şekil 3.14: Yapışma direnci test örnekleri.	25
Şekil 4.1: Levha gruplarının yoğunluk grafiği.	27
Şekil 4.2: Levha grupları su alma miktarı grafiği.	32
Şekil 4.3: Levha grupları kalınlığına şişme miktarı grafiği.	35
Şekil 4.4: Levha grupları eğilme direnci grafiği.	37
Şekil 4.5: Levha grupları elastikiyet modülü grafiği.	42
Şekil 4.6: Levha grupları yapışma direnci grafiği.	44

KAVAK KAPLAMALARDAN ALTERNATİF KONTRPLAK ÜRETİMİ

ÖZET

Bu çalışmada, I-77/51 kavak soyma kaplamaları kullanılarak alternatif kontrplak üretmek ve üretilen malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkilerini araştırmaktır. Araştırma kapsamında, FF tutkalı kullanılarak 7, 9 ve 11 katlı levhalar üretilmiştir. Üretilen levhaların pres basıncı 8 kg/cm^2 ve pres sıcaklığı 125°C sabit tutularak presleme süresi ise yaklaşık olarak 1 mm/dk olarak belirlenmiştir.

Levha taslağı hazırlanırken; 7 katlı levhalar için; 7 katlı kontrplak, 7 katlı alternatif kontrplak ve 7 katlı KTK 3 farklı levha, 9 katlı levhalar için; 9 katlı kontrplak, 9 katlı alternatif kontrplak-I, 9 katlı alternatif kontrplak-II ve 9 katlı KTK 4 farklı levha, 11 katlı levhalar için ise; 11 katlı kontrplak, 11 katlı alternatif kontrplak ve 11 katlı KTK 3 farklı levha olacak şekilde, 10 farklı levhada kaplama yönlendirme kombinasyon çalışması yapılmıştır.

Üretilen levhaların fiziksel özelliklerinden yoğunluğu TS EN 323 (1999), su alma miktarının belirlenmesi TS EN 317 (1999), kalınlık artımlarının belirlenmesi TS EN 317 (1999; mekanik özelliklerinden eğilme direnci testleri TS EN 310 (2010), elastikiyet modülü TS EN 310 (2010) ve yapışma direnci TS EN 314-1 (1998) standardına göre belirlenmiştir.

Levha gruplarında yoğunluğu en yüksek 9 katlı alternatif kontrplak-I'de $0,51 \text{ kg/cm}^3$, pres süresi armasıyla levhaların yoğunluğu artmıştır. Su alma 2 saatte en az 7 KTK, 24-48-72-96-120 saate 9 katlı alternatif kontrplak-I, deney numunelerinin su alma sonuçlarına bakıldığında birbirinin yerine kullanılabileceğini gösterir. Kalınlığına şişme 2 saatte en az 11 KTK, 24-48-72-96-120 saate 7 KTK en az sonuçlar vermiştir. Su alma değerleriyle paralellik göstermektedir.

Levhaların mekanik özellik sonuçları ise eğilme direnci ve elastikiyet modülü levhalarda kaplamaların paralel yönde yönlendirme sayısının armasıyla arttığı elde edilmiş ve en yüksek değerler 7-9-11 katlı KTK'lerde bulunmuştur. Bu kombinasyonlarda en yüksek yapışma direnci değeri ise 9 KTK'de belirlenmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre; alternatif kontrplak mekanik özellikler bakımından kontrplaktan daha yüksek KTK'ye ise daha yakın değerler verdiği görülmüştür. FF tutkalı ile üretildiğinden rutubetli ve dış kullanım alanlarında tutkal türü açısından önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Levha yönlendirmeleri, Kontrplak, Alternatif kontrplak, KTK, Mass plywood, FF tutkalı.

ALTERNATIVE PLYWOOD MANUFACTURING FROM POPLAR VENEER

SUMMARY

This study aims to produce alternative plywood using I-77/51 poplar rotary-cut veneers and investigate their effects on the physical and mechanical properties of the produced material. In this study, 7, 9, and 11-ply boards were produced using FF glue. Press pressure was maintained at 8 kg/cm² and the press temperature was maintained at 125°C, with a pressing time of approximately 1 mm/min.

While preparing the board draft, for 7-ply boards; 7-ply plywood, 7-ply alternative plywood and 7-ply KTK 3 different boards; for 9-ply boards; 9-ply plywood, 9-ply alternative plywood-I, 9-ply alternative plywood-II and 9-ply KTK 4 different boards; for 11-ply boards; 11-ply plywood, 11-ply alternative plywood and 11-ply KTK 3 different boards, thus veneer orientation combination studies were carried out on 10 different boards.

The physical properties of the produced boards were determined according to the density TS EN 323 (1999), the determination of the amount of water intake TS EN 317 (1999), the determination of the thickness increments TS EN 317 (1999); the mechanical properties were determined according to the bending strength tests TS EN 310 (2010), the elasticity modulus TS EN 310 (2010) and the adhesion resistance TS EN 314-1 (1998) standards.

Among the board groups, the highest density was 0.51 kg/cm³ for 9-ply alternative plywood-I. The density of the boards increased with increasing pressing time. Water uptake was at least 7 KTK in 2 hours, and 24-48-72-96-120 hours for 9-ply alternative plywood-I. The water uptake results of the test samples indicate that they can be used interchangeably. Thickness swelling was at least 11 KTK in 2 hours, and 7 KTK in 24-48-72-96-120 hours. This is consistent with the water uptake values.

The mechanical properties of the boards showed that bending strength and modulus of elasticity increased with increasing the number of parallel orientations of the veneers, with the highest values found in 7, 9, and 11-ply KTK. The highest bonding strength value in these combinations was determined in 9-ply KTK. The test results indicated that alternative plywood exhibited higher mechanical properties than plywood and values closer to KTK. Because it is produced with FF glue, it is recommended for humid and outdoor use.

Keywords: Sheet routings, Plywood, Alternative plywood, KTK, Mass plywood, FF glue.

1. GİRİŞ

Ahşap, yüksek dayanıklılığı, kolay işlenebilirliği, düşük işleme maliyeti ve estetik görünümü sayesinde uzun süredir hem yapı malzemesi olarak hem de mobilya imalatında ve iç mekân dekorasyonunda yaygın olarak tercih edilmektedir (Çolak ve diğ., 2002). Ahşap ve ahşap ürünleri, insan yaşamında ve kültürel gelişim sürecinde geçmişten günümüze kadar önemli bir rol oynamıştır. Moleküler, kimyasal ve mikroskobik yapısal özellikleri sayesinde çok çeşitli alanlarda kullanım imkânı sunan ahşap, lifli yapısı sayesinde mühendislik uygulamalarında yüksek dayanım ve esneklik göstermektedir. Ayrıca, iyi bir yalıtkan olması da onu birçok kullanım alanında tercih edilen bir malzeme haline getirmiştir (Öztürk ve Arıoğlu, 2006). Çakıroğlu, (2012) göre nüfus artışı, kentleşme ve teknolojik gelişmelerle birlikte orman ürünlerine olan talep hızla artmakta, ancak mevcut ahşap hammaddesi bu ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle ahşabın daha verimli ve ekonomik şekilde kullanılması zorunlu hale gelmiştir (Cırrık, 2018).

Orman ürünlerinin düşüş sebebiyle ahşap işleyen sektörler için uygun özelliklerde ve yeterli miktarda mamul ve yarı mamul elde edilmesinde bazı zorluklarla karşı karşıya kalınmaktadır. Masif ahşap yerine diğer alternatif malzemeler kullanılmıştır. Yapılan mühendislik uygulamalarıyla yapı sektöründe ahşaptan yapılan ürünlerin kullanımı artmaktadır (Çolakoğlu ve diğ., 2002).

Doğal çevreye artan ilgi nedeniyle, ağaç malzemedan elde edilen endüstriyel ürünlerin kullanımında her geçen gün artış görülmektedir. Yapısal alanlarda kullanıma uygun, yük taşıma kabiliyeti yüksek ağaç esaslı malzemelere olan ihtiyaçla birlikte, özellikle keresteye alternatif yeni ürünler piyasaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak “mühendislik ürünü ağaç malzemeler” (MAM) üretilmeye başlanmıştır (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

Bu MAM’lar sebebiyle ahşaptan yararlanma miktarı artmaktadır. Mühendislik ürünü ağaç malzemeler Amerikan Plywood Association (2003) tarafından ağaç şerit yongalarının, kaplamaların, kerestelerin, ya da farklı formdaki ağaç liflerinin

tutkullanmasıyla elde edilen büyük ve bütün bir kompozit malzeme olarak tanımlanmıştır (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

Soyma kaplamalarla üretilen kontrplak, büyük kontrplak ve kaplama tabakalı kerestelerin ülkemizde gelecekte önemli bir yere sahip olacağı öngörülmektedir. Kontrplak ve soyma kaplamalardan üretilen ahşap esaslı kompozitlerin üretim ve kullanımlarının artırılması için yenilikçi yeni ürünlere ve performanslarının artırılmasına ihtiyaç vardır. Yeni üretim tekniklerinin, yapıştırıcıların ve ağaç türlerinin kullanımı konusunda yapılan bilimsel çalışmalar sektöre katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, kavak soyma kaplama levhalar kullanılarak alternatif kontrplak üretmek ve üretilen malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkilerini incelemektir. Bu konuda yapılacak araştırmalar, söz konusu alternatif hammadde kaynaklarının daha yüksek oranlarda, daha karlı ve etkin kullanılabilmesi konusunda büyük faydalar sağlayacaktır.

1.1 Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler (MAM)

Amerikan Kontrplak Derneği tarafından yapılan tanıma göre, mühendislik odun esaslı malzemeler; lif yönü ürünün boyuna paralel olacak şekilde yerleştirilen odun lifleri, kaplama tabakaları veya kereste elemanlarının, suya dayanıklı sentetik yapıştırıcılarla yüksek sıcaklık ve basınç altında birleştirilmesi yoluyla elde edilen kompozitlerdir. Bu yapı, malzemenin hem yapısal bütünlüğünü hem de dış etkenlere karşı dayanıklılığını artırmaktadır (Kurt ve diğ., 2003).

MAM'lar dört ana gruba ayrılabilir (Kurt ve diğ., 2003).

1. Yapısal Odun Levhalar
 - a. Yönlendirilmiş Şerit Yonga Levha (OSB)
 - b. Kontrplak
2. Tutkallı lamine kereste (Glulam) (TLK)
3. I-Kirişler (I-beams)
4. Yapısal Kompozit Keresteler (SCL)
 - a. Kaplama Tabakalı Kereste (KTK) (KTK)
 - b. Paralel Şerit Kereste (PSL) (PŞK)
 - c. Tabakalanmış Şerit Kereste (LSL) (TŞK)

MAM'ların tarihsel gelişimi incelendiğinde en eski ve bilinen ürün olarak kontrplaklar ve TLK'lardır. Yapısal kompozit kereste grubunda ise en önce KTK üretilmiş ve bu ürünler geleneksel olarak kullanılan kerestelerin yerini almıştır (Winistorfer, 2002).

Bu ürünlerin üretimlerinin artarak devam etmesinin nedenleri; ağaç hammaddesi özelliklerinin değişmesi (daha küçük çaplı tomruklar), yüksek kaliteli yapı malzemesi ihtiyacı, çevre bilincinin artması, yeni üretim tekniklerinin kullanılması ve ilgili ürünlerin standartlarının yayınlanması olarak rapor edilmiştir (Kurt ve diğ., 2003).

MAM'ların en önemli avantajı standart boyutlardaki kereste, kaplama ve şerit yongalardan istenilen performans ve boyut özelliklerine sahip, yapısal amaçlarla kullanıma uygun büyük boyutlu malzeme ahşap esaslı kompozit ürünlerin üretimine olanak sağlamasıdır (Geoffrey, 2003; Mengeloğlu ve Kurt, 2004; Berglund ve Rowell, 2005; Çavuş, 2008; Atar, 2021). MAM'ların en önemli dezavantajları üretimleri için yatırım gerektirmesi ve yoğunluk değerleridir (Aslan, 2012).

Mühendislik ürünü ağaç malzemeler ile ilgili yeni gelişmeler olmuştur. Türkiye'de mevcut teknoloji kullanılarak yapısal kompozit levhalardan kontrplak ve kaplama tabakalı kereste üretilebilir. Günümüzde tabakaların farklı yönlerde yönlendirilmesi ile yeni nesil MAM'lar üretilebilir. Bu kapsamda teze konu olan kaplama tabakalı kereste, kontrplak ve yeni nesil MAM'lardan olan büyük boyutlu kontrplak (Mass Plywood) hakkında bilgi verilmiştir.

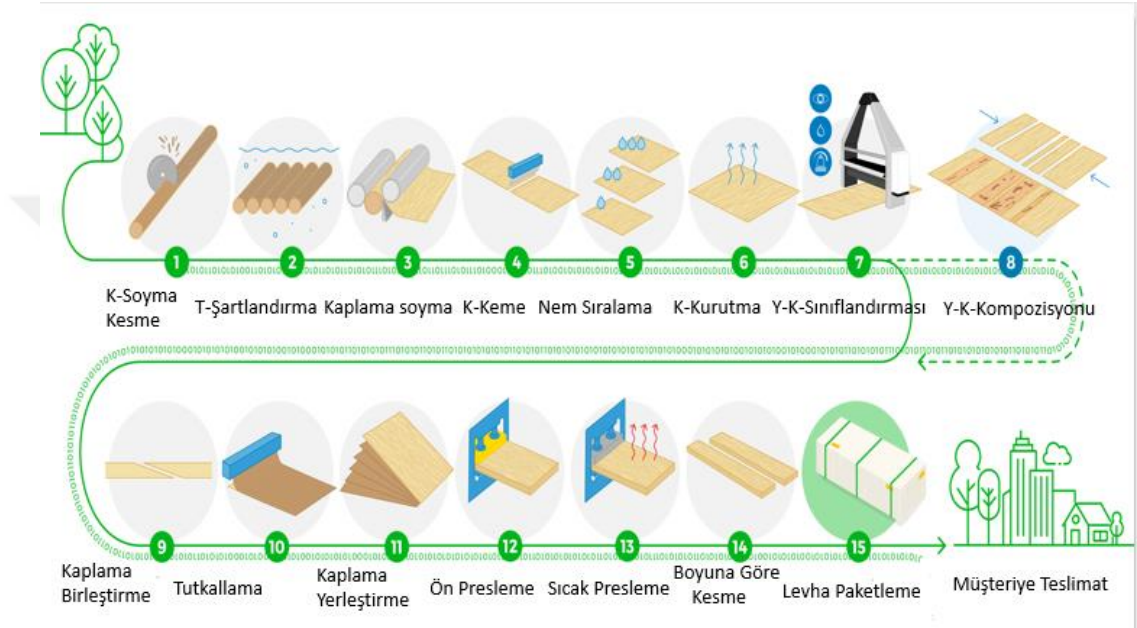
1.1.1 Kaplama Tabakalı Kereste (KTK)

KTK, kereste yerine kullanılan önemli MAM'dır. Belirli kalınlıktaki soyma kaplamaların lif yönünde birbirlerine paralel olarak yapıştırılmasıyla üretilebilir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

KTK; Kuzey Amerika, Avrupa ve Güney Asya (özellikle Endonezya) ülkeleri ve Avustralya / Yeni Zelanda'da üretilmekte ve kullanılmaktadır (Çolakoğlu, 2005). Ülkemizde üretimi henüz yapılmayan KTK'ların tanınırlığı yapılan bilimsel çalışmalar sayesinde artmıştır (Mengeloğlu ve Kurt, 2004; Meriç, 2009; Tan, 2011; Bal, 2011; Cırrık, 2018;).

KTK üretiminde genellikle liflere paralel yönde yönlendirme yapılırken Finlandiya’da üretilenlerde boyutsal kararlılığı arttırmak için kaplamaların yaklaşık % 20’si kadarı diğer kaplamalara dik olacak şekilde, kullanım yerine bağlı olarak farklı termoset veya termoplastik yapıştırıcılar kullanılarak yapıştırılır (Atar, 2021).

KTK temel üretim aşamaları Şekil 1.1’de verilmiştir (URL-1, 2025). KTK üretim aşamaları presleme öncesi kaplamaların liflerinin yönlendirilmesi dışında kontrplak üretimine benzerdir (Raute, 2025).



Şekil 1.1: KTK temel üretim aşamaları.

KTK’ların avantajları; masif keresteye göre daha homojen olmaları (Mengeloğlu ve Kurt, 2004), tabakaların kaplama kalitesine göre yerleştirilip performans özelliklerinin iyileştirilebilmesi (Nelson,1997), boyutsal kararlılığının iyileştirilmesi (Nelson,1997) ve mekanik özelliklerinin daha yüksek olması nedeni ile daha geniş açıklıkların geçilebilmesidir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).



Şekil 1.2: KTK’nın yapı elamanlarında kullanımı.

