

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TABAKA ORYANTASYONUNUN KAVAK, ÇAM VE LADİN'DEN ÜRETİLMİŞ  
KONTRPLAK VE LVL'LERİN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE  
ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Orm. End. Müh. Özkan CİRRİK**

**NİSAN 2018  
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**



**Trabzon**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun / / gün ve sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan :

Üye :

Üye :

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

“Tabaka Oryantasyonunun Kavak, Çam ve Ladin’den Üretilmiş Kontrplak ve LVL’lerin Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi” adlı bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Her şeyden önce yüksek lisans tez konusunun belirlenmesi ve çalışmaların yürütülmesinde bana yol gösteren, içerik ve kaynak bakımından destek sağlayan ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. İsmail AYDIN’a, yine çalışmanın yürütülmesi sırasında değerli fikir ve görüşleri ile beni yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocalarım Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU, Prof. Dr. Semra ÇOLAK ve Doç. Dr. Cenk DEMİRKİR’ a ve ayrıca çalışmalarım süresince önerileri, yakın ilgi ve destekleri ile çalışmamı kolaylaştıran Sayın Hocalarım Öğr. Gör. Hasan ÖZTÜRK ve Arş. Gör. Aydın DEMİR’e ve tez çalışmam sırasında bana her aşamada destek sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen Orman Endüstri Yüksek Mühendisi Halime GÜDÜL ve çok değerli arkadaşım Abdullah Uğur BİRİNCİ’ye teşekkür ederim.

Son olarak, beni bugünlere getirmek için her türlü maddi ve manevi desteği veren babam Veysel CİRRIK, annem Sevgi CİRRIK ve ağabeyim Veli CİRRIK’a müteşekkir olduğumu belirtmek isterim.

Özkan CİRRIK  
Trabzon 2018

## **TEZ ETİK BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Tabaka Oryantasyonunun Kavak, Çam ve Ladin’den Üretilmiş Kontrplak ve LVL’lerin Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. İsmail AYDIN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, deneyleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 05/04/2018

Özkan CIRRIK

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖNSÖZ .....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	X
SUMMARY .....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XII
TABLolar DİZİNİ .....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Ahşap Laminasyon Teknolojisi .....	2
1.2.1. Yapıştırılarak Üretilen Ahşap Malzemeler.....	4
1.2.1.1. Levha Ürünleri.....	4
1.2.1.2. Taşıyıcı veya Konstrüksiyon Malzemeleri .....	4
1.2.1.2.1. PSL (Parallel Strand Lumber) Uzun Kaplama Şerit-Yongalardan Üretilmiş Kereste .....	4
1.2.1.2.2. LSL (Laminated Strand Lumber) .....	5
1.2.1.2.3. LVL (Laminated Veneer Lumber) .....	6
1.2.1.2.4. Çapraz Lamine Kereste (CLT) .....	7
1.2.1.2.5. Yapıştırılmış Lamine Ahşap Yapı Elemanı - GLULAM .....	8
1.2.2. Ahşap Laminasyon Sisteminin Faydalı ve Sakıncalı Yönleri .....	9
1.3. Kaplamanın Tanımı .....	10
1.3.1. Kaplama Üretimine Etki Eden Odun Özellikleri.....	10
1.3.1.1. Ağaç Türü .....	10
1.3.1.2. Özgül Ağırlık .....	11
1.3.1.3. Odun Rutubeti.....	11
1.3.1.4. Büyüme Hızı.....	11
1.3.1.5. Reçine .....	12
1.3.1.6. Permeabilite .....	12
1.3.1.7. Lif Düzgünlüğü.....	12

1.3.1.8.	Daralma .....	12
1.3.1.9.	Polifenoller - Renk.....	13
1.3.1.10.	Vaks .....	13
1.3.1.11.	Paranşim Hücreleri .....	13
1.3.1.12.	Mekanik Dirençler .....	13
1.3.2.	Kaplama Tomruk Özellikleri.....	13
1.4.	Kontrplak Üretim Teknolojisi .....	14
1.4.1.	Kontrplağın Tanımı .....	14
1.4.2.	Kontrplakların Sınıflandırılması.....	15
1.4.3.	Kontrplağın Kullanım Alanları ve Avantajları.....	16
1.4.4.	Kontrplak Üretiminde Kullanılan Ağaç Türleri .....	18
1.4.5.	Kontrplak Üretiminin İş Akışı.....	20
1.4.5.1.	Kaplama Tomrukların Depolanması .....	21
1.4.5.2.	Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması.....	21
1.4.5.3.	Kabuk Soyma .....	22
1.4.5.3.1.	Odun-Kabuk Adhezyonu .....	22
1.4.5.3.2.	Ağaç Türü .....	23
1.4.5.3.3.	Kabuk Soyma Makine ve Aletleri .....	23
1.4.5.4.	Soyma Yöntemiyle Kaplama Üretimi .....	23
1.4.5.5.	Kaplama Taşınması .....	24
1.4.5.6.	Kaplama Boyutlandırılması.....	24
1.4.5.7.	Kaplama Kurutulması .....	25
1.4.5.8.	Dar Soyma Levhalarının Kenarlarının Düzeltilerek Yan Yana Eklenmesi....	25
1.4.5.9.	Kaplama Levhalarının Tutkalanması .....	25
1.4.5.10.	Kontrplak Taslağının Hazırlanması.....	26
1.4.5.11.	Kontrplak Levhaların Preslenmesi .....	26
1.4.5.12.	Levhaların Boyutlandırılması .....	27
1.4.5.13.	Zımparalama .....	27
1.4.5.14.	Tasnif ve İstifleme .....	27
1.4.6.	Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar .....	28
1.4.6.1.	Üre Formaldehit Tutkalı .....	30
1.4.6.2.	Fenol Formaldehit Tutkalı .....	32
1.4.6.3.	Melamin Formaldehit ve Melamin Üre Formaldehit Tutkalları.....	32

1.4.6.4.	Resorsin Formaldehit Tutkalı .....	33
1.4.6.5.	Diğer Yapıştırıcılar .....	34
1.4.6.5.1.	Epoksi Tutkalı.....	34
1.4.6.5.2.	İzosiyanat Tutkalı .....	35
1.4.7.	Dolgu ve Katkı Maddeleri .....	35
1.4.7.1.	Sertleştiriciler.....	36
1.5.	LVL'nin Dünya'daki Kullanımı .....	36
1.5.1.	LVL'nin Uygulama Alanları .....	37
1.5.2.	LVL'nin Avantajları ve Dezavantajları .....	39
1.5.3.	LVL Üretim Teknolojisi.....	40
1.5.3.1.	Ağaç Türü Seçimi .....	40
1.5.3.2.	Kaplamaların Hazırlanması .....	41
1.5.3.3.	Tutkallama .....	41
1.5.3.4.	Presleme.....	42
1.5.3.5.	LVL Üretimi ile İlgili Genel Bilgiler .....	44
1.6.	Tabakalı Ağaç Malzemeler ile İlgili Çalışmalar.....	44
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	49
2.1.	Materyal.....	49
2.1.1.	Ağaç Malzeme .....	49
2.1.1.1.	Sarıçam ( <i>Pinus sylvestris L.</i> ) Odun Özellikleri .....	49
2.1.1.2.	Doğu Ladini ( <i>Picea orientalis</i> ).....	50
2.1.1.3.	Melez Kavak ( <i>Populus deltoides I-77/51 klonu</i> ) Odun Özellikleri.....	51
2.1.2.	Tutkal.....	51
2.1.3.	Sertleştirici Madde.....	52
2.2.	Tabakalı Ağaç Malzemelerin Üretimi .....	52
2.2.1.	Soyma Kaplama Levhalarının Hazırlanması .....	52
2.2.2.	Kaplama Kurutma İşlemi.....	53
2.2.3.	Kaplama Levhalarının Tutkallanması .....	53
2.2.4.	Taslakların Oluşturulması.....	54
2.2.5.	Sıcak Presleme.....	54
2.3.	Araştırma Yöntemi .....	54
2.3.1.	Fiziksel Özellikler.....	55
2.3.1.1.	Denge Rutubeti Miktarı .....	55



2.3.1.2.	Özgül Ağırlık .....	55
2.3.1.3.	Isıl İletkenlik Katsayısı .....	56
2.3.2.	Mekanik Özellikler .....	56
2.3.2.1.	Çekme-Makaslama Direnci ve Deney Örneklerinin Hazırlanması .....	56
2.3.2.2.	Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü .....	58
2.4.	İstatistiksel Analiz .....	59
3.	BULGULAR .....	60
3.1.	Fiziksel Özellikler .....	60
3.1.1.	Denge Rutubet Miktarı .....	60
3.1.1.1.	Üretilen Levhaların Denge Rutubet Miktarı Üzerine Tabaka Oryantasyonunun Etkisi .....	60
3.1.1.2.	Üretilen Levhaların Denge Rutubet Miktarı Üzerine Ağaç Türünün Etkisi ..	62
3.1.1.3.	Üretilen Levhaların Denge Rutubet Miktarı Üzerine Tutkal Türünün Etkisi	65
3.1.2.	Özgül Ağırlık .....	65
3.1.2.1.	Üretilen Levhaların Özgül Ağırlık Üzerine Tabaka Oryantasyonunun Etkisi ...	66
3.1.2.2.	Üretilen Levhaların Özgül Ağırlığı Üzerine Ağaç Türünün Etkisi .....	68
3.1.2.3.	Üretilen Levhaların Özgül Ağırlığı Üzerine Tutkal Türünün Etkisi .....	70
3.1.3.	Isıl İletkenlik .....	71
3.2.	Mekanik Özellikler .....	72
3.2.1.	Çekme-Makaslama Direnci .....	72
3.2.1.1.	Üretilen Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Tabaka Oryantasyonunun Etkisi .....	73
3.2.1.2.	Üretilen Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Ağaç Türünün Etkisi .....	75
3.2.1.3.	Üretilen Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Tutkal Türünün Etkisi .....	77
3.2.2.	Eğilme Direnci .....	78
3.2.2.1.	Üretilen Levhaların Eğilme Direnci Üzerine Tabaka Oryantasyonunun Etkisi .....	79
3.2.2.2.	Üretilen Levhaların Eğilme Direnci Üzerine Ağaç Türünün Etkisi .....	81
3.2.2.3.	Üretilen Levhaların Eğilme Direnci Üzerine Tutkal Türünün Etkisi .....	83
3.2.3.	Elastikiyet Modülü .....	84
3.2.3.1.	Üretilen Levhaların Elastikiyet Modülü Üzerine Tabaka Oryantasyonunun Etkisi .....	85
3.2.3.2.	Üretilen Levhaların Elastikiyet Modülü Üzerine Ağaç Türünün Etkisi .....	87

3.2.3.3.	Üretilen Levhaların Elastikiyet Modülü Üzerine Tutkal Türünün Etkisi.....	89
4.	İRDELEME .....	91
4.1.	Fiziksel Özellikler.....	91
4.1.1.	Denge Rutubeti Miktarı .....	91
4.1.2.	Özgül Ağırlık.....	93
4.1.3.	Isıl İletkenlik Katsayısı.....	95
4.2.	Mekanik Özellikler .....	98
4.2.1.	Çekme-Makaslama Direnci .....	98
4.2.2.	Eğilme Direnci.....	100
4.2.3.	Elastikiyet Modülü .....	102
5.	SONUÇLAR.....	105
5.1.	Fiziksel Özellikler.....	105
5.1.1.	Denge Rutubeti Miktarı .....	105
5.1.2.	Özgül Ağırlık.....	106
5.1.3.	Isıl İletkenlik.....	106
5.2.	Mekanik Özellikler .....	107
5.2.1.	Çekme-Makaslama Direnci .....	107
5.2.2.	Eğilme Direnci.....	107
5.2.3.	Elastikiyet Modülü .....	108
6.	ÖNERİLER .....	110
7.	KAYNAKLAR.....	112
	ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

TABAKA ORYANTASYONUNUN KAVAK, ÇAM VE LADİN'DEN ÜRETİLMİŞ  
KONTRPLAK VE LVL'LERİN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Özkan CIRRIK

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. İsmail AYDIN  
2018, 120 Sayfa

Bu çalışmada, tabaka oryantasyonunun farklı ağaç türlerinden üretilmiş kontrplak ve LVL'lerin bazı teknolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, 5 tabakalı kontrplak, micro-lam (LVL), orta tabakası dik yapıştırılmış LVL ve orta tabakaları birbirine paralel yapıştırılmış kontrplak levhalarının üretimi yapılmıştır. Levhaların üretiminde, ağaç türü olarak Melez Kavak (*Populus deltoides*), Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve Doğu Ladini (*Picea orientalis L.*) tutkal türü olarak üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkalları kullanılmıştır. Üretilen levhaların fiziksel özelliklerinden denge rutubet miktarları TS EN 322, özgül ağırlıkları TS EN 323-1, ısı iletkenlik katsayısı ASTM C 518 & ISO 8301; mekanik özelliklerinden çekme makaslama direnci TS EN 314-1, eğilme direnci ve elastikiyet modülü ise TS EN 310 standartlarına göre belirlenmiştir. Sonuç olarak, en yüksek mekanik direnç değerleri LVL levhalarından, elde edilirken; en düşük değerler ise, orta tabakaları paralel yapıştırılmış kontrplak levhalarında bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Tabaka Oryantasyonu, Kontrplak, Micro-lam, Teknolojik Özellikler.

Master Thesis

SUMMARY

THE EFFECT OF LAYER ORIENTATION ON SOME TECHNOLOGICAL  
PROPERTIES OF PLYWOOD AND LVL PRODUCED FROM POPLAR, PINE AND  
SPRUCE

Özkan CIRRIK

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Forest Industrial Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. İsmail AYDIN  
2018, 120 Pages

The objective of this study was to investigate the effect of layer orientation on some technological properties of plywood and LVL produced from different wood species. For this purpose, 5-layers plywood, laminated veneer lumber (LVL), LVL that laminated the middle layer perpendicular to the other layers and plywood that laminated the middle layers parallel to each other were produced. The production of panels, poplar (*Populus deltoides*), Scots pine (*Pinus sylvestris L.*) and spruce (*Picea orientalis L.*) were used as wood species and urea formaldehyde and fenol formaldehyde were used as adhesive . Physical properties of the samples included equilibrium moisture content, specific gravity and thermal conductivity were determined according to TS EN 322, TS TS EN 323-1 and ASTM C 518 & ISO 8301, respectively. Also mechanical properties such as shear strength, bending strength and modulus of elasticity were evaluated according to TS EN 314-1 and TS EN 310. As a result of the study, the highest mechanical strength values were obtained from LVL panels while the lowest values were found in plywood that laminated the middle layers parallel to each other.

**Key Words:** Layer Orientation, Plywood, Laminated Veneer Lumber, Technological Properties.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. PSL örnekleri ve uygulama alanları .....	5
Şekil 2. LSL örnekleri.....	6
Şekil 3. LVL örnekleri.....	7
Şekil 4. CLT paneller ve bina uygulaması.....	8
Şekil 5. Lamine kereste kirişlerin (glulam) uygulama alanları.....	8
Şekil 6. Kontrplaklarda tabakaların yerleşimi .....	15
Şekil 7. Kompozit ve kaplamalı kontrplaklar .....	16
Şekil 8. Prefabrik I.krişlerinin uç kısımlarında LVL'nin kullanımı .....	38
Şekil 9. Orta yoğunlukta overlay ile kaplanmış LVL örnekleri .....	38
Şekil 10. Bir tomruktan faydalanma oranının keresteye göre karşılaştırılması.....	39
Şekil 11. LVL üretiminin şematik olarak görünümü.....	43
Şekil 12. A Grubu: Kontrplak, B Grubu: Orta tabakaları paralel yapıştırılmış kontrplak, C Grubu: LVL, D Grubu: Orta tabakası dik yapıştırılmış LVL....	54
Şekil 13. Lasercomp Fox-314 ısı iletkenlik cihazı .....	56
Şekil 14. Beş tabakalı çekme-makaslama direnci test örneği.....	57
Şekil 15. Eğilme direnci test düzeneği.....	58
Şekil 16. ÜF tutkalıyla üretilmiş levhaların denge rutubeti miktarı değerleri değişimi	91
Şekil 17. FF tutkalıyla üretilmiş levhaların denge rutubeti miktarı değerleri değişimi.	92
Şekil 18. ÜF tutkalıyla üretilmiş levhaların özgül ağırlık değerleri değişimi .....	94
Şekil 19. FF tutkalıyla üretilmiş levhaların özgül ağırlık değerleri değişimi .....	94
Şekil 20. ÜF tutkalıyla üretilmiş levhaların ısı iletkenlik katsayı değerleri değişimi ..	96
Şekil 21. FF tutkalıyla üretilmiş levhaların ısı iletkenlik katsayı değerleri değişimi ...	96
Şekil 22. ÜF tutkalıyla üretilmiş levhaların çekme-makaslama direnci değerleri değişimi .....	98
Şekil 23. FF tutkalıyla üretilmiş levhaların çekme-makaslama direnci değerleri değişimi .....	99
Şekil 24. ÜF tutkalıyla üretilmiş levhaların eğilme direnci değerleri değişimi.....	101
Şekil 25. FF tutkalıyla üretilmiş levhaların eğilme direnci değerleri değişimi .....	101

- Şekil 26. ÜF tutkalıyla üretilmiş levhaların elastikiyet modülü değerleri değişimi ..... 103
- Şekil 27. FF tutkalıyla üretilmiş levhaların elastikiyet modülü değerleri değişimi..... 103



## TABLolar DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Kontrplakların bazı kullanım yerlerine göre tavsiye edilen özgül ağırlık değerleri.....	11
Tablo 2. Ülkelere göre kontrplak üretim miktarları.....	17
Tablo 3. Yaygın kullanılan reçine türleri, karakteristikleri ve kullanım alanları.....	29
Tablo 4. Denemelerde levhaların üretiminde kullanılan üre formaldehit ve fenol formadehit tutkal reçinelerinin bazı teknik özellikleri .....	52
Tablo 5. Deneme levhalarının üretiminde kullanılacak tutkal reçeteleri.....	53
Tablo 6. Üretilen levhaların denge rutubet miktarı ortalama değerleri .....	60
Tablo 7. Her ağaç türünün ÜF ve FF tutkalıyla üretilmiş levhalarının denge rutubet miktarı değerleri üzerine tabaka oryantasyonun etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	61
Tablo 8. Üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları.....	62
Tablo 9. Üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri üzerine ağaç türünün etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	63
Tablo 10. Üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları.....	64
Tablo 11. Üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri üzerine tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	65
Tablo 12. Üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları.....	65
Tablo 13. Üretilen levhaların özgül ağırlık ortalama değerleri.....	66
Tablo 14. Her ağaç türünün ÜF ve FF tutkalıyla üretilmiş levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine tabaka oryantasyonun etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	67
Tablo 15. Üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları.....	68
Tablo 16. Üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine ağaç türünün etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	69

Tablo 17. Üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları.....	70
Tablo 18. Üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	71
Tablo 19. Üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları .	71
Tablo 20. Üretilen levhaların ısı iletkenlik katsayısı ortalama değerleri .....	72
Tablo 21. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci ortalama değerleri .....	73
Tablo 22. Her ağaç türünün ÜF ve FF tutkalıyla üretilmiş levhalarının çekme-makaslama direnci değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	74
Tablo 23. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları .....	75
Tablo 24. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine ağaç türünün etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	76
Tablo 25. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları .....	77
Tablo 26. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	78
Tablo 27. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları .....	78
Tablo 28. Üretilen levhaların eğilme direnci ortalama değerleri.....	79
Tablo 29. Her ağaç türünün ÜF ve FF tutkalıyla üretilmiş kontrplaklarının eğilme direnci değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	80
Tablo 30. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları .	81
Tablo 31. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine ağaç türünün etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	82
Tablo 32. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları.....	83
Tablo 33. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları .....	84
Tablo 34. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları.....	84



Tablo 35. Üretilen levhaların elastikiyet modülü ortalama değerleri .....	85
Tablo 36. Her ağaç türünün ÜF ve FF tutkalıyla üretilmiş kontrplaklarının elastikiyet modülü değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	86
Tablo 37. Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları .....	87
Tablo 38. Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine ağaç türünün etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	88
Tablo 39. Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları .....	89
Tablo 40. Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları .....	90
Tablo 41. Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları .....	90

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

İnsanın yaşamında ve kültürünün gelişme sürecinde ahşap ve ahşaptan yapılan ürünler eskiden beri ve günümüzde önemli bir yer tutmaktadır. Ahşabın moleküler, kimyasal, mikroskopik özellikleri onun çok çeşitli amaçlar için kullanılabilmesini sağlamıştır. Bu özelliklerinin yanı sıra lifli bir yapıya sahip oluşu mühendislik kullanımlarda yüksek mukavemet göstermesine ve esnek oluşuna yol açmıştır. Ayrıca yalıtkan özelliği açısından çoğu zaman tercih edilme sebebi olmuştur (Öztürk ve Arıoğlu, 2006).

Dünyadaki hızlı nüfus artışı, kentleşme ve gelişen teknoloji ile birlikte, ekonomik, sosyal ve kültürel gelişimlere bağlı olarak orman ürünleri tüketimi de giderek artmakta ve mevcut ahşap hammaddesi endüstrinin ihtiyacını karşılayamamaktadır. Dünyada endüstriyel gelişmeye bağlı olarak ağaç malzeme kullanımının artması ahşap hammaddesi temininde güçlükler oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak, ahşabı en ekonomik şekilde değerlendirerek rasyonel kullanımını sağlamak gerekmektedir (Çakıroğlu, 2012).

Üstün direnç özellikleri, işlenme kolaylığı, işlenme maliyetinin düşük olması ve estetik oluşu nedeniyle ahşap gerek yapı malzemesi olarak, gerekse mobilya üretimi ve binaların iç döşemelerinde dekoratif amaçlarla uzun yıllardan beri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Çolak vd., 2002). Bir kısım kullanım yerlerinde masif ahşap yerine değerlendirilebilecek çelik, plastik ve beton gibi alternatif malzemeler olmasına rağmen, her zaman doğal bir mühendislik malzemesi olarak ahşabın bu malzemelere karşı üstünlüğü günümüzde de geçerliliğini korumaktadır. Ancak orman kaynaklarının gün geçtikçe azalması nedeniyle, ahşap işleyen endüstriler için uygun özelliklerde ve yeterli miktarda hammadde temininde sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu nedenle, hammadde olarak ahşabın ve bundan üretilen ağaç malzemelerin korunması yanında, masif ahşap yerine küçük boyutlu ahşap örneklerinden ya da ahşap kaplamalardan üretilen yapı malzemelerinin kullanımı artmıştır (Çolakoğlu vd., 2002).

Tabakalı ağaç malzemeler, iki ya da daha fazla katın tutkallanarak ve katların lif yönleri birbirine paralel ya da dik gelecek şekilde birleştirilmesi ile elde edilir. Eğer, üretilen malzeme kavisli ise katların lif yönlerinin paralel olarak uygulanması zorunluluğu vardır.

Tabakalı ağaç malzemelere, farklı ağaç türü, değişken kat sayısı, farklı boyut, şekil ve kat kalınlıkları uygulanabilmektedir (Şenay, 1996).

Tabakalı ağaç malzeme yönteminde, kısa boylu ve dar enli ağaç malzemedan daha uzun ve geniş ağaç malzeme üretilebilmektedir. Ayrıca, ağaç malzemenin kusurlarından arındırılarak (budak, çatlak, kurt yeniği, sulama vb) kullanılmasına imkân sağlamasından dolayı, üretilen ahşap ürünün kalite özellikleri daha iyi olmaktadır. Küçük boyutlu ağaç malzemenin kullanılmasından dolayı ağaç malzemedeki fire oranı azalmakta bu da mamul ürünün maliyeti üzerinde etkili olmaktadır (Perçin vd., 2009).

Tabakalı ağaç malzemelerin üretiminde kullanılan ahşap materyallerin yapısı, yüzey pürüzlülüğü, pres basıncı, presleme süresi ve kullanılan tutkalın teknik özellikleri malzemelerin yapışma direnci ve diğer mekanik direnç özellikleri üzerinde etkilidir (Keskin, 2003).

Bu çalışmanın amacı; tabaka oryantasyonunun farklı ağaç türlerinden üretilen kontrplak ve LVL levhalarının bazı teknolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmaktır. Bu amaca ulaşmak için, 4 farklı tipte tabakalı ağaç malzeme, 3 ağaç türü ve 2 tutkal türü kullanılmış olup yapılan fiziksel ve mekanik testler sonucunda levhalar arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

## **1.2. Ahşap Laminasyon Teknolojisi**

Ahşap, tarih öncesi çağlardan beri insanların yapı yapmakta kullandığı en eski ve en yaygın yapı malzemesidir. Ahşap yapılarda son yüzyıla kadar en yaygın ve ileri teknolojiler Japonya ve Osmanlı İmparatorluğu topraklarında, özellikle Anadolu'da kullanılmakta iken, son yüzyılda ülkemizdeki kullanımı; batıdan şekilsel olarak aldığımız birçok şey gibi betonarme de sanki uygarlığın bir göstergesi imiş gibi algılanarak aniden terk edilmiştir. Oysa dünyadaki eğilim bunun tersine işlemiş, batıda ahşap teknolojileri çok ileri gitmiş ve günümüzde Lamine Ahşap Teknolojisi olarak adlandırılan bu teknoloji artık önümüzdeki yüzyılın malzemesi olarak görülmektedir. Ahşap, hafiftir, depreme dayanıklıdır, beton ve çelikten çok daha uzun ömürlüdür, bakımı beton ve çelikten çok daha kolaydır, insan metabolizmasına en uygun yapı malzemesidir, yapımı kolaydır. Hızla inşa edilebilir. Ancak ahşabın önümüzdeki yüzyılın malzemesi olarak görülmesinin nedeni, bu üstün özellikleri değil, Global Isınmaya ve Sera Etkisi'ne karşı insanlığın elindeki en büyük silah olmasından

kaynaklanmaktadır. Ağaçlar ve karbondioksit arasındaki ilişki nedeniyle, ağaçların kesilerek kereste üretilmesi, sera etkisini azaltır.

Ahşap, yapılarda masif olarak ya da yapıştırılmış büyük boyutlu mühendislik malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Türkiye’de de son yıllarda ahşabın yapısal mühendislik malzemesi olarak kullanımı artmaktadır. Burada, betonun hâkim olduğu yapı sistemlerinde söz sahibi olan kişi ya da kuruluşlarca, odun hammaddesi yeterli olmayan bir ülkede ahşap kullanımının yaygınlaştırılmaya çalışılması doğrumu diye sorulabilir. Bu sorunun cevabı bir çok insan için, 1999 yılındaki Marmara ve Düzce depremlerinden önce, estetik görünümü, işleme ve montaj kolaylığı, hijyen olması gibi bir çok üstünlükleri için belki evet olacaktı. Ancak deprem kuşağındaki bölgelerde yaşayanlar için ise bu sorunun cevabı bugün, hayatta kalabilmek ya da korkusuz bir yaşam geçirmek için, kesinlikle evet olmalıdır.

Geleneksel Türk mimarisinde ahşabın binalarda kullanımı genellikle taşıyıcı iskelet şeklinde olmuştur. Bu tür kullanımlarda masif haldeki odun tercih edilmiş ve bağlantı elemanları olarak, ip, takoz, çivi, bulon (cıvata) ve kamalar kullanılmıştır. Günümüzde ise açık hava şartlarına dayanıklı tutkallar diğer metal bağlantı elemanları ile birlikte ahşabın birleşiminde kullanılmaktadır. Dayanıklı tutkallarla yüzeysel olarak yapıştırılmış tahtalardan üretilen malzemelerle daha büyük boyutlu ahşap malzemeler elde edilmektedir. Böylece masif haldeki odun malzemenin binalarda kullanımı sınırlayan bir takım sakıncalı yanları giderilmiştir. Yapı elemanı olarak ahşabın kullanım sınırları genişleyerek mühendislik ve mimaride yeni ufuklar açmıştır.

Masif ağaç malzemenin büyük boyutlu ve kavisli elemanlarda tek parça halinde kullanılması, gerek direnç özellikleri ve gerekse ekonomik bakımdan uygun bulunmamaktadır. Büyük boyutlu masif taşıyıcı elemanların üretiminde ağaç malzemenin doğal yapısında bulunan budak, çürük, çatlak ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar nedeniyle tek parça masif ağaç malzemenin kullanılması güçlükler yaratmaktadır. Bu kusurların ya uzaklaştırılması ya da kaliteli malzemenin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Kavisli taşıyıcı ahşap elemanların üretiminde masif malzemenin tek parça halinde kullanılması fire oranını da artırdığından maliyeti de artırmakta ve ekonomik bulunmamaktadır. Ayrıca liflerin diyagonal olarak kesilmesi nedeniyle direnç değerleri de düşmektedir (Çolakoğlu, 2010).

## **1.2.1. Yapıştırılarak Üretilen Ahşap Malzemeler**

### **1.2.1.1. Levha Ürünleri**

Odun lif haline getirilerek üretilen levhalar: (Yumuşak lif levhalar, Orta yoğunluktaki lif levhalar (MDF), yüksek yoğunluktaki lif levhalar (HDF)), Odun kaplama haline getirilerek üretilen levhalar: (Kontrplak, Kontrtabla, LVL), Odun yonga ya da küçük boyutlu şeritler haline getirilerek üretilen levhalar: (Yonga levha, Etiket yonga levha (Waferboard), şerit yongalı levha (Flakeboard), Yönlendirilmiş şerit yongalı levha (OSB)) gibi ürünler olup bunların bir kısmı yapısal maksatlı olarak da kullanılmaktadır. (Çolakoğlu, 2010).

### **1.2.1.2. Taşıyıcı veya Konstrüksiyon Malzemeleri**

Yüksek kaliteli kereste ihtiyacını orman kaynaklarından karşılamanın yeterli miktarlarda olmadığı bilinen bir gerçektir. Amerikan terminolojisinde “ kompozit-Structural Composite Lumber” olarak tanınan malzemeler artan yüksek kaliteli kereste ihtiyacını karşılayabilmek için geliştirilmiş ürünlerdir. Biçilmiş kerestenin piyasada aranan ölçülerinde, ancak küçük boyutlu ve düşük değerdeki ağaç malzemedan yapıştırıcılarla üretilen malzemelerdir. Bu ürünlerin isimleri genellikle kısaltılmış olarak terminoloji ve literatüre yerleşmiştir. Bazıları da patentli olup üretildiği firma tarafından belirlenen ticari bir isimle de bilinmektedir. Örneğin PSL İngilizce olarak “Parallel Strand Lumber’ın” kısaltılmış şeklidir. Ancak piyasada “Parallam” olarak da tanınmaktadır. Diğer yapısal ürünler ise; LSL “Laminated Strand Lumber”, OSL “Oriented Strand Lumber”, LVL “Laminated Veneer Lumber”, GLULAM “Glued Laminated Timber” olarak bilinmektedir. Bu ürünlerin isimlerinin Türkçeleştirilmesi mümkündür. Ancak ticari olarak kısaltılmış olan isimlerin kullanılması bazı kolaylıklar sağlamaktadır (Çolakoğlu, 2010).

#### **1.2.1.2.1. PSL (Parallel Strand Lumber) Uzun Kaplama Şerit-Yongalardan Üretilmiş Kereste**

Ticarette Parallam olarak bilinmektedir. ASTM D5456 – 99a (1999) standardına göre PSL, lif yönleri birbirine ve ürünün uzunluk eksenine paralel olacak şekilde yapıştırılmış kaplama parçalarından oluşan bir malzemedir. ABD’de iki ve Kanada’da bir fabrikada üretilmektedir. Kaplama parçalarının büyük boyutlu parçalar haline getirilerek birbirine

paralel yapıştırılması ile ticari kereste boyutlarında üretilen bir kompozit (composit) malzemedir. Üretilen malzemenin maksimum enine kesit boyutları 280 mm x 485 mm kadar olup, boyu ise 20 m'ye kadar olmaktadır.

ASTM standartlarına göre PSL üretiminde kullanılacak kaplama parçasının kalınlığı 6.4 mm'yi geçmemeli ve ortalama kaplama uzunluğu kaplama kalınlığının minimum 150 katı kadar olmalıdır. Ancak LVL üretiminde olduğu gibi genellikle 3 mm kalınlıktaki soyma kaplamalardan üretilir.

Kaplama soyma makinelerinden elde edilen sonsuz bant halindeki kaplama, şeritler şeklinde yaklaşık 20 mm genişlikte kesilerek parçalara ayrılmaktadır. Kaplama şeritlerinin boyları ise ilgili standarda göre en az 600 mm uzunluktadır. Genellikle dış ortamlara ve suya dayanıklı fenol formaldehit tutkalı gibi yapıştırıcılar kullanılmaktadır (Çolakoğlu, 2010).

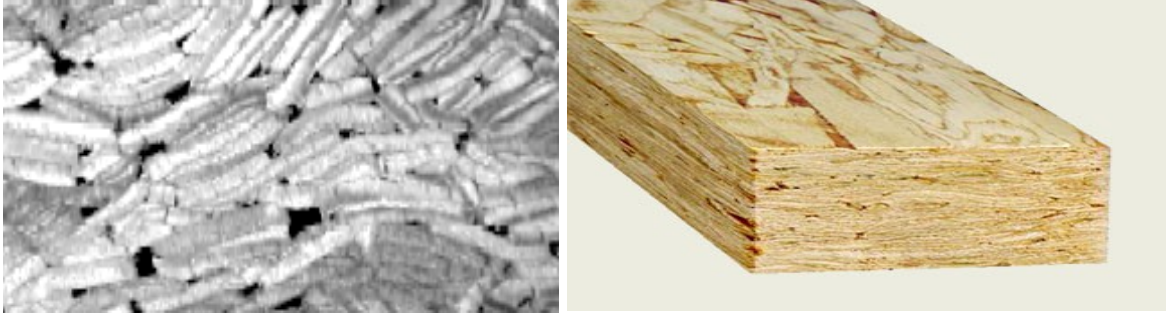


Şekil 1. PSL örnekleri ve uygulama alanları

#### 1.2.1.2.2. LSL (Laminated Strand Lumber)

LSL ticarete giren en son ahşap mühendislik malzemesidir. Görünüş olarak OSB'ye benzer. Ancak daha uzun şerit şeklinde kaplama yongalardan üretilir. OSB üretim teknolojisinin biraz daha farklı geliştirilmiş şeklidir. Üretiminde kullanılan şerit kaplamaların uzunluğu 300 mm kadardır. Şeritlerin kalınlığı ise 0.7 mm ile 1.2 mm kadardır. Uzun şerit yongalar bitmiş ürünün uzunluk yönüne paralel olarak dizilirler. Bu nedenle LSL'nin uzunluk yönündeki direnci yüksektir. LVL ve PSL'nin aksine, LSL üretiminde kullanılan tomrukların geniş çaplı ve silindirik olmalarına gerek yoktur. Genelde hızlı gelişen kavak ve söğüt gibi ağaç tomrukları kullanılır. LSL üretim teknolojisinde belirleyici iki önemli özellik vardır. Bunlardan birincisi yapıştırıcı olarak Polimer-difenilmetan-diisosiyanat kullanılması ve buhar enjeksiyonlu bir preste tutkalın

sertleşmesidir. İzosiyanat tutkalı şerit yongaların üzerine püskürtülerek uygulanmaktadır (Çolakoğlu, 2010).



Şekil 2. LSL örnekleri

#### 1.2.1.2.3. LVL (Laminated Veneer Lumber)

Bu malzeme piyasada, lamine ahşap kaplama, LVL (Laminated Veneer Lumber) ya da micro-lam isimleriyle tanınmaktadır. A.B.D., Kanada, Avustralya, Yeni Zelanda, Finlandiya, İsveç, Japonya, ve Endonezya'da daha fazla olmak üzere bir çok ülkede üretimi yapılmaktadır. Türkiye'de bazı kontrplak fabrikalarında bükme mobilya üretiminde kullanılmak üzere az miktarda üretilmektedir.

Ahşap kaplamalar LVL'yi oluştururken birbirine lif yönleri paralel olacak şekilde dizilirler. Yani LVL'nin tabakalarını oluşturan her bir kaplamanın lif yönü üretimi tamamlanmış LVL'nin uzunluğuna paraleldir. LVL'ler de katların lif yönünün paralel düzenlenmesi gerekir. Kaplamaların kalınlıkları 2,5 mm ile 6,4 mm arasında değişmektedir. Ancak genelde 3,0 –3,2 mm kalınlıklar kullanılmaktadır. LVL kalınlıkları ise normalde 19 – 45 mm arasında olup, fakat istenirse 89 mm kalınlığa kadar üretilebilir. LVL 1800 mm genişliğe kadar üretilmektedir. (Çolakoğlu, 2010).



Şekil 3. LVL örnekleri

#### 1.2.1.2.4. Çapraz Lamine Kereste (CLT)

Çapraz yapıştırılmış Lamine kereste (CLT Cross Laminated Timber, K LH Kreuzlagenholz ) son zamanlarda Kuzey Amerika'da ve Avrupa'da popülaritesi artan yeni bir ahşap mühendislik malzemesidir. Yük taşıyıcı duvar ve zeminler ile tavanlarda çapraz lamine kereste denilen paneller (Cross-Laminated Timber CLT - Kreuzlagenholz) sadece konut için değil, aynı zamanda ofis, mağaza, otel ve endüstriyel binalar için giderek daha popüler hale gelmektedir. İlk defa 1993 yılında Avusturya'da üretimi başlamıştır. Yine aynı tarihte CLT'den ilk bina Avusturya'da yapılmıştır.

Glulam'dan farklı olarak, Çapraz Lamine Kereste; duvar, tavan ya da taban katı paneli olarak kullanılmak üzere, iğne yapraklı ağaç kerestelerinden üç, beş ve yedi gibi tek tabakalı olacak şekilde üretilirler ve kerestelerden yan yana yapıştırılarak üretilen tabakalar birbirine dik olarak üst üste yapıştırılırlar. Ticari boyutları ülkelere göre değişir en geniş yüzey 2,95 x 16,0 metre kadar olabilmektedir.

CLT materyal özellikleri üretici ve odun hammaddesine göre değişiklik gösterir. CLT üretiminde en çok ladin tercih edilir ancak melez ve çam odunu da bu maksatla kullanılabilir.

CLT üretimi için kullanılan odunların tipi daha çok CLT'nin eğilme ve makaslama direnci bakımından önemlidir. Ayrıca bu üründe de kullanılan kerestelerin rutubeti, daralmadan dolayı malzemenin performansı üzerine belirgin bir etkisi vardır CLT'nin rutubeti % 8-14 arasında olmalıdır (Çolakoğlu, 2010).





Şekil 4. CLT paneller ve bina uygulaması

#### 1.2.1.2.5. Yapıştırılmış Lamine Ahşap Yapı Elemanı - GLULAM

Yapısal maksatlı bir ürün olan ve kerestelerin lif yönleri birbirine paralel olarak yapıştırılması ile üretilen “lamine kereste kirişler” piyasada Glulam adı ile bilinmektedir. Glulam (Glued Laminated Timber); kiriş, kolon, direk ve ağır dayanak olarak binalarda kullanılmaktadır. Belli kalınlıktaki keresteler TS 3842’ye göre, yapıştırılmış lamine ahşap yapı elemanı; iki veya daha çok kerestenin lifleri birbirine ve sonuçta elde edilecek elemanın uzunluk eksenine paralel gelecek şekilde, basınç altında yapıştırılmasıyla elde edilen bir ahşap yapı elemanıdır. Genelde dış ortamlarda ya da yarı kapalı yerlerde kullanıldıkları için yapıştırıcılar buna uygun seçilmektedirler.

Üretiminde 25,4 mm ile 50,8 mm kalınlıklarda kereste kullanılan (TS 3842’ye göre katların her birinin kalınlığı 47 mm’yi geçemez) malzemeye; yapıştırılmış tabakalı ağaç yapı elemanı, yapıştırılmış kereste (leimholz), yapıştırılmış lamine ahşap yapı elemanı (TS 3842), olarak adlandırılmaktadır (Çolakoğlu, 2010).



Şekil 5. Lamine kereste kirişlerin (Glulam) uygulama alanları

### 1.2.2. Ahşap Laminasyon Sisteminin Faydalı ve Sakıncalı Yönleri

#### Faydaları:

1. Masif ağaç malzemedden üretilecek yapı malzemelerinin boyutları sınırlıdır. Oysa laminasyon sistemi ile daha büyük boyutlu ürünler elde etmek mümkündür.

2. Gerek mimaride gerekse iç dekorasyonda istenilen stilde ve sınırsız formlarda çalışma imkânı sağlanmaktadır.

3. Yapısal elemanların tasarımında, yüke bağlı olarak kesit alanında farklılık yapmak mümkündür. Örneğin kavisli elemanlarda yükün geldiği yerde (kritik kesitte) daha büyük boyut uygulanabilmektedir.

4. En ve boy birleştirme yöntemlerinin uygulanması ile çok küçük boyutlardaki (minimum 20 cm) ağaç malzemenin kullanımına imkân sağlandığından, zayıf oranı azalmaktadır. Ayrıca masif ağaç malzeme, bünyesindeki kusurlarından (budak, çatlak, kurt yeniği, lif kıvrıklığı, çürüklük, reaksiyon odunu, sulama v.b.) arındırılarak değerlendirilebilir.

5. Aynı ahşap lamine eleman üzerinde çeşitli katlarda farklı kalınlık ve renkte ağaç malzemenin kullanımına imkân sağladığından daha fazla estetik oluşum temin edilebilir.

6. Tabakalı ağaç malzeme aynı cins masif ağaç malzemeye göre daha az çalışmaktadır (şişme-daralma). Buna neden olarak laminasyonda ağaç malzemenin katları arasında kullanılan tutkalın su itici özelliği gösterilebilir. Bunun sonucu tabakalı ağaç malzeme, aynı cins masif ağaç malzemeye nazaran boyutsal bakımdan daha stabildir.

7. Geniş ve tek açıklıklı yapılarda kubbe, piramit, tonoz vb. geometrik yapıların oluşturulmasına imkân sağlamaktadır.

8. Kolon, kiriş, kemer ve makas gibi parçalar üretilebilmekte, birleşmeleri için gerekli tüm detaylar ve metal aksesuarlar fabrikada tamamlanabilmektedir.

#### Sakıncaları:

1. Ahşabın tutkallanmaya hazırlanması ve tutkallanması, son ürün üzerinde ek bir işçilik maliyeti getirmektedir. Fakat aynı boyutlardaki yekpare bir ağaç malzemeye göre bu kabul edilebilir bir durumdur.

2. Tabakalı ağaç malzemenin direnci, en-boy birleştirmede ve yapıştırımda kullanılan tutkalın kalitesine de bağlıdır. Yüksek dayanımlı tutkalların fiyatlarının fazla olması da ek bir maliyet getirmektedir.

3. Tabakalı ağaç malzeme üretimi için, fabrika binasının özel planda yapılması, özel ekipmanlar gerektirmesi ve kalifiye işçiye olan ihtiyacın fazla olması da dezavantaj olmaktadır.

4. Yüksek kaliteli tabakalı ağaç malzemelerin üretilmesi imalatın bütün aşamalarında yapılan işlemlerin özenle ve dikkatli bir şekilde yapılmasıyla mümkün olmaktadır.

5. Büyük boyutlu kavisli taşıyıcı elemanların nakliyesi sırasında büyük güçlüklerle karşılaşmaktadır.

6. Lamine edilecek ağaç malzemenin belirli sonuç rutubete kadar kurutulması gerektiğinden kurutma tesisi ve ek bir işçilik maliyeti gerektirmektedir (Şenay, 1996; Tan, 2011).

### **1.3. Kaplamanın Tanımı**

TS 2128'e göre kaplama odundan soyularak, kesilerek veya biçilerek elde edilen en çok 7 mm kalınlığındaki ince levhalardır (TS 2128, 2005).

Buna göre kaplamalar; üretim yöntemlerine göre kesme, soyma ve biçme kaplama olmak üzere üç ana sınıfa ayrılırlar. Diğer taraftan her bir üretim yöntemine göre de elde edilen kaplamaların görünüşleri farklı olmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.3.1. Kaplama Üretimine Etki Eden Odun Özellikleri**

##### **1.3.1.1. Ağaç Türü**

Çoğu ağaç türlerinden başarıyla kesilebilir. Bununla birlikte bazı türlerden kaplama üretmek daha kolaydır. Yapraklı ağaç odunları içerdiği ligninin termoplastik özellik göstermesinden dolayı daha iyi eğilme ve bükülme özelliğine sahiptir. Aynı zamanda bütün kaplamalar kesme sonucu prizma veya tomruktan ayrılıp bıçağın üzerinden geçerken tomruk ve prizmadaki yerlerine göre bükülürler. Bu durumda yapraklı ağaç kaplamalarında iğne yapraklı ağaç kaplamalarına göre daha az zararlı çatlaklar oluşur. Bu nedenlerle yapraklı ağaç odunları kaplama üretiminde daha uygundur (Çolakoğlu, 2004).

### 1.3.1.2. Özgül Ağırlık

Özgül ağırlıkları ekstrem uçlarda olan ağaç türleri kaplama üretimi için uygun değildir. Özgül ağırlığı çok düşük türlerde lifler bıçağa yeteri direnci gösteremediklerinden koparlar ve bunun sonucu kaplama yüzeyi yün görünümü alır. Çok ağır türlerin kesilmesi zordur ve güç ihtiyacı fazladır. Kesme sırasında derin çatlaklar oluşur. Kaplamanın kullanım amacına göre üretildiği odunun özgül ağırlığı da önemlidir. Kaplamanın kullanım yerine göre tavsiye edilen odun özgül ağırlık değerleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir (Çolakoğlu, 2004).

Tablo 1. Kontrplakların bazı kullanım yerlerine göre tavsiye edilen özgül ağırlık değerleri (Çolakoğlu, 2004).

Levha tipi	Özgül ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )
Yapı kontrplağı	0,41 – 0,55
Sert ağaçtan yüz kaplamaları	0,43 – 0,65
Dekoratif kontrplakların iç tabakaları	0,32 – 0,45
Ambalaj ve kutu kaplamaları	0,35 – 0,65

### 1.3.1.3. Odun Rutubeti

Genellikle kaplama üretiminin ağaçların kesiminden hemen sonra yapılması tavsiye edilmektedir. Aşırı yüksek olmamak şartıyla lif doygunluğu noktası üzerindeki odun rutubeti kaplama kesmek için uygundur. Bu rutubet şartlarında odun, kuru odundan daha elastiktir. %50-60 arasındaki doğal, yeknesak rutubete sahip odunlardan kaliteli kaplama kesilebilir (Çolakoğlu, 2004).

### 1.3.1.4. Büyüme Hızı

Büyüme hızı ağacın anatomik yapısını etkiler, anatomik yapıda o ağaç türünün homojen bir yapıda olup olmadığını gösterir. Homojen yapıdaki odunlardan kaplamanın kesilmesi, kurutulması, işlenmesi daha kolaydır. Büyüme hızının azalmasıyla ilkbahar odunu ve yaz odunu arasındaki özgül ağırlık farkı azalır, homojenlik artar ve dolayısıyla

kaplama üretimine daha uygun olur. Yavaş büyüyen, dar yıllık halkalı türler daha uygundur (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.3.1.5. Reçine**

Kaplama kesmede reçine güçlük çıkarır. Kaplama makinesinin basınç levhası ve bıçağı üzerinde toplanabilir, ayrıca donmuş ve katılaşmış reçineler bıçağın körelmesine sebep olur. Reçineli ağaçlardan yapılan kaplamalarda zamanla lekelenmeler görülebilir (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.3.1.6. Permeabilite**

Kaplamanın kesilmesi, kurutulması ve tutkallanması üzerine önemli etkisi vardır. Permeabil olan ağaç türleri kaplama üretimi için daha uygundur. Kesme ve soyma esnasında suyun çıkışı kolay olacağından yüzeylerde kopma oluşmadan kaplama kolayca kesilebilecektir. Permeabil odun kaplamalarından kontrplak üretiminde sıcak presleme esnasında suyun kolayca buharlaşarak uzaklaşması sağlanır. Bu durumda üretilecek kontrplağın tutkal bağlarının zayıflaması da önlenmiş olur (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.3.1.7. Lif Düzgünlüğü**

Kaplama üretimi için liflerin düzgün olması arzu edilir. Bazı durumlarda belli bir şekilde lif düzensizliği de estetik bakımından istenebilir lif yönündeki sapmalar ışık kırılmasına etkileyeceğinden yüzeyin daha güzel görünmesini sağlar (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.3.1.8. Daralma**

Kaplama üretilecek tüm odunlarda düşük daralma oranları arzu edilir. Aşırı daralma, tutkal tabakalarında iç gerilimin oluşmasına ve dış tabakanın çatlamasına sebep olur (Çolakoğlu, 2004).

### **1.3.1.9. Polifenoller - Renk**

Polifenoller oduna renk verirler. Odunu rengi güzelleştikçe kaplamanın da değeri artar. Açık renkli kaplamalar boya ve baskı için idealdir. Polifenollerin birçoğu sıcak ve rutubetli ortamda demir ve çelikle siyah-mavi bir renk oluşturur. Bu tür lekelenmeler özellikle meşede görülmektedir (Çolakoğlu, 2004).

### **1.3.1.10. Vaks**

Yağlama özelliğinden dolayı vaks, kaplama kesimini kolaylaştırır ve yüzeyin düzgün olmasını sağlar. Bunun yanında vaks, yüzey işlemlerini ve yapışmayı zorlaştırır (Çolakoğlu, 2004).

### **1.3.1.11. Paraşim Hücreleri**

Paraşim hücreleri ince çeperli olup, ağaçta gıda maddelerini depo görevini yerine getirirler. Diğer hücrelerden daha zayıf yapıda olduklarından, geniş ve uzun paraşim şeritleri odun direncinin düşmesine neden olur. Paraşim hücrelerinden oluşan öz ışınları kaplamanın kesilmesinde yüzeyin hatalı olmasına neden olabilirler. Şayet bıçağın hareket yönü öz ışınlarıyla aynı doğrultuda ise kaplama yüzeyi düzgündür. Aksi takdirde kaplama yüzeyi kabadır. İlk durumda ise öz ışınları çekmeye maruz kalır ve dirençleri çok az olduğu için kesilmeden önce koparlar (Çolakoğlu, 2004).

### **1.3.1.12. Mekanik Dirençler**

Kaplama üretiminde kullanılacak odunlarda, liflere dik yöndeki çekme direncinin yeterli olması gerekir (Çolakoğlu, 2004).

## **1.3.2. Kaplamalık Tomruk Özellikleri**

Üretilecek kaplamanın kullanım yerine göre tomrukta aranan özellikler değişebilir. Kaplama, konstrüksiyon amacıyla kullanılacaksa mekanik özellikler önem kazanır. Dekoratif yüz kaplaması üretilecekse tomruğun vereceği desen önemlidir.

Kaplamalık ideal bir tomruk aşağıda belirtilen özelliklerde olmalıdır:

- a. Silindirik formda olmalı
- b. Öz, her iki ucun geometrik merkezinde bulunmalı
- c. Kabuğun kapladığı yüzeyi yani çevre ve tomruk uçları kusursuz olmalı
- d. Lifler düzgün ve öze paralel olmalı
- e. Budak, çürük ve renk bozukluğu bulunmamalı
- f. Yıllık halkalar yavaş ve homojen büyüme göstermeli
- g. Reaksiyon odunu bulunmamalı
- h. Çapının soyma kaplama üretimi için en az 35 cm, kesme için 45 cm ve çeyrek kesme için ise 60 cm olmasıdır (Çolakoğlu, 2004).

## **1.4. Kontrplak Üretim Teknolojisi**

### **1.4.1. Kontrplağın Tanımı**

Avrupa standardı EN 313-2'ye göre kontrplak; birbiri üzerine lif yönü dik olacak şekilde yapıştırılmış tabakalardan oluşan odun esaslı panel olarak tanımlanmaktadır (EN 313-2, 1999).

TS 2128'e göre kontrplak; ardışık gelen tabakaların lif doğrultuları birbirine dik olacak şekilde yapıştırılmış, göbeğin her iki tarafında yer alan iç ve dış tabakalar genellikle birbirine simetrik olan bir levha olarak tanımlanmaktadır (TS 2128, 2005).

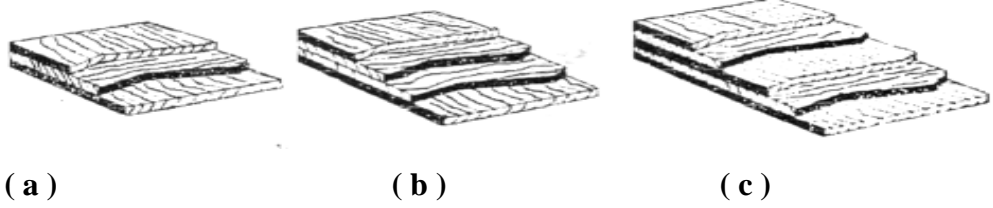
DIN 68708'e göre ise Kontrplak, lif yönleri birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmiş en az üç adet yapıştırılmış tabakadan oluşan dış ve iç tabakaları öz veya orta tabakanın her iki tarafına simetrik olarak tespit edilmiş levha olarak ifade edilmektedir (DIN 68708, 1976).

Amerikan standardı ASTM D-907'ye göre odun kaplama genellikle 0,254–6,35 mm arasında kalınlıklara sahip ve odun lif yönü yüzeye paralel olan bir levha olarak tarif edilmektedir. Aynı standartta, kontrplak; ince levhaların üst üste ve lif yönleri birbiriyle 90° açı yapacak şekilde yapıştırılmış odun levhaları olarak belirtilmektedir. Genel olarak kontrplak katları 3, 5, 7 gibi tek sayıdadır (ASTM D-907, 1982).

1982 yılında, orta tabakaları birbirine paralel yapıştırılmış iki kaplama levhasından oluşan kontrplakların üretimine başlanmasından sonra literatürde; kontrplağın herbir tabakası tek bir kaplamadan oluşabileceği gibi, iki veya daha çok kaplama levhalarının birbirine paralel yapıştırılması ile teşkil edilebileceği bildirilmektedir (Öztürk, 2012).

Uzunluğuna (Suyuna) kontrplak: dış tabakaların lif doğrultusu uzun kenarına paralel olan kontrplaktır.

Genişliğine (Sokrasına) kontrplak: dış tabakaların lif doğrultusu kısa kenarına paralel olan kontrplaktır (Çolakoğlu, 2004).



Şekil 6. Kontrplaklarda tabakaların yerleşimi (a: 3 tabakalı kontrplak, b: Orta tabakaları paralel yapıştırılmış 4 tabakalı kontrplak, c: 5 tabakalı kontrplak)

#### 1.4.2. Kontrplakların Sınıflandırılması

Kontrplaklar, EN 313-1 (EN 313-1, 1996) ve TS 3103 (TS 3103, 1998)' e göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.

1. Genel görünüşlerine göre;

1.1. Yapılarına göre;

a) Kaplamalardan yapılmış kontrplak (bütün katları kaplama olan kontrplak).

b) Odun özlü kontrplak (kontrtabla).

b.1) Orta tabakası geniş ıtalı kontrplak (orta tabakası 7-30 mm genişliğinde masif odun ıtaların yan yana yapıştırılıp ya da yapıştırılmadan oluşturulan kontrplak-geniş ıtalı kontrtabla).

b.2) Orta tabakası dar ıtalı kontrplak (Orta tabakası maksimum 7 mm kalınlığındaki, dikey yerleştirilmış soyma kaplama şeritlerinden oluşturulan kontrplaklardır).

c) Karma (kompozit) kontrplak (Orta tabakası veya belirli tabakaları masif odun ve odun kaplamalardan başka malzemeden yapılmış kontrplaklar).