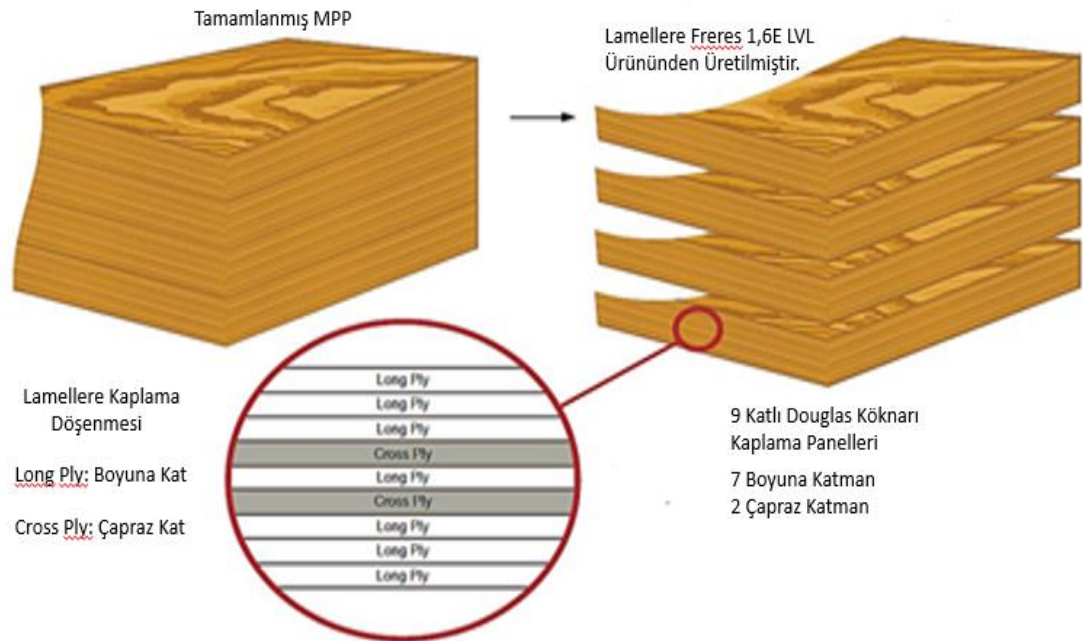
KTK'ların dezavantajları; üretimleri için belli özelliklerdeki soyma kaplama tomruklara ihtiyaç duyması (Nelson, 1997) ve depolama/kullanım sırasında rutubet oranı değişimine karşı korumak için gerekli önlemlerin alınması zorunluluğudur (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

Şekil 1.2'de KTK'nın yapı elamanlarında kullanımı verilmiştir (URL_2, 2025). Kolay şekillendirilebilmesi, bakımının kolaylığı, estetik olması, montaj süresinin kısalığı sayesinde KTK birçok alanda kullanılmakta olup en yaygın kullanım yerleri köprü inşaatı, gemi yapımında, hipodrom, cami, okul, kilise, alışveriş merkezi, büyük depo, fabrika binaları, tiyatro, sinema ve gösteri salonları, konut, otel vb. yapılardır (Atar, 2021).

1.1.2 Büyük Kontrplak (Mass Plywood)

ABD merkezli ahşap ürünleri üretim şirketi Freres, büyük kontrplak (mass plywood) 'nin patent sahibidir (Freres, 2018). Şirket 2017 yılında mass plywood tesisini tamamladı ve 2018 yılında ürünü The Engineered Wood Association tarafından kaplama bazlı mühendislik ahşap ürünü olarak sertifikalandırmıştır.

Mass plywood'un zemin, çatı ve duvar panelleri için maksimum boyutları 361x1463 cm ve 30,5 cm kalınlığındadır; buna karşın kolonlar 61 cm'ye kadar kalınlığa sahip olabilir (Freres, 2018).

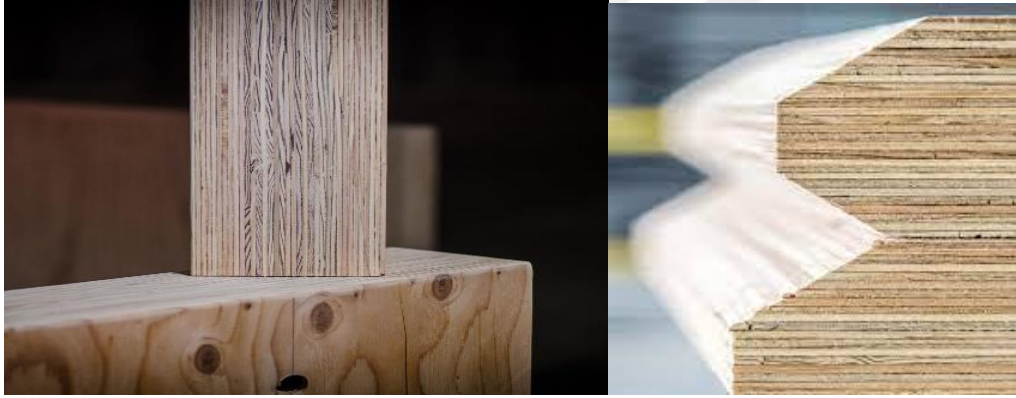


Şekil 1.3: Bir MPP ve Freres (11.000 MPa) KTK ürününün yapısının gösterimi.

Yukarıdaki Şekil 1.3'te MPP ve KTK'nin tabakaların farklı yönlendirilmesi verilmiştir (Freres Lumber Co., Inc., 2018). Mass plywood geleneksel olarak üretilen kontrplak ve KTK'lardan farklı tabaka yönlendirmesine sahiptir. Şekil 1.3'e bakıldığında, dokuz tabakalı mass plywood'un 4. ve 6. tabakasının panelin boyuna yönüne 90° açıyla yerleştirilmiştir (Freres, 2018).

Mass plywood, kaplama tabakalarının çoğunluğu paralel yönde olduğundan ASTM D5456-19 tarafından KTK olarak değerlendirilmiştir. Ancak, lamellerin yapıştırılmış montajına daha sonra KTK veya çapraz lamine kereste (cross laminated timber) olarak belirtilemeyeceğinden Mass Plywood Panels adı verilmiştir (Wind, 2021).

Aşağıda Şekil 1.4'te mass plywood'un kaplama dizilimi ve Şekil 1.5'te Mass Plywood uygulamaları gösterilmiştir (URL_3, 2025).



Şekil 1.4: Mass Plywood Panels kaplama dizilim görünüşü.



Şekil 1.5: Mass Plywood uygulamaları.

1.1.3 Kontrplak Hakkında Genel Bilgiler

1.1.3.1 Kontrplağın Tanımı

TS 2128 standardına göre kontrplak, ardışık olarak yerleştirilen ve lif yönleri birbirine dik olacak şekilde düzenlenen tabakaların yapıştırılmasıyla elde edilen; genellikle gövde katmanının her iki yüzeyine simetrik olarak yerleştirilen iç ve dış tabakalardan oluşan bir levha türü şeklinde tanımlanmaktadır (TS 2128, 2005). Şekil 1.6’da kontrplak genel görünüşü verilmiştir (URL_4).



Şekil 1.6: Kontrplak genel görünüşü.

1.1.3.2 Kontrplakların Sınıflandırılması

TS 2128 EN 313-2, (2005) standardına göre kontrplakların sınıflandırılması aşağıdaki Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1: Kontrplakların sınıflandırılması.

A-Genel Görünüşlerine Göre	1.Yapılarına göre
	Kaplama kontrplak
	Kontrtabla (Odun özlü kontrplak)
	Kompozit kontrplak
B-Başlıca Özelliklerine Göre	2. Şekil ve formuna göre
	Düz
	Kalıplandırılmış
	1.Dayanım yerlerine göre
C-Kullanıcı İhtiyaçlarına Göre	Kuru ortamda kullanım için
	Rutubetli ortamda kullanım için
	Dış ortamda kullanım için
	2.Mekanik özelliklerine göre
D-Yüzey Durumlarına Göre	3.Yüzey görünüşüne göre
	4.Yüzey durumlarına göre
	Kumlu ve kumsuz levha
	Cilalanmış ve kaplanmış levha
E-Amaçlarına Göre	1.Genel amaçlı üretilen kontrplak
	2.Özel amaçlı üretilen kontrplak

1.1.3.3 Kontrplağın Kullanım Alanları ve Avantajları

Akbulut ve diğ. (2024) göre kontrplağın kullanım yerleri aşağıda verilmiştir:

- 1.Yapı – inşaat endüstrisi; Döşeme altı, merdiven basamakları, raf sistemleri, duvar/zemin kaplama, çatı, I-kirişi, mutfak tezgâhı
2. Malzeme aktarımı; Palet, sıvı tankları, sandık, raf sistemleri, kablo makarası
3. Ulaştırma; Kamyon, tır dorsesi, kamyonet ve minibüs, vagon, karavan yapımı
4. Ziraat – tarım; Konteynır, çiftlik yapıları, hayvan barınağı, çeşitli zirai ekipmanlar
5. Sanayi ürünleri; Mobilya, kapı, sabit eşyalar, vitrin, dolap, uyarı tabelaları, kablo makarası, kanal ve boru, çalışma tezgâhları, depolama üniteleri, kitaplık, tekne
6. Beton kalıbı
- 7.Kendin yap (DIY) (APA, 2022)

Kontrplaklar depreme dayanıklı bina tasarımlarında perde duvarlarda duvar kaplaması olarak kullanılmaktadır (Demirkır, 2012). Ayrıca kullanıldıkları duvarların termal özelliklerine, geniş yüzeyleri sebebiyle birleştirme yeri sayısını azaltacağından katkıda bulunmaktadır (Kayacık, 2024).

1.1.3.4 Kontrplak Üretiminde Kullanılan Ağaç Türleri

Kaplama üretimi için Türk Standartlarında kullanılabilecek ağaç cinsleri; çam, göknar, ladin, armut, ıhlamur, kavak ceviz, dişbudak, karaağaç, kayın, kızıl ağaç ve kiraz, kestane, meşe, olarak belirtilmektedir (Çolakoğlu, 2004).

Demirkır (2014) göre ise; kontrplak üretiminde dağınık traheli yapraklı ağaç türleri tercih edilmektedir. A.B.D’ de ladin, göknar, duglas göknarı gibi iğne yapraklı ağaç türleri yapı kontrplağı üretimi ülkemizde yüksek miktarlarda gerçekleştirilmesine rağmen, iğne yapraklı ağaç türlerinin bu alanda hammadde olarak kullanımı sınırlı düzeydedir (Çolakoğlu, 2004). Tercih edilen ağaç türü, soyma makinelerinde yüksek verimlilikle işlenebilmeli ve elde edilecek kontrplağın fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemeyecek nitelikte olmalıdır (Çolakoğlu, 2004).

Ulupınar (1998) göre kavak odunu kontrplak üretiminde kullanılmaktadır. Bunda renginin beyaz olması, yoğunluğunun düşük olması ve kolay işlenebilirliği etkilidir.

1.1.3.5 Kontrplak Üretimi

Kontrplak üretiminde iş akışı Şekil 1.7’ de verilmiştir (URL_5). Genel olarak iş akışı; tomruk sınıflandırma, ısıtma/buharlama, kabuk soyma/boylama, kaplama soyma ve sınıflandırma, makaslama, kaplama kurutma ve sınıflandırma, kaplama tamiri, orta ve yüz kaplamaları birleştirme, kaplama uç uca ekleme, tutkallama, kaplama serme, ön presleme, sıcak presleme, levha tamiri, levha kesme, levha zımparalama ve müşteriye teslimat şeklinde sıralanır (Raute, 2025).



Şekil 1.7: Kontrplak üretim sürecinin şematik görünümü.

1930’lu yıllara kadar kontrplak üretiminde farklı bitkisel ve hayvansal esaslı tutkallar kullanılmış (Eckelman, 1999), ancak özellikle dış ortam koşullarında istenen performans özelliklerini sağlayamamıştır. Termoset esaslı fenolik yapıştırıcıların bulunması ile kontrplak geniş alanlarda kullanılmaya başlanmış ve özellikle yapısal amaçlar için popüler hale gelmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Tenorio ve diğ., (2011) hızlı gelişen *Gmelina arborea* ağacından üretilen KTK ve kontrplakların fiziksel ve mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. Tabakaların yönlendirilmesi Şekil 2.1’de verilmiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile beş tabakalı KTK ve kontrplak üretilmiştir. KTK’ların su alma ve kalınlığına şişme oranları kontrplaklara göre daha düşük, liflere paralel yönde eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü daha yüksek bulunmuştur. Her iki ürünün fiziksel ve mekanik özellikleri farklı bulunması tabakaların yönlendirmesinden dolayı olduğu belirtilmiştir.



Şekil 2.1: Kontrplak ve KTK’ların tabaka yönlendirmeleri.

Lipinskis ve Spulle, (2011) tarafından yapılan çalışmada, özel kaplama yönlendirme (yerleştirme) yöntemlerinin huş ağacı kontrplağının mekanik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Tabakaların yönlendirilmesi Şekil 2.2’de verilmiştir. Fenol formaldehit tutkalı ile 20 adet 1,45 mm kalınlığındaki huş soyma kaplamaları kullanılarak 2 farklı yapıda özel kontrplaklar üretilmiştir. Tabakaların farklı yönlendirilmesinin mekanik özellikleri iyileştirdiği bulunmuştur.

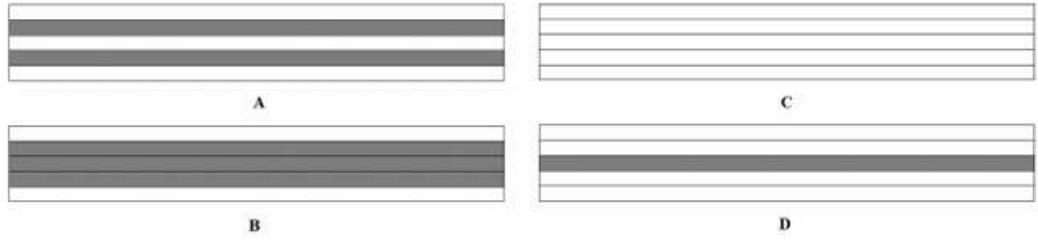
	20 Katlı																	
Örnek I	↔	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	22 Katlı																	
Örnek II	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕

Şekil 2.2: Kontrplakların tabaka yönlendirmeleri.

Mendoza ve diğ., (2017) tarafından yapılan bir araştırmada, *Trattinnickia burserifolia* ile üretilen kontrplak ve KTK'ların fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırmalı bir çalışmasını yapılmıştır. Fenol formaldehit tutkalı ile yedi tabakalı KTK ve kontrplak üretilmiştir. KTK'ların kalınlığa şişme oranı, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü daha yüksek bulunmuştur.

Cırrık (2018) tarafından yapılan çalışmada, kaplama yönlendirmesini kavak, çam ve ladin'den üretilmiş kontrplak ve KTK'lerin fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada kapsamında kontrplak, KTK, orta katları dik yapılmış KTK ve orta katları birbirine paralel yapılmış kontrplak 4 farklı kombinasyonda 5 katlı levhalar üretilmiştir. Üretilen levhaların kaplama dizilim yapıları Şekil 2.3'te verilmiştir. FF ve ÜF tutkalları kullanılarak Melez Kavak, Sarıçam, Doğu Ladini soyma kaplamalarıyla levha üretimi yapılmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre, KTK levhaların mekanik özellikleri diğer levhalara göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Orta katları birbirine paralel yapılmış kontrplak ise en düşük mekanik dirençli levhalar olduğu elde edilmiştir.

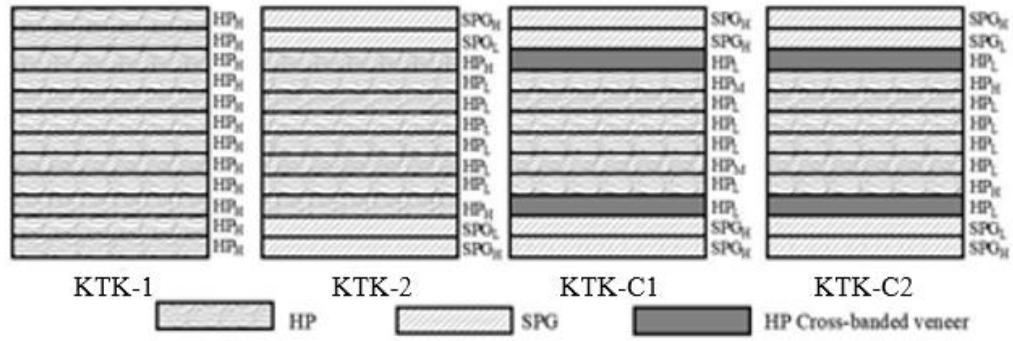


A Grubu: Kontrplak, B Grubu: Orta tabakaları paralel yapıştırılmış kontrplak, C Grubu: LVL, D Grubu: Orta tabakası dik yapıştırılmış LVL (Koyu renkli tabakalar liflere dik olarak yerleştirilmiştir.)

Şekil 2.3: Levha gruplarının tabaka oryantasyonları.