1.2. Şekil ve formuna göre;

a) Düz

b) Şekillendirilmış

2. Başlıca özelliklerine göre;

2.1. Dayanıklılıklarına göre;



- a) Kuru ortamlarda kullanım için
- b) Rutubetli ortamda kullanım için
- c) Dış ortamda kullanım için

2.2. Mekanik özelliklerine göre

2.3. Yüzey görünümlerine göre

2.4. Yüzey durumlarına göre;

- a) Zımparalanmamış
- b) Zımparalanmış
- c) Boyanmış
- d) Yüzeyi kaplanmış (dekoratif kaplama, film, empenye edilmiş kâğıt...).

3. Kullanıcının ihtiyacına göre;



a) Kompozit (karma)

b) Kaplamalı kontrplak

Şekil 7. Kompozit ve kaplamalı kontrplaklar (Çolakoğlu, 2004).

#### 1.4.3. Kontrplağın Kullanım Alanları ve Avantajları

Odun kökenli levha endüstrisinde en önemli ürünler kategorisinde bulunan kontrplak, pek çok farklı kullanım alanı ile hayatımızda yer almaktadır. Kontrplağın değerlendirildiği alanlar; ülkelerin ekonomik ve sosyo-kültürel yapısına, geleneklerine göre ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir. Ükelere göre kontrplak üretim miktarları ise Tablo 2’de verilmektedir. Bu ürünler; taşıma endüstrisi, özel kaplamalar ve yapı endüstrisinde kullanılmaktadır (Anonim, 2006).

Tablo 2. Ülkelere göre kontrplak üretim miktarları (1000 m<sup>3</sup>) (FAO, 2017).

Ülke	Yıllar					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Çin</b>	68.430	76.332	92.507	101.169	113.398	113.398
<b>Amerika</b>	9.365	9.493	9.680	9.452	9.245	9.398
<b>Japonya</b>	2.486	2.549	2.761	2.902	2.813	2.813
<b>Kanada</b>	1.794	1.824	1.792	1.810	1.929	1.951
<b>Finlandiya</b>	1.010	1.020	1.090	1.160	1.150	1.140
<b>Türkiye</b>	115	116	116	110	116	120

Kontrplağın genel kullanım yerleri olarak; taban döşemesi, ahşap prefabrik konut yapımı, beton ve betonarme kalıp tahtası, bölme elemanı, raf, tezgah, konteynır, kutu, sandık, trafik işaret levhası, reklam panosu, mağaza donanımı, depolama tankları, gemi ve yat güverteleri, yük ve yolcu taşıma araçlarının taban döşemeleri, ağır nakliye araçlarının (kamyon, tır) taban döşemeleri, soğutma vagonları sayılabilir (Demirkır, 2012). Özellikle inşaat kalıplarında defalarca kullanılabilmesi nedeniyle kalıp maliyetleri daha aza indirilebilmekte ve sıva gerektirmeyen yüzeyler elde edildiğinden sıva maliyeti de düşük olmaktadır (Çalışkan, 2008).

Kamyon, treyler, minibüs, raylı araçlar gibi vasıtalarda iç kaplama olarak kullanılan kontrplaklar araçlarda ani darbelere ve oluşabilecek titreşimlere karşı dayanım göstermektedir. Böylelikle taşınan materyallerin darbe sonucu görebileceği zararlar da en aza indirilmektedir (APA, 1999a). Dayanıklılık, süreklilik, üretim ve maliyetin ana kriterler olarak gösterildiği günümüzün yapı sektöründe, kontrplak ideal özelliklere sahip bir yapı materyalidir. Kolay işlenmesi, hafif olması, uygun ve istikrarlı boyut ve performans sağlaması, düşük maliyeti bu özelliklerden bazılarıdır (APA, 1999b).

Kontrplaklar yapılarda beton döküm panelleri, endüstriyel zeminler, yapı panelleri (çatı, duvar, döşeme, cephe kaplama) gibi yük taşıyıcı olarak kullanımlarının yanı sıra, dekorasyonda da tercih edilmektedir (Demirkır, 2012). Kontrplak levhaları mekanik, biyolojik, termal, akustik ve dekoratif maksatlara uygunluk gibi özelliklerinden ötürü yapılarda geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Üretim tekniği sayesinde ahşabın hafiflik, mukavemet, masif görünüm gibi olumlu özelliklerini bünyesinde barındıran, teknik özellikleri standart olan paneller elde edilmektedir (Canply, 2002). Yapısal ve endüstriyel

kontrplakların kullanımında, levhaların direnç değerleri ve kullanım yerinin gereklerine uygun bir tutkalla üretilmiş olması büyük önem taşımaktadır (Vick, 1999). En çok kullanılan ve ticareti yapılan kontrplaklar bu sınıfa girmektedir. Bu tip kontrplakların üretiminde yapraklı ağaç türlerinin (Kayın, Huş, Kavak vb.) yanı sıra iğne yapraklı ağaç türleri de (Çam, Ladin, Tsuga vb.) kullanılmaktadır. Depreme dayanıklı bina tasarımında kontrplak, genellikle perde duvarlarda kaplayıcı olarak kullanılmaktadır. Duvar kaplamalarında tercih edilen kontrplaklar, rüzgâr ve deprem yüklenmesi gibi yanal zorlamalara karşı çok iyi dayanım göstermektedir. Kontrplak kaplamalar duvarların termal özelliklerine de katkıda bulunarak iyileştirme sağlamaktadır. Çünkü böylesi geniş panellerde ısının kaçışına neden olacak birleştirme (ek) yerleri daha azdır (Demirkır, 2012). Değişik yapı türlerinde kullanılan ana ürünlerden biri olan kontrplağın başlıca avantajları olarak; mekanik özelliklerinin çok değişim göstermemesi, yüksek boyutsal stabilite ve ağaçlardan daha yüksek faydalanma seviyesi sayılmaktadır (Yoshihara, 2009). Kontrplak, yapı çökmeden önce büyük miktarlarda yer değiştirmeyi tolere edebildiği için deprem yüklerine dayanım konusunda en iyi materyal olarak gösterilmektedir (Demirkır, 2012). Bott (2005); kontrplağın düzlemsel olarak çok daha fazla rijit olduğunu belirtmektedir.

Kontrplak, tabakaların lif yönleri birbirine dik gelecek şekilde üretilmektedir. Böylelikle kontrplağın genişliği boyunca boyutsal stabilitesi sağlanmakta, ayrıca levha düzlemine dik yöndeki rijitlik ve eksenel direnç artmaktadır. Tabakalı yapısı kusurları dağıtarak, bağlantı elemanlarının kullanıldığı durumlarda olası ayrılmaları azaltmakta ve direnci arttırmaktadır. Masif malzeme ile kontrplak karşılaştırıldığında en önemli avantajları arasında, levhanın uzunluğu boyunca gösterdiği direnç özellikleri genişliği boyunca gösterdiklerine hemen hemen eşit olması, bağlantı elemanlarının ayrılmasına karşı daha yüksek direnç göstermesi, daha geniş kullanım yerleri taleplerine form olarak daha uygun olması sayılabilir. Kontrplak ahşabın daha ekonomik ve faydalı kullanım şekillerinden biridir. Kontrplak özellikleri; farklı tabakalarda kullanılan kaplamaların kalitesine, kullanım sırasına, kullanılan tutkula ve yapışma koşullarının kontrolüne bağlıdır (Youngquist, 2007).

#### **1.4.4. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Ağaç Türleri**

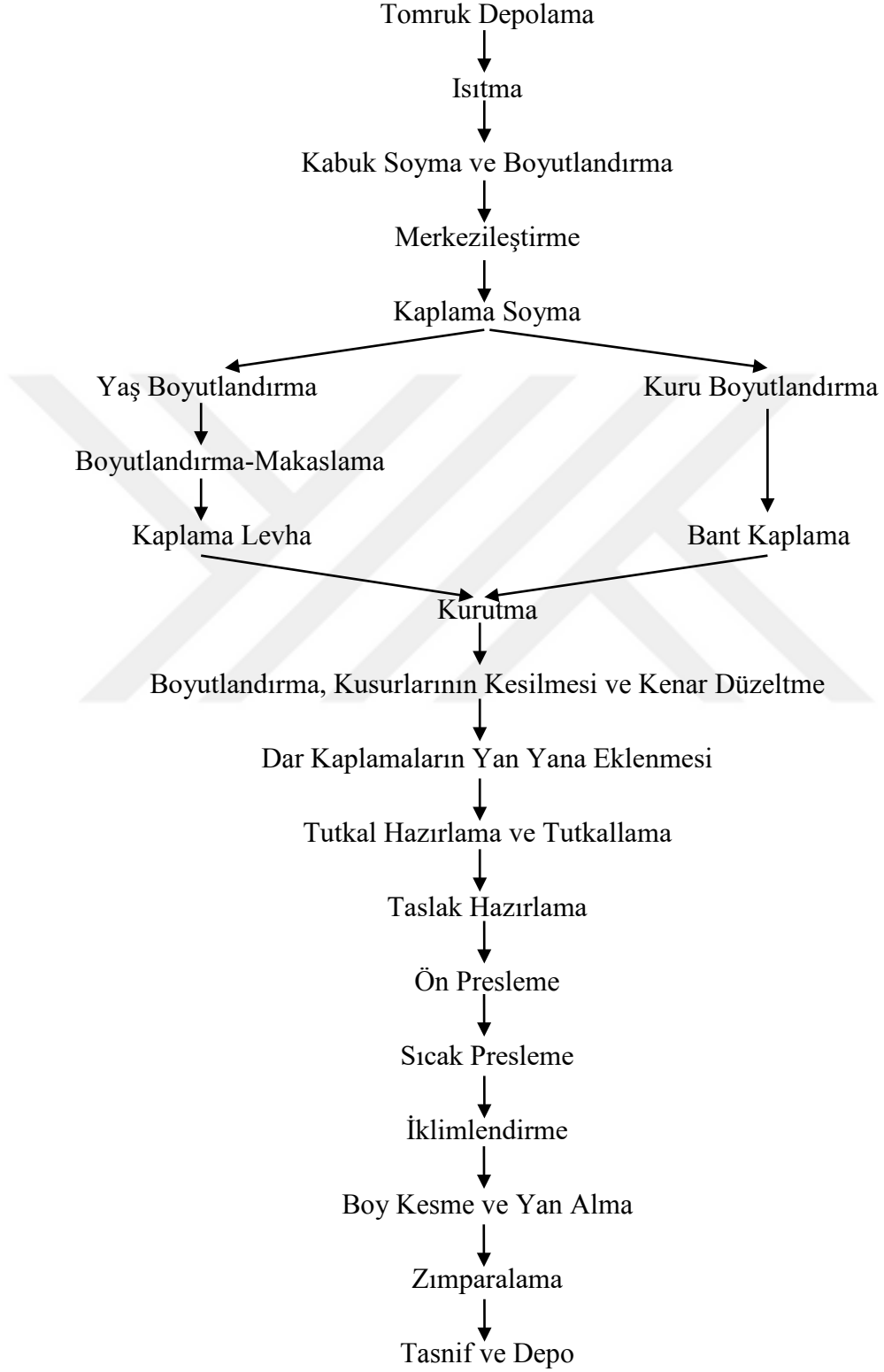
Kontrplak iğne yapraklı ve yapraklı ağaçlardan üretilebilmektedir. Kontrplak; yapı ve endüstriyel kontrplak ile sert ağaç ve dekoratif kontrplak olmak üzere genel olarak iki sınıfa ayrılabilir (Youngquist, 2007). Kontrplak üretim teknolojisi bakımından dağınık

traheli yapraklı ağaç türleri daha uygundur. Ancak yapraklı ağaç türlerinin yanı sıra çam, ladin, duglas göknarı gibi iğne yapraklı ağaç türleri de kullanılmaktadır. Pratikte genel olarak kaplama, soyma özellikleri iyi olan ağaç türlerinden üretilen kaplamalar yüzey tabakalarında, iyi olmayanlar ise ara tabakalarda kullanılmaktadır (Demirkır, 2014).

Kontrplak endüstrisinde kullanılan ana hammadde, ağaç malzemedir. Ağaç malzemenin; soyularak elde edilen kaplama levhaları kontrplağın asıl hammaddesini oluşturur. Bu nedenle ağaç malzemenin özellikleri elde edilecek kontrplağın özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir. Türk standartlarında kaplama üretimi için kullanılabilir ağaç cinsleri; ceviz, dişbudak, karaağaç, kestane, meşe, çam, göknar, ladin, armut, ıhlamur, kavak, kayın, kızılğaç ve kiraz olarak belirtilmektedir. Ancak günümüzde bu türlerin çok az kısmından kaplama üretimi yapılmaktadır. Son yıllarda A.B.D’de ladin, göknar, duglas göknarı gibi yumuşak ağaç türlerinden elde edilen kontrplaklardan özellikle yapı kontrplağı olarak yüksek miktarda bir üretim yapılmasına rağmen ülkemizde yumuşak ağaç hammadde olarak kontrplak sektöründe yeterince değerlendirilememektedir (Çolakoğlu, 2004).

Ülkemizde kontrplak üretiminde; kayın, kızılğaç, kavak fazla miktarda kullanılmaktadır. Bunların dışında okume, meranti, sapelli, gül ağacı gibi tropik bölge ağaçları da son yıllarda önemli oranlarda kaplama üretiminde değerlendirilmektedir. Kullanılan ağaç türü, soyma makinelerinde kolay ve verimli işlenebilmeli, üretilen kontrplağın özelliklerini olumsuz yönde etkilememelidir (Çolakoğlu, 2004).

### 1.4.5. Kontrplak Üretiminin İş Akışı



#### 1.4.5.1. Kaplamalık Tomrukların Depolanması

Depolama şartlarının uygun olması durumunda tomruk özelliklerini uzun bir süre muhafaza edebilir. Uygun olmayan depolama şartlarında, tomruklarda; bakteri saldırılarından dolayı porozite artması, hoş olmayan koku oluşumu, donmadan dolayı lif ayrılması ve çatlama, böcek saldırısı, çürüme, oksidasyon ve mavi renk oluşumu, aşırı kurumadan dolayı oluşan çatlaklar ve diğer zararlar görülebilir (Çolakoğlu, 2004).

Genel olarak kaplamalık tomruklar kısa süreler için depolanmalıdırlar. Depoya ilk giren tomruk ilk çıkmalıdır. İdeal depolama şartlarında tomruk enine kesitlerine koruyucu maddeler sürülmelidir. Tomrukları çatlamalara karşı korumak için; tomruklar ya suda bekletilmeli ya da su püskürtme işlemine tabi tutulmalıdır. Bu şekilde tomrukların rutubeti LDN'nin üzerinde tutularak çatlama önlenmektedir, bunların dışında çatlama önlemek amacıyla bazı araçlar ve kimyasal maddeler kullanılabilir bunlar: (Çolakoğlu, 2004).

- Tomruk uçları çelik bant veya zincirlerle sıkıştırmak
- % 85 asfalt+% 15 maden kömürü zifti sürmek
- S, C ve D demirleri veya plastik raptiyeler çakmak
- Sertleştirilmiş şeffaf yağlar sürmek
- Parafin emülsiyonu sürmek (Çolakoğlu, 2004).

#### 1.4.5.2. Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması

Üretime başlanmadan tomrukların soyma işlemine hazırlanması için hatalı kısımlarının uzaklaştırılması, yabancı maddelerden temizlenmesi, soyma makineleri için uygun uzunlukta kesilmesi, buharlanması veya sıcak suda ısıtılması gibi bazı ön işlemlerin uygulanması gerekir. Isıtma işlemi ülkemizde su buharı ile yapılmaktadır. Buharlama işleminin amacı; önce odunu yumuşatmak, soyucu ve kesici aletlerle kolayca işlenebilecek bir hale getirmek, kontrplağı oluşturan levhaların bir biri üzerine uygunluğunu temin için eğilme kabiliyetini arttırmak, tomruk yüzeyindeki toprak ve yabancı maddeleri yıkamak ve kabuğu yumuşatarak kolayca soyulmasını sağlamaktır (Çolakoğlu, 2004).

Ağaç cinslerinin büyük bir kısmı kaplama üretiminden önce ya su ile veya buharla ısıtılır. Bu işlemde sıcaklığın artması rutubetin artmasından daha önemlidir. Buharlama sırasında pektinin ve ligninin bir kısmı çözülür. Orta lameldeki bağlayıcı maddenin

çözülmesi dokuları gevşetir. Böylece odun soyma ve kesme için daha uygun duruma gelir ve üretilen levhaların yüzeyleri düzgün olur (Çolakoğlu, 2004).

Buharlama, buhar mahzenlerinde direkt ve endirekt ısıtma ile yapılır. Koruyucu ve homojen buharlama için endirekt buharlama daha uygundur. Buharlama yapılabilmesi için tomruk rutubeti % 50'den fazla olmalıdır (Çolakoğlu, 2004).

Tomruklar buharlandıktan sonra, makine bıçaklarının zarar görmesini önlemek amacıyla temizleme makinelerinden geçirilerek kabuk, iç kabuk ve kirlerden arındırılır (Çolakoğlu, 2004).

### **1.4.5.3. Kabuk Soyma**

Kabuğu uzaklaştırılmamış tomruklardan kaplama soyulmamalıdır. Aksi halde makine bıçağı zarar görür. Kabuk, bıçak ve basınç latası arasına sıkışarak çalışmayı engeller.

Üç faktör kabuk soymada dikkate alınmalıdır. Bunlar; odun-kabuk adhezyonu, ağaç türü ve kabuk soyma makine ve aletleridir (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.4.5.3.1. Odun-Kabuk Adhezyonu**

Odun ve kabuk arasındaki bağ direncine 4 hususun etkisi önemlidir. İlkbaharda kesilmiş tomrukların aynı örnekleri sonbaharda kesilenlerine göre kabukları daha kolay soyulur. Tüm örnekler için bu durum geçerlidir. İlkbahar mevsiminde büyüme hızının fazla olması, olgunlaşmamış floem ve ksilem hücre tabakalarının kalınlığını arttırmaktadır. Büyümenin yavaş olduğu mevsimlerde bu tabakanın ince olması kabuğun soyulmasını zorlaştırmaktadır. Odun-kabuk arasındaki bağ direncindeki artma, çeşitli odun örnekleri üzerinde yapılan incelemelerde, ilkbahardan sonbahara kadar %100-200 kadar olabilmektedir. İkinci husus, kabuk ve odunun sıcaklığıdır. Buharlanmış tomrukların kabukları çok daha kolay soyulur. Özellikle donmuş tomrukların kabukları zor soyulur. Üçüncü husus rutubettir. Kısmen kurumuş tomrukların kabukları, odun ile çok daha sıkı bir bağ oluşturup soyulması zordur. Dördüncü husus bakterilerin etkisidir. Bakteriler besin kaynağı olarak iç kabuğu tercih ederler. Böylece bakteriler tarafından zayıflatılan odun-kabuk bağı nedeniyle kabuk tabaka halinde gövdeden ayrılabilir. Bu durum el aletleri ile kabuk soymada kolaylık sağlar (Çolakoğlu, 2004).

#### 1.4.5.3.2. Ağaç Türü

Çeşitli odun örneklerinin odun-kabuk bağı dirençleri farklılık gösterir. Sonbaharda kesilmiş tomruklarda yapılan bir çalışmada titrek kavağın odun-kabuk bağı kırmızı ladininkinden (*Picea rubra*) % 40 daha kuvvetli olduğu bulunmuştur. Çam gibi yumuşak ağaçların kabukları *carya* gibi sert ağaçlarınkinden daha kolay soyulur (Çolakoğlu, 2004).

Makine ile soymada kabukları kolay soyulan ağaç cinsleri; kızılalağaç, titrek kavak, göknar, çam, ladin, manolya, duglas, Amerikan lale ağacı (*Liriodendron tulipifera*). Orta derecede zor soyulanlar; dişbudak, huş, karaağaç, okaliptus, karakavak, akçaağaç, meşe, teak, tsuga ve cevizdir. Zor soyulanlar; ıhlamur, *carya*, servi, ardıç ve melezdır (Çolakoğlu, 2004).

#### 1.4.5.3.3. Kabuk Soyma Makine ve Aletleri

Kaplamalık tomrukların fabrikada kabuklarının soyulmasında, küçük ölçekli işletmelerde, kabuk soyma demiri veya balta kullanılır. Kapasitesi yüksek modern işletmelerde daha çok freze bıçaklarıyla donatılmış kesici bir kafaya sahip kabuk soyma makineleriyle, dönen bir halka içine monte edilmiş kazıyıcı bıçaklara sahip kabuk soyucular bulunmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

#### 1.4.5.4. Soyma Yöntemiyle Kaplama Üretimi

Günümüzde üretilen kaplamaların % 85-95'i soyma suretiyle elde edilmekte olup, çoğunlukla kontrplak yapımında kullanılmakta ve modern kontrplak endüstrisinin esasını teşkil etmektedir. Soyma kaplamasının amacı, sonsuz bir bant halinde her iki yüzü düzgün kaplama levhası elde etmektir (Çolakoğlu, 2004).

Soyma makineleri; temel levhası, ayak, kızak, kavrama kolları ve başlığı ile tahrik mekanizmasından oluşur. Kavrama kolları kavrama başlığı ile birlikte tomruğu her iki ucundaki merkezden kavrar ve ekseni etrafında döndürür. Bıçak ve basınç levhası veya makine silindirlerinden oluşan makine kızıağı sürekli olarak tomruğa doğru ilerler. Ayna mesafesine kadar işlem devam eder ve ardından merkezde kalan küçük çaplı tomruk artık olarak atılır (Çolak, 2002).



Kontrplağın özelliklerini büyük ölçüde üretildiği kaplamanın kalitesi etkiler. Kaplama kalitesi ise ağaç türüne, bunun soymaya hazırlanışına, soyma makinesi ve ayarlarına bağlıdır. Özellikle soyma makinesinin bıçak ve basınç levhasının ayarı (açı ve açıklıklar) kaplama kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Öztürk, 2012).

#### **1.4.5.5. Kaplamaların Taşınması**

Sonsuz bant halindeki soyma kaplamalar, bantlı ve sargı sistemleriyle taşınmaktadır. Bantlı taşıma sistemlerinde; soyma makinesinden alınan sonsuz bant halindeki kaplama bir salınım bandı yardımıyla kat şeklinde üst üste yerleştirilmiş transport bantları üstüne aktarılır. Transport bantlarının üzerleri dolduğunda fotosel veya mekanik bir şekilde harekete geçen bir sistemle kaplama gelişi durdurulur ve aktarma işlemi bir diğer kata verilir. Katların doldurma mekanizması doğru akım motoru ile hareket ettirilir. Katların boşaltılması ve kaplamanın makasa verilmesi makas bandı tarafından sağlanır (Çolakoğlu, 2004).

Sargı bant sistemlerinde ise; sonsuz bant halindeki kaplama bir ray üzerinde hareket eden bobinlere sarılmaktadır. Soyma işleminin başlangıcında parça halinde elde edilen kaplamalar makinenin arkasındaki bir arabada toplanır. Kaplama sonsuz bant halinde soyulmaya başlar başlamaz, parça arabası itilir ve kaplama boş bobine sarılır. Yaklaşık 70 cm'ye kadar sarma yaptıktan sonra bu dolu bobinler meyilli olan deponun rayları üzerinden boşaltma kısmına doğru kayarlar. Makas kısmında boşaltılan bobinler meyilli alt raylar üzerinden kayarak tekrar soyma makinesinin yanına gelirler. Kaplama sarma hızı, kaplama kalitesine ve kalınlığına bağlıdır (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.4.5.6. Kaplamaların Boyutlandırılması**

Soyulan kaplamalar; kurutma öncesinde veya kurutma sonrasında olmak üzere iki şekilde boyutlandırılmaktadır. Kurutma öncesinde gerçekleşen yaş boyutlandırma uygulamasında kaplama bandı öngörülen uzunlukta bölünürken diğer taraftan hataları kesilip çıkarılmaktadır. Kaplama levhalarını düzeltmek, kusurlardan temizlemek ve boyutlandırmak amacıyla kaplama levha makasları kullanılmaktadır. Tahrik mekanizmalarına göre; mekanik tahrikli makaslar, hidrolik tahrikli makaslar, doğrudan elektrik motoru ile tahrik edilen makaslar ve pnömatrik tahrikli makaslar olarak

adlandırılmaktadır. Parça halindeki kaplamalar bir istif arabası üzerine yığılarak kurutma makinesi önüne taşınmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.4.5.7. Kaplamaların Kurutulması**

Kontrplak üretimindeki kaplama kurutma işlemi, üretilen levhaların yapışma kalitesini, dayanıklılığını ve fiziksel ve mekanik özelliklerinin etkileyen bir ısı işlem aşamasıdır. Kaplama kurutma işleminin amacı, kaplamanın rutubet oranını azaltarak uygun bir yapışma işleminin yapılacağı rutubet derecesine ulaşılmalarını sağlamaktır. Bu amaç için kontrplak endüstrisinde 90 – 160 °C aralığındaki sıcaklıklar kullanılmaktadır. Yüksek kurutma sıcaklıkları kaplama kurutma süresini kısaltmakta ve kapasitenin artmasını sağlamaktadır. Kurutma süresi ve enerji tüketiminde meydana gelen bu azalma, ahşap endüstrisinde ekonomik bir fayda sağlama noktasında önemli bir potansiyel sunmaktadır. (Demir, 2014). Çok düşük rutubet derecelerine kadar kurutma ve yüksek kurutma sıcaklıkları kaplama yüzeylerinde inaktivasyona neden olarak kaplamaların ıslanabilme yetenekleri zayıflatmakta ve bu durum yapışma kalitesinin azalmasına sebebiyet verebilmektedir (Frihart ve Hunt, 2010). Kurutma sıcaklığı kaplamaların fiziksel, mekanik ve ısı iletkenlik özelliklerini etkilemektedir. Kaplama kurutma sıcaklığının kaplamaların yapışma kabiliyeti üzerine etkisinin araştırıldığı, ayrıca yüzey inaktivasyonu ile yapışma direnci arasındaki ilişkilerin incelendiği ve yüzey özellikleri için optimum koşullarının ele alındığı bir çok çalışma mevcuttur (Christiansen, 1990; Lehtinen, 1998; Frihart ve Hunt, 2010).

#### **1.4.5.8. Dar Soyma Levhalarının Kenarlarının Düzeltilerek Yan Yana Eklenmesi**

Geniş ve çok tabakalı kontrplakların üretiminde soyma suretiyle elde edilen dar kaplama levhaları birbirine eklenerek arzu edilen ölçülere getirilir. Ekonomik bakımdan da çok önemli olan bu işlem kâğıt şeritler, iplik halindeki tutkal veya şerit kullanmayan kenar yapıştırma makineleriyle gerçekleştirilir (Demirkır, 2006).

#### **1.4.5.9. Kaplama Levhalarının Tutkallanması**

Kontrplak endüstrisinde yapıştırıcı olarak sentetik tutkallar kullanılır. Bu tutkallardan üre ve fenol formaldehit en çok kullanılan türlerdir. Tutkal sürme makinelerinin esas görevi

yapıştırıcının, tutkallanacak yüzeye yeknesak bir şekilde sürülmesi ve yayılmasını sağlamaktır (Çolakoğlu, 2004).

Endüstriyel uygulamalarda tutkallama, silindirlerle sürme, püskürtme ve dökme sistemleriyle sağlanmaktadır. Bunlardan da en çok kullanılan silindri tutkal sürme makineleridir. Silindri makineler iki ve dört silindri iki gruba ayrılırlar (Çolakoğlu, 2004).

İki silindri makineler kauçuk kaplı merdanelerle tutkalı kaplama veya diğer iş makinelerinin iki yüzüne birden sürerler. Silindirlerle taşınan tutkal miktarının dozaj ayarı alt ve üst silindirlerin hemen yanına monte edilmiş bir dozaj latalarıyla sağlanır.