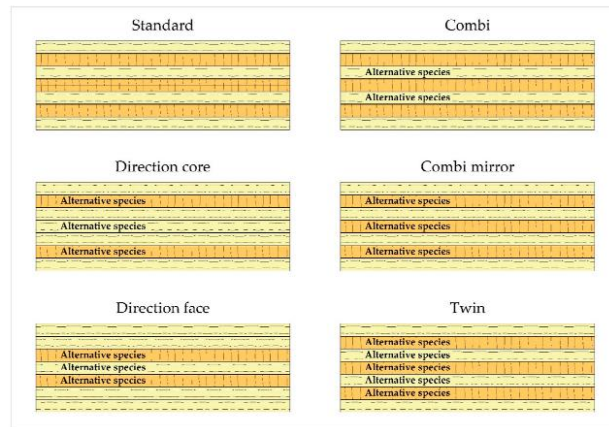
Nguyen ve diğ. (2019) benekli Sakız ve çember çam kaplamalarından üretilen çapraz bantlı kaplama tabakalı kerestelerin temel mekanik özellikleri araştırılmıştır. Melamin üre formaldehit tutkalı ile 12 adet 3 mm kalınlığındaki sakız ve çam soyma kaplamaları kullanılarak 4 farklı yapıda 36 mm kalınlığında KTK'lar üretilmiştir. Üretilen KTK yapıları Şekil 2.4'de verilmiştir. Üretimde sadece çam, çam ve sakız (1-2 ve 11-12 tabakalarda) (KTK-1 ve KTK-2) ve farklı kalitelerde çam (3 ve 9 tabakalar liflere dik yönlendirilmiştir) ve sakız (1-2 ve 11-12 tabakalarda) (KTK-C1 ve KTK-C2) kaplamalar kullanılmıştır. Tabakalara dik yönde yönlendirme yapılan KTK'ların mekanik özellikleri tüm tabakaları paralel

olanlara göre daha düşük, ancak ticari KTK'lara göre yüksek bulunmuştur. Bu ürünün pazarda potansiyel olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 2.4: Çapraz bantlı kaplama tabakalı kerestelerin yapısı.

Kallakas ve diğ., (2020) tarafından yapılan çalışmada, farklı yapraklı ağaç türlerinin ve yönlendirmelerin kontrplak mekanik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu araştırmanın amacı, kontrplak ortasındaki huş kaplamayı alternatif ağaç türleriyle değiştirerek (gri kızılâğaç, kara kızılâğaç veya titrek kavak) ve farklı yönlendirerek Şekil 2.5'te kontrplağın mekanik özellikleri üzerindeki etkisini belirlemektir. Bu amaçla; Fenol formaldehit tutkalı ile 7 adet 1,5 mm kalınlığındaki dört farklı tür kullanılarak farklı yapıda ve tür kombinasyonunda kontrplaklar üretilmiştir. Yönlendirme ve farklı türlerin yoğunluklarına göre yerleştirilmesinin mekanik özellikleri etkilediği bulunmuştur.



Şekil 2.5: Kontrplakta tabaka yönlendirmeleri.

Costa ve diğ., (2020) paricá ağacından (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) üretilen kontrplağın ve kaplama tabakalı kerestenin (KTK) teknolojik özelliklerini incelemiştir. Üre formaldehit tutkalı ile beş tabakalı KTK ve kontrplak üretilmiştir.

Düşük yoğunluk değerine bağlı olarak kontrplakların boyutsal sabitlik özellikleri Üre formaldehit tutkalı ile beş tabakalı KTK ve kontrplak üretilmiştir.

Bilik ve Trianoski (2022) *Pinus glabra* Walt. ağacından üretilen kontrplak ve KTK'ların fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmıştır. Fenol formaldehit tutkalı ile beş tabakalı KTK ve kontrplak üretilmiştir. Üretilen paneller toplamda 5 kaplamadan oluşmaktadır. Bu katmanlardan üst ve alt yüzeyde yer alan dış katmanlar, her biri 0.41–0.48 g/cm³ yoğunluk aralığında olan yüksek yoğunluklu kaplamalardan oluşur. İç yapıda ise, panelin ortasında yer alan 3 adet kaplama tabakası daha düşük yoğunlukta olup, 0.33–0.40 g/cm³ aralığındadır.

Bu yapı, hem yüzey dayanımını artırmak hem de malzeme verimliliğini optimize etmek amacıyla uygulanmıştır. KTK'ların mekanik özellikleri kontrplaklara göre daha yüksek bulunmuştur.

Alamsyah ve diğ., (2023) tarafından yapılan çalışmada, mahoni (*Swietenia macrophylla*), manglid (*Manglietia glauca*) ve gmelina'nın (*Gmelina moluccana*) farklı yönlendirilmiş KTK üretiminde kullanılması ve yönlendirmenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Fenol formaldehit tutkalı ile 11 tabakalı KTK iki farklı yapıda üretilmiştir. Üretilen levhaların kaplama dizilim yapıları Şekil 2.6'da verilmiştir. Tabakaların farklı yönlendirilmesi ile üretilen KTK'ların sertlik ve çivi tutma direnci daha yüksek bulunmuştur.

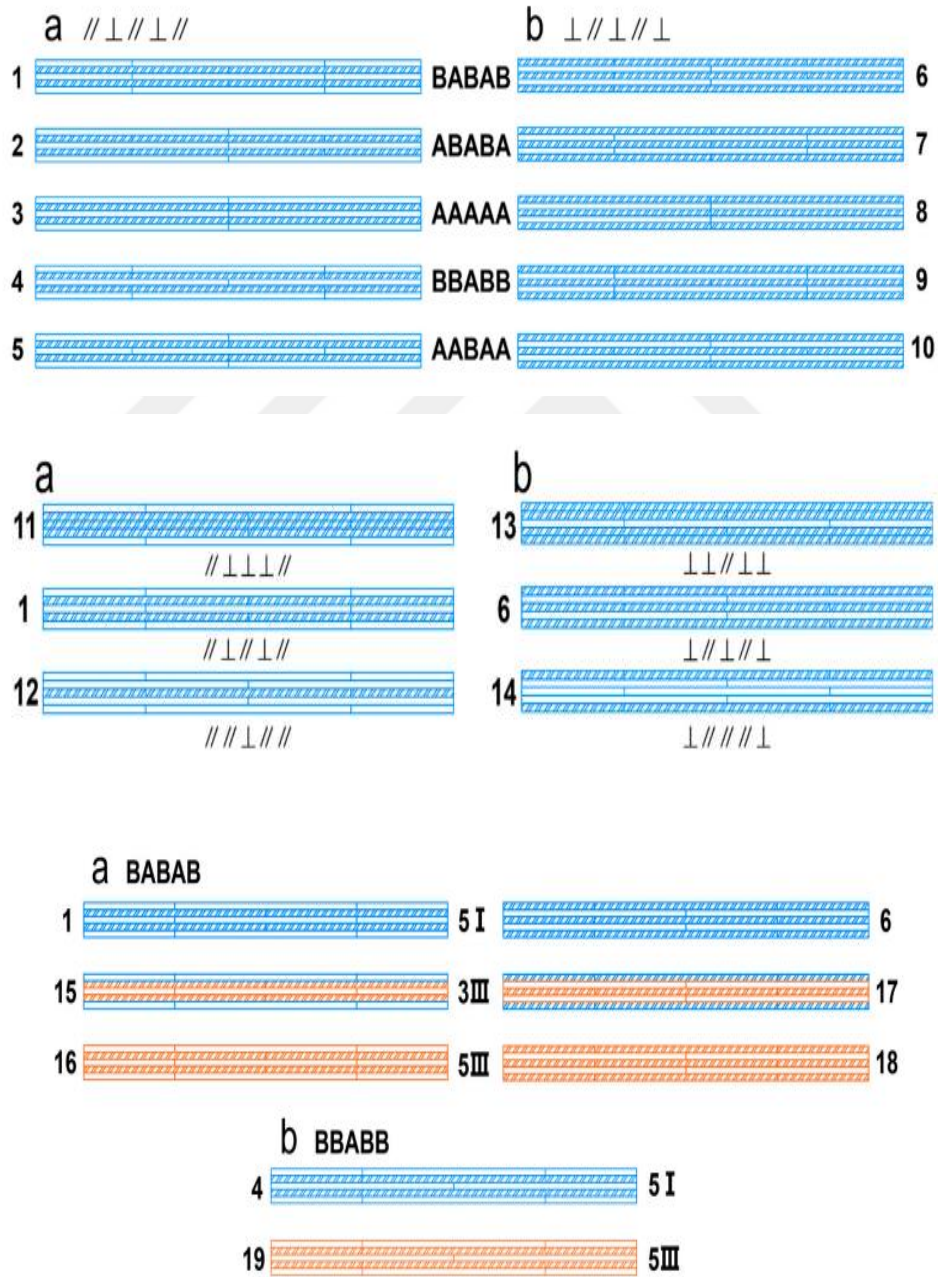
Levha Tipi	11 Katlı										
KTK	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
	11 Katlı										
KTK-B	↔	↔	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↔	↔

Şekil 2.6: Levhaların tabaka yönlendirmeler

Yang ve diğ., (2025) kalın soyma kaplamalar kullanarak yeni bir mühendislik ürünü ağaç malzeme olan çapraz lamine kereste üretmişler ve özelliklerini araştırmışlardır. Poliüretan tutkalı ile 5 adet 7,5 mm kalınlığındaki melez soyma kaplamaları kullanılarak farklı yapıda çapraz lamine keresteler üretilmiştir. Üretilen CLK yapıları Şekil 2.7'de verilmiştir.

Kaplamaların istenilen boyutlarda elde edilmesi için lamba zıvanalı birleştirme kullanılmıştır. Beş farklı ek yeri birleşimim yeri, üç farklı kalitede (öz oduna yakınlık derecesine göre) ve altı farklı tabaka yönlendirmesinin özellikler üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Sonuçlar paralel tabakaların artması ile basınç direncinin arttığını göstermiştir. Diğer yandan paralel tabakaların nötr eksen den uzak paralel tabakaların artırılmasının eğilme özelliklerini iyileştirdiği bulunmuştur.



Şekil 2.7: Çapraz lamine kerestelerin tabaka yönlendirmeleri.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, çalışmada kullanılan malzemeler hakkında bilgi verilmiş ve kavak kaplamalardan alternatif kontrplak üretimi üretim süreçleri ile elde edilen malzemelerin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen testler ve analizler açıklanmıştır.

3.1 Materyal

3.1.1 Ağaç Malzeme

Bu çalışmada 1,8 mm kalınlığında 1260x630 mm boyutlarındaki I-77/51 kavak soyma kaplamaları Bolu ilindeki Papelsen Kaplama ve Orman Ürünleri fabrikasından satın alınarak temin edilmiştir. Üst üste paketlenmiş olan kavak kaplamalar fabrikadan, Bursa Teknik üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümü laboratuvarına getirilmiştir.



Şekil 3.1: Satın alınan kavak soyma kaplamalar.

Tedarik edilen kaplamalar bölüm laboratuvarından alınıp boyutlandırmak üzere BTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Mobilya Atölyesine getirildi. Daha sonra bu kaplama daire testere makinesinde 600 x 600 mm ölçülerinde kesilmiş ve sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.2: Atölyede kaplamaların boyutlandırma ve tasnif işlemleri.

3.1.2 Tutkal

Bu çalışmada, MKS (Marmara Kimya Sanayi) tarafından üretilen fenol formaldehit reçinesi kullanılmıştır. FF'nin özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1: FF tutkallarına ait bazı teknik özellikleri.

Ürün Karakteristiği	FF Reçinesi
Görünüş	Kırmızı kahverengi ve sıvı
Katı Madde Miktarı (%)	62±1
Yoğunluk (20 °C da, gr/cm ³)	1,170–1,185
Viskozite (20 °C da, cps.)	60-90
Akma Zamanı (20 °C da, sn.)	15–25
Jelleşme Zamanı (sn.)	4-8
pH (20 °C da)	7,5–8,5
Depolama Süresi (gün)	45

*Bilgiler üretici firmadan sağlanmıştır.

FF tutkalının hazırlanmasında katkı maddesi olarak buğday unu kullanılmıştır. Tüm levhaların yapısında, kullanılan tutkalın % 6,93'ü oranında buğday unu katkı maddesi olarak eklenmiştir. Buğday unu, tutkalların yapışma özelliklerini artırmak ve levhaların dayanıklılığını yükseltmek amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 3.3: Homojen şekilde karıştırılmış FF ve un karışımı.

3.2 Yöntem

3.2.1 Levhalarda Kaplama Yönlendirme Konbinasyonları

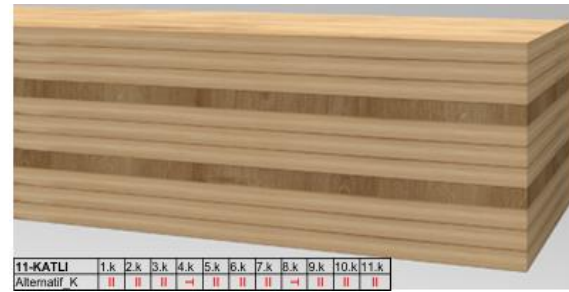
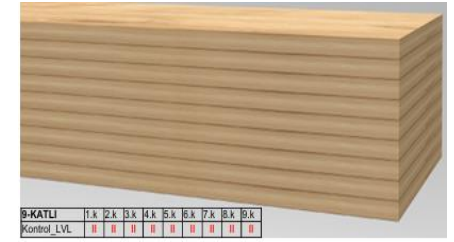
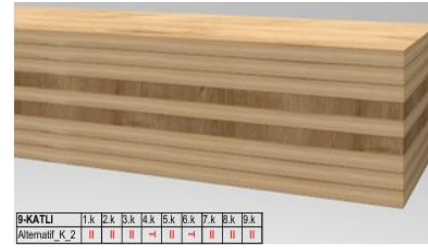
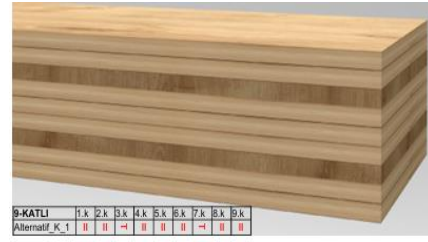
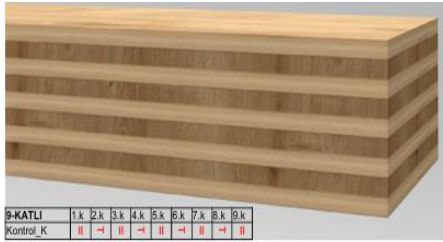
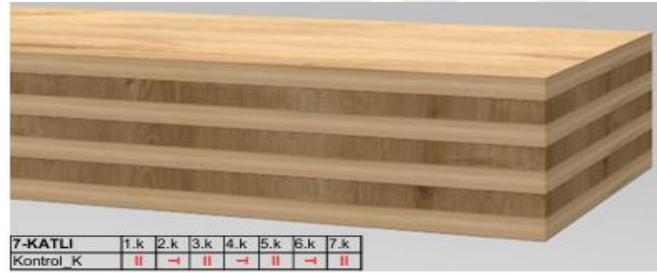
Kavak soyma kaplamaları tutkallamadan önce kontrplak, alternatif kontrplak ve KTK levhaları için kombinasyon çalışması yapılmıştır. Levha taslağı hazırlanırken kaplama tutkalladıktan sonra hangi katmanda üst üste yerleştirme işlemi sırasında liflerin birbirine dik mi yoksa paralel mi geleceği çalışması yapıldı. Oluşturulan levha taslakları Şekil 3.4’de verilmiştir.

7, 9 ve 11 katlı levhalar elde etmek için kaplamaların sıkı ve gevşek yüzeyleri ile lif yönleri ayrı ayrı belirlenmiştir.

7 katlı levhalar için; 7 katlı kontrplak, 7 katlı alternatif kontrplak ve 7 katlı KTK olacak şekilde 3 farklı tabaka kombinasyonu oluşturulmuştur.

9 katlı levhalar için; 9 katlı kontrplak, 9 katlı alternatif kontrplak-I, 9 katlı alternatif kontrplak-II ve 9 katlı KTK 4 farklı tabaka kombinasyonu oluşturulmuştur.

11 katlı levhalar için ise; 11 katlı kontrplak, 11 katlı alternatif kontrplak ve 11 katlı KTK 3 farklı tabaka kombinasyonu oluşturulmuştur.



Şekil 3.4: 7-9-11 katlı levhalarda kaplama yönlendirmeleri.

Levha Adı	L.Kodu	1.k	2.k	3.k	4.k	5.k	6.k	7.k
7-Kontrol-K	7-A	II	→	II	→	II	→	II
7-Alternatif-K	7-D	II	II	→	II	→	II	II
7-Kontrol- KTK	7-KTK	II	II	II	II	II	II	II

Şekil 3.5: 7 katlı levhanın kodu ve tabaka yönlendirmeleri.

Levha Adı	L.Kodu	1.k	2.k	3.k	4.k	5.k	6.k	7.k	8.k	9.k
9-Kontrol-K	9-B	II	→	II	→	II	→	II	→	II
9-Alternatif-K-I	9-E	II	II	→	II	II	II	→	II	II
9-Alternatif-K-II	9-F	II	II	II	→	II	→	II	II	II
9-Kontrol- KTK	9-KTK	II	II	II	II	II	II	II	II	II

Şekil 3.6: 9 katlı levhanın kodu ve tabaka yönlendirmeleri.

Levha Adı	L.Kodu	1.k	2.k	3.k	4.k	5.k	6.k	7.k	8.k	9.k	10.k	11.k
11-Kontrol-K	11-C	II	→	II	→	II	→	II	→	II	→	II
11-Alternatif-K	11-G	II	II	II	→	II	II	II	→	II	II	II
11-Kontrol- KTK	11-KTK	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

Şekil 3.7: 11 katlı levhanın kodu ve tabaka yönlendirmeleri.