Dört silindri makinelerde ise; dozaj lataları yerine dozaj silindirleri kullanılır. Dozajlama ve sürme silindirleri arasında kalan boşluk tutkal içi depo görevi görür. Dozajlama ve sürme silindirlerinin birlikte dönmesi ikisi arasında bulunan tutkalın karıştırılmasına yardımcı olur. İki silindri makinelere göre sürülen tutkal daha homojen dağılır. Bu nedenle iki silindri makinelere göre daha yüksek çalışma kapasitelerine ulaşabilmektedirler. Tutkallama işleminden sonra makinelerin bakım ve temizliğinin yapılması gerekir (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.4.5.10. Kontrplak Taslağının Hazırlanması**

Tutkallama makinesinden çıkan kaplama levhaları lifleri birbirine dik gelecek şekilde üretilen tabaka sayısına göre tek sayıda olmak üzere üst üste yerleştirilirler. Bu işlem otomatik veya manuel yapılır (Çolakoğlu, 2004).

Taslak hazırlarken öncelikle alt yüz kaplaması masanın üzerine serilir. Bunun üzerine tutkallanmış levha, lifleri yüz kaplamasına dik gelecek şekilde yerleştirilerek üretilen kontrplağın kalınlığına göre bir tutkallı bir tutkalsız olmak üzere katlar sıralanır. İstenilen kalınlık elde edilince üzerine üst yüz kaplaması yerleştirilir ve kontrplak taslağı tamamlanmış olur (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.4.5.11. Kontrplak Levhaların Preslenmesi**

Levhaların preslenmesindeki amaç; üst üste dizilmiş olan levhaların yüzeylerinin tam olarak temas etmesini sağlamaktır. Presleme ön pres ve sıcak pres olmak üzere iki aşamada yapılmaktadır. Tek katlı ve çok katlı presler bulunmakta, ancak kontrplak üretimi için çok katlı presler tercih edilmektedir. Ön presleme ile tutkal odun bağı kuvvetlenir, verimlilik

artırılır ve kusurlar azaltılır. Ön pres basıncı sıcak pres basıncından % 20-30 oranında daha az olmalıdır, süresi ülkemizde 5-15 dk. olarak uygulanmaktadır. Sıcak presleme ile tam olarak yapışma sağlanır. Sıcak preslerde ısı, elektrik, yüksek frekans, buhar ve yağ ile sağlanmaktadır. Pres basıncı, ağaç türüne, özgül ağırlığına, elastikiyet ve sertliğine üst yüzeylerin özelliğine ve iç tabakanın yapısına bağlıdır. Genellikle yumuşak ağaçlar için 8-12 kg/cm<sup>2</sup>, sert ağaçlar için ise 12-18 kg/cm<sup>2</sup> olarak uygulanmaktadır. Pres sıcaklığı ise, tutkalın cinsine ve karışımı oluşturan diğer ilave maddelerin tür ve miktarına göre değişim göstermektedir. Üre formaldehit 90-120 °C, fenol formaldehit ise 140-170 °C sıcaklıklarda sertleşmektedir (Aydın vd., 2015). Pres süresi, tutkalın presteki sertleşme süresi ve uygulanan sıcaklığın orta tabakaya ulaşma zamanının toplamı kadardır. Pratikte her 1 mm levha kalınlığı için 1 dk pres süresi yeterli görülmektedir (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.4.5.12. Levhaların Boyutlandırılması**

Kontrplak sıcak presleme işleminden sonra üst üste koyularak sıcak olarak bir müddet bekletilir. Daha sonra kontrplaklar kenarlarının alınması için yan alma makinelerine verilirler. Genellikle levhaların kenarları 3-6 cm genişliğinde kesilirler.

Yan alma işleminde genellikle daire testere ve freze bıçaklı makineler kullanılır. Kullanılan daire testere sert metal uçlu olmalıdır. Freze bıçaklarıyla yapılan kesimlerde kenarlar daha düzgün çıkmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.4.5.13. Zımparalama**

Kontrplak endüstrisinde malzemenin yüzeyi zımpara veya sabit bıçaklı rende makineleriyle düzeltilir. Amaç yüzey düzgünlüğünü sağlayacak şekilde yüzeyden belli kalınlığın zımparalama ile uzaklaştırılmasıdır (Çolakoğlu, 2004). Bant zımpara makineleri ve silindirik zımpara makineleri gibi zımpara makineleri kullanılmaktadır.

#### **1.4.5.14. Tasnif ve İstifleme**

Üretimi tamamlanmış kontrplaklar ağaç türüne, kullanılan tutkala ve kalitesine göre standardize edilerek kapalı hangarlarda dış hava koşullarından etkilenmeyecek şekilde depolanmalıdır. Zemin düz ve kuru olmalı, istifler arasındaki latalar aynı kalınlık ve

genişlikte olmalıdır. Ayrıca kontrplaklar güneş ışığından da korunmalıdır (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.4.6. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar**

Önceleri kontrplak üretiminde kullanılan; hayvansal ve bitkisel esaslı tutkallar 1930'lu yılların ortalarına doğru yerini petrol veya kömür katranı esaslı sentetik tutkallara bırakmıştır (Öztürk, 2012).

Günümüzde tabakalı ağaç malzeme üretiminde değerlendirilen yapıştırıcılar sentetik reçineler olarak isimlendirilen tutkallardır (Çolakoğlu, 2004).

Sentetik reçineler, fiziksel özellikler açısından doğal reçinelere benzeyen yapay polimerlerdir. Bu reçinelerin suya karşı dayanımları doğal tutkallara göre daha yüksektir. Sentetik reçineler, termosetting (sıcaklıkta sertleşen) ve termoplastik (sıcaklıkta yumuşayan) reçineler olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır. Üre formaldehit, fenol formaldehit, melamin formaldehit, resorsin formaldehit ve fenol-resorsin formaldehit bu gruba dâhil olan yapıştırıcılardır (Eckelman, 2000).

Reçine türü, karakteristik özellikleri ve kullanım alanları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Yaygın kullanılan reçine türleri, karakteristikleri ve kullanım alanları (Çolak, 2002).

Reçine Türü	Karakteristikleri	Kullanım Alanları
Üre-Formaldehit (ÜF)	Sıcak ve soğuk sertleşebilir, asidik koşullarda ısı ve/veya katalizör ilavesi sertleşmeyi hızlandırır, soğuk suya dirençli. Formaldehit emisyon problemi vardır.	Dekoratif kontrplak, yonga levha ve lif levha. İç ortamlar için uygundur.
Fenol-Formaldehit (FF)	Normal olarak 105 °C nin üzerinde sertleşir. Genellikle yüksek alkali koşullar sertleşmeyi hızlandırır. Suya dayanıklı, koyu renklidir.	Yapı kontrplağı, OSB ve etiket yonga levha. Dış ortamlar için uygundur.
Melamin-Üre (MÜF)	Sıcakta sertleşir, ısı katalizör sertleşmeyi hızlandırır. Suya karşı orta bir direnç gösterir. Renksiz.	Dekoratif kontrplak. İç maksatlar ve sınırlı olarak dış ortamlar için uygundur.
Emülsiyon Polimer/ İzosiyanat (EPI)	Soğuk ve sıcak sertleşme. İki komponentli (bileşen) sistem, oda sıcaklığında sertleşebilir. Su ve sıcaklığa dirençli. Formaldehit ayrışması yok.	Odunun oduna veya odunsu olmayan malzemelere laminasyonunda. İç ve dış ortamlar için uygundur.
İzosiyanatlar (MDI)	Sıcakta sertleşir, su ve ısı sertleşmeyi hızlandırır. Şiddetli koşullarda suya dayanıklıdır. Renksizdir.	Etiket yonga levha OSB ve yonga levha; iç ve dış ortamlar için uygundur.
Melamin Formaldehit (MF)	Sıcakta sertleşir, ısı ve katalizör sertleşmeyi hızlandırır. Suya dirençli, renksiz, püskürtülerek kurutulmuş şekilde nakledilir.	Lamine levha, dekoratif kontrplak; sınırlı olarak dış ortamlar için uygundur.
Fenol-Resorsinol Formaldehit (FRF)	Oda sıcaklığında ve ılık sertleşir, ısı ve katalizör sertleşmeyi hızlandırır, şiddetli koşullarda suya dayanıklı, koyu renkli, özellikle zor yapışma koşulları için uygundur.	Köprü ve iskele kısımları, lamine levha ve kamyon kasası; iç ve dış koşullar için uygundur
Resorsinol Formaldehit	Soğuk veya sıcak sertleşebilir, sıcak veya katalizör sertleşmeyi hızlandırır. Şiddetli koşullarda suya dirençli, koyu renkli, özellikle zor yapışma koşulları için uygundur.	Laminatlar, gemi aksamları dış ortamlar için mobilya; ekstrem koşullar için.

#### 1.4.6.1. Üre Formaldehit Tutkalı

Üre formaldehit (ÜF) reçineleri, dünyada ağaç malzemenin yapıştırılmasında en yaygın olarak kullanılan yapıştırıcılardır (Jank, 1997; Pizzi 1994; Dunky 1988). ÜF reçineleri, üre ve formaldehit arasındaki reaksiyonun polimerik kondenzasyon ürünleridir. Üre, formaldehit ile reaksiyona girer ve bu reaksiyon sonucunda metilol bileşikleri gibi yan ürünler oluşur. Bu reaksiyondan başka suyunda uzaklaşması ile hala çözücü özelliğe sahip düşük molekül ağırlığındaki kondensatların ilave olarak yoğunlaşması ile çözünmeyen ve birleşmeyen daha yüksek molekül ağırlığındaki ürünlerin oluşumuna yol açarlar (Pizzi, 1983).

Dunky (1998)'e göre, Üre formaldehit reçineleri, doğrusal ve dallanmış oligomerik ve polimerik moleküllerden oluşmaktadır. Tepkimeye girmemiş üre, çoğunlukla depolama sırasında daha iyi stabilite sağlamada faydalıdır. Serbest formaldehitin varlığı sertleşme reaksiyonunun gerçekleşmesi için gereklidir. Ancak presleme esnasında ve sonrasında formaldehit ayrışmasına neden olmaktadır (Tan, 2011).

Üre ve formaldehit arasındaki reaksiyon iki aşamadan meydana gelir. Birincisi mono-di- ve tri-metilolüre formlarının oluştuğu alkali kondenzasyonudur. İkinci aşama tri-metilolürenin asit kondenzasyonudur. Birinci aşamadaki ürünler çözünür ve sonra çözünmeyen çapraz bağlı reçineler oluşur. Oda sıcaklığındaki alkali ortamda üre ve formaldehitin reaksiyonu tri-metilolürenin oluşumuna neden olur. Asidik ortamda, üre ve formaldehitin veya metilolürenin sulu çözeltisinde düşük molekül ağırlığındaki metilen üreler çözünürler (Demirkır, 2014). Bu aşamalar, metilol uç gruplarını içerirler ve bazen reaksiyonun devam etmesi ile de reçinenin sertleşmesini mümkün kılmaktadırlar. Mono-metilolüreler asit katalizleri yardımıyla kopolimerize olarak polimerler üretirler ve sonra çok fazla dallanır ve kuruma ile de bağlar oluştururlar (Demir, 2014).

Üre ve formaldehit arasındaki reaksiyon hızı ve seyri, çeşitli kondenzasyon kademelerindeki pH değeri, üre ve formaldehit mol oranı, kondenzasyon arasında çeşitli bileşenlerin konsantrasyonu, kondenzasyon süresi ve sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenir. Bu faktörler tutkalın molekül ağırlığının artış oranını etkilemektedir. Böylelikle reaksiyon ürünlerinin karakteristikleri ile düşük ve yüksek kondenzasyon aşamaları mukayese edildiğinde özellikle çözünürlük, viskozite, su retensiyonu ve tutkalın sertleşme oranı önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Ustaömer, 2008).

ÜF reçineleri normalde sıvı halde satılırlar, toz haldeki sertleştiricinin ilave edilmesiyle sıvı tutkalın sertleşmesi sağlanır. Tutkalın sertleşmesi reçine ve sertleştirici

kariştirildiğinde başlar. Sertleşme reaksiyonunun hızı ısı ile artar. Normal oda sıcaklığında tutkalın sertleşmesi için birkaç saat gerekirken, 80 °C'de birkaç dakika ve 125 °C'de 1 dakikadan daha az bir zaman gerekmektedir. Bazı ÜF tutkalları reçine ve sertleştiriciyi birlikte içeren toz halinde de satılmakta olup, su ilavesiyle reaksiyon başlatılabilmektedir (Demirkır, 2006).

Sıcak presleme sırasında polimerizasyon ve kondenzasyon reaksiyonları tamamlanmaktadır. Asidik koşullarda sertleşen bir tutkal türü olan üre formaldehit için en iyi sertleşme 120 °C sıcaklık ve pH: 3-4 civarında gerçekleşmektedir (Demirkır, 2006).

Üre formaldehit tutkalının avantajları aşağıda açıklanmıştır (Demirkır, 2006; Öztürk, 2012).

1. Lignoselülozik malzemelerle mükemmel bir yapışma özelliğine sahiptir.
2. Kendine özgü mükemmel bir kohezyon (bağlanma) özelliği vardır.
3. Hazırlaması ve uygulaması kolaydır.
4. Son üründe renk göstermez.
5. Kokusuzdur.
6. Tutuşmaz.
7. Kısmen opak bir özellik arz etmektedir.
8. Fiyatı ucuzdur.

Üre formaldehit tutkalının bu avantajları yanında başlıca iki dezavantajı bulunmaktadır. İlki hava ve suya karşı direnç gösterememesidir. Bu nedenle ÜF tutkalları yalnızca kapalı alanlarda kullanılmalıdır. Diğer bir dezavantajı ise formaldehit emisyonu ile etrafındakileri etkilemesidir. Bu iki dezavantaj onların kimyasal bağ yapılarından ve reçinenin yapısal karakteristiklerinin bir parçasından gelen kendisine has özellikleridir (Öztürk, 2012).

Formaldehit emisyonunun en alt seviyede olmasını isteyen birçok ülke tanıtımlar yardımıyla bunun ülkelere girmesini engelleyerek, bir kaç yıl içinde üreticileri özellikle formaldehit emisyonu sürekli olarak azalan ÜF reçineleri üretmeye zorlamıştır. Başta Almanya olmak üzere çoğu ülkelerde katı düzenlemelerin getirilmesi ÜF tutkal reçinelerinin ve düşük emisyon sistemlerinin tanınmasına, E1 sınıfı ürünlerin üretilmesine, kısa sürede formaldehit denge konsantrasyonu 0,06-0,1 ppm veya daha düşük levhaların üretilmesine, 100 gr levhadaki formaldehitin perforatör test değerlerinin 6-10 mg veya daha aşağıya inmesine neden olmuştur (Öztürk, 2012)



#### 1.4.6.2. Fenol Formaldehit Tutkalı

Fenol formaldehit (FF) reçineleri, endüstriyel olarak bir katalizörün varlığında fenol ve formaldehitin reaksiyonu ile üretilmektedir. FF reçineleri genel olarak, kullanılan katalizörün türüne ve reaksiyona giren ürünlerin mol oranları esas alınarak novalak ve resol olarak adlandırılan iki gruba ayrılır. Bu iki reçine türü, uygulama ve özellikleri açısından birbirlerinden önemli derecede farklıdır (Schmidt, 1988).

Novalaklar asidik koşullar altında (pH:1-6) formaldehitin aşırı miktarda fenol ile reaksiyonu sonucunda elde edilirler. Tipik fenol/formaldehit oranları yaklaşık olarak 1:0,70-0,85'tir. En yaygın olan endüstriyel katalizörler; okzalik, hidroklorik, sülfürik, fosforik ve toluen sülfonik asitlerdir (Schmidt, 1988). Normal şartlar altında novalak reçineleri oldukça stabildir. Higroskopik olup, kuru yerlerde depolanmalıdır (Öztürk, 2012). Resol ise alkali şartlar altında üretilen fenolik bir reçinedir. Formaldehitin mol oranı fenole göre daha yüksektir. Odun yapıştırmada kullanılan Resol reçinesi için; formaldehit/fenol mol oranı 1,6/1,0 ile 2,5/1,0 arasındadır (Baldwin, 1995). Bu oran kontrplak üretimi için kullanılacak olan FF reçinesinde 2/1 kadar olabilir. Formaldehitin fazla olması sertleşmiş durumda mükemmel bir rutubet direnci, düşük tutuşma kabiliyeti, yüksek çekme direnci ve iyi bir boyutsal stabilite ile sonuçlanan bir çapraz bağlama yoğunluğu sağlar (Baldwin, 1995). Buna göre; formaldehit/fenol mol oranının artmasıyla reçinenin direnç özellikleri artma gösterirken sertleşme süresi kısalmaktadır (Tan, 2011).

Fenolün formaldehide oranı 1:1,8-1:2,2 arasında değişmektedir. Depolama süresi birkaç saatten birkaç aya kadar olabilir. Düşük sıcaklıklarda depolanması tavsiye edilir. pH derecesinin değişmemesi gerekmektedir. Yüksek alkali miktarı kullanım yerinde daha fazla su absorbe etmesine neden olur. Fenolik reçineler üre reçinelerine göre daha yavaş sertleşirler. Daha yüksek pres sıcaklığı kullanılır. Katalizörler presleme süresini kısaltır. Tutkal sertleştikten sonra sığa ve kimyasal maddelere karşı direnç kazanır. Fenolik reçineler oldukça yüksek molekül ağırlığındadır. Dayanıklı, sert ve suya karşı dirençli yapılmalar sağlamaktadır (Öztürk, 2012).

#### 1.4.6.3. Melamin Formaldehit ve Melamin Üre Formaldehit Tutkalları

Melamin-formaldehit (MF) reçineleri de aminoaldehit ürünüdür, ancak üretimleri ÜF reçinelerine nazaran çok daha masraflıdır (Öztürk, 2012). Suya karşı yüksek dirençli oluşu,

MF reçineleri ÜF reçinelerinden ayıran en önemli özelliktir. Melamin formaldehit reçineleri, koyu rengin mahsurlu görüldüğü ve dayanıklılık bakımından fenol reçinelerinin özelliklerinin istendiği yerlerde ve az miktarda sert odun kontrplaklarının yapımında kullanılmaktadır (Ustaömer, 2008). Açık renkli mükemmel bir dayanıklılığa sahip olan melamin formaldehit tutkalı, 60-70 °C sıcaklıkta sertleşebilmektedir. Bununla birlikte, birçok uygulama için sertleşme sıcaklığı en az 115 °C'dir (Çolakoğlu vd., 2002).

Melamin reçineleri, üre reçineleri ile birlikte kullanılabilen ve böylece pahalı olan melamin reçinelerini daha ucuz bir şekilde değerlendirmek mümkün olabilmektedir (Ustaömer, 2008). Melamin üre reçinesi sıcak pres tutkallarının özel bir grubudur. Kuru toz halindeki üre ve melamin reçinelerinin karışımıyla veya iki ayrı reçinenin solüsyon halindeki karışımıyla üretilir. Hangi şekilde hazırlanırsa hazırlansın genellikle piyasaya toz halinde sunulur. Kullanılacağı zaman su ve katalizör ilave edilerek hazırlanması daha yaygındır. Bu tür reçineyle kontrplak yada LVL üretmek için pres sıcaklığı, MF ve ÜF'de olduğu gibi, 115-125 °C kadar olmalıdır. Özellikle dekoratif sert ağaç kontrplaklarda, renksiz, üre reçinesine göre daha dirençli, melamin ve resorsinol reçinelerine göre daha ucuz olması gibi üstünlükleri vardır (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.4.6.4. Resorsin Formaldehit Tutkalı**

Resorsin-Formaldehit tutkalı: iki kimyasal başlangıç maddesinden üretilmektedir. Resorsin kırmızı kahve renkli pullar biçiminde bir maddedir. Formaldehit ise suda çözülmüş haldedir. Üretim sırasında katılan formaldehit miktarı reaksiyonun sonuna kadar gitmesini sağlayacak miktarda değildir. Kullanımdan önce tutkalın karıştırılması basitçe reaksiyonu tamamlayacak olan formaldehitin ilave edilmesinden ibarettir (Öztürk, 2012).

Kondenzasyon olayı pH: 3,5-4,5 arasında yavaş yavaş yürür, alkali veya asit ortamda ise hızlanır. Nötr ortamda resorsin reçinesi en stabil durumdadır. Daha sonra dayanıklı olduğu kuvvetli asit (okzal, sirke, limon asidi) ve alkali (etanolamin veya trietanolamin) de sertleşir (Öztürk, 2012).

Resorsin tutkalları iklim şartları ve kimyasal etkilere dayanıklı, sudan etkilenmeyen bir bağlama sağladığı gibi böcek ve mikroorganizmalara karşı da dayanıklı durumdadır. Bunlar, oda sıcaklığı veya vasat sıcaklıkta katılaştıkları takdirde bu performansı sağlayabilen birkaç tutkaldan biridir. Bazı tabakalı ağaç malzeme üreten fabrikalarda silindirik tutkal sürme düzeni kullanılarak tutkallama yapılmaktadır. İnşaat alanında bu

tutkalı kullanmak için daha çok sık bir kıl fırça veya boyacı silindiri yeterli olmaktadır. Yapıştırılacak malzemenin rutubeti de kontrol edilmeli ve ayarlanmalıdır (Öztürk, 2012).

#### **1.4.6.5. Diğer Yapıştırıcılar**

Yukarıda bahsi geçen sentetik reçinelerin pahalı olması ve özellikle 1970’li yılların başlarında yaşanan petrol krizi, zengin fenolik yapılara sahip tanen ve lignin gibi maddelerin yapıştırıcı olarak değerlendirilmesi çalışmalarına önem verilmesine neden olmuştur (Ustaömer, 2008). Kazein, soya ve kan tutkalları yanında, tanen ve sülfat atık suyu da son zamanlarda yapıştırıcı olarak kullanılmaya başlanmıştır (Aydın, 2004).

Tanenler olarak bilinen doğal polifenoller, dış maksatlarda kullanılan tutkalların hammaddesini oluşturmakta, bunlar odun ve kabuklardan elde edilmektedir. Mimoza ve Kebrako, en önemli tanen kaynaklarıdır. Kebrako odun ve kabuktan ekstraksiyon yolu ile elde edilmektedir. Bu madde formaldehit ile reaksiyona tabi tutulduğunda, suya dayanıklı ve suda çözünmeyen bir reçine oluşmaktadır (Aydın, 2004).

##### **1.4.6.5.1. Epoksi Tutkalı**

Epoksi polimer bir bileşiktir. Kimyasal yapısı nedeniyle dayanıklı ve sertliği yüksek, dış etkenlere dirençli ve boyutları kararlıdır. Termoset plastik (eritildiğinde tekrar kullanılmayan ve kimyasal yapıları değişen plastikler) grubunun içerisinde yer almaktadır. Epoksi ve poliüretan esaslı kalıp reçineleri kalıpçılar ve modelciler için geliştirilmiş ürünlerdir. Çekme yüzdesi çok azdır (% 0,1). Genellikle kalıp reçineleri oda sıcaklığında sertleşir. Bazı reçinelerinse 100 °C’nin üzerindeki sıcaklıklarda fırınlanması gerekir. Epoksi ve poliüretan kalıp reçinelerinin, herhangi bir modeli ya da kalıbı kısa sürede ve çok ucuza yapabilme gibi avantajları vardır. Aynı model için naylon, PVC ya da polietilen kullanmak daha zordur. Epoksi ve poliüretan reçinelerin yapışma özelliği çok yüksektir. Bu nedenle katlar halinde uygulanabilir. Düşük çekme özelliği nedeni ile küçük toleranslarda çalışılabilir. Bu özellik polysterde yoktur (Tan, 2011).

Epoksi reçineleri polyster ve epoksi grubunun kimyasal bileşimidir. Epoksi reçinesi, fenol-formaldehit, üre-formaldehit, naylon, asit veya asit eriyikleriyle kimyasal bileşik teşkil ederler. Epoksi reçinelerinin özgül ağırlığı 1,11 g/cm<sup>3</sup> ile 1,80 g/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. İyi esneme ve çekme dayanımına sahip olan bu tür plâstikler, cam elyafı dolgu maddesiyle

güçlendirildiğinde çekme dayanımı 4,6 kg/mm<sup>2</sup>'ye kadar ulaşır. Aşınmaya karşı dayanıklı, yapıştırma özelliği fazla ve çekme payı miktarı oldukça azdır. Özel dolgu maddesiyle güçlendirildiğinde 315 °C sıcaklığa kadar dayanım gösterebilir (Tan, 2011).

#### **1.4.6.5.2. İzosiyanat Tutkalı**

İzosiyanat tutkalları odun yüzeyini kolayca ıslatabilmekte ve düşük molekül ağırlığı sayesinde ağaç malzeme içerisine iyi bir şekilde penetre olmaktadır. Fenol formaldehitten daha pahalı tutkallardır. Termal stabilitesi fenol formaldehit kadar iyi değildir, ancak daha hızlı sertleşir. Yapısındaki zehirli maddeler nedeniyle taşınmasında zorluklar olsa da, bu tutkalın en önemli avantajı, formaldehit emisyonunun olmayışındır (Demirkır, 2006).

Fiyatlarının yüksek olması, uygulanmasındaki teknik güçlükler ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkiler nedeniyle ticari uygulamalarda çok fazla yer almamıştır (Öztürk, 2012).

#### **1.4.7. Dolgu ve Katkı Maddeleri**

Kontrplak endüstrisinde kullanılan tutkal türüne, kullanım yeri, odun türü, tutkallama metotları ve pres şartlarına göre çeşitli miktarlarda dolgu ve katkı maddeleri ilave edilmektedir. Birçok literatürde kontrplak üretimi için, dolgu ve katkı maddelerinin tutkala ilavesiyle sağlanabilecek faydalar belirtilmiş ve genel olarak proteinli ve nişastalı maddeler katkı, lignoselülozik maddeler ise dolgu maddeleri olarak tanımlanmıştır. ASTM-D-907-82 (ASTM D 907, 1982) de katkı maddeleri, nispeten az miktarda yapıştırma özelliğine sahip, birim alana sürülen esas yapıştırıcının miktarını azaltmak için tutkala ilave edilen maddeler, dolgu maddeleri ise genellikle yapıştırma özelliği olmayan ve tutkala, onun çalışma özelliklerini, yeknesak dağılımını, direncini veya diğer özelliklerini iyileştirmek için ilave edilen maddeler olarak tanımlanmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

Katkı maddesinin (buğday, çavdar, patates, soya, mısır gibi proteinli ve nişastalı tahıl ve baklagil unları) tutkala ilavesiyle; tutkal karışımının viskozitesi ayarlanmakta, makine ile sürülmesi kolaylaşmakta, kaplama yüzeyinin ıslanabilme yeteneği artmakta, tutkalın kaplama içerisine geçişini (penetrasyonunu) engellemekte, sertleşmiş üre reçinesinin gevrekliğini ve tutkal hattında gerilimleri önemli oranda azaltmakta ve sıcak preste tutkalın viskozitesinin azalmasını engellemektedir. Ayrıca yoğunluğu fazla yapıdaki odunlarda daha

güçlü adezyon, tutkallanmış kaplamaların preslenmeden önce bekleme sürelerinde daha uzun tolerans ve ön preste odun ve tutkal arasında daha kuvvetli bir bağ oluşumu sağlamaktadır (Çolakoğlu, 2004).