Yukarıda levha adı, levha kodu ve levhalarda tabakaların yönleri Şekil 3.5, Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de verilmiştir.

3.2.1.1 Kaplamaların Tutkalllanması

Kusursuz kaplamalara kullanılmıştır. Kaplamaların gevşek yüzlerinin 180 g/m² tutkal sürülmüştür. Kaplamaları tutkalladıktan sonra tabaka kombinasyonlarına uygun olacak şekilde üst üste yerleştirilmiştir. Preslemeye hazır levha taslağı oluşturulmuştur.



Şekil 3.8: Kaplamaların tutkal sürme merdanesi yardımıyla tutkalllanması.

3.2.2 Levha Taslaklarının Preslenmesi

7, 9 ve 11 tabakalı levhaların preslenmesi; laboratuvar tipi, presleme alanı 60x60 cm. olan ve elektrikle ısıtılan tek katlı bir hidrolik preste yapılmıştır (Şekil 3.9). Pres sıcaklığı, FF ile üretilenler için ise 125 °C olarak belirlenmiştir. Pres basıncı 8 kg/cm² olarak seçilmiştir. Presleme süresi, yaklaşık olarak 1 mm/dk olarak belirlenmiştir.

Levhalar Bursa Teknik üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölüm laboratuvarında üretilmiştir.



Şekil 3.9: Hazırlanan levha taslağının tek katlı preste preslenmesi.

3.3 Yapılacak Testler

3.3.1 Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde, yoğunluk, su alma, kalınlık oranı testleri yapılmıştır. Deneyler BTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümündeki laboratuvarında yapılmıştır.

3.3.1.1 Yoğunluk Değerinin Belirlenmesi

Levha gruplarının yoğunluğu TS EN 323 (1999) standardına göre hesaplanmıştır. 50x50 mm boyutlarında kesilen test örnekleri iklimlendirme dolabında 20±2 °C ve %65±5 bağıl nem şartlarında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir. Her test grubu için 10 adet hazırlanan test örneklerinin rutubetli haldeki ağırlıkları ±0,01 g hassasiyetli analitik bir terazide tartılarak, test örneklerinin boyutları ise ±0,01 mm duyarlıklı kumpas ile ölçülerek yoğunlukları hesaplanmıştır.

Aşağıdaki formül yardımıyla test gruplarının yoğunluğu belirlenmiştir:

$$\sigma = M_r/[axbxh] \quad (3.1)$$

Burada;

σ = Hava kurusu haldeki özgül ağırlığı (g/cm³)

M_r = Ağırlık (g)

a = Örnek genişliği (cm)

b = Örnek uzunluğu (cm)

h = Örnek kalınlığı (cm)

3.3.1.2 Su Alma Oranının Belirlenmesi

Su alma miktarının belirlenmesi TS EN 317 (1999) standardında şartlara göre gerçekleştirilmiştir. 50x50 mm ölçülerinde kesilen levha numuneleri, % 0,01 g hassasiyette terazide tartıldıktan sonra, 20±1 °C sıcaklıktaki su banyosuna, birbirine değmeyecek şekilde ve su yüzeyinden bir miktar aşağıda olacak şekilde yerleştirilmiştir. Şekil 2.9’de 2, 24, 48, 72, 96 ve 120 saat sonra, numuneler sudan çıkarılarak bir bez yardımıyla fazla suları alınmış ve bu durumdaki ağırlıkları % 0,01 g hassasiyetle tekrar tartılmıştır. Her seferinde kullanılan su tazelenmiştir. Her test grubu için 10’ar adet levha numuneleri kullanılmıştır. Su alma oranları aşağıdaki formül yardımıyla belirlenmiştir:

$$Sa = [(s_2 - s_1) / s_1] \times 100 (\%) \quad (3.2)$$

Burada:

Sa : Su alma miktarı (%)

S_1 : Deney parçasının suya daldırmadan önceki ağırlığı (gr)

S_2 : Deney parçasının suya daldırmadan sonraki ağırlığı (gr)

3.3.1.3 Kalınlık Artışı Oranının Belirlenmesi

Kalınlık artımlarının belirlenmesi TS EN 317 (1999) standardında belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır. Her test grubu için 10’şer adet deney örneği kullanılmıştır. Bu amaçla su alma testlerinde kullanılan örneklerden yararlanılmıştır.

Kalınlık artışı hesaplanmıştır.

$$K_s = [(k_2 - k_1)/k_1] \times 100 (\%) \quad (3.3)$$

Burada:

k_s : Kalınlığına şişme miktarı (%)

k_1 : Deney parçasının suya daldırmadan önceki kalınlığı (mm)

k_2 : Deney parçasının suya daldırmadan sonraki kalınlığı (mm)



Şekil 3.10: Su alma ve kalınlığına şişme miktarının belirlenmesi.

3.3.2 Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Mekanik özelliklerin belirlenmesinde, eğilme dayanımı direnci (ED), eğilmede elastikiyet modülü (EM), yapışma direnci (YD) testleri yapılmıştır. Deneyler BTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümündeki Shimadzu marka test cihazında yapılmıştır.

3.3.2.1 Eğilme Direnci

Üretilen levha gruplarının eğilme direnci testleri, TS EN 310 (2010) standardına belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Test numunelerinin boyutları; kalınlık, kontrplak kalınlığında, genişlik 50 ± 1 mm ve uzunluk ise levhanın anma kalınlığının 20 katına 50 mm ilave edilerek hesaplanmış ve deney örnekleri hazırlanmıştır.

Belirtilen standart esaslarına uygun olarak hazırlanan eğilme direnci test örneği Şekil 3.9’de gösterilmiştir. Eğilme direnci ortalama değerlerinin elde edilmesi için kontrplak levhaları için her test grubu için 10’ar adet levha numuneleri kullanılmıştır.



Şekil 3.11: Eğilme ve elastikiye modülü belirleme makinası.

F : Kuvvet (N)

l_1 : Dayanaklar arasındaki açıklık (mm)

t : Deney parçasının kalınlığı (mm)

l_2 : Deney numunesinin uzunluğu (mm)

Eğilme direncinin tespitinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

$$ED = \frac{3xF_{max}xl_1}{2xbxt^3} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

F_{max} = Kırılma anındaki maksimum yük (N)

b = Deney parçasının genişliği (mm) dir.

3.3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülünü belirlemek için üretilen levha gruplarına uygulanan testler, TS EN 310 (2010) standardına göre seçilmiştir.

Elastikiyet modülü ortalama değerlerinin elde edilmesi için kontrplak levhaları için her test grubundan 10'ar adet deney örneği kullanılmıştır.

Eğilmede elastikiyet modülü aşağıdaki eşitliğinden hesaplanmıştır:

$$E = \frac{Fxl^3}{4xexbxd^3} \quad (3.5)$$

Burada;

e = Eğilme miktarı (sehim) (mm)

F = Deformasyonu sağlayan kuvvet (N)

d = Örnek kalınlığı (mm)

b = Örnek genişliği (mm)



Şekil 3.12: Eğilme ve elastikiyet modülü test örnekleri.

3.3.2.3 Yapışma Direnci

Üretilen kontrplak levhalarının yapışma direnci TS EN 314-1 (1998) standardına göre yürütülmüştür. Bu standarda göre, 7,9 ve 11 tabakalı kontrplak levhaları için hazırlanan çekme-makaslama direnci test örneği Şekil 3.13’de gösterilmiştir. Kontrplaklardan farklı olarak diğer tabakalı ağaç malzemeleri için test örnekleri, kanalları en orta tabakaya gelecek şekilde hazırlanmıştır.



Şekil 3.13: Yapışma direnci testi.

Şekilde;

l_1 = Makaslama uzunluğu ($25 \pm 0,5$ mm)

b_1 = Makaslama genişliği ($25 \pm 0,5$ mm)

l_2 = Sıkıştırma çeneleri arasındaki minimum uzaklık (50 mm)

b_2 = Örnek yüzeylerine açılan kanalların genişliği (2,5-4 mm)

Örnek kalınlığı = Levha kalınlığı

Yapışma direncinin tespitinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

$$\zeta M = \frac{F_{max}}{l_1 x b_1} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3.6)$$

Eşitlikte; F_{max} : Kopma anındaki maksimum yüküdür.



Şekil 3.14: Yapışma direnci test örnekleri.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Bu bölümde, FF tutkalı kullanılarak Kavak Kaplamalardan Alternatif Kontrplak Üretimi ile elde edilen test ve analizlerin sonuçları açıklanmıştır. Yapılan çalışmalarla ilgili sonuçlar; kontrplak, alternatif kontrplak ve KTK ile ilgili bulgular olmak üzere üç ana grup altında yapılmıştır.

4.1 Fiziksel Özellikler

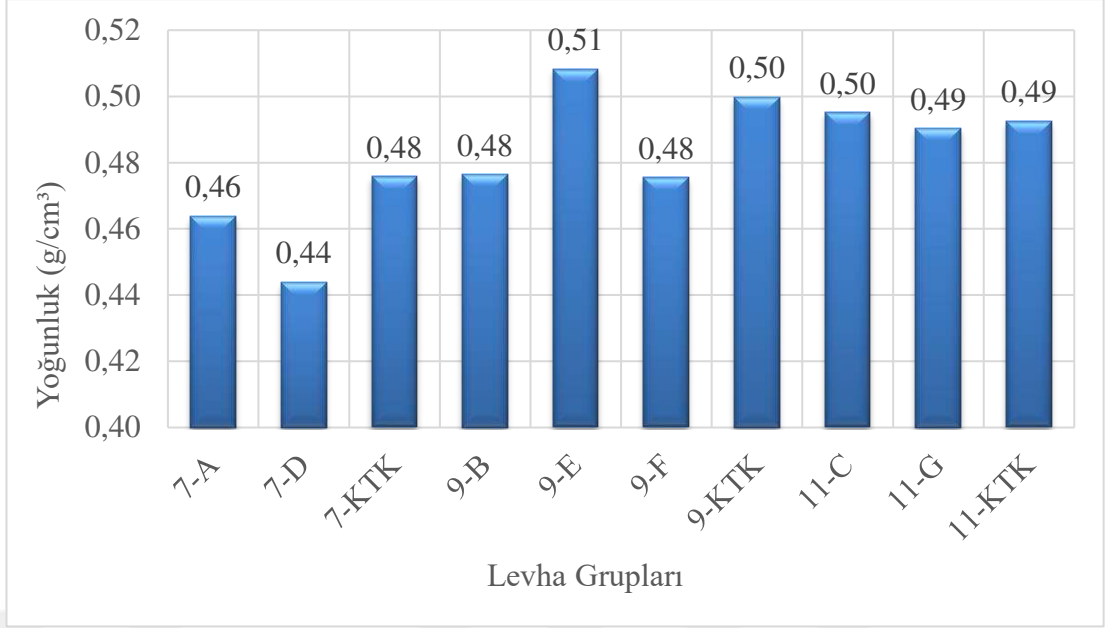
4.1.1 Yoğunluk Sonuçları

Üretilen levhalara gruplarına ait yoğunluk değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Yoğunluk değerlerinin belirlenmesinde her levha grupları için 10’ar adet örnek kullanılmış ve grupların ortalama değerleri alınmıştır.

Çizelge 4.1: Levha gruplarında yoğunluk ve standart sapma sonuçları.

Levha Grupları	Yoğunluk (g/cm ³)	Standart Sapma
7-A	0,46	0,02
7-D	0,44	0,01
7-KTK	0,48	0,02
9-B	0,48	0,01
9-E	0,51	0,03
9-F	0,48	0,02
9-KTK	0,50	0,50
11-C	0,50	0,03
11-G	0,49	0,02
11-KTK	0,49	0,01

Üretilen levha gruplarının yoğunluk değerlerini gösteren grafik Şekil 4.1’de verilmiştir. Grafiğe göre en düşük yoğunluk 7-D grup levha, en yüksek ise; 9-E grup levhadır. Üretilen levhaların yoğunluk sıralaması 7-D<7-A<7- KTK<9-B<9-F<11-G<11-KTK <9-KTK<11-C<9-E grubu şeklinde sıralanır.



Şekil 4.1: Levha gruplarının yoğunluk grafiği.

FF tutkalı ile farklı tabaka yönlendirmelerinde üretilen levhaların yoğunluk değerleri 7 katlı için 0,44-0,48 gr/cm³; 9 katlı için 0,48-0,51 gr/cm³; 11 katlı için 0,49-0,50 gr/cm³ arasında bulunmuştur.

Tenorio ve diğ., (2011) hızlı gelişen *Gmelina arborea* ağacından üretilen KTK'nın yoğunluğunu 523 kg/m³, kontrplakların yoğunluğunu ise 516 kg/m³ olarak bulmuştur. Buda *G. arborea*'nin yoğunluk açısından endüstriyel standartlara uygun, dengeli bir malzeme olduğunu göstermektedir. Bal (2011), FF tutkalı kullanılarak üretilen kavak kaplama tabakalı kerestenin tam kuru yoğunluğunu 429 kg/m³ olarak belirlemiştir.

Lipinskis ve Spulle, 2011 tarafından yapılan çalışmada, fenol formaldehit tutkalı ile 20 ve 22 adet 1,45 mm kalınlığındaki huş soyma kaplamaları kullanılarak 2 farklı yapıda özel kontrplaklar üretilmiştir. Tüm numune grupları için nem içeriği ve yoğunluk değerleri arasındaki farkın anlamlılığı kontrol edilmiştir. Karşılaştırılan numune gruplarının hiçbirinde %95 olasılık düzeyinde (t-testi, $p < 0,05$) nem içeriği ve yoğunluk değerleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

Cırrık (2018) tarafından yapılan çalışmada, FF tutkalı kullanılarak kavak soyma kaplamalarla oluşturulan ve dört farklı kaplama yönlendirmesine sahip 5 katlı levha gruplarında, özgül ağırlık değerlerinin 0,481 ile 0,523 g/cm³ arasında değiştiği belirlenmiştir. Nguyen ve diğ. (2019). Melamin üre formaldehit tutkalı ile 12 adet 3 mm kalınlığındaki sakız ve çam soyma kaplamaları kullanılarak 4 farklı yapıda

36 mm kalınlığında KTK'lar üretmişlerdir. Üretimde sadece çam, çam ve sakız KTK'ların yoğunluğu; KTK-1'in 648 (kg/m³) ve KTK-2'nin 781 (kg/m³), farklı kalitelere çam KTK'ların yoğunluğu ise; KTK-C1'in 781 (kg/m³) ve KTK-C2'nin 751(kg/m³) olduğunu bildirmişlerdir.

Kallakas ve diğ., (2020) tarafından yapılan çalışmada, fenol formaldehit tutkalı ile 7 adet 1,5 mm kalınlığındaki dört farklı tür kullanılarak farklı yapıda ve tür kombinasyonunda kontrplaklar üretilmiştir. Yoğunluk açısından, kombi aynalı lamine kaplama sistemi en yüksek yoğunluğu sağlamıştır. Buna karşılık, düşük yoğunluklu türlerin daha fazla kullanıldığı ikiz yerleştirme şeması en düşük yoğunluğu vermiştir. İstatistiksel bakımından yalnızca huş ağacı içeren paneller; en yüksek yoğunluk, farklı yerleştirme şemalarına sahip paneller; orta düzey yoğunluk, ikiz yerleştirme şeması; en düşük yoğunluk, üç ayrı grup bulunduğunu ortaya koymuştur.

Alamsyah ve diğ., (2023) tarafından yapılan çalışmada, panellerin üretiminden önceki özgül ağırlıkları 0,49–0,66 g/cm³ arasında değişirken, presleme işleminden sonra bu değerlerin %9 ila %15 oranında arttığı belirlenmiştir. Son durumda, KTK panellerin yoğunluğu 0,56–0,72 g/cm³ aralığına ulaşmış, KTK-B panellerde ise 0,57–0,68 g/cm³ arasında ölçülmüştür. Bu artış, özellikle KTK-B panellerde iç katmanlarda uygulanan çapraz lif yönlendirmesiyle ilişkilendirilmiştir. Lif yönünün panelin fiziksel özelliklerine anlamlı bir etkisi bulunmazken, ham odunun başlangıç yoğunluğu bu artışta temel belirleyici olmuştur.

Ahşap kompozitlerde yoğunluğu etkileyen faktörler vardır. Bunlar; kaplamanın kalınlığı, kaplamanın üretildiği ağaç türü, üretimde kullanılan tutkal ve miktarı, basınç ve sıcaklık gibi birçok faktör belirtilmiştir (Bal ve diğ., 2015) Odun yoğunluğu 0,37 (gr/cm³) olan I-77/51 kavak kaplaması ve FF tutkalı kullanılarak üretilen KTK levhanın yoğunluğu 0,46 (gr/cm³) bulmuştur (Meriç, 2009).

Levhelerde kaplama kalınlığı, ağaç türü, tutkal ve miktarı, pres basıncı, sıcaklık gibi parametreler aynıdır. Parametrelerden katlar arasında sadece pres süresi artmaktadır. Pres süresinin artması ile (I_77/51 kavak klonunun yoğunluğundan) üç farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların yoğunlukları artmıştır. Grafiği verilen Şekil 4.1'de levha gruplarının yoğunlukları literatürle örtüşmektedir.

4.1.2 Su Alma Sonuçları

Üretilen levhalara ait 2, 24, 48, 72, 96 ve 120 saat su alma değerleri Çizelge 4.2’te verilmiştir. Su alma değerlerinin belirlenmesinde her levha grupları için 10’ar adet örnek ile çalışılmış ve grupların ortalama değerleri alınmıştır.

Üretilen levha gruplarının su alma değerlerini gösteren grafik Şekil 4.2’de verilmiştir. Grafiğe göre 2 saatte en az 9-KTK en fazla 9-F levha grubu, 24 saatte en az 11-KTK en fazla 7-D levha grubu, 48 saatte en az 9-E en fazla 7-D levha grubu, 72 saatte en az 7-D en fazla 7-KTK levha grubu, 96 saatte en az 9-E en fazla 7-KTK levha grubu, 120 saatte en az 9-E en fazla 7-A levha grubu şeklinde su alma oranları sıralanır.

I-77/51 kavak kaplaması ve FF tutkalı kullanılarak üretilen KTK levhanın 2 saatlik % 19,48 olarak 24 saatlik ise % 40,78 olarak bulunmuştur (Meriç, 2009). Bal (2011) yapmış olduğu bir çalışmada okalıptus, kayın ve kavak kaplamaları kullanarak ÜF, MÜF, FF tutkallarıyla üretmiş oldukları kavak KTK’lerin 336 saat su alma değerleri 144,0-130,6-146,1, homojen kavak kontrplaklarda su alma miktarları ise 125,44-113,81-137,0 olarak bulmuştur.

Hızlı gelişen *Gmelina arborea* ağacından üretilen KTK’nın su alma değerleri % 15,23 kontrplakların su alma değerleri ise % 17,79 olarak bulmuştur. KTK’ların su alma oranları kontrplaklara göre daha düşük bulunmuştur. Bu durum, KTK panellerin boyutsal stabilite açısından kontrplak panellere göre daha avantajlı olduğunu göstermektedir. Her iki panel tipi aynı hammadde kullanılarak üretilmiş olmasına rağmen, aralarındaki bu farklılığın kaplama tabakalarının yönlendirilme şekline dayandığı düşünülmektedir (Tenorio ve diğ., (2011).

Cırrık (2018) tarafından yapılan çalışmada, tabaka oryantasyonu da su alma davranışını etkilemiştir. Liflerin yönlenme biçimi suyun kaplama katmanları arasına nüfuz etmesini kolaylaştırabilir veya zorlaştırabilir. Özellikle Q-kontrplak gibi farklı yönlendirilmiş levhalarda, su alma miktarı daha yüksek çıkarken, düzgün yönlendirilmiş KTK levhalarda su alma miktarları daha düşük seviyelerde kalmıştır.

Costa ve diğ., (2020) paricá ağacından (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) üretilen kontrplağın 2,24 ve 96 saat su alma yüzdeleri; 42,86-71,75-103,84 % olarak bulmuştur. Çalışmada incelenen KTK ve kontrplak panellerin su alma

değerleri, panel türüne ve kaplama yönlendirmesine bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Genel olarak, KTK panellerin su alma oranları kontrplaklara göre daha yüksek bulunmuştur. Su alma değerleri %44,64 ile %76,65 arasında değişmiş; en düşük su alma oranı %44,64 ile C3 işlem grubundaki kontrplakta, en yüksek ise %76,65 ile T1 işlem grubundaki KTK panelde ölçülmüştür. Bu sonuçlar, kaplama lif yönünün su emme davranışını etkileyebileceğini göstermektedir. Özellikle liflerin suyun ilerleme yönüne paralel olduğu durumlarda daha fazla su alımı gerçekleşmiştir. Ayrıca, yoğunluğu düşük kaplamalarla üretilen panellerin, daha gözenekli yapıya sahip olmaları nedeniyle suyu daha fazla absorbe ettiği belirtilmiştir.

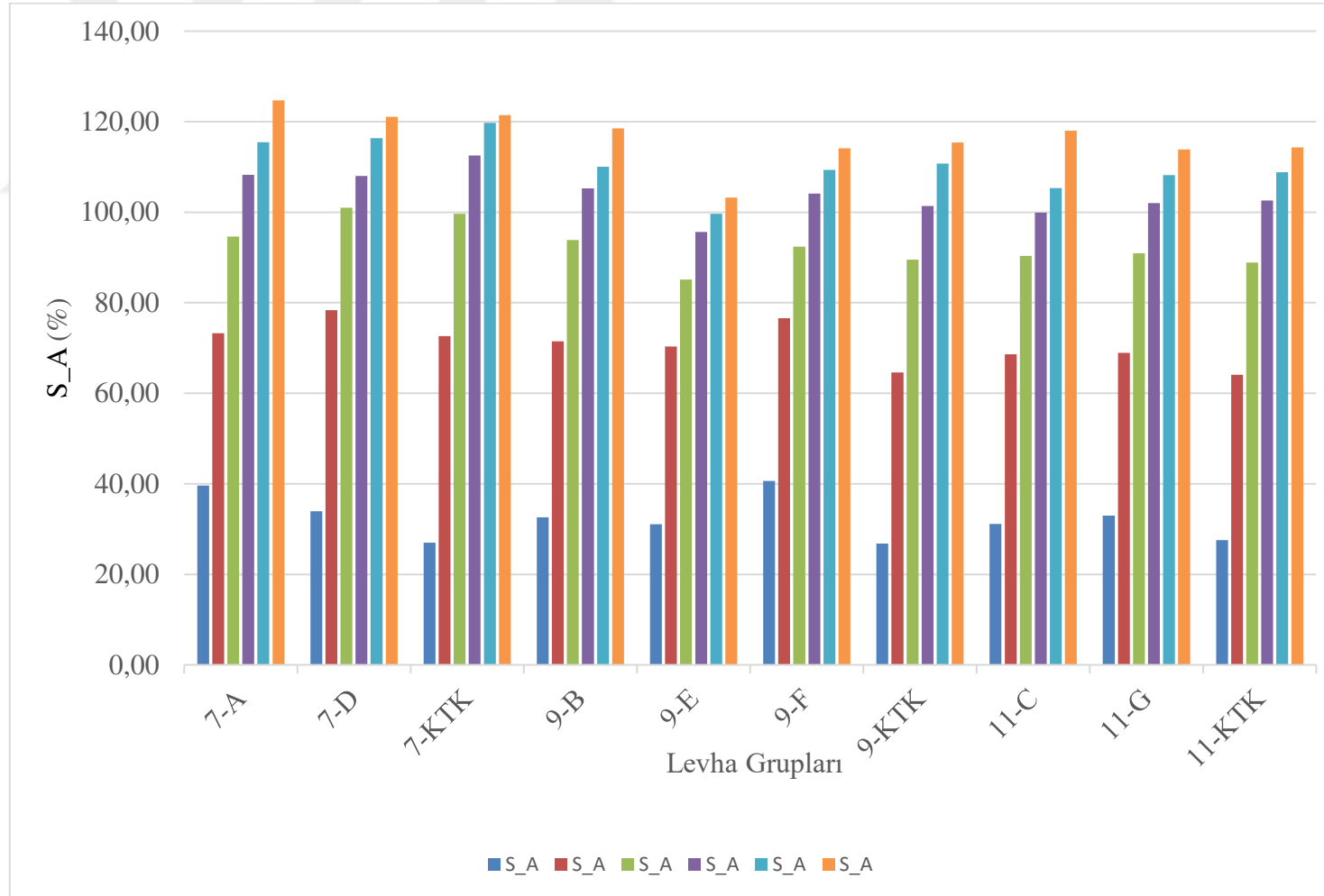
KTK'lerin üretiminde üre formaldehit (ÜF), fenol formaldehit (FF), epoksi ve poliüretan tutkalları kullanılarak üretilen KTK'nin su alma miktarı, suda bekletme süresinin artmasıyla örneklerin su alma miktarları artmış ve ağaç türü kombinasyonu kavak kaplama kullanımının artması ile su alma miktarında artış gözlenmiştir (Atar, 2021).

Alamsyah ve diğ., (2023) tarafından yapılan çalışmada, fenol formaldehit tutkalı ile 11 tabakalı iki farklı yapıda KTK panellerin su içeriği ise %18 ile %19 arasında bulunmuştur. Panellerin nem oranları %17,23 ile %20,14 arasında değişmiş ve tüm örneklerde %14'lük kabul edilen sınır değerinin üzerinde bulunmuştur. Bu durum, panellerin üretim sonrası çevresel koşullara (yaklaşık %65 bağıl nem ve 25 °C sıcaklık) maruz kalmalarıyla açıklanmıştır. Özellikle daha yüksek yoğunluklu panellerin daha fazla su tuttuğu, bu bağlamda panel yoğunluğu ile nem oranı arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Su alma miktarına lif yönünün etkisinin sınırlı olduğu, esas etkinin kullanılan ağaç türünün doğal yoğunluğu ve ortam nemiyle ilişkili olduğu vurgulanmıştır.

Levhalarda kaplama dizilim kombinasyonunun su alma üzerine etkisi incelendiğinde Şekil 4.2'de suda bekletme süresinin artmasıyla levhaların su alma miktarları artmıştır. I-77/51 klonu ile hazırlanan deney numunelerinin su alma sonuçlarına bakıldığında birbirinin yerine kullanılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.2: Levha gruplarının SA (%) standart sapma sonuçları.

	SA	S-S	SA	S-S	SA	S-S	SA	S-S	SA	S-S	SA	S-S
Levha	2	2	24	24	48	48	72	72	96	96	120	120
Grupları	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat	Saat
7-A	39,62	0,84	73,24	1,08	94,59	0,69	108,23	1,63	115,47	0,36	124,68	3,72
7-D	33,94	0,31	78,36	0,97	100,99	0,84	108	9,22	116,37	0,67	121,05	2,59
7-KTK	26,99	0,25	72,64	0,69	99,68	0,90	112,55	1,13	119,72	2,13	121,45	2,21
9-B	32,62	1,42	71,46	0,82	93,88	0,44	105,27	1,02	110,02	1,21	118,5	1,80
9-E	31,09	1,87	70,35	2,88	85,1	1,95	95,66	1,56	99,64	0,94	103,24	0,92
9-F	40,64	3,39	76,58	3,10	92,41	2,13	104,13	3,06	109,34	2,80	114,1	3,29
9-KTK	26,76	0,42	64,59	0,43	89,53	1,58	101,36	1,37	110,73	0,97	115,42	0,70
11-C	31,13	1,70	68,61	3,76	90,33	4,93	99,91	5,55	105,3	5,50	118,01	3,41
11-G	32,98	2,61	68,94	1,81	90,9	1,47	101,99	1,46	108,21	1,14	113,86	1,06
11-KTK	27,54	0,63	64,08	0,66	88,9	0,41	102,57	0,76	108,84	0,78	114,34	0,64



Şekil 4.2: Levha grupları su alma miktarı grafiği.

4.1.3 Kalınlık Artışı Sonuçları

Üretilen kontrplak levhalara ait 2, 24, 48, 72, 96 ve 120 saat kalınlık artış değeri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Kalınlık artış değeri belirlenmesinde her levha grupları için 10'ar adet örnek ile çalışılmış ve grupların ortalama değeri alınmıştır.

Üretilen levha gruplarının kalınlık artış değeri gösteren grafik Şekil 4.3'de verilmiştir. Grafiğe göre 2 saatte en az 11-KTK en fazla 9-F levha grubu, 24 saatte en az 7-KTK en fazla 9-B levha grubu, 48 saatte en az 7-KTK en fazla 9-B levha grubu, 72 saatte en az 7-KTK en fazla 11-G levha grubu, 96 saatte en az 7-KTK en fazla 7-A levha grubu, 120 saatte en az 7-KTK en fazla 9-B levha grubu şeklinde su alma oranları sıralanır.

I-77/51, I-214, S.307-26 kavak kaplaması ve FF tutkalı kullanılarak üretilen KTK üretimi yapılmıştır. KTK'ların en yüksek kalınlığına şişme oranı yoğunluğunun daha düşük olmasından dolayı I-214 klonunda tespit edilmiştir. KTK levhanın kalınlık artış miktarı 2 saatlik için % 3,29 olarak 24 saatlik ise % 4,75 olarak bulunmuştur (Meriç, 2009).

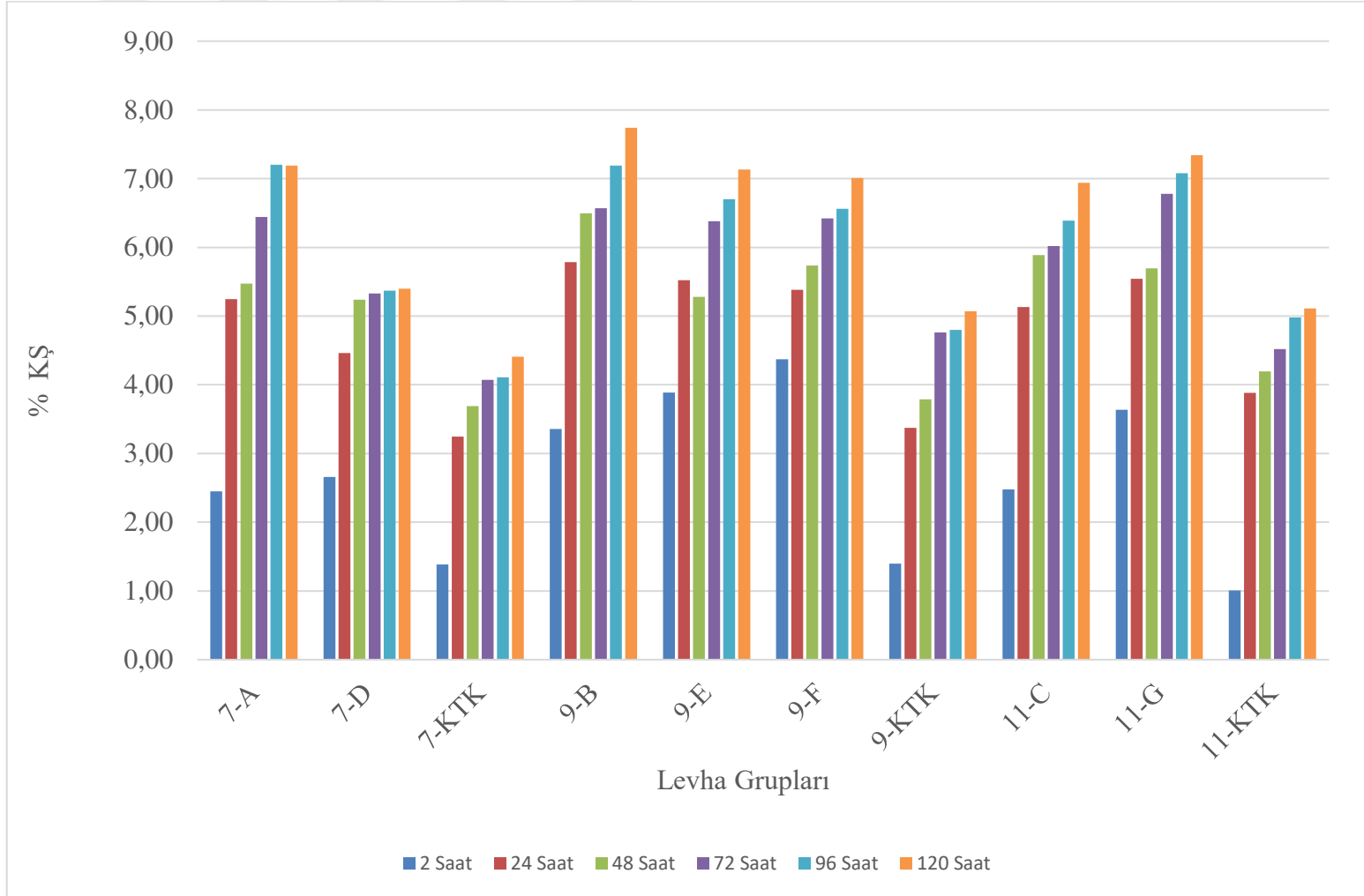
Hızlı gelişen *Gmelina arborea* ağacından üretilen KTK'nın kalınlık şişmesi % 1,76 kontrplakların kalınlık şişmesi ise % 2,09 olarak bulunmuştur. KTK'ların kalınlığına şişme oranları kontrplaklara göre daha düşük bulunmuştur. Kontrplağın KTK'lardan daha yüksek emilime sahip olduğu su emilimi istisnası dışında, fiziksel özellikler açısından istatistiksel bir fark göstermemiştir (Tenorio ve diğ., (2011).

Mendoza ve diğ., (2017) tarafından yapılan bir araştırmada fenol formaldehit tutkalı ile yedi tabakalı KTK ve kontrplak üretilmiştir. KTK'nın kalınlık şişmesi % 5,54 kontrplakların kalınlık şişmesi ise % 2,15 olarak bulunmuştur. KTK'ların kalınlıktaki şişme istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Costa ve diğ., (2020) kontrplağın 2,24 ve 96 ortalama kalınlık artışı; 3,75-4,56-4,80 % olarak bulunmuştur. KTK kaplama yönlendirmesi nedeniyle şişme davranışı daha değişkenlik göstermiştir.