Dolgu maddeleri; kaplamalarda hücreleri boşlukları çatlakları ve diğer yüzey pürüzlüklerini doldurarak poroziteyi azaltmakta ve böylece tutkal çözeltisi dolgu maddesi üzerinde yayılıp, odun tarafından tamamen absorbe edilemeyerek tutkal hattı üzerinde kalabilmektedir. Tutkal çözeltisi içinde sınırlı miktarlarda ve yeteri kadar inceltilmiş dolgu maddeleri yapışma direncini önemli oranda etkilememekte, oran arttıkça tutkal çözeltisinin kaplama yüzeyine makinelerle sürülmesi veya püskürtülmesi zorlaşmakta ve tutkal-odun bağının zayıflamasına neden olmaktadır. ABD’de yapı kontrplaklarında katı haldeki FF tutkalına % 25-30 oranında dolgu maddesi ilave edilmekte ve bu tür kontrplak üretiminde tüketilen toplam dolgu maddelerinin % 38,5’ini furafile teşkil etmektedir. Aynı ülkede ÜF tutkalının kullanıldığı genel amaçlı sert ağaç kontrplaklarında, katı haldeki tutkala oranla % 8-15 arasında dolgu maddesi katılmakta ve bunun için daha çok ceviz kabuğu unu kullanılmaktadır. ABD’de katkı maddesi olarak ÜF ve FF tutkalları için buğday, Almanya’da ise çavdar unu tercih edilmektedir (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.4.7.1. Sertleştiriciler**

Tutkal çözeltisi presleme anına kadar herhangi bir sertleşme göstermemeli, presleme sırasında ise kısa sürede sertleşmelidir. Kontrplak üretiminde kullanılan FF tutkalı alkali ortamda sertleştiğinden yapıştırmada sertleştiriciye lüzum yoktur. ÜF tutkalında ise amonyum klorür ve amonyum sülfat gibi sertleştiriciler kullanılmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

#### **1.5. LVL’nin Dünya’daki Kullanımı**

Özellikle Kuzey Amerika’da son zamanlarda yapısal LVL kullanımı hızlı bir şekilde artmaktadır. Yapısal LVL’nin % 61’i I kirişlerde, %31’i kafes ve kiriş kolonları olarak kullanılırken geri kalan kısmı ise yük taşıyıcı duvarlar olarak kullanılmaktadır. Mimari alanda LVL üzerine yapılan araştırmalar, özellikle Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Kanada gibi ülkelerde büyük ölçekli sanayileşme seviyesine ulaşmıştır. Bu ülkelerde, ABD, inşaat sektöründeki LVL’yi üreten altı şirket ile dünyanın en büyük yapısal LVL üreticisi ve tüketicisidir (Chen vd., 2016). 2012 yılında, Kuzey Amerika’da LVL üretimi, 18 farklı

tesiste 1.2 milyon m<sup>3</sup> iken, 2013 yılında ise üretim % 14'ten fazla artmıştır (URL-1, 2017). Kanada'da yapısal LVL üreten üç firma bulunurken, Japonya' da dört üretim hattı olup üretim kapasitesi Kanada'nın yaklaşık iki katıdır. Çin'de LVL'nin yıllık üretimi yaklaşık 2 milyon m<sup>3</sup> civarındadır (Nasreen vd., 2015); bu üretim ve uygulama, mobilya ve iç mekan uygulamaları gibi katma değeri düşük alanlardaki yapısal olmayan kullanımla sınırlı kalmaktadır. Bununla birlikte, Çin'deki ahşap yapıların gelişimiyle birlikte, yapısal LVL'ye olan talep artmaktadır (Javed vd., 2015).

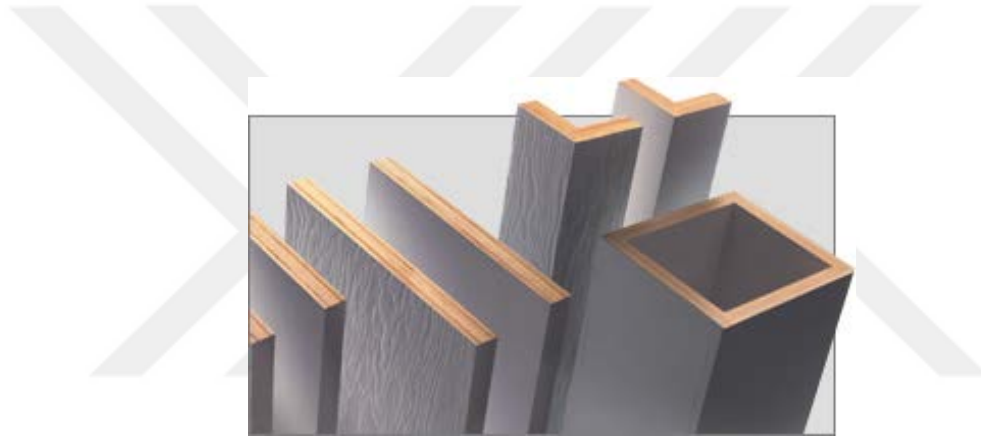
Odun kaplamalar LVL'yi oluştururken birbirine lif yönleri paralel olacak şekilde dizilirler. Yani LVL'nin tabakalarını oluşturan her bir kaplamanın lif yönü üretimi tamamlanmış LVL'nin uzunluğuna paraleldir. Finlandiya'daki LVL fabrikasında bazı son kullanım amaçları için kaplamaların yaklaşık %20'si kadarı diğer kaplamalara dik olarak yerleştirilmektedir. Bu ürün, Finlandiya'da Kerto Q-LVL olarak adlandırılmıştır. Ancak kaplamaların paralel şekilde düzenlenmesi daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bükme mobilya üretiminde kullanılacak LVL'lerde katların lif yönünün paralel düzenlenmesi gerekir. Kaplamaların kalınlıkları 2,5 mm ile 6,4 mm arasında değişmektedir. Ancak genelde 3,0 – 3,2 mm kalınlıklar kullanılmaktadır. LVL kalınlıkları ise normalde 19 – 45 mm arasında olup, fakat istenirse 89 mm kalınlığa kadar üretilebilir. LVL 1800 mm genişliğe kadar üretilmektedir. Yeni kurulan Finlândia'da ki fabrikada ise üretilecek LVL genişlikleri 2500 mm'ye kadar, uzunlukları ise 24 m'ye kadar olacaktır (Çolakoğlu, 2010).

### **1.5.1. LVL'nin Uygulama Alanları**

Uygulama alanları kıtalar ve ülkelere göre değişmektedir. LVL genelde yapısal ya da yapısal olmayan konstrüksiyon amaçları ile kullanılmaktadır. Ancak Türkiye'de bu tür kullanım alanı şimdilik yaygın değildir. Kuzey Amerika'da en genel uygulaması aşağıdaki resimde gösterilen prefabrik I-kirişlerin kenar malzemesi olarak değerlendirilmesidir. Bir kısmı da bina konstrüksiyonlarında direk olarak kullanılmaktadır. Çok az kısmı da yapı iskelesi kalası ve değişik formlarda beton kalıbı olarak üretilmektedir. Ayrıca bir fabrikada lamine kağıtlarla kaplanmış şekliyle Clear Lam ticari adıyla üretilmektedir.



Şekil 8. Prefabrik I.krişlerinin uç kısımlarında LVL'nin kullanımı A) Panel kısmı sert lif levha. B) Panel kısmı OSB. C) Panel kısmı kontrplak (Woodhand book-Glued Structural Members, FPL)

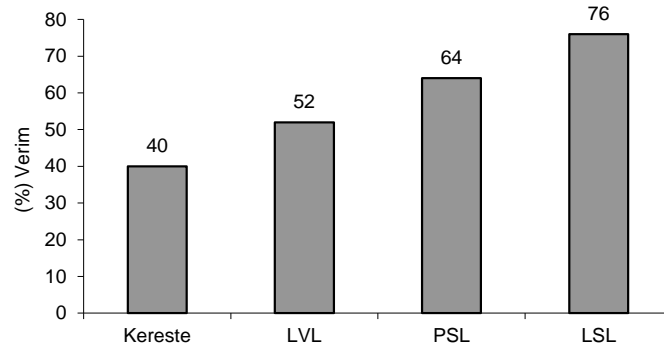


Şekil 9. Orta yoğunlukta overlay ile kaplanmış LVL örnekleri

Avrupa'da LVL'nin direk ve kiriş olarak kullanımı yaygındır. Finlandiya'da geniş I-Krişleri de (Kerto Q-LVL) üretilmektedir. Almanya'da çok büyük boyutlu mühendislik malzemeleri olarak yapılarda kullanılmaktadır. Ayrıca aynı ülkede onarım ve restorasyon çalışmalarında da değerlendirilmektedir. Orta Avrupa'da özellikle İsviçre'de Kerto Q-LVL çatıların kaplanmasında kullanılırken, Fransa'da ise kapı çerçevelerinde değerlendirilmektedir. ABD ve Avrupa'da bazı köprülerde LVL plakaları da kullanılmaktadır. Üretilen LVL az bir kısmı da mobilya endüstrisi ile kapı ve pencere çerçevelerinin üretiminde değerlendirilmektedir. Kamyon, gemi ve vagon döşemeleri içinde üretilmektedir. LVL Türkiye'de mobilya sektöründe özellikle sandalye ve koltuk yapımında geniş uygulama alanı bulmuştur. Ahşap yat imalatında son zamanlarda suya dayanıklı sentetik tutkallarla üretilmiş bükme LVL kullanımı da oldukça fazladır (Çolakoğlu, 2010).

### 1.5.2. LVL'nin Avantajları ve Dezavantajları

LVL, masif keresteye göre direnç, performans, kullanılabilir boyutlar, geometrik tutarlılık, boyutsal kararlılık ve kimyasallarla işlenebilirlik gibi birçok avantajlara sahiptir. Endüstriyel üretimlerde üretim yöntemlerinin iyileştirilmesi ve odundan yapılmış ürünlere olan talebin artması, yüksek kalitedeki talebi de artıracaktır. Diğer taraftan tomruk kaynaklarında artan bir azalma vardır. Şekil 10'da gösterilen grafikte bir tomruktan masif kereste üretmek durumunda artık miktarı daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bu bakımdan LVL, azalan hammadde kaynaklarını daha iyi değerlendirilmesi açısından da faydalıdır. Tomruklarda bulunan ve odun özelliklerini olumsuz yönde etkileyen, budak, lif düzensizliği ve diğer doğal kusurların direnç, dayanıklılık ve odunun fiziksel özelliklerine olumsuz etkileri LVL üretimi için kullanılan kaplamalarda yüzeylere yayılmış olduğu için daha azdır. LVL'de kaliteli kaplamaların direnç özelliklerini iyileştirmek bakımından çok daha etkili yerlerde kullanılması bu kusurlardan kaynaklanan olumsuzlukların etkisini azaltmaktadır. LVL'nin sertlik ve direncinde varyasyon katsayısı % 10-15 arasında iken, masif yapı kerestesinde % 25-40 kadardır. Bu direnç özellikleri bakımından LVL'nin daha homojen bir yapıda olduğunu gösterir. Boyutsal kararlılığı masif keresteden çok daha iyidir (Çolakoğlu, 2010).



Şekil 10. Bir tomruktan faydalanma oranının keresteye göre karşılaştırılması (Nelson 1997).

LVL'nin sakıncaları ise, öncelikle kaplama üretimi için uygun özelliklere sahip tomrukların bulunması gereklidir. Bilindiği gibi soyma kaplamalık tomruklar; silindirik



gövde, yeterli çap ve boyutlara sahip olmalı ayrıca kusurlar en az miktarda bulunmalıdır. Yumuşak ağaç odunlarından elde edilen kaplamaların kalınlık yönündeki çekme direnci çok fazla değişme göstermektedir. Bu özellik levhanın kenarındaki mekanik bağlantıların direncini azalmasına neden olabilir (Çolakoğlu, 2010).

### 1.5.3. LVL Üretim Teknolojisi

#### 1.5.3.1. Ağaç Türü Seçimi

LVL'nin direnç değerleri büyük oranda katları oluşturan kaplamaların ve dolayısıyla bunların elde edildiği ağaç türü ve tomrukların özelliklerine bağlıdır. Çeşitli odun kusurları (lif kıvrıklığı, çatlak, budak, kurt yeniği, çürüklük v.b.) içeren tomruklardan elde edilen kaplamalardan üretilen LVL'nin direnç değerlerinde kusurun derecesine göre bir azalma olmaktadır. Bunu önlemek için direnç değerlerini önemli miktarda azaltıcı etki yapan kusurlardan arındırılmış kaplamaların kullanılması tavsiye edilmektedir (Anonim, 1999).

LVL ve Glulam yapılarda taşıyıcı olarak kullanıldığı için yüksek mekanik direnç gereklidir. Bu bakımdan ağaç türünün direnç değerleri ve yapışma kabiliyeti büyük önem taşımaktadır. Ağaç türünde reçine ve ekstraktif madde oranının fazla olması tutkal bağını zayıflatıcı etki yapar. Bu da direnç azalmasına neden olur. Ayrıca ağaç türünün bükülebilme özelliği özellikle kavisli yapı elemanlarında aranan bir özelliktir. Yapraklı ağaçlar iğne yapraklılara göre daha iyi bükülebilme özelliğine sahiptir (Anonim, 1999).

LVL üretiminde ağaç cinsi olarak Avrupa'da genellikle ladin ve göknar, ABD'de ise douglas göknarı ve güney çamları (Southern pine) kullanılmaktadır. Ülkemizde; ladin, göknar ve çam cinsleri kullanılmaktadır. Mobilya ve dekorasyon amaçlı küçük boyutlu lamine malzeme üretiminde genelde yapraklı ağaçlardan kayın ve huş değerlendirilmektedir (Anonim, 1999).

LVL soyma kaplamalardan üretilir. Kuzey Amerika'da standart kontrplak kaplama ölçüleri ve LVL üreticileri kaplamaları kontrplak fabrikalarından satın alırlar. Avrupa'da kullanacakları kaplamaları fabrikalar üretmektedir. Amerika'da douglas ve güney çamı yaygın olarak kullanılmaktadır. Avrupa'daki fabrikalar ise Avrupa ladini (*Picea abies*) ve çamı tercih etmektedir. Bunların dışında; sitka ladini, sahil çamı, radiata çamı, veymut çamı, kauçuk (*Hevea brasiliensis*), okaliptüs, kavak ve söğüt gösterilebilir. Türkiye'de ise mobilya üretiminde kullanılan LVL'ler genelde kayın odunundandır (Çolakoğlu, 2005; Tan, 2011).

### 1.5.3.2. Kaplamaların Hazırlanması

LVL üretiminde kullanılan kaplamalar, uygun ağaç türlerinden seçilmiş tomruklardan soyma kaplama makinelerinde yaklaşık 2-4 mm kalınlıklarda elde edilirler. Kaplamalar elde edildikten sonra direnç azaltıcı kusurlu kısımlar kesilerek uzaklaştırılır ve boyutlandırılarak kurutma makinelerinde yaklaşık % 6-12 rutubete kadar kurutulur. Kurutulan kaplamalar üretilen malzemenin boyutları dikkate alınarak istenilen genişliklerde makaslarda kesilerek gerekirse uç uca veya yan yana ekleme işlemine hazırlanır. Kaplamaların hangi rutubete kadar kurutulacağı üretilen malzemenin kullanım yerine göre değişmektedir. Kaplamaların sahip olması tavsiye edilen rutubet miktarları: Her tarafı açık yapılar %  $18 \pm 6$ , yalnız üstü kapalı yapılar %  $15 \pm 3$ , kalorifersiz kapalı yapılar %  $12 \pm 3$ , kaloriferli kapalı yapılar %  $9 \pm 3$  değerlerinde olmaktadır (Akbulut, 2008).

İyi bir tutkal bağlantısı sağlayabilmek için kaplama yüzeylerinin düzgün ve temiz, tutkal tabakası kalınlığının da yeterli olması gerekmektedir. LVL üretilen kaplama yüzeylerinin düzgünlüğü soyma makinesindeki ayarlar ile kaplamanın elde edildiği tomruğun özelliklerine bağlıdır. LVL üretiminde kullanılan kaplamalar gerekirse alın altına ya da bindirme suretiyle uç uca eklenebilir (Akbulut, 2008; Tan, 2011).

### 1.5.3.3. Tutkallama

Üretilen malzemenin kullanım yerine uygun yapıştırıcı seçilmelidir. Üretimde; fenol-formaldehit (FF), melamin-üre formaldehit (MÜF), fenol-rezorsin formaldehit (FRF) gibi yapıştırıcılar yanında PVA, poliüretan, ve epoksi türü yapıştırıcılar da kullanılmaktadır. Kullanılacak tutkal türüne göre presleme şartları değişir. Kullanılacak yapıştırıcı şu özelliklere sahip olmalıdır (Bozkurt ve Kurtoğlu, 1979);

1. Tutkalla yapıştırılmış malzeme çeşitli dış etkilerin uzun süreli tesirinden sonra da direncini kaybetmemelidir.
2. Tutkal tabakası direnci yapıştırılmış odunun direncinden daha büyük olmalıdır.
3. Tutkal yapıştırılan malzeme dış hava şartlarına, kimyasal maddelere, mantar ve küflere karşı dayanıklı olmalıdır.
4. Tutkalın hazırlanması kolay ve basit olmalıdır.
5. Tutkalın kullanma süresi oldukça uzun olmalıdır.

6. Tutkal ağaç malzeme üzerine ince bir tabaka halinde el aletleri ve makinelerle kolayca sürülebilmelidir.

7. Sürülme esnasında tutkal viskozitesinin düşük, fakat sertleşmesi esnasında ise yüksek olması gerekmektedir. Yani sürülen yüzeyin iç kısımlarına geçerek yapıştırma yüzeyindeki miktarı azalmamalıdır.

8. Tutkal miktarı ve tutkallama süresi kaliteyi etkilemeyecek şekilde az olmalıdır. Bu malzemenin maliyeti bakımından önemli bulunmaktadır.

9. Tutkal normal sıcaklıkta sertleşmeli, sertleşme sırasında ve daha sonra gerilmelere neden olabilen ölçü değişmelerine sebebiyet vermemelidir.

10. Tutkal ucuz olmalıdır.

11. Tutkalın depolama süresi uzun olmalıdır.

Sürülmeye hazır duruma getirilmiş tutkal küçük yüzeylere basit bir fırça ile, elle hareket ettirilebilen levha veya silindir ile sürülmekte, büyük yüzeylerin tutkallanmasında ise özel otomatik ayarlı püskürtme ve akıtma makineleri kullanılmaktadır. Seri üretimde otomatik ayarlı modern makinelerin kullanılması daha ekonomik olmaktadır. Tutkal karışımının kullanma süresi tutkal türüne bağlı bulunmaktadır. Bu süre tutkallama esnasında hakim olan sıcaklık ile azalmaktadır. Sıcaklığın 15 °C'nin altına düşmemesi gerekmektedir. Tutkalın sürülme şekli, tutkal tabakasının yeknesaklığı, tutkallanan yüzeyin özellikleri ve sürülme hızı göz önünde tutularak seçilmelidir. Tutkallamada tutkallanan yüzeyin tutma yeteneği, tutkalın malzeme içine nüfuzu, bir m<sup>2</sup> için tutkal sarfiyatı ve fiyat önemli rol oynamaktadır. Tutkal kullanımı g/m<sup>2</sup> olarak verilmektedir. Yüzeylerinden yapıştırılan kerestelerin her iki yüzünün de ayrı ayrı tutkallanması gerekmektedir. Basınç ile sıkıştırmadan sonra tutkal tabakası kenarından ince bir çizgi halinde tutkal sızmalıdır. Hiç sızıntı olmaması halinde eksik tutkal sürümü olabilir (Bozkurt ve Kurtoğlu, 1979).

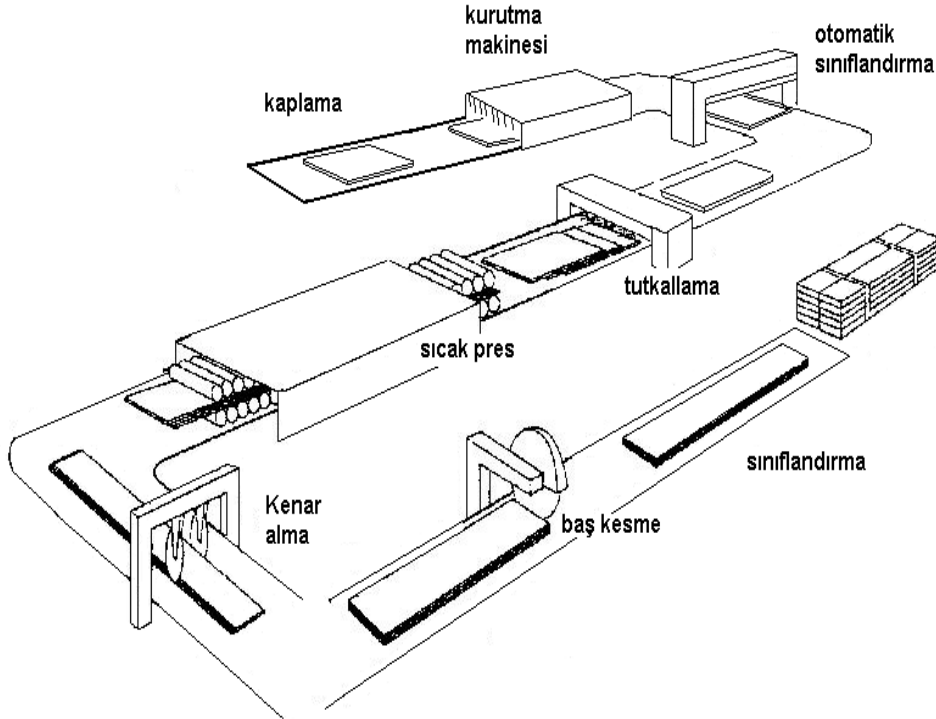
Tutkallama işlemi yapılacak yerin sıcaklığı 15-20 °C olmalı, 20 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tutkalın sürülme özelliğini kaybetmemesine dikkat edilmelidir. Tutkalın hazırlama aşamasında kirlenmemesi için tutkal hazırlama ünitesinin üretim hattından ayrı bir yerde olması tavsiye edilir (Bozkurt ve Kurtoğlu, 1979; Tan, 2011).

#### **1.5.3.4. Presleme**

LVL üretiminde, tutkallanan ve uç uca eklenen kaplamalar lifleri birbirine paralel olacak şekilde ve üretilmek istenen malzemenin kalınlığına göre yeterli sayıda üst üste

konulmak suretiyle taslak hazırlanır. Hazırlanan taslaklar düz veya form verilmiş preslere nakledilerek, kullanılan tutkala göre yalnız basınç ya da sıcaklık ve basınç altında preslenmek suretiyle yapıştırma işlemi sağlanır. Yapıştırma için gerekli basınç miktarı 0.6-1.2 N/mm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Yeterli olmayan basınç tutkal tabakasının daha kalın olmasına sebebiyet vermektedir. Gereğinden fazla basınç ise tutkalın yan taraflardan dışarıya sızmasına veya odun içine nüfuzuna neden olmakta ve böylece de hatalı yapışmalara sebebiyet vermektedir. Presleme süresi soğukta sertleşen tutkallar için, tutkalın sertleşme süresi ve ortamın sıcaklığına bağlı olup, tutkal türüne göre 2-8 saat arasındadır. LVL üretiminde sıcakta sertleşen tutkallar için, buhar veya kızgın yağ ile ısıtılan preslerde presleme süresi üretilen malzemenin kalınlığına bağlı olarak 105-150 °C’de yaklaşık 5-20 dakikada gerçekleşebilmektedir. Sıcakta sertleşen tutkallar için yüksek frekansla ısıtılan preslerin kullanılması daha uygun olabilmektedir (Akbulut, 2008).

Kullanılan tutkal türü ve üretilen panel kalınlığına göre presleme şartları değişmektedir. LVL kalınlıkları kontrplak kalınlıklarından fazla olması nedeniyle pres süresini azaltmak için mikro dalga yöntemiyle ön ısıtma ya da yüksek frekanslı ısıtma işlemi uygulanabilir (Çolakoğlu, 2005).



Şekil 8. LVL üretiminin şematik olarak görünümü

### 1.5.3.5. LVL Üretimi ile İlgili Genel Bilgiler

LVL farklı ağaç türlerindeki soyma kaplamalardan üretilir. Kaplamaların tasnifi ya da sınıflandırılması yoğunluk ve görünüş özelliklerine göre yapılmaktadır. Genelde düşük kalitedeki kaplamalar orta tabakalarda kullanılmaktadır. Direnç özelliklerine göre genelde üç sınıfa ayrılmaktadır. Ayrıca dış tabakalardaki kaplamaların görünüş ve renklerine göre sınıflara ayrılmaktadır.

Amerika'da üretilen ve yapıda kullanılacak LVL'de yapıştırıcı olarak genelde fenol formaldehit tutkalı kullanılmaktadır. Ancak Avrupa'da dış ortamlarda ve tekne-yat üretiminde kullanılacak LVL'lerde melamin formaldehit, melamin-üre formaldehit ve poliüretan tutkalları da yapıştırıcı olarak kullanılmaktadır. Bahçe mobilyası hariç diğer mobilyada kullanılacak LVL'lerde yapıştırıcı olarak Üre formaldehit tutkalı tercih edilmektedir. Yapıştırıcının tatbik edilmesi silindirlerle sürme, perdeleme (akma) ya da püskürtme gibi yöntemlerle yapılmaktadır. Katı haldeki tutkal miktarı LVL'nin ağırlığının % 6-7'si kadardır.

Pres sıcaklığı 125 – 150 °C arasında değişmektedir. Diğer üretim şartları kontrplak üretimin de anlatılmıştır. LVL'nin yanma özellikleri masif kereste gibidir. Tutkalla yapıştırılmış olması yanmaya karşı koymasını engellemez. Ayrıca fenol formaldehit ile üretilmiş olanlarda tutkal hattı bağ direnci ısıdan etkilenmez. Yanmaya karşı korunmuş olarak sınıflandırılmış bir LVL taban veya tavan döşeme elemanı olarak performansı aynı maddelerle emprenye edilmiş masif odun ve lamine kereste (GLULAM) gibidir (Çolakoğlu, 2010).

### 1.6. Tabakalı Ağaç Malzemeler ile İlgili Çalışmalar

Aydın (2004) tarafından yapılan çalışmada, Doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*), Sakallı kızılgağaç (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata*) ve Doğu ladini (*Picea orientalis L.*) odunlarından elde edilen soyma kaplama levhalarının yüzey pürüzlülüğü, ıslanabilme yeteneği, pH ve tampon kapasitesi ile bu kaplamalardan üretilen kontrplakların yapışma direnci, eğilme direnci ve rutubet değerleri üzerine tomruk buharlama işlemi, kaplama kurutma sıcaklığı, yüzey düzgünlüğü, emprenye işlemi ve kaplama yüzeylerinde meydana gelen eskime gibi faktörlerin etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak; kaplama kurutma sıcaklığı yükseldikçe yüzey pürüzlülüğü artmış, ıslanabilme yeteneği kötüleşmiş ve denge

rutubeti miktarı azalmıştır. Emprenye işleminden sonra kontrplakların denge rutubeti ve tutkal damlaları ile elde edilen temas açısı değerlerinde yükselme görülmüştür. Etkisi araştırılan diğer faktörlerin kaplama ve kontrplak özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikler; ağaç türü, tomruk buharlama işlemi ve kaplama kurutma sıcaklığına göre farklılık göstermiştir.

Dallı (2005) tarafından yapılan çalışmada, dünya ve Türkiye pazarında gelişmekte olan Kaplama Tabakalı Kerestenin (LVL) üretilebilme imkânlarını araştırılmış, teknolojik özellikleri belirlemiştir. Çalışma sonucunda, böyle bir yatırımın Türkiye'ye gerekli olduğu ve yapılmasının faydalı belirtilmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise LVL'nin teknolojik özellikleri ile teknolojik özellikler üzerine etkili olan faktörlere yer verilmiştir.

Çolak vd. (2007), tarafından gerçekleştirilen "LVL'nin mekanik özellikleri üzerine tomruk buharlama, kaplama kurutma ve yaşlandırma işlemlerinin etkileri" adlı çalışmada; kayın ve ladin odunlarının buharlanmış ve buharlanmamış, doğal ve fırında kurutulmuş kaplamalarından üretilmiş LVL test örnekleri ile aynı tomruklardan elde edilen masif odun test örnekleri karşılaştırılmıştır. LVL'nin yoğunluğu masif ağaç malzemeninkinden yüksek, statik eğilme direnci ve basınç direnci LVL'de masif oduna göre daha yüksek fakat dinamik eğilme direnci masif odunda daha yüksek bulunmuştur. Kaplama üretimi için tomrukların buharlanması işlemi en az basınç direnci olmak üzere mekanik özellikleri önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir.