Levhelerde kaplama dizilim kombinasyonunun kalınlık artışı üzerine etkisi incelendiğinde Şekil 4.3'de suda bekletme süresinin artmasıyla levhaların kalınlık miktarları artmıştır. Kalınlık artışı, su alma değeriyle paralellik göstermektedir.

Çizelge 4.3: Levha gruplarının KŞ (%) standart sapma sonuçları.

Levha Grupları	KŞ 2 Saat	S-S 2 Saat	KŞ 24 Saat	S-S 24 Saat	KŞ 48 Saat	S-S 48 Saat	KŞ 72 Saat	S-S 72 Saat	KŞ 96 Saat	S-S 96 Saat	KŞ 120 Saat	S-S 120 Saat
7-A	2,45	0,27	5,25	0,34	5,47	0,60	6,44	0,30	7,2	0,45	7,19	0,42
7-D	2,66	0,33	4,46	0,50	5,24	0,34	5,33	0,70	5,37	0,56	5,4	0,51
7-KTK	1,38	0,39	3,25	0,39	3,69	0,50	4,07	0,33	4,11	0,51	4,41	0,44
9-B	3,36	0,22	5,78	0,63	6,49	0,14	6,57	0,51	7,19	0,46	7,74	0,67
9-E	3,89	0,47	5,52	0,84	5,28	0,75	6,38	0,62	6,7	0,40	7,13	0,53
9-F	4,37	0,51	5,38	0,15	5,73	0,32	6,42	0,24	6,56	0,34	7,01	0,55
9-KTK	1,40	0,24	3,38	0,87	3,79	0,88	4,76	0,45	4,8	0,46	5,07	0,21
11-C	2,48	0,32	5,13	0,23	5,89	0,27	6,02	0,24	6,39	0,42	6,94	0,55
11-G	3,64	0,48	5,54	0,24	5,69	0,72	6,78	0,18	7,08	0,42	7,34	0,35
11-KTK	1,01	0,13	3,88	0,77	4,20	0,47	4,52	0,38	4,98	0,16	5,11	0,41



Şekil 4.3: Levha grupları kalınlığına şişme miktarı grafiği.

4.2 Mekanik Özellikler

4.2.1 Eğilme Direnci Sonuçları

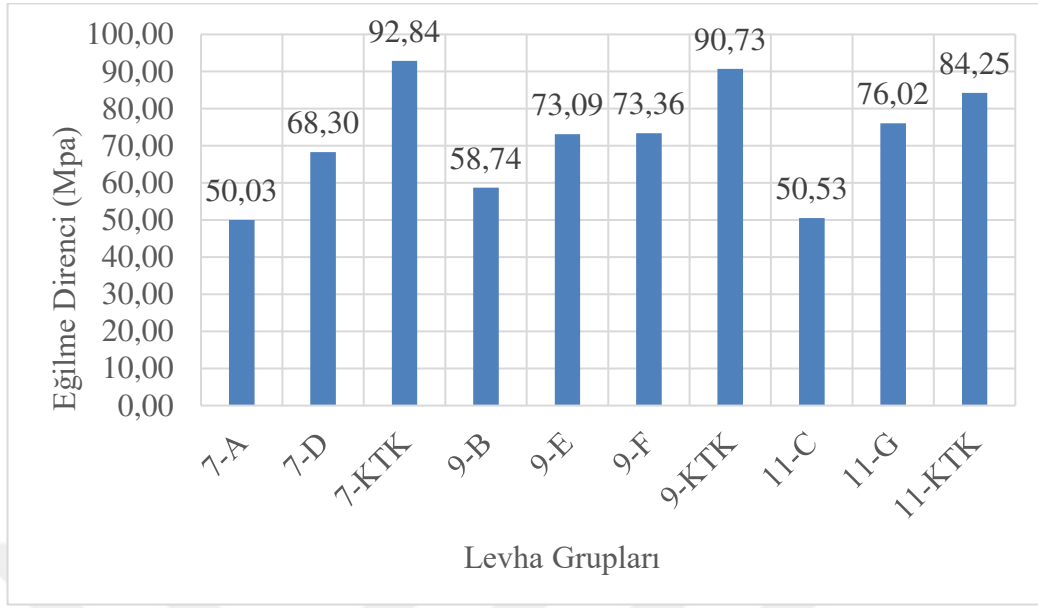
Üretilen kontrplak levhalarına ait eğilme direnci değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4: Levha gruplarının eğilme direnci ve standart sapma sonuçları.

Levha Grupları	E-Direnci (Mpa)	Standart Sapma
7-A	50,03	11,32
7-D	68,30	8,12
7-KTK	92,84	8,48
9-B	58,74	6,19
9-E	73,09	6,51
9-F	73,36	10,55
9-KTK	90,73	11,97
11-C	50,53	7,85
11-G	76,02	8,88
11-KTK	84,25	7,72

Üretilen levha grupları eğilme direnci değerlerini gösteren grafik Şekil 4.4'de verilmiştir. Grafiğe göre en düşük eğilme direnci değerlerini 7-A grup levha en yüksek ise; 7-KTK grup levhadır. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri sıralaması $7-A < 11-C < 9-B < 7-D < 9-E < 9-F < 11-G < 11-KTK < 9-KTK < 7-KTK$ grubu şekilde sıralanır.

Cırrık (2018) tarafından yapılan çalışmada, Levhaların eğilme direnci üzerine tabaka oryantasyonu önemli etki göstermiştir. En yüksek eğilme direnci değerleri KTK levhalarında, en düşük değerler ise Q-Kontrplak levhalarında ölçülmüştür. Bu durum, KTK levhalarda kullanılan düzgün lifli kaplamaların ve daha iyi yapışmanın, mekanik performansı artırmasından kaynaklanmaktadır. Lipinskis ve Spulle, (2011) tarafından yapılan çalışmada, huş soyma kaplamaları kullanılarak 2 farklı yapıda özel kontrplaklar üretilmiştir. Kontrplakların eğilme direnci, numune genişliği, test yönü (düz/kenar) ve yüzey kaplama yönüne bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Test yönünün numunenin mekanik davranışını etkilediğini göstermektedir. Özellikle paralel lif yönü kenar testlerinde daha yüksek dayanım göstermektedir. Genel olarak, dar ve kenardan test edilen numuneler, özellikle paralel kaplama yönünde, daha yüksek eğilme direnci göstermektedir. Bazı kontrplak türleri, KTK'den daha iyi performans sergileyebilmektedir.



Şekil 4.4: Levha grupları eğilme direnci grafiği.

Tenorio ve diğ., (2011) 12 mm kalınlığındaki *Gmelina arborea* KTK ve kontrplak panellerin eğilme dayanımı karşılaştırıldığında, KTK panellerin kontrplak panellere göre daha yüksek eğilme direnci sergilediği görülmüştür. Bu durum, KTK'nin üretiminde kullanılan kaplamaların lif yönlerinin genellikle aynı yönde hizalanması ve bu sayede liflere paralel yük taşıma kapasitesinin artmasıyla açıklanabilir. Kontrplak paneller ise, simetrik ve çapraz kaplama düzenine sahip olduklarından, yük taşıma yönünde daha az sayıda lif hizalanmasına sahiptir ve bu durum eğilme dayanımını olumsuz etkilemiştir. Ayrıca, kontrplak panellerdeki katmanlar arası boşluklar ve olası yapışma zayıflıkları da eğilme dayanımı değerlerini düşüren etkenler arasında yer almaktadır. Elde edilen veriler, KTK panellerin yapısal uygulamalarda daha yüksek eğilme direnci gerektiren durumlar için daha uygun olduğunu ortaya koymaktadır.

Mendoza ve diğ., (2017) tarafından yapılan bir araştırmada, *rattinnickia burserifolia* türünden üretilen panellerin eğilme direnci değerlendirildiğinde, KTK panellerin kontrplak panellere kıyasla daha yüksek kopma modülü gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum, KTK üretiminde kaplamaların lif yönünde hizalanmasının, yük taşıma kapasitesini artırarak eğilme direncini iyileştirmesinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, eğilme dayanımı açısından KTK panellerin daha

üstün bir performansa sahip olduğu ve bu tür uygulamalarda daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Nguyen ve diğ. (2019) KTK'ların eğilme direnci; KTK-1'in 109,3 (Mpa) ve KTK-2'nin 144,4 (Mpa), farklı kalitelerde çam KTK'ların eğilme direnci ise; KTK-C1'in 126,4 (Mpa) ve KTK-C2'nin 103,7 (Mpa) olduğunu bildirmişlerdir. KTK-C1 ve KTK-C2, piyasadaki Kerto-Q ve STEICO KTK-X gibi ticari ürünlere göre ciddi mekanik üstünlük gösterdiği belirtilmiştir.

Bilik ve Trianoski (2022) *Pinus glabra* üründen üretilen panellerin eğilme direnci, kaplama yönelimi ve kaplama yoğunluğuna bağlı olarak farklılık göstermiştir. Lif yönleri birbirine paralel olarak yerleştirilen KTK paneller, lifleri dik yerleştirilmiş kontrplak panellere kıyasla daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir. Özellikle, dış katmanlarda yüksek yoğunluklu ($0,4-0,48 \text{ g/cm}^3$) kaplama kullanımı, eğilme direncini artırmıştır. Bu bulgular, kaplama yönelimi ve yoğunluğunun, panelin eğilme direncinde belirleyici etkiye sahip olduğunu ve *Pinus glabra*'dan üretilen KTK panellerin yapısal uygulamalar için uygun mekanik performans sağlayabildiğini ortaya koymaktadır.

Kallakas ve diğ., (2020) tarafından yapılan çalışmada, farklı yapraklı ağaç türlerinin ve yönlendirmelerin kontrplakların eğilme özelliklerine ilişkin elde edilen sonuçlar hem malzeme yönü hem de yerleştirme şemasına bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Paralel yönde yapılan testlerde, en yüksek ortalama eğilme dayanımı huş ağacından üretilmiş numunelerde $114,3 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüş, bunu sırasıyla titrek kavak ($107,1 \text{ N/mm}^2$), gri kızılğaç ($99,3 \text{ N/mm}^2$) ve kara kızılğaç ($98,0 \text{ N/mm}^2$) takip etmiştir. Çapraz yönde ise eğilme dayanımı değerleri belirgin şekilde düşmüş; en yüksek değer titrek kavakta $51,4 \text{ N/mm}^2$, ardından kara kızılğaç ($46,3 \text{ N/mm}^2$), huş ($48,5 \text{ N/mm}^2$) ve gri kızılğaçta ($42,2 \text{ N/mm}^2$) gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, özellikle paralel yönlü testlerde daha yoğun ve dayanıklı ağaç türlerinin tercih edilmesinin eğilme performansını artırmada etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Yang ve diğ., (2025) tarafından yapılan çalışmada, CLT'lerin eğilme direnci değerleri, yapısal düzenlemeler ve malzeme parametrelerine bağlı olarak geniş bir aralıkta değişmektedir. Örneğin, dört katmanlı CLT'ler $38,96 \text{ MPa}$ ile en yüksek eğilme dayanımını gösterirken, üç katmanlı CLT'ler yalnızca $3,52 \text{ MPa}$ ile en düşük

değere ulaşmıştır. Katman sayısının artması, dış yüzeylerde yer alan kaplamaların nötr eksenenden uzaklaşmasını sağlayarak bükülme momentine katkılarını artırmakta ve böylece genel dayanımı yükseltmektedir. Ayrıca, yüzeydeki kaplamaların lif yönü boyunca (//) yerleştirilmesi, $\perp$ yönlü yerleşimlere kıyasla çok daha yüksek eğilme dayanımı sağlamaktadır. Örneğin, dış yüzeylerinde // yönlü katmanlar bulunduran CLT'lerin eğilme direnci değerleri, benzer yapıya sahip ancak $\perp$ yönlü dış katmanlar içerenlere göre %39 daha yüksektir.

Levhalarda kaplama dizilim kombinasyonunun eğilme direnci değerleri üzerine etkisi şekil 4.4'te incelendiğinde, FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların eğilme direnci değerleri 7 katlı için 50,03–92,84 (Mpa); 9 katlı için 58,74–90,73 (Mpa); 11 katlı için 50,53–84,25 (Mpa) arasında bulunmuştur. Literatürde de benzer sonuçlara rastlanmıştır. Levha grupları arasında eğilme direncinin artmasının nedeni olarak, paralel yöndeki katman sayısının artmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

4.2.2 Elastikiyet Modülü Sonuçları

Üretilen levhalara ait elastikiyet modülü değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Grafiğe göre en düşük Elastikiyet modülü değerlerini 9-B grup levha en yüksek ise; 7-KTK grup levhadır. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri sıralaması 9-B<7-A<11-C<7-D<9-E<9-F<11-G<11-KTK<9-KTK<7-KTK grubu şeklinde sıralanır.

Tenorio ve diğ., (2011) hızlı gelişen *Gmelina arborea* ağacından üretilen KTK ve kontrplakların fiziksel ve mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. Fenol formaldehit tutkalı ile beş tabakalı KTK ve kontrplak üretilmiştir. Yapılan çalışmada, *Gmelina arborea* türünden üretilen 12 mm kalınlığındaki kontrplak ve beş katmanlı KTK panellerin elastikiyet modülü değerleri, hem çekme-paralel hem de çekme-dik yönlerde karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir. Her iki panel türü de benzer elastikiyet modülü değerlerine sahip olup, bu yönüyle rijitlik açısından eşdeğer performans sergilemiştir. Ancak çalışmada elastikiyet modülü ilişkin kesin sayısal değerler belirtilmemiştir; sadece farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ifade edilmiştir. KTK'ların liflere paralel yönde eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü daha yüksek bulunmuştur. Her iki ürünün mekanik

özellikleri farklı bulunması tabakaların yönlendirmesinden dolayı olduğu belirtilmiştir.

Lipinskis ve Spulle, (2011) tarafından yapılan çalışmada, özel kaplama yönlendirme (yerleştirme) yöntemlerinin huş ağacı kontrplağının mekanik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada, Örnek-I ve Örnek-II kontrplaklarının eğilme dayanımı testleri sonucunda, özellikle 50 mm genişliğindeki numunelerin daha yüksek MOR değerleri gösterdiği görülmüştür. Örneğin, Örnek-I 'in dik yönde eğilme dayanımı 86,3 N/mm², Örnek-II 'nin ise 85,7 N/mm² olarak ölçülmüştür. Kenar testlerinde bazı numuneler, düz testlere göre daha yüksek eğilme dayanımı ve elastisite modülü göstermiştir. Ayrıca, bazı yönlerden test edilen kontrplak numuneleri, ladin KTK'ye göre %47'ye kadar daha yüksek eğilme dayanımı sergilemiştir. Bu sonuçlar, numune genişliği ve kaplama yönünün eğilme performansı üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir. Tabakaların farklı yönlendirilmesinin mekanik özellikleri iyileştirdiği bulunmuştur.

Mendoza ve diğ., (2017) tarafından yapılan bir araştırmada, *Trattinnickia burserifolia* ile üretilen kontrplak ve KTK'ların fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırmalı bir çalışmasını yapılmıştır. Araştırmada *Trattinnickia burserifolia* türüyle üretilen panellerin elastikiyet modülü bakımından karşılaştırmasında, KTK panellerin daha yüksek MOE değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, KTK'nin lif yönünde yönlendirilmiş kaplamalardan oluşması sayesinde, elastik deformasyona karşı daha yüksek direnç göstermesiyle açıklanabilir. Sonuçlar, KTK panellerin rijitliğinin kontrplak panellere göre daha fazla olduğunu ve yük altında daha az elastik şekil değiştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle KTK paneller, elastikiyet modülü açısından daha avantajlı olduğunu belirtmiştir.

Cırrık (2018) göre, levha gruplarının elastikiyet modülü 11414,56 ile 8262,98 (Mpa) arası değerler bulmuştur. Tabaka oryantasyonu elastikiyet modülü üzerinde belirgin etki göstermiştir. En yüksek elastikiyet modülü değerleri KTK levhalarında, en düşük değerler ise Q-Kontrplak levhalarında elde edilmiştir. Bu sonuçlar, lif yönünün sürekliliği ve yapışma kalitesinin modül üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Nguyen ve diğ. (2019) benekli Sakız ve çember çam kaplamalarından üretilen çapraz bantlı kaplama tabakalı kerestelerin temel mekanik özellikleri araştırılmıştır.