Sizüçen (2008) tarafından yapılan çalışmada, titrek kavak (*Populus tremula L.*) yongalarından üretilen kompozitlerden lamine ağaç malzeme (Laminated Veneer Lumber: LVL), Paralel Strand Lumber (PSL) ve Laminated Strand Lumber (LSL) kerestelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan testler sonucunda en yüksek eğilme direnci LVL'de, en düşük kontrol örneklerinde, elastikiyet modülü en yüksek LSL'de, en düşük kontrol örneklerinde, liflere paralel basınç direnci en yüksek LVL'de, en düşük kontrol örneklerinde, dinamik eğilme (şok) direnci en yüksek PSL'de, en düşük masif kontrol örneğinde, liflere paralel çekme direnci değeri en yüksek LSL'de, en düşük kontrol örneklerinde, liflere dik çekme direnci en yüksek LVL'de, en düşük kontrol örneklerinde bulunmuştur. Vida tutma kabiliyeti en yüksek LSL'de, en düşük kontrol örneklerinde, vida türüne göre en yüksek 3,5x30'luk vidada, en düşük 17x17'lik vidada tespit edilmiştir. Yoğunluk değeri en yüksek LSL'de, en düşük kontrol örneklerinde rutubet değeri en yüksek masif kontrol örneğinde en düşük PSL'de elde edilmiştir. Sonuç olarak; mobilya üretiminde ve inşaat sektöründe LVL'ye alternatif olarak PSL ve LSL'nin de kullanılması önerilmiştir.

Kasal vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, farklı ağaç türlerinden hazırlanan lamine edilmiş ve masif ağaç malzemelerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü belirlenmiştir. Doğu kayını (*Fagus orientalis lipsky*), sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve kara kavak (*Populus nigra*) odunlarından hazırlanan örneklere eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyleri yapılmıştır. Çalışmada ayrıca lamine malzemelerin eğilme kalitesi değerleri de hesaplanmıştır. Sonuç olarak; en yüksek eğilme direnci ve elastikiyet modülü Doğu kayınında, en düşük ise kavakta elde edilmiştir. Eğilme direnci, tutkal hattına dik lamine malzemelerde, tutkal hattına paralel lamine malzemelerden daha yüksek bulunmuş, elastikiyet modülü değerlerinde ise bunun tersi bir sonuç elde edilmiştir.

Tenorio vd. (2011) tarafından gerçekleştirilen “Hızlı büyüyen *Gmelina arborea* ağacının odunundan elde edilen kontrplak ve LVL panellerinin fiziksel ve mekanik özellikleri” adlı çalışmada beş tabakalı LVL ve kontrplak levhaları üretilmiştir. *G.arborea* kaplamalarından elde edilen kontrplak ve LVL'nin çoğu mekanik özelliklerinin farklı olduğu ve bu farkların panellerdeki kaplama diziliminden meydana geldiği belirtilmiştir. Diğer taraftan bu kaplama esaslı levhaların mekanik özellikleri masif odununkilerle benzer olduğu bildirilmiştir.

Bal (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, okaliptüs (*Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden*) masif odununun ve okaliptüs kaplamalardan, ÜF, MÜF ve FF tutkalları kullanılarak elde edilen LVL ve kontrplağın fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Testlerden elde edilen bulgular, kavak (*Populus x euramericana I-214 klonu*) ve kayın (*Fagus orientalis L.*) masif odunu ve bu türlerden elde edilen LVL ve kontrplağının fiziksel ve mekanik özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Denemelerde kullanılan okaliptüs diri odununun ve kayın odununun mekanik özelliklerinin istatistiksel olarak benzer olduğunu göstermiştir. Okaliptüsten üretilen LVL ve kontrplağın mekanik özelliklerinin kayından üretilenlere benzer olduğu belirlenmiştir.

Tan (2011) tarafından yapılan çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin yaygın ağaç türlerinden olan ladin ve göknar ağaçları kullanılarak, üretilen kontrplak ve LVL levhalarının mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine buharlama süresi, tabaka sayısı, bölge farklılığı, kurutma sıcaklığı ve tutkal türünün etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, hem LVL levhalarında hem de kontrplaklarda bölge farklılıklarının ve ağaç türünün; buharlama, tabaka sayısı, tutkal türü ve kaplama kurutma sıcaklığı arasındaki etkileşimleri çoğul varyans analizi sonucunda çeşitli önem düzeylerinde anlamlı bulunmuştur.

Kurt vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, hızlı gelişen İzmit kavak klonundan (*Populus deltoides*) elde edilen soyma kaplama levhalar ve iki farklı oranda zeytin çekirdeği ve badem kabuğundan elde edilen unların dolgu maddesi olarak katıldığı fenol formaldehit tutkalı kullanılarak tabakalanmış kaplama keresteler (LVL) üretilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, dolgu maddelerinin mekanik özellikler üzerindeki olumsuz etkilerinin sınırlı olduğu, yanma sonrasındaki ağırlık kaybını bir miktar arttırdığı tespit edilmiştir.

Öztürk (2012) tarafından yapılan çalışmada, ülkemizde özellikle Karadeniz Bölgesi'nde doğal bir yayılış gösteren kızılgağaç odununun ve bu odundan üretilen kontrplakların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bölge farklılığının ve kontrplak üretiminde kullanılan tutkal türünün etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerlerinin ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Demirkır (2012) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'de yetişen çam türlerinin yapı maksatlı kontrplak üretiminde kullanım olanakları araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, üretilen levha grupları üzerine yapılan mekanik ve fiziksel testlerin sonuçlarının, yapı maksatlı kontrplaklar için ilgili standartlarda ve daha önce yapılan çalışmalarda belirtilen değerleri karşıladığı görülmüştür.

Bal ve Bektaş (2013) tarafından yapılan çalışmada, okaliptüs, kayın ve kavak soyma kaplamaları ile üre-formaldehit, melamin-üre-formaldehit ve fenol-formaldehit tutkalları kullanılarak tabakalı kaplama kereste üretilmiştir. Çalışma sonucunda, tutkal türünün denge rutubeti miktarını etkilediğini ve fenol-formaldehit ile yapıştırılan levhaların en yüksek, melamin-üre-formaldehit ile yapıştırılan levhaların en düşük denge rutubeti miktarına sahip olduğunu göstermiştir.

Demirkır vd. (2013) tarafından yapılan başka bir çalışmada, kontrplak üretiminde yıllardan beri kullanılan ağaç türlerine bir alternatif olarak "park ağacı" olarak bilinen çınardan üretilen kontrplak ve LVL'lerin özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada çınar kontrplakları için bulunan sonuçların daha önce hem kayın hemde kızılgağaç kontrplaklar üzerine yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Demir (2014) tarafından yapılan çalışmada, yangın geciktirici empenye maddelerinin, çeşitli ağaç türlerinden üretilen kontrplakların ısı iletkenliğine etkileri araştırılmıştır. Deneyler sonunda, yangın geciktirici kimyasalların mekanik, fiziksel ve yanma özellikleri



üzerine etkilerinin ağaç türlerine göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Emprenye işlemi, kaplamaların ısı iletkenliğini arttırdığı görülmüştür.

Bal ve Özyurt (2015) tarafından yapılan çalışmada, cam elyaf dokuma ve kavak kaplama kullanılarak tabakalı kaplama kereste üretilmiştir. Test sonuçlarına göre, cam elyaf dokuma takviyesinin yoğunluğu, elastikiyet modülünü ve şok direncini önemli derecede artırdığı, çekme-makaslama direncini, kalınlığına şişme ve su alma yüzdelerini azalttığı belirlenmiştir.

Atar vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, biçilmiş kayın ve kavak kaplamaları, ile melamin formaldehit (MF) tutkalı kullanılarak dört farklı tipte yedi tabakalı LVL'ler üretilmiştir. Bu çalışmada en yüksek direnç ve yoğunluk değeri tamamı kayın kaplamalarından üretilen LVL'lerde elde edilmiştir. Diğer yandan en düşük değerler tamamı kavak kaplamalarından üretilen LVL'lerde tespit edilmiştir. Kayın kaplamalarının LVL'ye katılım oranının direnç ve yoğunluk değerlerinde bir artış sağladığı görülmüştür.

Güdül (2016) tarafından yapılan çalışmada, ülkemizde özellikle Karadeniz Bölgesi'nde doğal bir yayılış gösteren kızılgağaç (*Alnus glutinosa subsp. barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) odunundan üretilen kontrplakların bazı teknolojik özellikleri üzerine bölge farklılığının ve dikim aralıklarının etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, dikim aralıkları azaldıkça kontrplak levhalarının özgül ağırlık değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak levhaların mekanik direnç değerleri de artmıştır.

Güler (2017) tarafından yapılan çalışmada, huş ve çam kaplamalardan 9, 11 ve 13 katlı filmli kontrplakların eğilme direnci ve elastiklik özellikleri incelenmiş olup, kullanım alanları ile ilgili genel bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre Huş kontrplakların direnç özellikleri daha yüksektir. Bununla beraber ağaç türlerine göre kontrplak üretim maliyetleri dikkate alındığında huş ve çam karışık bir şekilde üretilen kontrplakların da aynı şekilde mukavemet özellikleri yüksek olduğu görülmektedir.

Öztürk vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, yapıda kullanılan ahşap mühendislik ürünlerinden çapraz lamine kereste (CLT), kontrplak, parallam (PSL), micro-lam (LVL) ve orta tabakası dik yapıştırılmış LVL levhalarının ısı iletkenlik katsayı değerlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, en düşük ısı iletkenlik katsayı değerleri orta tabakası dik yapıştırılmış LVL'de bulunurken, en yüksek değerler ise CLT levhalarda bulunmuştur.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Ağaç Malzeme

Bu çalışmada kullanılan soymalık tomruklar, Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) tomruklar Torul/Gümüşhane bölgesinden, Doğu Ladini (*Picea orientalis*) tomruklar Maçka/Trabzon bölgesinden ve Samsun Klonu olarak bilinen Melez Kavak (*Populus deltoides I-77/51 klonu*) tomruklar Terme/Samsun bölgesinden temin edilmiştir. Soyma kaplama üretiminde kullanılacak tomruklar seçilirken en az 35 cm çapında, silindirik formda, lifleri düzgün, budak, çürük ve renk bozukluğunun bulunmadığı, reaksiyon odunu ihtiva etmeyen tomruklar tercih edilmiştir. Her bir ağaç türü için 30-50 cm çap aralığında 3 m uzunluğunda 3'er tomruk tedarik edilmiştir.

##### 2.1.1.1. Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) Odun Özellikleri

Yetiştirme ortamlarına göre 20-40 metre boylarında, narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı, ya da dolgun ve düzgün gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı bir herdem yeşil ağaçtır. Odunlarının kullanım alanları çok çeşitli olup, değerli odunları vardır (Demir, 2014).

Sarıçam'da diri odun geniş, sarımsı veya kırmızımsı beyaz renkte olup, enine kesitte gövde yarıçapının yaklaşık üçte birini kapsamaktadır (Demirkır, 2014). Sarıçam odunu boyuna ve teğet kesitte parlaktır. Bol miktardaki reçine kanalları genellikle geniş olup, enine kesitte ve özellikle yaz odunu tabakası içerisinde açık renkte noktacıklar halinde görülmektedir. Tam kuru yoğunluğu  $0,496 \text{ gr/cm}^3$ , hava kurusu yoğunluğu  $0,526 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Liflere paralel yönde basınç direnci  $550 \text{ kg/cm}^2$ , liflere dik yönde ise  $77 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Hava kurusu eğilme direnci ise ortalama  $650 \text{ kg/cm}^2$ 'dir (Demirkır, 2012). Özellikle yapı malzemesi olmak üzere mobilyacılık ve oymacılıkta, ayrıca çit kazığı, tel direği ve maden direği, yapı iskelesi, travers, köprü inşaatı, deniz araçları, ambalaj sandığı, yongalevha ve kontrplak sektörü gibi kullanım alanları bulunmaktadır (Anonim, 1994).

Odunlarının kreozot ve benzeri koruyucu kimyasal maddelerle işleme tabi tutarak, açık alanlarda da kullanım olanakları artmaktadır. Odunu genel olarak yumuşak kullanım alanları için uygun olup, budaksız ve iyi kalite özelliklerine sahiptir (Demirkır, 2014).

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

Doğu Ladini vatanı dışında, özellikle Avrupa’da bir süs bitkisi olarak sıkça yetiştirilir. Yoğun koyu renkli ve cilalı görünümlü bir yapraklanma sistemi ile dikkati çekmektedir. Parkçılıkta değerli birçok formları bulunur. Son yıllarda çeşitli Avrupa ülkeleri başta Belçika, Avusturya ve İtalya gibi ülkeler Doğu Ladini’ni odunu bakımından da değerlendirmektedirler ve orman ağaçlandırmalarında bu ağaç türünden yararlanmaktadırlar. Süs bitkisi olarak İngiltere’de çok görülür (Akyüz, 1995).

Hafif ve sert olan odunu elastik bir yapıdadır, buharla bükülebilir. II. Dünya Savaşı’nda “Mosquito” uçağının yapımında kullanılmıştır. El aletleri ve makineyle işlenmesi kolaydır. Bununla birlikte hızlı büyüyen türlerindeki ilkbahar odunu şeritlerinin yırtılmasını önlemek için keskin aletler kullanılmalıdır. Üst yüzey işlemlerinde boya ve cila tutma kabiliyeti yüksektir. Küçük gemi ve bina inşaatında, marangozculukta, müzik aletleri yapımında, planörler, kürekler, yarış kürekleri ve kontrplak üretiminde kullanılmaktadır (Tan, 2011).

Selüloz ve kağıt endüstrisi yanında yapı malzemesi, kontrplak, kaplama, mobilya, lambri, her türlü ambalaj, sandık, kutu, sepet, kibrit çöpü ve kurşun kalem yapımında kullanılır (URL-2, 2014).

Ortalama tam kuru özgül ağırlık değeri  $0,406 \text{ g/cm}^3$  olup,  $0,300-0,590 \text{ g/cm}^3$  değerleri arasında değişmektedir. İlkbahar odunu özgül ağırlık değeri  $0,307 \text{ g/cm}^3$ , yaz odunu özgül ağırlık değeri ise  $0,601 \text{ g/cm}^3$ ’tür Ladin odununda yaz odunu arttıkça özgül ağırlık artış göstermektedir. Yıllık halka genişledikçe özgül ağırlık azalır. Olgun odun ve diri odun arasında belirgin bir özgül ağırlık farkı görülmemektedir. Bölgesel faktörler açısından yapılan çalışmalar ladin odununda özgül ağırlığın kuzeyden güneye gidildikçe arttığını bunun yanında yetiştirme muhiti yükseltisi arttıkça özgül ağırlığın düştüğünü bildirmektedir. Gövde içerisinde dip kısımlarında daha ağır olup, yaklaşık 5 m yüksekliğe kadar hafiflemekte, 5-9 m yükseklikleri arasında aynı kalmakta ve tepeye doğru yavaş yavaş ağırlaşma göstermektedir. Özden çevreye doğru özgül ağırlık artış göstermektedir. Eğilme direnci ortalama değeri  $780 \text{ kg/cm}^2$ , elastikiyet modülü  $6700 \text{ kg/cm}^2$ , çok kolay yarılmakta ve sertlik değeri olarak yumuşak odun grubuna girmektedir (Berkel, 1970).

### 2.1.1.3. Melez Kavak (*Populus deltoides* I-77/51 klonu) Odun Özellikleri

Kavak odunu taze kesildiği zaman genellikle açık renklidir. Kavak türlerine göre diri odun renkleri değişkendir. Hafif fildişi, sarımsı beyaz, çok beyaz, yeşilimsi veya kırmızımsı diri odun görülebilir. Direnç değerleri ağırlığına oranlandığı takdirde, odunun hafifliğine nispetle diğer malzemelere göre direnci daha yüksektir (Acar, 2006).

Ülkemizde kavakçılıkta kullanılan euramerican melez ve deltoides klonlarında yapılan bir araştırma sonucuna göre; elde edilen özgül ağırlık ve hacim ağırlık açısından 77/51 klonu selüloz ve kağıt endüstrisinde kullanımı ve işlenme kabiliyeti açısından diğer klonlara göre en elverişli klondur. Kara kavak odunu mekanik dirençler bakımından halen ahşap inşaatta kullanılan ibreli ağaç odunlarıyla benzer düzeyde olup, meşe ve kayın gibi yapraklı ağaç odunlarından da çok farklı değildir. Karakavak odunu ikinci sınıf malzeme olarak, dayanıklılık değerleri yönünden rahatlıkla inşaatta yük taşıyıcı eleman şeklinde kullanılabilir (Acar, 2006).

Türkiye’de melez kavak yetiştiriciliği büyük oranda I-214, daha az olarak da 45/51 ve 77/51 klonlarıyla yapılmaktadır. I-214 klonundan elde edilen hammaddeyi soyma (kontrplak ve kibrit), ambalaj sanayi (bıçkılık) ve lif yonga sanayi (lif ve yonga levhalarının yapımı ve selüloz imali için) kullanılmaktadır. 45/51 klonu daha çok doğramada, 77/51 klonu I-214 klonlarının odununun kullanıldığı sektörde fakat daha az oranda kullanılmaktadır. I-214 klonu odunu az miktarda tavan tahtası olarak kullanılmaktadır (Acar, 2006).

Kavağın birinci endüstriyel kullanım yeri kontrplak üretimidir. Kavak odununun beyaz veya açık renkli oluşu, özgül ağırlığının az olması kolayca işlenmesi ve düzgün yüzey vermesi kontrplak üretiminde aranan hammadde olmasını sağlar. Avrupa’da kontrplak 3 mm kalınlığında üç soyma levhasından yapılmaktadır. Bu tip ürünler kaliteli ambalajlarda veya hafif mobilyalarda kullanılmaktadır. Bunun yanında kalınlığı 25 mm’ye ulaşan kontrplaklarda kavaktan yapılmaktadır. Tutkal olarak kan albümininden elde edilen tutkal da dâhil olmak üzere her tür tutkal kullanılabilir (Acar, 2006).

### 2.1.2. Tutkal

Bu çalışma kapsamında; tabakalı ağaç malzeme endüstrisinde yaygın olarak kullanılan tutkal türlerinden üre formaldehit ve fenol formaldehit reçineleri kullanılmıştır. Kontrplak levhalarının üretiminde kullanılan sıvı haldeki üre formaldehit ve fenol formaldehit

tutkalları, Polisan Kimya Sanayi A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Kullanılan ÜF ve FF tutkallarına ait bazı teknik özellikler Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Levhaların üretiminde kullanılan üre formaldehit ve fenol formadehit tutkal reçinelerinin bazı teknik özellikleri

Ürün Karakteristiği	Sınır Değerleri	
	ÜF Reçinesi	FF Reçinesi
Görünüş	Şeffaf ve sıvı	Kırmızı kahverengi ve sıvı
Katı Madde Miktarı (%)	65±1	62±1
Yoğunluk (20 °C da, gr/cm <sup>3</sup> )	1.275 – 1.285	1.170 - 1.185
Viskozite (20 °C da, cps.)	650 - 850	60 - 90
Akma Zamanı (20 °C da, sn.)	25 – 45	15 – 25
Jelleşme Zamanı (sn.)	15 – 25	4 - 8
pH (20 °C da)	8 - 9	7.5 – 8.5
Depolama Süresi (gün)	30	45

\*Bilgiler üretici firmadan sağlanmıştır.

### 2.1.3. Sertleştirici Madde

Levhaların üretiminde; ÜF tutkal çözeltisinde sertleştirici olarak amonyum klorür’ün %15’lik sulu çözeltisi kullanılmıştır. FF için herhangi bir sertleştirici kullanılmamıştır.

## 2.2. Tabakalı Ağaç Malzemelerin Üretimi

### 2.2.1. Soyma Kaplama Levhalarının Hazırlanması

Tez kapsamında araştırılan teknolojik özelliklerin, tüm deneme levhalarında mümkün olduğunca homojenlik göstermesini sağlamak amacıyla, levha üretiminde kullanılacak olan kaplamalar her ağaç türü için tek bir ağaçtan elde edilmiştir. Sarıçam ve doğu ladini tomruklar, soyma işlemi öncesinde 12-16 saat arasında buharlama işlemine tabi tutulmuş olup, kavak kesimden sonra taze halde soyulmuştur.

Kaplama üretimi, K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Kontrplak Pilot tesisinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 80 cm. uzunluk ve 40 cm. çapa kadar soyma yapabilen kaplama soyma makinesi kullanılmıştır. Soyma işlemi sırasındaki yatay açıklık kaplama kalınlığının %85'i, düşey açıklık 0,5 mm olarak ayarlanarak, 2 mm kalınlığında 50 cm x 50 cm ebatlarında kaplama levhaları elde edilmiştir.

### 2.2.2. Kaplama Kurutma İşlemi

Üretilen soyma kaplamalar; kaplama kurutma makinesinde, endüstriyel koşullarda yaygın olarak kullanılmakta olan 110 °C sıcaklığında 5 dakika kurutma işlemine tabi tutulmuşlardır. Kaplama levhalarının kurutma işlemleri, K.T.Ü. Orman Fakültesi Kontrplak Pilot tesisinde gerçekleştirilmiştir.

### 2.2.3. Kaplama Levhalarının Tutkallanması

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan tutkal reçeteleri, katı madde miktarına göre Tablo 5'de verilmiştir

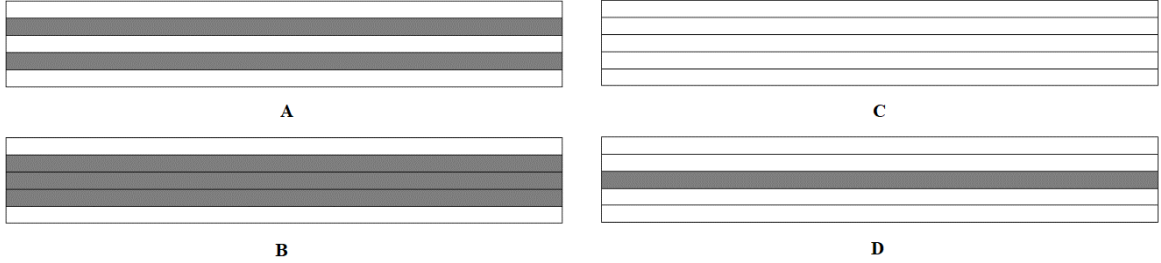
Tablo 5. Deneme levhalarının üretiminde kullanılacak tutkal reçeteleri

	<b>Tutkal Karışımını Oluşturan Maddeler</b>	<b>Birim Ağırlık</b>
<b>ÜF Tutkalı</b>	%65'lik ÜF reçinesi	100
	Buğday Unu	30
	NH <sub>4</sub> Cl (%15'lik)	10
<b>FF Tutkalı</b>	%62'lik FF	100

Kaplama levhalarının tutkallanmasında 4 silindirli tutkallama makinesi kullanılmıştır. Levhanın tek yüzüne 160 gr/m<sup>2</sup> olacak şekilde tutkal çözeltisi sürülmüştür.

### 2.2.4. Taslakların Oluşturulması

Tutkallanan soyma kaplamalar 4 farklı tabaka oryantasyonu kullanılarak 5 tabakalı olarak oluşturulmuştur. Oluşturulan levha taslakları Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 9. 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.)

### 2.2.5. Sıcak Presleme

5 tabakalı Levhaların preslenmesi; laboratuvar tipi, presleme alanı 70x89 cm. olan ve elektrikle ısıtılan tek katlı bir hidrolik preste yapılmıştır. Pres sıcaklığı, ÜF tutkalı ile üretilen levhalar için 110 °C, FF ile üretilenler için ise 140 °C olarak belirlenmiştir. Pres basıncı her ağaç türü için 8 kg/cm<sup>2</sup> olarak seçilmiştir.

Presleme süresi, endüstride yaygın olarak kullanılan hesap yöntemine göre; levha kalınlığı esas alınarak her bir mm. kalınlık için yaklaşık 1 dakika olmak üzere 2 mm’lik kaplamalardan 5 tabakalı olarak üretilen levhalar için 10 dakika olarak hesaplanmıştır.

Presleme işleminden sonra üretilen tabakalı ağaç malzemeler, iç ve dış tabakalar arasındaki sıcaklık ve rutubet farklılığını gidermek amacıyla üst üste ve istif latası kullanılmaksızın istiflenmiştir. Bu şekilde üretilen kontrplak levhalarının tedrici olarak soğumaları sağlanarak biçim değiştirmeleri önlenmeye çalışılmıştır.

### 2.3. Araştırma Yöntemi

Tabakalı ağaç malzemelerin kalitesini üretim faktörleri önemli ölçüde etkilemektedir. Tez kapsamında istenilen amaca ulaşıp ulaşılamadığının belirlenebilmesi için levhalar üzerinde aşağıda belirtilen testler uygulanmıştır.

### 2.3.1. Fiziksel Özellikler

#### 2.3.1.1. Denge Rutubeti Miktarı

Üretilen levhaların sahip olduğu denge rutubeti miktarı değerleri, TS EN 322 (1999) standardına göre belirlenmiştir. Örnek boyutları, 50x50xlevha kalınlığı (mm)'dir. Örneklerin rutubetli haldeki ağırlıkları  $\pm 0.01$  g hassasiyetli analitik bir terazide tartıldıktan sonra,  $103 \pm 2$  °C sıcaklıktaki bir etüvde değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutularak tam kuru ağırlıkları elde edilmiştir. Her test grubundan 20'şer adet test numunesi kullanılmıştır.

Örneklerin rutubet miktarı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$r = \frac{m_r - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

Eşitlikte;

r: Deneş parçasının sahip olduğu rutubet miktarı (%)

$m_r$ : Deneş parçasının rutubetli haldeki ağırlığı (g)

$m_0$ : Deneş parçasının tam kuru haldeki ağırlığı (g) dır.

#### 2.3.1.2. Özgöl Ağırlık

Deneme levhalarının özgöl ağırlıkları TS EN 323 (1999) standardına göre belirlenmiştir. Örnek boyutları, 50x50xlevha kalınlığı (mm)'dir. Örneklerin hava kuruşu ağırlıkları  $\pm 0.01$  g hassasiyetli analitik bir terazide tartıldıktan ve boyutları  $\pm 0.01$  mm duyarlıklı kumpas ve mikrometre ile ölçüldükten sonra yoğunlukları hesaplanmıştır. Her test grubundan 20'şer adet test numunesi kullanılmıştır. Örneklerin özgöl ağırlık değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\delta = \frac{M_r}{a_1 \times a_2 \times e} \quad (\text{g/cm}^3) \quad (2)$$

Burada;

$\delta$  = Hava kuruşu haldeki özgöl ağırlığı ( $\text{g/cm}^3$ )

$M_r$  = Ağırlık (g)

$a_1$  = Örnek genişliği (cm)



$a_2$  = Örnek uzunluğu (cm)

$e$  = Örnek kalınlığı (cm)

### 2.3.1.3. Isıl İletkenlik Katsayısı

Isıl iletkenlik ölçümleri her bir grup için 2 tekrarlı olarak yapılmıştır. Ölçümler Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan Lasercomp Fox-314 Isıl İletkenlik Ölçüm Cihazı'nda gerçekleştirilmiştir. Üretilen levhaların ısıl iletkenlik katsayısı ölçümleri ASTM C 518 & ISO 8301 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan levhaların ebatları 300x300xlevha kalınlığı (mm)'dir. Isıl iletkenlik katsayılarının belirlenmesinde kullanılan Fox-314 ısıl iletkenlik cihazı Şekil 13'de gösterilmiştir.



Şekil 10. Lasercomp Fox-314 ısıl iletkenlik cihazı

Cihaz, -20 ile 95 °C arasında ölçüm yapabilen, örnek kalınlıklarına duyarlı ve 0.005 - 0.35 W/mK değerleri aralığındaki sonuçları % 1'den daha düşük bir hatayla verebilmektedir.

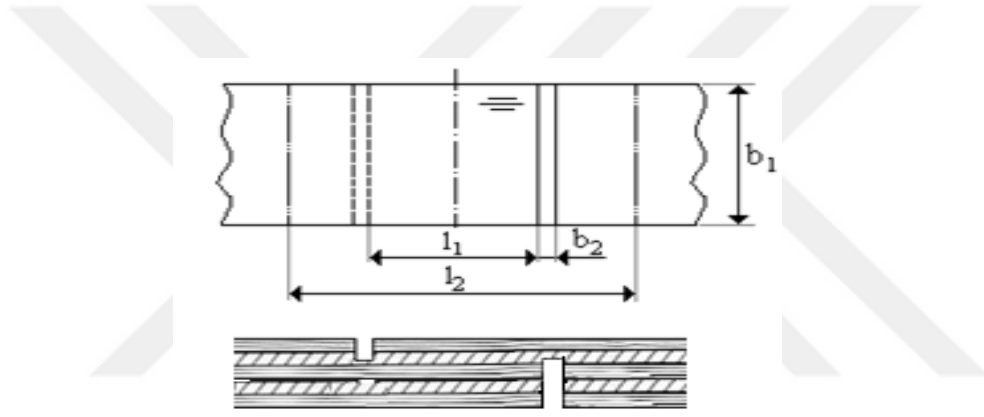
### 2.3.2. Mekanik Özellikler

#### 2.3.2.1. Çekme-Makaslama Direnci ve Deney Örneklerinin Hazırlanması

Tabakalı ağaç malzemelerin kalitesinin ve kullanım yerinin belirlenmesinde kullanılan en önemli test, çekme-makaslama direnci testidir. Çekme-makaslama direnci bu

tür malzemelerin en önemli mekanik özelliklerinden biri olup, malzemenin diğer mekanik özellikleri hakkında yapılacak yorumlar içinde referans teşkil etmektedir. Çalışmada hangi tabaka oryantasyonunun ve tutkal türünün, hangi ağaç türleri için daha uygun olduğunu belirleyebilmek ve aralarında bir karşılaştırma yapabilmek için çekme-makaslama testi sonuçları kullanılmıştır.

Üretilen levhalarının yapışma direncinin tespit edilmesinde kullanılan çekme-makaslama direnci, TS EN 314-1 standardına göre yürütülmüştür. Bu standarda göre, 5 tabakalı kontrplak levhaları için hazırlanan çekme-makaslama direnci test örneği Şekil 14'de gösterilmiştir. Kontrplaklardan farklı olarak diğer tabakalı ağaç malzemeleri için test örnekleri, kanalları en orta tabakaya gelecek şekilde hazırlanmıştır.



Şekil 11. Beş tabakalı çekme-makaslama direnci test örneği

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

Çekme-makaslama direncinin tespitinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

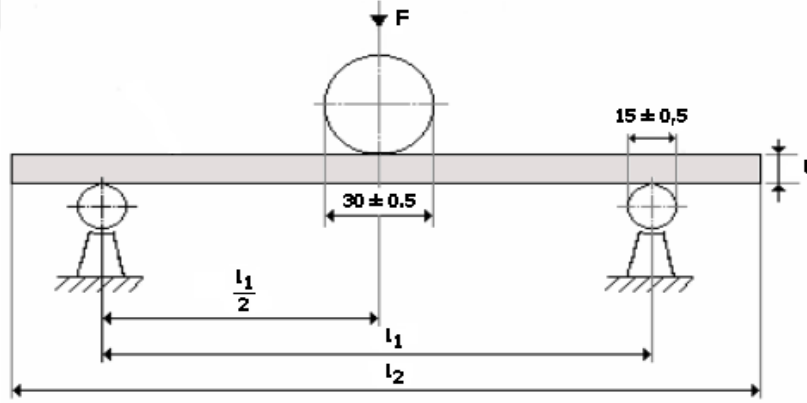
$$\text{Ç.M.} = \frac{F_{\max}}{l_1 \times b_1} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3)$$

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

Üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhalardan hazırlanan test örnekleri I. Yapışma Sınıfı grubunun ön işlem şartlarına göre, 20 °C sıcaklıktaki su içinde 24 saat bekletilmiş, her bir gruptan 20'şer adet örnek incelenmiştir. FF tutkalı ile üretilen levhalardan hazırlanan test örnekleri ise III. Yapışma Sınıfı grubunun ön işlem şartlarına göre, en az 1 saat (20 ± 3)°C'daki suda soğutmayı takiben, kaynayan suda 4 saat daldırma işleminden sonra hava dolaşımı bir kurutma fırınında 60 ± 3 °C'de 16-20 saat kurutma, kurutmadan sonra kaynayan suda tekrar 4 saat daldırma işleminin ardından, en az 1 saat 20 ± 3 °C'deki suda soğutma işleminin ardından 20'şer örnek kullanılarak yapışma testleri yapılmıştır.

### 2.3.2.2. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Üretilen levhalara uygulanan eğilme direnci ve elastikiyet modülü testleri, TS EN 310 standardına göre yürütülmüştür. Bu standarda göre hazırlanan eğilme direnci test örneği Şekil 15'de gösterilmiştir. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü ortalama değerlerinin elde edilmesi için her test grubundan 8'er adet deney örneği kullanılmıştır.



Şekil 12. Eğilme direnci test düzeneği (ölçüler mm.dir)

F: Kuvvet (N)

l<sub>1</sub>: Dayanaklar arasındaki açıklık (mm)

t: Deney parçasının kalınlığı (mm)

l<sub>2</sub>: Deney numunesinin uzunluğu (mm)

Eğilme direncinin tespitinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

$$E.D. = \frac{3 \times F_{\max} \times l_1}{2 \times b \times t^3} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4)$$

Eşitlikte;

$F_{max}$ = Kırılma anındaki maksimum yük (N),  
 $b$ = Deneş parçasının genişliği (mm) dir.

Eğilmede elastikiyet modülü aşağıdaki eşitliğinden hesaplanmıştır:

$$E = \frac{F \times l^3}{4 \times e \times b \times d^3} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (5)$$

Burada;

$e$ = Eğilme miktarı (sehim) (mm)

$F$ = Deformasyonu sağlayan kuvvet (N)

$d$ = Örnek kalınlığı (mm)

$b$ = Örnek genişliği (mm)

#### 2.4. İstatistiksel Analiz

Çalışma kapsamında üretilen tabakalı ağaç malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine tabaka oryantasyonunun, üretimde kullanılan tutkal türleri ve ağaç türlerinin etkilerini ortaya koymak için basit varyans analizi kullanılmıştır. Varyans analizi ile elde edilen farkların anlamlı bulunması durumunda, Student Newman-Keuls testi uygulanarak varyans kaynaklarının ortalamaları karşılaştırılmış ve homojenlik grupları tespit edilmiştir. İstatistik analizlerin gerçekteştirilmesinde, SPSS 16 for Windows istatistik paket programından yararlanılmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Fiziksel Özellikler

##### 3.1.1. Denge Rutubet Miktarı

Üretilen levhalara ait denge rutubet miktarı değerleri Tablo 6’da verilmiştir. Denge rutubet miktarı değerlerinin belirlenmesinde 20’şer adet örnek kullanılmıştır.

Tablo 6. Üretilen levhaların denge rutubet miktarı ortalama değerleri

Ağaç Türü	Tutkal Türü	Levha Türü	Denge Rutubeti (%)	
			X	S
SARIÇAM	ÜF	A	9,80	0,21
		B	9,15	0,41
		C	9,38	0,29
		D	9,77	0,22
	FF	A	9,33	0,33
		B	8,88	0,43
		C	8,84	0,30
		D	8,90	0,32
LADİN	ÜF	A	10,38	0,20
		B	11,44	0,18
		C	10,21	0,31
		D	11,23	0,23
	FF	A	10,49	0,25
		B	9,40	0,39
		C	9,60	0,51
		D	10,04	0,37
KAVAK	ÜF	A	9,77	0,19
		B	9,74	0,14
		C	9,62	0,19
		D	10,00	0,22
	FF	A	8,50	0,26
		B	8,36	0,30
		C	8,75	0,42
		D	8,29	0,27

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

##### 3.1.1.1. Üretilen Levhaların Denge Rutubet Miktarı Üzerine Tabaka Oryantasyonunun Etkisi

Çalışma kapsamında, tabaka oryantasyonunun ÜF ve FF tutkallarıyla üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri üzerine etkilerini karşılaştırmak maksadı ile üç farklı ağaç

türünün dört farklı oryantasyonu için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 7’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; tabaka oryantasyonunun denge rutubet miktarı üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur.

Tablo 7. Her ağaç türünün ÜF ve FF tutkalıyla üretilmiş levhalarının denge rutubet miktarı değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Ağaç Türü	Tutkal Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
SARIÇAM	ÜF	Gruplar arası	6,001	3	2,000	23,592	***
		Gruplar içi	6,444	76	0,085		
		Toplam	12,445	79			
	FF	Gruplar arası	3,175	3	1,058	8,816	***
		Gruplar içi	9,123	76	0,120		
		Toplam	12,298	79			
LADİN	ÜF	Gruplar arası	22,401	3	7,467	131,732	***
		Gruplar içi	4,308	76	,057		
		Toplam	26,709	79			
	FF	Gruplar arası	13,935	3	4,645	30,273	***
		Gruplar içi	11,661	76	0,153		
		Toplam	25,596	79			
KAVAK	ÜF	Gruplar arası	1,509	3	0,503	14,254	***
		Gruplar içi	2,682	76	0,035		
		Toplam	4,192	79			
	FF	Gruplar arası	2,471	3	0,824	8,017	***
		Gruplar içi	7,807	76	0,103		
		Toplam	10,278	79			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 8’de verilmiştir. Tablo 8’e göre, ÜF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların denge rutubeti miktarı değerleri her bir ağaç türün için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; Sarıçam için en yüksek değerler A ve D, Doğu Ladini için B, Melez Kavak için ise D gruplarında bulunmuştur. En düşük denge rutubeti miktarı değerleri ise Sarıçam’da B grubunda bulunurken Doğu Ladini ve Melez Kavak’ta ise C grubunda bulunmuştur.

FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların denge rutubeti miktarı değerleri her bir ağaç türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise, Sarıçam ve Doğu Ladini için en yüksek değerler A gruplarında bulunurken, Melez Kavak için ise en yüksek değerler C gruplarında bulunmuştur. En düşük denge rutubeti miktarı değerleri ise Sarıçam’da B, C ve D gruplarında bulunurken, Doğu Ladini’nde B ve C, Melez Kavak’ta ise A, B ve D gruplarında bulunmuştur.

Tablo 8. Üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Tutkal türü	Varyans Kaynakları	N	Rutubeti (%)		
ÜF	Sarıçam	A	20	9,80	c
		B	20	9,15	a
		C	20	9,38	b
		D	20	9,77	c
	Ladin	A	20	10,38	b
		B	20	11,44	d
		C	20	10,21	a
		D	20	11,23	c
	Kavak	A	20	9,77	b
		B	20	9,74	ab
		C	20	9,62	a
		D	20	10,00	c
FF	Sarıçam	A	20	9,33	b
		B	20	8,88	a
		C	20	8,84	a
		D	20	8,90	a
	Ladin	A	20	10,49	c
		B	20	9,91	a
		C	20	9,60	a
		D	20	10,04	b
	Kavak	A	20	8,50	a
		B	20	8,36	a
		C	20	8,75	b
		D	20	8,29	a

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.1.1.2. Üretilen Levhaların Denge Rutubet Miktarı Üzerine Ağaç Türünün Etkisi

Çalışma kapsamında, Sarıçam, Doğu Ladini ve Melez Kavak tomruklarından üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri üzerine ağaç türünün etkisini belirlemek amacıyla her ağaç türünün dört farklı oryantasyonu için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 9’da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türünün denge rutubeti değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur.

Tablo 9. Üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri üzerine ağaç türünün etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Tutkal Türü	Tabaka Oryantasyonu	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
ÜF	A	Gruplar arası	4,689	2	2,345	56,871	***
		Gruplar içi	2,350	57	0,041		
		Toplam	7,039	59			
	B	Gruplar arası	56,655	2	28,328	385,633	***
		Gruplar içi	4,187	57	0,073		
		Toplam	60,842	59			
	C	Gruplar arası	7,255	2	3,628	50,394	***
		Gruplar içi	4,103	57	0,072		
		Toplam	11,358	59			
	D	Gruplar arası	24,669	2	12,335	251,627	***
		Gruplar içi	2,794	57	0,049		
		Toplam	27,463	59			
FF	A	Gruplar arası	39,964	2	19,982	256,341	***
		Gruplar içi	4,443	57	0,078		
		Toplam	44,407	59			
	B	Gruplar arası	11,012	2	5,506	38,422	***
		Gruplar içi	8,169	57	0,143		
		Toplam	19,181	59			
	C	Gruplar arası	8,860	2	4,430	24,892	***
		Gruplar içi	10,144	57	0,178		
		Toplam	19,003	59			
	D	Gruplar arası	31,723	2	15,862	154,909	***
		Gruplar içi	5,836	57	0,102		
		Toplam	37,560	59			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 10’da görülmektedir.

Tablo 10’a göre, ÜF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların denge rutubeti miktarı değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; A, B, C ve D gruplarının Doğu Ladini’nden üretilmiş levhalarında en yüksek denge rutubeti miktarı değerleri bulunmuştur. A grubunda en düşük denge rutubeti miktarı değerleri bu grupların Sarıçam ve Melez Kavak’tan üretilmiş levhalarında bulunurken, B, C ve D grupları için ise Sarıçam kullanılarak üretilmiş levhalar en düşük denge rutubeti miktarı değerlerini vermiştir.

FF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların denge rutubeti miktarı değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı incelendiğinde ise; tüm tabaka oryantasyonları için Doğu Ladini’nden üretilmiş levhalar en yüksek denge rutubeti miktarı değerlerini verirken A, B ve D gruplarının ise Melez Kavak’tan üretilmiş levhaları en düşük denge rutubeti



miktari değerlerini vermiştir. C grubu iin ise en dşük değerler Sariam ve Melez Kavak'tan retilmiş levhalarda bulunmuştur.

Tablo 10. retilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri zerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuları ( $p \leq 0,05$ )

Tutkal tr	Varyans Kaynakları	N	Rutubeti (%)		
F	A	Sariam	20	9,80	a
		Ladin	20	10,38	b
		Kavak	20	9,77	a
	B	Sariam	20	9,15	a
		Ladin	20	11,44	c
		Kavak	20	9,74	b
	C	Sariam	20	9,38	a
		Ladin	20	10,21	c
		Kavak	20	9,62	b
	D	Sariam	20	9,77	a
		Ladin	20	11,23	c
		Kavak	20	10,00	b
FF	A	Sariam	20	9,33	b
		Ladin	20	10,49	c
		Kavak	20	8,50	a
	B	Sariam	20	8,88	b
		Ladin	20	9,40	c
		Kavak	20	8,36	a
	C	Sariam	20	8,84	a
		Ladin	20	9,60	b
		Kavak	20	8,75	a
	D	Sariam	20	8,90	b
		Ladin	20	10,04	c
		Kavak	20	8,29	a

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.1.1.3. Üretilen Levhaların Denge Rutubet Miktarı Üzerine Tutkal Türünün Etkisi

Çalışma kapsamında, Sarıçam, Doğu Ladini ve Melez Kavak tomruklarından üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri üzerine tutkal türünün etkisini belirlemek maksadı ile çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 11’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; tutkal türünün üretilen levhaların denge rutubeti miktarı değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Tablo 11. Üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri üzerine tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Tutkal	103,003	1	103,003	198,636	***
Hata	247,866	478	0,519	247,866	
Toplam	44379,901	480			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi maksadıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 12’de görülmektedir.

Tablo 12. Üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Grup İsmi	N	Homojenlik Grupları*
ÜF	240	10,041 b
FF	240	9,114 a

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.1.2. Özgül Ağırlık

Üretilen levhalara ait özgül ağırlık değerleri Tablo 13’de verilmiştir. Özgül ağırlık değerlerinin belirlenmesinde 20’şer adet örnek kullanılmıştır.

Tablo 13. Üretilen levhaların özgül ağırlık ortalama değerleri

Ağaç Türü	Tutkal Türü	Levha Türü	Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	
			X	S
SARIÇAM	ÜF	A	0,584	0,02
		B	0,611	0,03
		C	0,629	0,03
		D	0,578	0,02
	FF	A	0,602	0,03
		B	0,629	0,01
		C	0,604	0,03
		D	0,615	0,02
LADİN	ÜF	A	0,490	0,02
		B	0,479	0,03
		C	0,458	0,02
		D	0,527	0,02
	FF	A	0,520	0,04
		B	0,475	0,03
		C	0,460	0,03
		D	0,474	0,03
KAVAK	ÜF	A	0,545	0,17
		B	0,545	0,02
		C	0,507	0,02
		D	0,532	0,02
	FF	A	0,514	0,02
		B	0,488	0,02
		C	0,523	0,02
		D	0,481	0,01

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

### 3.1.2.1. Üretilen Levhaların Özgül Ağırlık Üzerine Tabaka Oryantasyonun Etkisi

Çalışma kapsamında, tabaka oryantasyonun ÜF ve FF tutkallarıyla üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine etkilerini karşılaştırmak maksadı ile üç farklı ağaç türünün dört farklı oryantasyonu için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 14'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; tabaka oryantasyonun özgül ağırlık değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur.

Tablo 14. Her ağaç türünün ÜF ve FF tutkalıyla üretilmiş levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Ağaç Türü	Tutkal Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
SARIÇAM	ÜF	Gruplar arası	0,034	3	0,011	18,155	***
		Gruplar içi	0,048	76	0,001		
		Toplam	0,082	79			
	FF	Gruplar arası	0,009	3	0,003	5,188	**
		Gruplar içi	0,044	76	0,001		
		Toplam	0,053	79			
LADİN	ÜF	Gruplar arası	0,049	3	0,016	28,526	***
		Gruplar içi	0,043	76	0,001		
		Toplam	0,092	79			
	FF	Gruplar arası	0,041	3	0,014	13,266	***
		Gruplar içi	0,078	76	0,001		
		Toplam	0,118	79			
KAVAK	ÜF	Gruplar arası	0,019	3	0,006	,868	Ö.D.
		Gruplar içi	0,559	76	0,007		
		Toplam	0,578	79			
	FF	Gruplar arası	0,024	3	0,008	28,100	***
		Gruplar içi	0,022	76	0,000		
		Toplam	0,046	79			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 15’de görülmektedir. Tablo 15’e göre, ÜF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri her bir ağaç türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; en yüksek değerler Sarıçam için C, Doğu Ladini için ise D gruplarında bulunmuştur. En düşük özgül ağırlık değerleri ise Sarıçam’da A ve D’de, Doğu Ladini’nde C gruplarında bulunmuştur. Melez Kavak’tan üretilmiş levhaların özgül ağırlık değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır.

FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri her bir ağaç türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde, Sarıçam’da B, Doğu Ladini’nde A, Melez Kavak’ta A ve C gruplarının diğer levha gruplarına göre daha yüksek özgül ağırlık değerleri verdiği görülmüştür.

Tablo 15. Üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Tutkal türü	Varyans Kaynakları	N	Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )
ÜF	Sarıçam		
	A	20	0,584 a
	B	20	0,611 b
	C	20	0,629 c
	D	20	0,578 a
	Ladin		
	A	20	0,490 b
	B	20	0,479 b
	C	20	0,458 a
	D	20	0,527 c
	Kavak		
	A	20	0,545 a
B	20	0,545 a	
C	20	0,507 a	
D	20	0,532 a	
FF	Sarıçam		
	A	20	0,602 a
	B	20	0,629 b
	C	20	0,604 a
	D	20	0,615 a
	Ladin		
	A	20	0,520 b
	B	20	0,475 a
	C	20	0,460 a
	D	20	0,474 a
	Kavak		
	A	20	0,514 b
B	20	0,488 a	
C	20	0,523 b	
D	20	0,481 a	

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.1.2.2. Üretilen Levhaların Özgül Ağırlığı Üzerine Ağaç Türünün Etkisi

Çalışma kapsamında, Sarıçam, Doğu Ladini ve Melez Kavak tomruklarından üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine ağaç türünün etkisini belirlemek maksadı ile her ağaç türünün dört farklı oryantasyonu için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 16'da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türünün özgül ağırlık değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur.

Tablo 16. Üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine ağaç türünün etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Tutkal Türü	Ağaç Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
ÜF	A	Gruplar arası	0,088	2	0,044	4,551	*
		Gruplar içi	0,553	57	0,010		
		Toplam	0,642	59			
	B	Gruplar arası	0,176	2	0,088	120,807	***
		Gruplar içi	0,042	57	0,001		
		Toplam	0,217	59			
	C	Gruplar arası	0,307	2	0,153	310,594	***
		Gruplar içi	0,028	57	0,000		
		Toplam	0,335	59			
	D	Gruplar arası	0,032	2	0,016	33,927	***
		Gruplar içi	0,027	57	0,000		
		Toplam	0,058	59			
FF	A	Gruplar arası	0,098	2	0,049	61,058	***
		Gruplar içi	0,046	57	0,001		
		Toplam	0,144	59			
	B	Gruplar arası	0,291	2	0,146	368,448	***
		Gruplar içi	0,023	57	0,000		
		Toplam	0,314	59			
	C	Gruplar arası	0,210	2	0,105	152,975	***
		Gruplar içi	0,039	57	0,001		
		Toplam	0,249	59			
	D	Gruplar arası	0,253	2	0,127	199,976	***
		Gruplar içi	0,036	57	0,001		
		Toplam	0,289	59			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 17’de görülmektedir. Tablo 17’ye göre, farklı ağaç türlerinden üretilen levha gruplarının özgül ağırlık değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; her iki tutkal türünde de tüm tabaka oryantasyonları için Sarıçam’dan üretilmiş grupların en yüksek özgül ağırlık değerlerini verdiği görülmüştür. Genel olarak her iki tutkal türü içinde Doğu Ladini ve Melez Kavak’tan üretilmiş levha grupları daha düşük özgül ağırlık değerleri vermiştir.

Tablo 17. Üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Tutkal türü	Varyans Kaynakları	N	Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )		
ÜF	A	Sarıçam	20	0,584	b
		Ladin	20	0,490	a
		Kavak	20	0,545	ab
	B	Sarıçam	20	0,611	c
		Ladin	20	0,479	a
		Kavak	20	0,545	b
	C	Sarıçam	20	0,629	c
		Ladin	20	0,458	a
		Kavak	20	0,507	b
	D	Sarıçam	20	0,578	b
		Ladin	20	0,527	a
		Kavak	20	0,532	a
FF	A	Sarıçam	20	0,602	b
		Ladin	20	0,520	a
		Kavak	20	0,514	a
	B	Sarıçam	20	0,629	c
		Ladin	20	0,475	a
		Kavak	20	0,488	b
	C	Sarıçam	20	0,604	c
		Ladin	20	0,460	a
		Kavak	20	0,523	b
	D	Sarıçam	20	0,615	b
		Ladin	20	0,474	a
		Kavak	20	0,481	a

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.1.2.3. Üretilen Levhaların Özgül Ağırlığı Üzerine Tutkal Türünün Etkisi

Çalışma kapsamında, Sarıçam, Doğu Ladini ve Melez Kavak tomruklarından üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine tutkal türünün etkisini belirlemek maksadı ile çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 18’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; tutkal türünün üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

Tablo 18. Üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Tutkal	0,009	1	0,009	1,839	Ö.D.
Hata	2,272	478	0,005	2,272	
Toplam	140,245	480			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 19’da görülmektedir.

Tablo 19. Üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Grup İsmi	N	Homojenlik Grupları*
ÜF	240	0,540 a
FF	240	0,532 a

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.1.3. Isıl İletkenlik

Üretilen levhalara ait ısıl iletkenlik katsayısı değerleri ağaç türü ve tutkal türüne göre her bir levha için Tablo 20’de verilmiştir.



Tablo 20. Üretilen levhaların ısı iletkenlik katsayısı ortalama değerleri

Ağaç Türü	Tutkal Türü	Levha Türü	Isıl iletkenlik katsayısı W/mK
SARIÇAM	ÜF	A	0,1017
		B	0,09594
		C	0,09611
		D	0,09123
	FF	A	0,08778
		B	0,09171
		C	0,1020
		D	0,1034
LADİN	ÜF	A	0,09388
		B	0,09621
		C	0,09249
		D	0,1093
	FF	A	0,07277
		B	0,09738
		C	0,09629
		D	0,09419
KAVAK	ÜF	A	0,09135
		B	0,09777
		C	0,09817
		D	0,09218
	FF	A	0,09606
		B	0,09148
		C	0,08896
		D	0,09371

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

Tablo 20'den görüldüğü üzere en yüksek ısı iletkenlik katsayısı değeri Doğu Ladini kaplamalarından ÜF tutkalı kullanılarak üretilen D grubundan elde edilmiş, en düşük ısı iletkenlik değerleri ise Doğu Ladini kaplamalardan FF tutkalı kullanılarak üretilmiş A grubundan elde edilmiştir. Tabaka oryantasyonu ve tutkal türünün ısı iletkenlik katsayısı değerleri üzerine etkisi ağaç türlerine göre farklılık göstermektedir. ÜF ve FF tutkalları ile üretilen aynı tabaka oryantasyonundaki levhaların ısı iletkenlik katsayısı değerleri arasında farklılıklar görülmüştür.

## 3.2. Mekanik Özellikler

### 3.2.1. Çekme-Makaslama Direnci

Üretilen levhalara ait çekme-makaslama direnci değerleri Tablo 21'de verilmiştir. Çekme-makaslama direnci değerlerinin belirlenmesinde 20'şer adet örnek kullanılmıştır.

Tablo 21. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci ortalama değerleri

Ağaç Türü	Tutkal Türü	Levha Türü	Çekme Makaslama (N/mm <sup>2</sup> )	
			X	S
SARIÇAM	ÜF	A	1,859	0,181
		B	0,785	0,140
		C	4,955	0,638
		D	1,618	0,198
	FF	A	1,596	0,255
		B	0,708	0,050
		C	2,573	0,277
		D	1,338	0,138
LADİN	ÜF	A	1,755	0,150
		B	0,716	0,078
		C	4,343	0,567
		D	1,119	0,247
	FF	A	0,982	0,180
		B	0,537	0,086
		C	2,148	0,357
		D	0,939	0,130
KAVAK	ÜF	A	2,019	0,238
		B	0,958	0,104
		C	4,668	0,825
		D	1,309	0,234
	FF	A	1,896	0,203
		B	0,921	0,068
		C	2,791	0,392
		D	1,760	0,166

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

### 3.2.1.1. Üretilen Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Tabaka Oryantasyonunun Etkisi

Çalışma kapsamında, tabaka oryantasyonun ÜF ve FF tutkallarıyla üretilen levhaların çekme makaslama direnci değerleri üzerine etkilerini karşılaştırmak maksadı ile üç farklı ağaç türünün dört farklı oryantasyonu için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 22’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre, tabaka oryantasyonun çekme makaslama direnci değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur.