Bu çalışmada üretilen panellerin elastikiyet modülü değerleri hem düz hem de kenar yönlü bükme testleriyle değerlendirilmiştir. En yüksek düz bükme MOE değeri, yüksek MOE kaplamalarının yüzeylerde stratejik olarak yerleştirildiği KTK-2 panelinde 14.792 MPa olarak ölçülmüştür. Bunu 13.949 MPa ile KTK-C1, 11.941 MPa ile KTK-C2 ve 10.259 MPa ile tek türlü KTK-1 takip etmiştir. Kenar bükme MOE değerleri ise sırasıyla KTK-2 için 12.346 MPa, KTK-C1 için 12.119 MPa, KTK-C2 için 10.912 MPa ve KTK-1 için 9.031 MPa olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, yüzeyde yüksek MOE'ye sahip kaplamaların kullanımının panelin elastikiyetine ciddi katkı sağladığını ortaya koyarken, çapraz katmanlı KTK-C panellerin MOE değerlerinin, benzer kaplama karışımına sahip düz katmanlı KTK panellere kıyasla hem düz hem de kenar bükmede sırasıyla %24 ve %13'e kadar daha düşük olduğunu göstermektedir. Tabakalara dik yönde yönlendirme yapılan KTK'ların mekanik özellikleri tüm tabakaları paralel olanlara göre daha düşük, ancak ticari KTK'lara göre yüksek bulunmuştur. Bu ürünün pazarda potansiyel olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

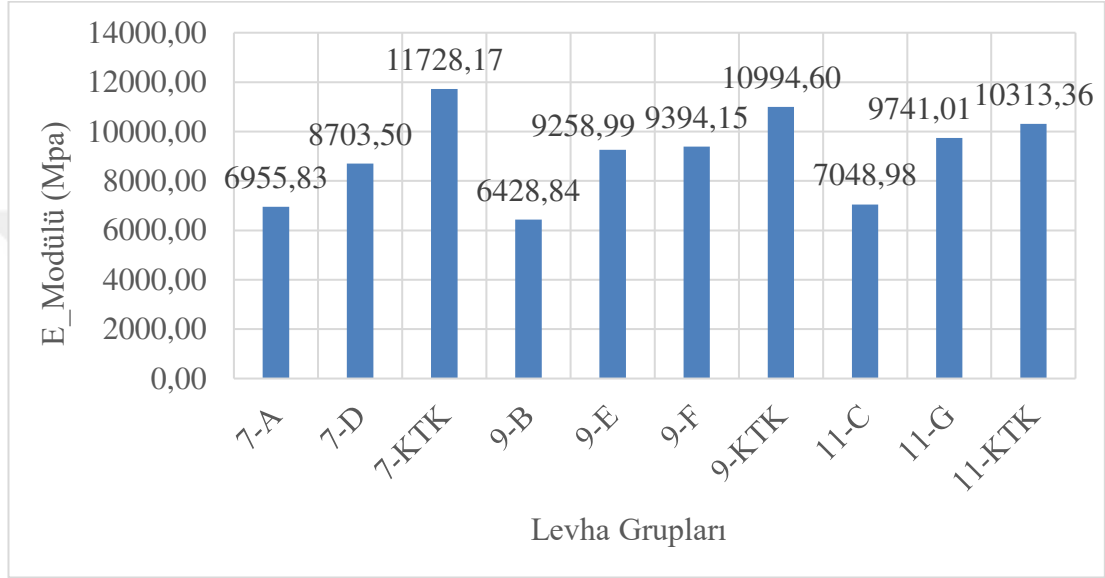
Atar (2021) ÜF, FF, epoksi ve poliüretan tutkalları kullanarak farklı ağaç türü kombinasyonlarıyla üretilen KTK'nin Test sonuçlarına göre en yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri 9030,95 MPa, en düşük eğilmede elastikiyet modülü değeri 7521,05 MPa olarak bildirmiştir.

Çizelge 4.5: Levha gruplarının elastikiyet modülü ve standart sapma sonuçları.

Levha Grupları	E-Modülü (Mpa)	Standart Sapma
7-A	6955,83	988,51
7-D	8703,50	465,93
7-KTK	11728,17	830,33
9-B	6428,84	375,75
9-E	9258,99	587,70
9-F	9394,15	536,15
9-KTK	10994,60	1189,87
11-C	7048,98	619,79
11-G	9741,01	665,95
11-KTK	10313,36	571,79

Yang ve diğ., (2025) tarafından yapılan çalışmada, kalın soyma kaplamalar kullanarak yeni bir mühendislik ürünü ağaç malzeme olan çapraz lamine kereste üretmişler ve özelliklerini araştırmışlardır. Farklı kalın kaplama seviyelerine sahip

örneklerde elastikiyet modülü (MOE) değerleri Seviye 1 için 9778,84 MPa, Seviye 2 için 7178,21 MPa ve Seviye 3 için 5907,83 MPa olarak ölçülmüştür. Genel olarak, kaplama seviyesi düştükçe MOE azalmıştır. CLT'lerde ise en yüksek MOE değeri 7286,31 MPa ile dört katmanlı kombinasyonda, en düşük MOE değeri ise 478,27 MPa ile tek katmanlı CLT'de gözlenmiştir. Yüzey katmanlarının // yönünde olması ve // katman sayısının artması MOE'yi artırmıştır. Ancak, // katmanlardaki ek yerlerinin yükleme noktasına yakın olması MOE'yi düşürmüştür.



Şekil 4.5: Levha grupları elastikiyet modülü grafiği.

Kallakas ve diğ., (2020) tarafından yapılan çalışmada, farklı yapraklı ağaç türlerinin ve yönlendirmelerin kontrplak mekanik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Paralel yönde elastikiyet modülü (MOE) en yüksek huşta 10.460 N/mm², en düşük kara kızılğaçta 9.377 N/mm² bulunmuştur. Çapraz yönde MOE değerleri daha düşük olup, en yüksek 5019 N/mm² seviyesindedir. MOE ile eğilme dayanımı arasında güçlü bir ilişki vardır. En yüksek çapraz MOE, huş ve titrek kavak içeren kombi ayna kontrplakta 5019 N/mm² olarak elde edilmiştir. Ayrıca MOE ile eğilme dayanımı arasında güçlü korelasyon bulunmuştur.

Levhalarla kaplama dizilim kombinasyonunun elastikiyet modülü değerleri üzerine etkisi Çizelge 4.5'te incelendiğinde, FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri 7 katlı için 6955,83–11728,17 (Mpa); 9 katlı için 6428,84–10994,60 (Mpa); 11 katlı 7048,98–10313,36 (Mpa) arasında bulunmuştur. Literatürde de benzer sonuçlara rastlanmıştır. Eğilme direncinde olduğu gibi levha grupları arasında elastikiyet

modülü artmasının nedeni olarak, paralel yöndeki katman sayısının artmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

4.2.3 Yapışma Direnci Sonuçları

Üretilen kontrplak levhalarına ait yapışma direnci değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6: Levha gruplarının yapışma direnci ve standart sapma sonuçları.

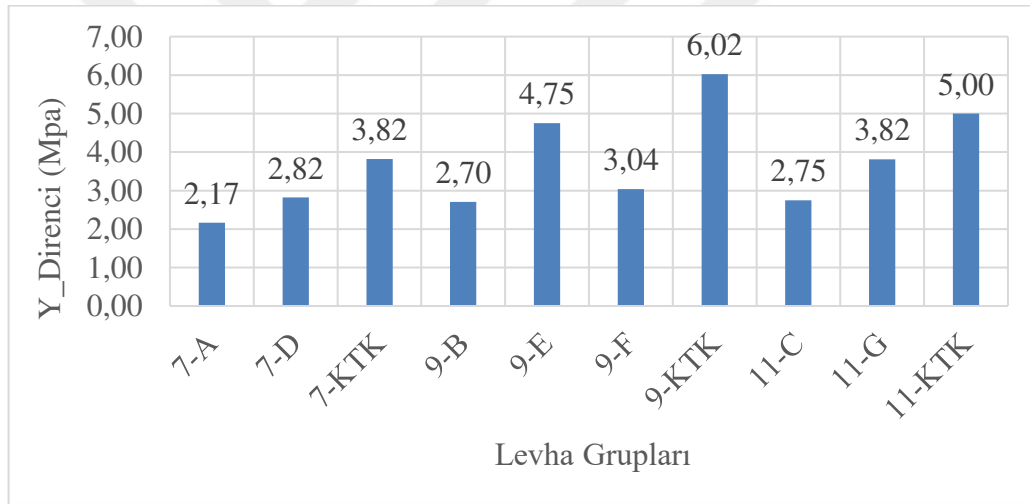
Levha Grupları	Y-Direnci (Mpa)	Standart Sapma
7-A	2,17	0,38
7-D	2,82	0,30
7-KTK	3,82	0,55
9-B	2,70	0,22
9-E	4,75	0,84
9-F	3,04	0,62
9-KTK	6,02	0,59
11-C	2,75	0,23
11-G	3,82	0,60
11-KTK	5,00	0,33

Grafiğe göre en düşük eğilme direnci değerlerini 7-A grup levha en yüksek ise; 9-KTK grup levhadır. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri sıralaması 7-A<9-B<11-C<7-D<9-F<7-KTK<11-G<9-E<11-KTK<9-KTK grubu şeklinde sıralanır.

Lipinskis ve Spulle, 2011 tarafından yapılan çalışmada, özel kaplama yönlendirme (yerleştirme) yöntemlerinin huş ağacı kontrplağının mekanik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Yapışma direnci testlerinde, en yüksek kesme dayanımı, huş ve kara kızılâğaç kaplamalarının birleştirildiği kombi ayna numunelerinde elde edilmiştir. Yön çekirdekli yerleştirme şemasında ise bağlanma kalitesi en düşük seviyededir; çünkü bu yöntemde tutkal hattı paralel katmanlar arasında yer almakta ve bu durum zayıf yapışmaya neden olmaktadır. Odun lifi kopması oranları incelendiğinde, gri kızılâğaç en yüksek kohezyon gösterirken, titrek kavak da iyi bir yapışma performansı sergilemiştir. Kara kızılâğaç ve huş kaplamalar ise benzer seviyelerde bağlanma kalitesi sunmuştur. Genel olarak, kombi, kombi ayna ve çift katmanlı döşeme şemaları yapışma direncini artırırken, yön çekirdekli yerleştirme bu direnci düşürmektedir. Bu sonuçlar, farklı ahşap türleri ve yerleştirme şemalarının yapışma kalitesi üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir.

Cırrık, (2018) FF tutkalı ile kavak soyma kaplamalardan 4 farklı tabaka oryantasyonu kullanılarak 5 tabakalı oluşturulan levha gruplarının en düşük yapışma direnci 0,921 N/mm², en yüksek değeri ise 2,791 N/mm² bulmuştur. Meriç (2009) I-77/51 kavak kaplaması ve FF tutkalı kullanılarak üretilen KTK levhaların yapışma direnci değerinin 7,54- 7,58 N/mm² olduğunu belirtmiştir.

Demirkır (2014) tarafından yapılan çalışmada, ÜF ile üretilen, özgül ağırlığı 0,695 gr/cm³ olan kayın kontrplağın çekme makaslama direncinin 2,50 (MPa), üretilen, özgül ağırlığı 0,550 gr/cm³ kavak kontrplağın çekme makaslama direncinin 1,52 (MPa) olduğu belirtilmiştir. Özyurt (2015) kavak kaplama ile üretilen tabakalı kaplama kerestelerin cam elyaf dokuma kullanılarak güçlendirilmesi çalışmasında yapışma direnci güçlendirme işlemi yaş hal 0,17 kuru hal 0,362 kontrol grubu ise yaş hal 0,314 kuru hal 0,476 N/mm² olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.6: Levha grupları yapışma direnci grafiği.

Nguyen ve diğ. (2019) Benekli Sakız (*Liquidambar styraciflua*) ve Çember Çam (*Pinus sylvestris*) kaplamalarından üretilen çapraz bantlı lamine kerestelerin yapışma direnci, mekanik test sonuçları üzerinden dolaylı olarak değerlendirilmiştir. Melamin üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen bu tabakalı kerestelerde, özellikle KTK-C1 ve KTK-C2 yapılarına ait düz ve kenar bükme dayanımları, çekme ve taşıma mukavemetleri ticari ürünlere kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur. Bu yüksek mekanik performans, kaplamalar arasındaki yapışmanın güçlü ve dayanıklı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, çapraz katmanlama sayesinde lif yönlerinin farklı olması nedeniyle yapışmaya binen yük

artmasına rağmen, kullanılan yapıştırıcının ve üretim yönteminin etkisiyle yapışma kalitesi korunmuş ve ürünler üstün dayanıklılık sergilemiştir. Sonuç olarak, çalışmada elde edilen mekanik veriler, Benekli Sakız ve Çember Çam kaplamalarından üretilen çapraz bantlı lamine kerestelerin yapışma direncinin yüksek olduğunu ve ticari KTK ürünlerine göre rekabetçi bir performans sunduğunu göstermektedir.

Kallakas ve diğ., (2020) tarafından yapılan çalışmada yapılan testler sonucunda, kaplama çapraz çekme dayanımı ağaç türlerinin yoğunluk ve dayanım özellikleriyle korelasyon göstermiştir. En düşük çekme dayanımı titrek kavakta ($1,68-2,52$ N/mm²) görülürken, en yüksek değerler kara kızılâğaçta ($1,73-5,09$ N/mm²) ve huş ağacında ($2,93-5,60$ N/mm²) elde edilmiştir. Çalışmada yapılan yapışma direnci testlerinde, en yüksek kesme dayanımı $2,39$ N/mm² ile huş ve kara kızılâğaç kaplamalarının birleştiği örneklerde elde edilmiştir. Gri kızılâğaç, FF tutkalıyla en iyi yapışma performansını %79,8 odun lifi kopması oranıyla göstermiştir. Yön çekirdeği yerleştirme şeması ise diğer döşeme şemalarına kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bağlanma kalitesi sunmuştur. Genel olarak, kullanılan kaplama türleri ve yapıştırma yöntemleri ile yüksek yapışma direnci sağlanmıştır.

Costa ve diğ., (2020) paricá ağacından (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) üretilen kontrplağın ve kaplama tabakalı kerestenin (KTK) teknolojik özelliklerini incelemiştir. Bu çalışmada yapışma direnci, paricá ağacından üretilen kontrplak ve KTK panellerin kaplama yerleşim düzenine ve kullanılan tutkallara bağlı olarak değerlendirilmiştir. KTK panellerde kaplamaların aynı yönde yerleştirilmesi ve fenol-formaldehit tutkalı kullanılması sayesinde daha yüksek yapışma dayanımı elde edilmiştir. FF tutkalı, kaplama aralarına daha iyi nüfuz ederek tutkal hattının kalitesini artırmıştır. Buna karşılık, kontrplakta kullanılan üre-formaldehit tutkalı nemden daha fazla etkilenmiş ve yapışma kalitesi KTK'ye kıyasla daha düşüktür. Sonuç olarak, kaplama yerleşim yönü ve tutkal tipi yapışma direncini belirleyen temel faktörler olmuş; KTK paneller, yapışma dayanımı açısından kontrplak panellere göre daha üstün bulunmuştur.

Alamsyah ve diğ., (2023) tarafından yapılan çalışmada KTK ve KTKB panellerin yapışma dirençleri, özellikle kesme dayanımı açısından karşılaştırılmıştır. Kesme dayanımı düz yönde $5,33-8,43$ N/mm², kenar yönde ise $4,91-7,88$ N/mm² arasında değişmiştir. KTK paneller, tüm koşullarda LVB panellerden daha yüksek kesme

dayanımı göstermiştir. Bu fark, KTK’de kaplamaların paralel, KTK’de ise çapraz yönde yerleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. KTKB panellerde torna çekleri ve yüzey düzensizliklerinin yapışma hattını zayıflattığı, bu nedenle tutkal tüketiminin arttığı belirtilmiştir. Her iki panel türü de ASTM standartlarının minimum kesme dayanımını karşılarken, KTKB panellerin değerleri sınırda kalmıştır. Bu bağlamda, KTK panellerin yapışma kalitesi yapısal uygulamalar için daha güvenilir bulunmuştur.

Yang ve diğ., (2025) poliüretan tutkalı ile 5 adet 7,5 mm kalınlığındaki melez soyma kaplamaları kullanılarak farklı yapıda çapraz lamine keresteler üretilmiştir. Farklı katman sayısına sahip 19 çeşit CLT'nin eğilme performansı değerlendirildiğinde, katman sayısı arttıkça eğilme mukavemeti ve elastikiyet modülünün genel olarak yükseldiği görülmüştür; özellikle dört katmanlı CLT'ler en yüksek değerlere ulaşmıştır. Sonuç olarak, CLT’lerin mekanik performansı, katman sayısı, ekleme konumu ve tane yönü montaj desenleri gibi birden fazla faktörün koordineli optimizasyonu ile iyileştirilebilmekte; bu da odun kaynaklarının etkin kullanımı ve yapı malzemesi olarak CLT’nin geniş uygulama potansiyelini desteklemektedir.

Levhelerde kaplama dizilim kombinasyonunun yapışma direnci değerleri üzerine etkisi şekil 4.6’te incelendiğinde, FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların yapışma direnci değerleri 7 katlı için 2,17–3,82; 9 katlı için 2,70–6,2; 11 katlı 2,75–5 (Mpa) arasında bulunmuştur.

Levha grupları arasında yapışma direnci artmasının nedeni olarak, paralel yöndeki katman sayısının artması ve tabakaların farklı yönlendirilmesinin mekanik özellikleri iyileştirdiği düşünülebilir. Sadece 9 katlı levha grubu incelendiğinde; 9_E ile 9_F levhaları arasında bir fark vardır. Bunun nedeni olarak tabaka oryantasyonlarının farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

I-77/51 kavak ağacından üretilen soyma kaplamalar ile FF tutkallı kullanılarak farklı kombinasyonlarla 7, 9 ve 11 katlı kontrplak, alternatif kontrplak ve KTK levhaları üretilmiştir. 7 katlı levhalar için; 7 katlı kontrplak, 7 katlı alternatif kontrplak ve 7 katlı KTK; 9 katlı levhalar için; 9 katlı kontrplak, 9 katlı alternatif kontrplak-II, 9 katlı alternatif kontrplak-II ve 9 katlı KTK; 11 katlı levhalar için; 11 katlı kontrplak, 11 katlı alternatif kontrplak ve 11 katlı KTK olmak üzere toplam 10 kombinasyon oluşturulmuştur. Üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri incelenmiş ve yapılan çalışmalar sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

FF tutkalı ile farklı tabaka kombinasyonlarında üretilen levha gruplarının yoğunluk değerleri her bir tabaka türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde, 7 katlı levhalarda; KTK, 9 katlı levhalarda; alternatif kontrplak-I, 11 katlı levhalarda; kontrplak diğer levha gruplarına göre daha yüksek yoğunluk değerleri verdiği görülmüştür.

7 katlı levhalarda alternatif kontrplağın yoğunluğu; KTK ve kontrplak düşük, 9 katlı levhalarda kontrplak ve alternatif kontrplak-II yoğunluğu eşit ama alternatif kontrplak-I ile KTK'den düşük, 11 katlı levhalarda ise alternatif kontrplak ve KTK eşik yoğunlukta ama kontrplaktan düşük değer verdiği bulunmuştur.

Levha gruplarının su alma değerleri her bir tabaka türü ve saat için ayrı ayrı değerlendirildiğinde, 2 saatte 9 katlı alternatif kontrplak-II, 24 saatte 7 katlı alternatif kontrplak, 48 saatte 7 katlı alternatif kontrplak, 72 saatte 7 katlı KTK, 96 saatte 7 katlı KTK, 120 saatte ise 7 katlı kontrplak en yüksek su aldığı bulunmuştur.

Levha gruplarının kalınlığına şişme miktarı her bir tabaka türü ve saat için ayrı ayrı değerlendirildiğinde, 2 saatte 9 katlı alternatif kontrplak-II, 24 saatte 9 katlı kontrplak, 48 saatte 9 katlı kontrplak, 72 saatte 11 katlı alternatif kontrplak, 96 saatte 9 katlı kontrplak, 120 saatte ise 9 katlı kontrplak en yüksek kalınlığına şiştiği bulunmuştur.

I-77/51 klonu ile hazırlanan deney numunelerinin su alma ve kalınlık artış sonuçlarına bakıldığında birbirinin yerine kullanılabileceğini göstermektedir.

Alternatif kontrplakların boyutsal stabilitesinin kontrplaktan daha düşük olmasından dolayı, rutubetli uygulama alanlarında kontrplak yerine alternatif kontrplak kullanılması önerilmektedir.

FF tutkalı ile farklı tabaka kombinasyonlarında üretilen levha gruplarının eğilme direnci değerleri her bir tabaka türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde, 7 katlı levhalarda; KTK, 9 katlı levhalarda; KTK, 11 katlı levhalarda; KTK diğer levha gruplarına göre daha yüksek eğilme direnci verdiği görülmüştür.

7 katlı levhalarda KTK ve alternatif kontrplağın eğilme direnci; kontrplaktan büyük, 9 katlı levhalarda KTK'nin ki alternatif kontrplak-I ve alternatif kontrplak-II büyük, alternatif kontrplak-I ve alternatif kontrplak-II eşit; kontrplaktan büyük, 11 katlı levhalarda ise KTK ve alternatif kontrplağın eğilme direnci; kontrplaktan büyük değer verdiği bulunmuştur.

FF tutkalı ile farklı tabaka kombinasyonlarında üretilen levha gruplarının elastikiyet modülü değerleri her bir tabaka türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde, 7 katlı levhalarda; KTK, 9 katlı levhalarda; KTK, 11 katlı levhalarda; KTK diğer levha gruplarına göre daha yüksek elastikiyet modülü verdiği görülmüştür.

7, 9 ve 11 katlı kontrplak, alternatif kontrplak ve KTK levha grupları arası elastikiyet modülü değerleri, eğilme direnci değeri ile paralel sonuçlar verdiği bulunmuştur.

FF tutkalı ile farklı tabaka kombinasyonlarında üretilen levha gruplarının yapışma direnci değerleri her bir tabaka türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde, 7 katlı levhalarda; KTK, 9 katlı levhalarda; KTK, 11 katlı levhalarda; KTK diğer levha gruplarına göre daha yüksek yapışma direnci verdiği görülmüştür.

7 katlı levhalarda alternatif kontrplağın yapışma direnci, kontrplaktan büyük ama KTK'den küçük olduğu; 9 katlı levhalarda alternatif kontrplak-I'in yapışma direnci alternatif kontrplak-II'den büyük ama alternatif kontrplak-I ve alternatif kontrplak-II ise kontrplaktan büyük KTK'den küçük olduğu; 11 katlı levhalarda alternatif kontrplağın yapışma direnci, kontrplaktan büyük ama KTK'den küçük olduğu sonucuna varılmıştır.

Levha gruplarının eğilme direnci, elastikiyet modülü ve yapışma direnci değerleri; 7,9 ve 11 katlı levhalarda KTK diğer levha gruplarına göre daha yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür.

Elde edilen test sonuçlarına göre; alternatif kontrplak mekanik özellikler bakımından kontrplaktan daha yüksek KTK'ye ise daha yakın değerler verdiği

görülmüştür. FF tutkalı ile üretildiğinden rutubetli ve dış kullanım alanlarında tutkal türü açısından önerilmektedir.

Yüksek mekanik direnç aranmayan rutubetli mekânlarda, direnç özellikleri KTK'den daha düşük olan alternatif kontrplak ve kontrplaklar tercih edilebilir.

Ekonomik değeri ve yoğunluğa düşük olan ağaç malzemelerden alternatif kontrplak üreterek yüksek fiziksel ve mekanik özellikleri daha yüksek ve KTK'ye yakın yeni MAM'lar ekonomik faydalar sağlanacağı düşünülmektedir.

Ülkemizde doğa olaylarından depremler en sık karşılaşılan yıkımlara sebep olmaktadır. Bu nedenle, alternatif kontrplakların yüksek mekanik özelliklerinden dolayı yapı kontrplağı olarak değerlendirilmesi, sismik yükleri dağıtmada rol oynayacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla yeni MAM'lar yapı malzemesi olarak tercih edilmesi önerilmektedir.

Türkiye'nin aktif deprem kuşağında yer alması nedeniyle, laboratuvar ortamında elde edilen bulguların; kaplama kalınlığı, tutkal ve odun türü değişkenlerinin de ekleneceği daha geniş kapsamlı fabrika ölçekli test ve analizlerle pekiştirilmesi, böylece deprem ve yangın performansı açısından sanayide uygulanabilirliğinin güvence altına alınabileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbulut, T.** (2024). *Ahşap: Doğal ve Yenilenebilir Mühendislik Malzemesi* (T. Akbulut, Ed.). İÜC Üniversite Yayınevi.
- Alamsyah, E. M., Darwis, A., Suhaya, Y., Sutrisno, Munawar, S. S., Malik, J., Sumardi, I.** (2023). Modified Grain Orientation of Laminated Veneer Lumber Characteristics of Three Fast-Growing Tropical Wood Species. *BioResources*, 18(3), 6132–6141. <https://doi.org/10.15376/biores.18.3.6132-6141>
- Aslan, K.** (2012). “*Bor Bileşikleri Kullanılarak Yanmaya Dayanıklı Paralel Şerit ASTM 907*, (1982). Standart Definitions of Terms Relation to Adhesives, ASTM, Philadelphia
- Atar, İ.** (2021). *Düşük Ekonomik Değere Sahip Kaplamalar Kullanılarak Doğal Ve Sentetik Lif Takviyeli Lvl Üretimi Ve Mobilya Sektöründe Kullanım Olanaklarının Araştırılması* [Doktora Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Berglund, L., Rowell, R.** (2005). Wood Composites. In: Handbook of Wood Chemistry And Wood Composites. CRC Press LLC. s: 279–301.
- Bal, B. C.** (2011). *Okaliptüs (Eucalyptus grandis) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri ve lamine ağaç malzeme üretiminde kullanılması üzerine araştırmalar* (Doktora Tezi, Trans.). Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bilgin, U.** (2019). “*Kabuk ve Zuruf Ekstraktlarının Kontrplak Üretiminde Dolgu Maddesi Olarak Değerlendirilmesi*. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bilik, A. C. B., Trianoski, R.** (2022). Pinus Glabra Walt. Kontrplak Panellerin Ve Lamine Kaplama Kerestelerin Fiziksel-Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *FLORESTA, Curitiba*, 52(2), 323–331. <https://doi.org/10.5380/rf.v52>
- B.Öztürk, R., Arıoğlu, N.** (2006). Türk Sarıçamından Lamine Ahşap Kirişlerin Mekanik Özellikleri. *Mimarlık Planlama Tasarım İTÜ Dergisi*, 5(2), 25–36.
- Çakıroğlu, E. O.** (2012). “*Huş’un Kayın’a Alternatif Olarak Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çavuş, V.** (2008). “*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]. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cırrık, Ö.** (2018). *Tabaka Oryantasyonunun Kavak, Çam ve Ladin’den Üretilmiş Kontrplak ve LVL’lerin Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çolak, S., Temiz, A., Yıldız, Ü. , C., Çolakoğlu, G.** (2002). Fire Retardant Treated Wood and Plywood: A Comparative Study. *The International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 02/40236, 33rd Annual Meeting, Mayıs, Cardiff, UK*, 6.

- Çolakoğlu, G.**, (2004). Tabakalı Ağaç Malzeme Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.
- Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Nemli, G., Çolak, S.** (2002). Ahşap Sanayinde Melamin Formaldehit (MF) ve Melamin/Üre Formaldehit (MÜF) yapıştırıcılarının Kullanımı. *Mobilya Dekorasyon*, 47, 130-138.
- Çolakoğlu, G.**, (2005). Mobilya ve Dekorasyon Malzemeleri Olarak; PSL, LSL ve LVL, Ahşap Mühendislik Dergisi, 66 (2005) 50-56.
- Costa, A. A., Mascarenhas, A. R. P., Santos, C. M. M. dos, Faria, C. E. T., Duarte, P. J., Cruz, T. M.** (2020). Technological Characterization Of Engineered Panels Produced With Paricá Wood. *Research, Society and Development*, 9(8). <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6089>
- Demirkır, C.** (2012). *Çam Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Yapı Maksatlı Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi* [Doktora Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demirkır, M. S.** (2014). *Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kontrplakların Teknolojik Özellikleri Üzerine Presleme Süresi ve Tutkal Türünün Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- DIN 68708**, (1976). Sperrholz-Begriffe, DIN, Berlin.
- Eckelman, C. A.** (1999). *Brief survey of wood adhesives*. West Lafayette: Purdue University Cooperative Extension Service.
- EN 313-2**, (1999). Plywood Classification And Terminoloji Part 2, Terminoloji, CU
- Freres, T.** (2018). Wood panel assemblies and methods of production: US20180250920A1 [Pub. Date: 09/06/2021]. Freres Lumber Co., Inc., Lyons, OR. Retrieved June 1, 2021, from <https://patents.google.com/patent/US20180250920A1/en>
- Geoffrey, S.** (2003). The design of a Parallam® Bridge deck. *Master of Science Thesis in Civil and Environmental Engineering, West Virginia University*.
- Kallakas, H., Rohumaa, A., Vahermets, H., Kers, J.** (2020). Effect of Different Hardwood Species and Lay-Up Schemes on the Mechanical Properties of Plywood. *Forests*, 11(6), 1–13. <https://doi.org/10.3390/f11060649>
- Kayacık, G.** (2024). *Cam Lifti Takviyeli Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kayın Kontrplakların Vidalama Tork Performanslarının Belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. i Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kurt, R., Mengeloğlu, F., Bektaş, İbrahim.** (2003). The Introduction Of Engineered Wood Products (EWPs) For The Earthquake Resistant Building Construction in Turkey. *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 0121(6), 26–30.
- Liomskis, I., Spulle, U.** (2011). Research On Mechanical Properties Of Birch Plywood With Special Veneer Lay-Up Schemes. *Research on Mechanical Properties of Birch Plywood with Special Veneer Lay-up Schemes*, 55, 109–118.
- Mendoza, Z. M. dos S., Borges, P. H. de M., Santos, E. A., Penna, J. E., Elias, M. P. dos S.** (2017). Comparative Study Of The Physical And Mechanical Properties Of Panel Plywood And Laminated Veneer Lumber (LVL). *Nativa, Sinop*, 5, 588–593.

- Mengeloğlu, F., Kurt, R.** (2004). Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler 1 Tabakalanmış Kaplama Kereste (TAK) ve Tabakalanmış Ağaç Malzeme (TAM). *Journal of Science and Engineering*, 7(1), 39–44.
- Meriç, H.** (2009). *Üç farklı Melez Kavak Klonundan Fenol Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilmiş Tabakalanmış Kaplama Kerestelerin Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri* [Yüksek Lisans Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Nelson, S.,** (1997). Structural Composite Lumber. In: Engineered Wood Products: A guide for specifiers, designers and users, PFS Research Foundation, Madison, s:6:147 172.
- Nguyen, H. H., McGavin, R. L., Gilbert, B. P., Bailleres, H.** (2019). Key Mechanical Properties Of Cross-Banded Laminated Veneer Lumbers Manufactured From Blending Spotted Gum And Hoop Pine Veneers. *BioResources*, 14(4), 9117–9131.
- Öztürk R., B., Arıoğlu N.,** (2006). Türk sarıçamından lamine ahşap kirişlerin mekanik özellikleri, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34437, Taşkışla, Taksim, İstanbul, 2006.
- Özyurt, H.** (2015). *Kavak Kaplama İle Üretilen Tabakalı Kaplama Kerestelerin Cam Elyaf Dokuma Kullanılarak Güçlendirilmesi* [Yüksek Lisans tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tan, H.** (2011). *Farklı Bölgelerde Yetişen Ladin ve Gökmar Tomruklardan Üretilmiş LVL ve Kontrplakların Bazı Teknolojik Özellikleri* [Doktora Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tenorio, C., Moya, R., Muñoz, F.** (2011). Comparative Study On Physical And Mechanical Properties Of Laminated Veneer Lumber And Plywood Panels Made Of Wood From Fast-Growing Gmelina Arborea Trees. *The Japan Wood Research Society*, 57(2), 134–139. <https://doi.org/10.1007/s10086-010-1149-7>
- TS 2128 EN 313-2,** 2005. Kontrplak - Sınıflandırma ve Terimler - Bölüm 2: Terimler.
- TS EN 323-1,** 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlığının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 317,** 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar, su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 310,** 2010. Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı Ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini
- TS EN 314-1,** 1998. Kontrplak-Kaplama Yapışma Kalitesi, Bölüm:1 Deney Metodları, 1. Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ulupınar, M.,** (1998). Lamine Edilmiş Melez Kavak (*Populus Euramericana*)'nın Teknolojik Özelliklerinin Tesbiti. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara. 92s.
- Wind, M. C.** (2021). *Effects of Temperature and Moisture Content on Bonding Performance of Mass Plywood Panels* [Master of Science]. Oregon State University.
- Winistorfer, S. Steudel, H.** (2002). Issues for Structural Composite Lumber Industry. *Forest Products Journal*, 47, 1, 43-47.
- Yang, Y., Hu, J., Ning, X., Zhang, Y., He, Y., Gong, Y., Yu, W., Huang, Y.** (2025). Structure Effects on Mechanical Properties of a Novel Engineered Wood Product: Cross-Laminated-Thick Veneers Based

- on Infinite Splicing Technology. *Forests*, 16(1), 1–17.
<https://doi.org/10.3390/f16010181>
- URL_1**, (2025, June). *KTK temel üretim aşamaları*. <https://www.raute.com/lines-and-machines/lines/lvl-lay-up-and-pressing/lvl-lay-up-and-pressing-line-r5/>
- URL_2**, (2025, June). *LVL'nin yapı elamanlarında kullanımı*. <https://vinawoodltd.com/blogs/news/laminated-veneer-lumber>
- URL_3**, (2025, June). *Mass Plywood uygulamaları*. <https://frereswood.com/wp-content/uploads/2019/09/MPP-Design-and-Construction-Guide.pdf>
- URL_4**, (2025, June). *Kontrplak genel görünüşü*. <https://izolasyoncubodrum.com/urun/filmsiz-plywood-wisa-spruce-kontrplak-18mm>
- URL_5**, (2025, June). *Kontrplak üretim sürecinin şematik görünümü*. <https://www.raute.com/industries/plywood-production/>



ÖZGEÇMİŞ

Ad-SOYAD : Lütfullah KOCA

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği
- **Önlisans** : Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tarım Teknolojisi

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Merze Mobilya Tasarım İnşaat Sanayi Ticaret Anonim Şirket_ Ar-ge Mühendisi

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Koca L., Bilal R., Memiş D., Kurt R.** (2025). Assessment of The Engineered Wood Products Sector in Turkey and Worldwide. *International Yıldırım Bayezid Scientific Research and Innovation Symposium-I*, 554-572. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (1. Baskı).