Tablo 22. Her ağaç türünün ÜF ve FF tutkalıyla üretilmiş levhalarının çekme-makaslama direnci değerleri üzerine tabaka oryantasyonun etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Ağaç Türü	Tutkal Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
SARIÇAM	ÜF	Gruplar arası	200,117	3	66,706	534,825	***
		Gruplar içi	9,479	76	0,125		
		Toplam	209,596	79			
	FF	Gruplar arası	36,075	3	12,025	206,186	***
		Gruplar içi	4,432	76	0,058		
		Toplam	40,508	79			
LADİN	ÜF	Gruplar arası	159,518	3	53,173	517,330	***
		Gruplar içi	7,811	76	0,103		
		Toplam	167,329	79			
	FF	Gruplar arası	28,880	3	9,627	209,321	***
		Gruplar içi	3,495	76	0,046		
		Toplam	32,375	79			
KAVAK	ÜF	Gruplar arası	169,069	3	56,356	280,557	***
		Gruplar içi	15,266	76	0,201		
		Toplam	184,336	79			
	FF	Gruplar arası	35,183	3	11,728	206,227	***
		Gruplar içi	4,322	76	0,057		
		Toplam	39,505	79			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 23’de verilmiştir. Tablo 23’e göre, ÜF ve FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri tüm ağaç türleri için LVL levhaların oluşturduğu C gruplarında bulunurken, en düşük çekme-makaslama direnci değerleri ise 3 ağaç türü içinde orta tabakaları paralel yapıtılmış kontrplak levhaların oluşturduğu B gruplarında bulunmuştur.

Tablo 23. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Tutkal türü	Varyans Kaynakları	N	Çekme Makaslama (N/mm <sup>2</sup> )		
ÜF	Sarıçam	A	20	1,859	c
		B	20	0,785	a
		C	20	4,955	d
		D	20	1,618	b
	Ladin	A	20	1,755	c
		B	20	0,716	a
		C	20	4,343	d
		D	20	1,119	b
	Kavak	A	20	2,019	c
		B	20	0,958	a
		C	20	4,669	d
		D	20	1,309	b
FF	Sarıçam	A	20	1,596	c
		B	20	0,708	a
		C	20	2,573	d
		D	20	1,338	b
	Ladin	A	20	0,982	b
		B	20	0,537	a
		C	20	2,148	c
		D	20	0,939	b
	Kavak	A	20	1,896	b
		B	20	0,921	a
		C	20	2,791	c
		D	20	1,760	b

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.2.1.2. Üretilen Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Ağaç Türünün Etkisi

Çalışma kapsamında, Sarıçam, Doğu Ladini ve Melez Kavak tomruklarından üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine ağaç türünün etkisini belirlemek maksadı ile her ağaç türünün dört farklı oryantasyonu için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 24'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türünün çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur.

Tablo 24. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine ağaç türünün etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Tutkal Türü	Ağaç Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
ÜF	A	Gruplar arası	0,709	2	0,355	9,502	***
		Gruplar içi	2,128	57	0,037		
		Toplam	2,837	59			
	B	Gruplar arası	0,709	2	0,355	9,502	***
		Gruplar içi	2,128	57	0,037		
		Toplam	2,837	59			
	C	Gruplar arası	3,749	2	1,875	3,990	*
		Gruplar içi	26,785	57	0,470		
		Toplam	30,534	59			
	D	Gruplar arası	2,536	2	1,268	24,497	***
		Gruplar içi	2,950	57	0,052		
		Toplam	5,486	59			
FF	A	Gruplar arası	0,709	2	0,355	9,502	***
		Gruplar içi	2,128	57	0,037		
		Toplam	2,837	59			
	B	Gruplar arası	1,478	2	0,739	153,618	***
		Gruplar içi	0,274	57	0,005		
		Toplam	1,752	59			
	C	Gruplar arası	4,282	2	2,141	15,001	***
		Gruplar içi	8,134	57	0,143		
		Toplam	12,416	59			
	D	Gruplar arası	6,736	2	3,368	158,785	***
		Gruplar içi	1,209	57	0,021		
		Toplam	7,945	59			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 25’de verilmiştir. Buna göre; ÜF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; A ve B gruplarının Melez Kavak’tan üretilmiş levhaları, Sarıçam ve Doğu Ladini’nden üretilmiş levhalara göre daha yüksek değerler vermiştir. C ve D gruplarında ise en yüksek çekme-makaslama direnci değerlerini Sarıçam’dan üretilmiş levhalar vermiştir. En düşük çekme-makaslama direnci değerleri ise C ve D gruplarının Doğu Ladini’nden üretilmiş levhalarında bulunmuştur.

FF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı incelendiğinde; A, B ve D grupları için Melez Kavak’tan üretilmiş levhalar, C grubu için ise Sarıçam ve Melez Kavak’tan üretilmiş levhalar en yüksek çekme-makaslama direnci değerlerini vermiştir. En düşük çekme-makaslama direnci değerleri ise tüm tabaka oryantasyonları için Doğu Ladini’nden üretilmiş levha gruplarında bulunmuştur.

Tablo 25. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Tutkal türü	Varyans Kaynakları	N	Çekme Makaslama (N/mm <sup>2</sup> )		
ÜF	A	Sarıçam	20	1,859	a
		Ladin	20	1,755	a
		Kavak	20	2,019	b
	B	Sarıçam	20	0,785	a
		Ladin	20	0,716	a
		Kavak	20	0,958	b
	C	Sarıçam	20	4,955	b
		Ladin	20	4,343	a
		Kavak	20	4,668	ab
	D	Sarıçam	20	1,618	c
		Ladin	20	1,119	a
		Kavak	20	1,309	b
FF	A	Sarıçam	20	1,596	b
		Ladin	20	0,982	a
		Kavak	20	1,896	c
	B	Sarıçam	20	0,708	b
		Ladin	20	0,537	a
		Kavak	20	0,921	c
	C	Sarıçam	20	2,573	b
		Ladin	20	2,148	a
		Kavak	20	2,791	b
	D	Sarıçam	20	1,338	b
		Ladin	20	0,939	a
		Kavak	20	1,760	c

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.2.1.3. Üretilen Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Tutkal Türünün Etkisi

Çalışma kapsamında, Sarıçam, Doğu Ladini ve Melez Kavak tomruklarından üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine tutkal türünün etkisini belirlemek maksadı ile çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 26'da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; tutkal türünün üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Tablo 26. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Tutkal	52,198	1	52,198	35,772	***
Hata	697,492	478	1,459		
Toplam	2384,589	480			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 27’de görülmektedir.

Tablo 27. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Tutkal Türü	N	Homojenlik Grupları*
ÜF	2,175	b
FF	1,516	a

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.2.2. Eğilme Direnci

Üretilen levhalara ait eğilme direnci değerleri Tablo 28’de verilmiştir. Eğilme direnci değerlerinin belirlenmesinde 8’er adet örnek kullanılmıştır.

Tablo 28. Üretilen levhaların eğilme direnci ortalama değerleri

Ağaç Türü	Tutkal Türü	Levha Türü	Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	
			X	S
SARIÇAM	ÜF	A	71,40	8,06
		B	57,80	5,06
		C	101,01	9,10
		D	85,51	6,62
	FF	A	74,64	14,17
		B	68,51	7,43
		C	123,07	9,16
		D	101,90	5,30
LADİN	ÜF	A	51,02	5,05
		B	38,59	6,65
		C	63,49	4,08
		D	67,45	11,95
	FF	A	45,56	8,04
		B	41,49	3,08
		C	62,83	7,76
		D	65,57	11,20
KAVAK	ÜF	A	62,63	3,19
		B	54,14	4,98
		C	95,57	5,62
		D	82,58	6,31
	FF	A	74,78	4,78
		B	62,68	4,34
		C	81,99	13,39
		D	102,25	8,15

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

### 3.2.2.1. Üretilen Levhaların Eğilme Direnci Üzerine Tabaka Oryantasyonun Etkisi

Çalışma kapsamında, tabaka oryantasyonun, ÜF ve FF tutkallarıyla üretilen levhaların eğilme direnci üzerine etkilerini karşılaştırmak maksadı ile üç farklı ağaç türünün dört farklı oryantasyonu için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 29'da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; tabaka oryantasyonun eğilme direnci değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur.



Tablo 29. Her ağaç türünün ÜF ve FF tutkalıyla üretilmiş levhalarının eğilme direnci değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Ağaç Türü	Tutkal Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
SARIÇAM	ÜF	Gruplar arası	8274,805	3	2758,268	50,785	***
		Gruplar içi	1520,767	28	54,313		
		Toplam	9795,572	31			
	FF	Gruplar arası	15330,174	3	5110,058	55,567	***
		Gruplar içi	2574,951	28	91,963		
		Toplam	17905,124	31			
LADİN	ÜF	Gruplar arası	4096,094	3	1365,365	23,843	***
		Gruplar içi	1603,418	28	57,265		
		Toplam	5699,512	31			
	FF	Gruplar arası	3514,544	3	1171,515	17,932	***
		Gruplar içi	1829,261	28	65,331		
		Toplam	5343,804	31			
KAVAK	ÜF	Gruplar arası	8497,454	3	2832,485	106,479	***
		Gruplar içi	744,836	28	26,601		
		Toplam	9242,290	31			
	FF	Gruplar arası	6603,698	3	2201,233	30,652	***
		Gruplar içi	2010,767	28	71,813		
		Toplam	8614,465	31			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 30’da verilmiştir. Buna göre; ÜF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların eğilme direnci değerleri her bir ağaç türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; Sarıçam ve Melez Kavak için en yüksek eğilme direnci değerleri C, Doğu Ladini’nde ise C ve D gruplarında bulunmuştur. En düşük eğilme direnci değerleri ise tüm ağaç türlerinin B gruplarında bulunmuştur.

FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların eğilme direnci değerleri her bir ağaç türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; Sarıçam için en yüksek eğilme direnci değerleri C, Doğu Ladini’nde C ve D, Melez Kavak’ta ise D gruplarında bulunmuştur. En düşük eğilme direnci değerleri ise genel olarak A ve B gruplarında bulunmuştur.

Tablo 30. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Tutkal türü	Varyans Kaynakları	N	Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )
ÜF	Sarıçam	A	71,40 b
		B	57,80 a
		C	101,01 d
		D	85,51 c
	Ladin	A	51,02 b
		B	38,59 a
		C	63,49 c
		D	67,45 c
	Kavak	A	62,63 b
		B	54,14 a
		C	95,57 d
		D	82,58 c
FF	Sarıçam	A	74,64 a
		B	68,51 a
		C	123,07 c
		D	101,90 b
	Ladin	A	45,56 a
		B	41,49 a
		C	62,83 b
		D	65,57 b
	Kavak	A	74,78 b
		B	62,68 a
		C	81,99 b
		D	102,25 c

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.2.2.2. Üretilen Levhaların Eğilme Direnci Üzerine Ağaç Türünün Etkisi

Çalışma kapsamında, Sarıçam, Doğu Ladini ve Melez Kavak tomruklarından üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine ağaç türünün etkisini belirlemek maksadı ile her ağaç türünün dört farklı oryantasyonu için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 31’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türünün eğilme direnci değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur.

Tablo 31. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine ağaç türünün etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Tutkal Türü	Ağaç Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
ÜF	A	Gruplar arası	1671,530	2	835,765	24,927	***
		Gruplar içi	704,093	21	33,528		
		Toplam	2375,623	23			
	B	Gruplar arası	1663,202	2	831,601	26,372	***
		Gruplar içi	662,209	21	31,534		
		Toplam	2325,411	23			
	C	Gruplar arası	6576,940	2	3288,470	75,230	***
		Gruplar içi	917,953	21	43,712		
		Toplam	7494,893	23			
	D	Gruplar arası	1502,584	2	751,292	9,955	***
		Gruplar içi	1584,766	21	75,465		
		Toplam	3087,350	23			
FF	A	Gruplar arası	4530,573	2	2265,286	23,582	***
		Gruplar içi	2017,288	21	96,061		
		Toplam	6547,861	23			
	B	Gruplar arası	3233,623	2	1616,812	57,050	***
		Gruplar içi	595,141	21	28,340		
		Toplam	3828,764	23			
	C	Gruplar arası	15155,933	2	7577,966	70,313	***
		Gruplar içi	2263,270	21	107,775		
		Toplam	17419,203	23			
	D	Gruplar arası	7105,816	2	3552,908	48,471	***
		Gruplar içi	1539,279	21	73,299		
		Toplam	8645,096	23			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 32’de görülmektedir.

Tablo 32’ye göre, ÜF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların eğilme direnci değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; B, C ve D gruplarının Sarıçam ve Melez Kavak’tan üretilmiş levhalarında en yüksek eğilme direnci değerleri bulunurken, A grubu için ise Sarıçam’dan üretilmiş levhalarda en yüksek değerler bulunmuştur. En düşük eğilme direnci değerleri ise tüm levha oryantasyonlarının Doğu Ladini’nden üretilmiş levhalarında bulunmuştur.

FF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların eğilme direnci değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı incelendiğinde; A ve D grubu için Sarıçam ve Melez Kavak’tan üretilmiş levhalar, B ve C grubu için ise Sarıçam’dan üretilmiş levhalar en yüksek eğilme direnci değerlerini vermiştir. En düşük eğilme direnci değerleri ise tüm tabaka oryantasyonları için Doğu Ladini’nden üretilmiş levhalarda bulunmuştur.

Tablo 32. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Tutkal türü	Varyans Kaynakları	N	Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )		
ÜF	A	Sarıçam	8	71,40	c
		Ladin	8	51,02	a
		Kavak	8	62,63	b
	B	Sarıçam	8	57,80	b
		Ladin	8	38,59	a
		Kavak	8	54,14	b
	C	Sarıçam	8	101,02	b
		Ladin	8	63,49	a
		Kavak	8	95,57	b
	D	Sarıçam	8	85,51	b
		Ladin	8	67,45	a
		Kavak	8	82,58	b
FF	A	Sarıçam	8	74,64	b
		Ladin	8	45,56	a
		Kavak	8	74,78	b
	B	Sarıçam	8	68,51	c
		Ladin	8	41,49	a
		Kavak	8	62,68	b
	C	Sarıçam	8	123,07	c
		Ladin	8	62,83	a
		Kavak	8	81,99	b
	D	Sarıçam	8	101,90	b
		Ladin	8	65,57	a
		Kavak	8	102,25	b

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.2.2.3. Üretilen Levhaların Eğilme Direnci Üzerine Tutkal Türünün Etkisi

Çalışma kapsamında, Sarıçam, Doğu Ladini ve Melez Kavak tomruklarından üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine tutkal türünün etkisini belirlemek maksadı ile çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 33'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; tutkal türünün üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

Tablo 33. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Tutkal	1829,159	1	1829,159	3,815	Ö.D.
Hata	91108,324	190	479,517		
Toplam	1097980,273	192			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 34'de görülmektedir.

Tablo 34. Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Tutkal Türü	N	Homojenlik Grupları*
ÜF	69,26	a
FF	75,44	a

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.2.3. Elastikiyet Modülü

Üretilen levhalara ait elastikiyet modülü değerleri Tablo 35'de verilmiştir. Elastikiyet modülü direnci değerlerinin belirlenmesinde 8'er adet örnek kullanılmıştır.

Tablo 35. Üretilen levhaların elastikiyet modülü ortalama değerleri

Ağaç Türü	Tutkal Türü	Levha Türü	Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> )	
			X	S
SARIÇAM	ÜF	A	9061,91	1002,06
		B	7077,02	487,68
		C	13412,07	625,16
		D	9530,03	791,42
	FF	A	9510,17	422,53
		B	8259,22	300,07
		C	13051,62	1253,55
		D	10570,98	374,83
LADİN	ÜF	A	5754,24	622,19
		B	4969,38	309,60
		C	7511,55	548,01
		D	6452,66	748,23
	FF	A	6048,29	793,15
		B	4818,10	831,65
		C	8254,88	830,03
		D	7587,37	437,99
KAVAK	ÜF	A	7507,47	491,86
		B	7596,55	486,04
		C	10992,79	435,47
		D	9786,57	592,89
	FF	A	8262,98	538,72
		B	9038,41	352,32
		C	9577,01	1195,21
		D	11414,56	519,54

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

### 3.2.3.1. Üretilen Levhaların Elastikiyet Modülü Üzerine Tabaka Oryantasyonun Etkisi

Çalışma kapsamında, tabaka oryantasyonun ÜF ve FF tutkallarıyla üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkilerini karşılaştırmak maksadı ile her ağaç türünün dört farklı oryantasyonu için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 36'da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; tabaka oryantasyonun elastikiyet modülü değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur.

Tablo 36. Her ağaç türünün ÜF ve FF tutkalıyla üretilmiş levhalarının elastikiyet modülü değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Ağaç Türü	Tutkal Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
SARIÇAM	ÜF	Gruplar arası	168606051,609	3	56202017,203	99,511	***
		Gruplar içi	15813871,276	28	564781,117		
		Toplam	184419922,885	31			
	FF	Gruplar arası	99394035,044	3	33131345,015	66,916	***
		Gruplar içi	13863217,935	28	495114,926		
		Toplam	113257252,979	31			
LADİN	ÜF	Gruplar arası	27951682,377	3	9317227,459	27,747	***
		Gruplar içi	9402049,394	28	335787,478		
		Toplam	37353731,770	31			
	FF	Gruplar arası	57354194,715	3	19118064,905	33,244	***
		Gruplar içi	16102319,350	28	575082,834		
		Toplam	73456514,065	31			
KAVAK	ÜF	Gruplar arası	70270794,278	3	23423598,093	91,918	***
		Gruplar içi	7135248,841	28	254830,316		
		Toplam	77406043,119	31			
	FF	Gruplar arası	43146484,395	3	14382161,465	27,229	***
		Gruplar içi	14789596,968	28	528199,892		
		Toplam	57936081,363	31			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 37’de verilmiştir. Buna göre; ÜF ve FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri her bir ağaç türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; FF tutkalı ile Melez Kavak’tan üretilmiş levhalar hariç tüm ağaç türleri için en yüksek değerler C gruplarında bulunmuştur. FF tutkalı ile Melez Kavak’tan üretilmiş levhalarda ise en yüksek değerler D grubunda bulunmuştur. En düşük elastikiyet modülü değerleri her iki tutkal türünde de Sarıçam ve Doğu Ladini için B gruplarında bulunurken, Melez Kavak’ta ise A ve B gruplarında bulunmuştur.

Tablo 37. Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Tutkal türü	Varyans Kaynakları	N	Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> )		
ÜF	Sarıçam	A	8	9061,91	b
		B	8	7077,02	a
		C	8	13412,07	c
		D	8	9530,03	b
	Ladin	A	8	5754,24	b
		B	8	4969,38	a
		C	8	7511,55	d
		D	8	6452,66	c
	Kavak	A	8	7507,47	a
		B	8	7596,55	a
		C	8	10992,79	c
		D	8	9786,57	b
FF	Sarıçam	A	8	9510,17	b
		B	8	8259,22	a
		C	8	13051,62	d
		D	8	10570,98	c
	Ladin	A	8	6048,29	b
		B	8	4818,10	a
		C	8	8254,88	c
		D	8	7587,37	c
	Kavak	A	8	8262,98	a
		B	8	9038,41	b
		C	8	9577,01	b
		D	8	11414,56	c

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.2.3.2. Üretilen Levhaların Elastikiyet Modülü Üzerine Ağaç Türünün Etkisi

Çalışma kapsamında, Sarıçam, Doğu Ladini ve Melez Kavak tomruklarından üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine ağaç türünün etkisini belirlemek maksadı ile her ağaç türünün dört farklı oryantasyonu için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 38’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türünün elastikiyet modülü değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur.



Tablo 38. Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine ağaç türünün etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Tutkal Türü	Ağaç Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
ÜF	A	Gruplar arası	43815284,937	2	21907642,468	40,243	***
		Gruplar içi	11432186,742	21	544389,845		
		Toplam	55247471,679	23			
	B	Gruplar arası	30970754,131	2	15485377,065	81,513	***
		Gruplar içi	3989459,422	21	189974,258		
		Toplam	34960213,553	23			
	C	Gruplar arası	140768328,828	2	70384164,414	239,733	***
		Gruplar içi	6165476,242	21	293594,107		
		Toplam	146933805,069	23			
	D	Gruplar arası	55069517,392	2	27534758,696	53,719	***
		Gruplar içi	10764047,105	21	512573,672		
		Toplam	65833564,496	23			
FF	A	Gruplar arası	49186528,394	2	24593264,197	67,204	***
		Gruplar içi	7684933,345	21	365949,207		
		Toplam	56871461,739	23			
	B	Gruplar arası	80691605,707	2	40345802,853	120,480	***
		Gruplar içi	7032387,110	21	334875,577		
		Toplam	87723992,817	23			
	C	Gruplar arası	98212241,191	2	49106120,596	39,936	***
		Gruplar içi	25821987,142	21	1229618,435		
		Toplam	124034228,333	23			
	D	Gruplar arası	64695837,719	2	32347918,859	161,132	***
		Gruplar içi	4215826,656	21	200753,650		
		Toplam	68911664,375	23			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 39’da verilmiştir. Tablo 39’a göre, ÜF ve FF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; A ve C gruplarının Sarıçam’dan üretilmiş levhalarında en yüksek elastikiyet modülü değerleri bulunurken, B ve D grupları için ise Melez Kavak’tan üretilmiş levhalarda en yüksek değerler bulunmuştur. Her iki tutkal türü içinde en düşük elastikiyet modülü değerleri tüm levha oryantasyonlarının Doğu Ladini’nden üretilmiş levhalarında bulunmuştur.

Tablo 39. Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Tutkal türü	Varyans Kaynakları	N	Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> )		
ÜF	A	Sarıçam	8	9061,91	c
		Ladin	8	5754,24	a
		Kavak	8	7507,47	b
	B	Sarıçam	8	7077,02	b
		Ladin	8	4969,38	a
		Kavak	8	7596,55	c
	C	Sarıçam	8	13412,07	c
		Ladin	8	7511,55	a
		Kavak	8	10992,79	b
	D	Sarıçam	8	9530,03	b
		Ladin	8	6452,66	a
		Kavak	8	9786,57	b
FF	A	Sarıçam	8	9510,17	c
		Ladin	8	6048,29	a
		Kavak	8	8262,98	b
	B	Sarıçam	8	8259,22	b
		Ladin	8	4818,10	a
		Kavak	8	9038,41	c
	C	Sarıçam	8	13051,62	c
		Ladin	8	8254,88	a
		Kavak	8	9577,01	b
	D	Sarıçam	8	10570,98	b
		Ladin	8	7587,37	a
		Kavak	8	11414,56	c

\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

### 3.2.3.3. Üretilen Levhaların Elastikiyet Modülü Üzerine Tutkal Türünün Etkisi

Çalışma kapsamında, Sarıçam, Doğu Ladini ve Melez Kavak tomruklarından üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine tutkal türünün etkisini belirlemek maksadı ile çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 40'da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; tutkal türünün üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

Tablo 40. Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Tutkal	1,515	1	1,515	2,844	Ö.D.
Hata	1,012	190	5325876,636		
Toplam	1,518	192			

Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi amacıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 41’de görülmektedir.

Tablo 41. Üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Student-Newman-Keuls testi sonuçları ( $p \leq 0,05$ )

Grup İsmi	N	Homojenlik Grupları*
ÜF	8304,35	a
FF	8866,13	a

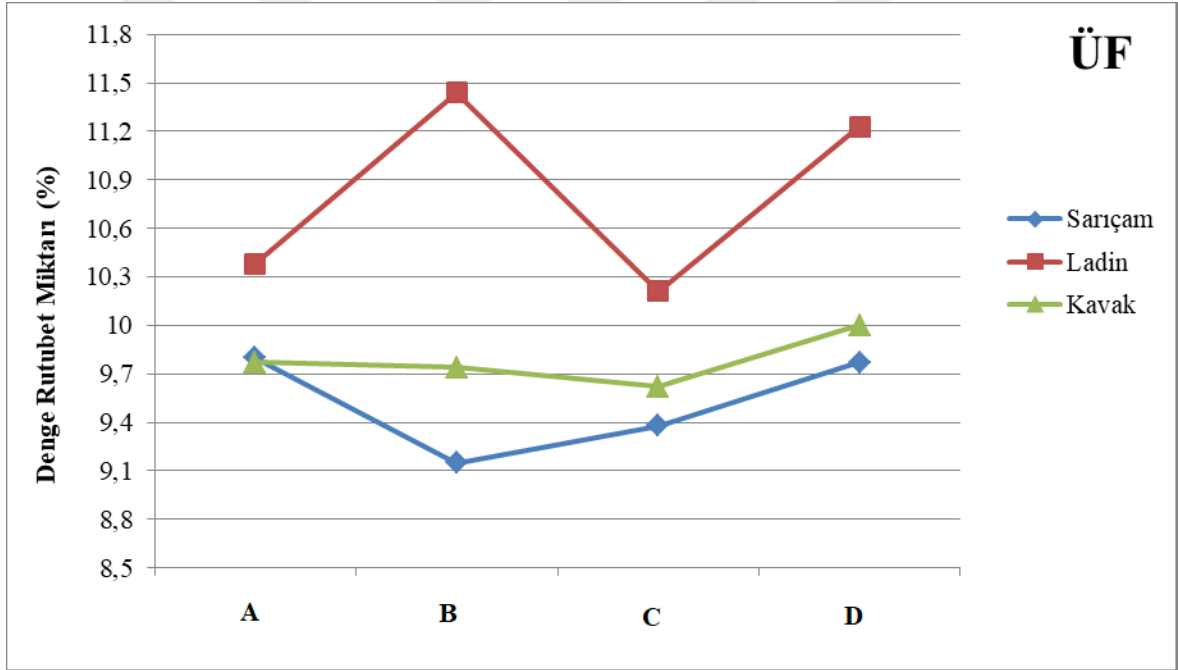
\*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

## 4. İRDELEME

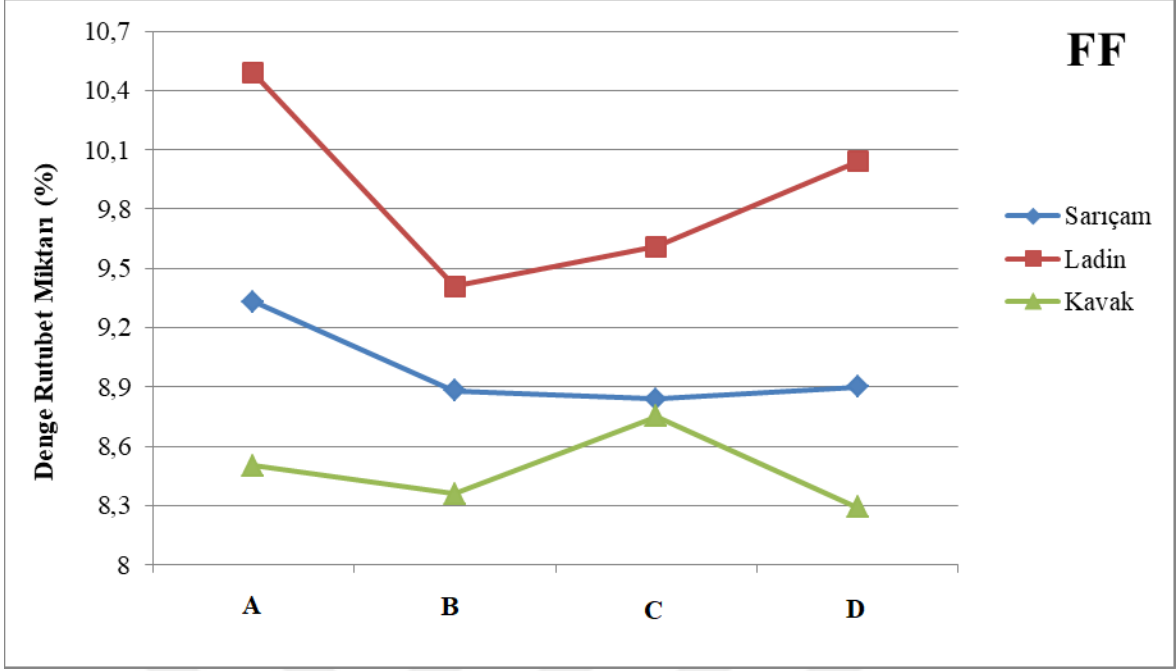
### 4.1. Fiziksel Özellikler

#### 4.1.1. Denge Rutubeti Miktarı

Çalışma kapsamında ÜF ve FF tutkalları kullanılarak üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri; tabaka oryantasyonuna, elde edilen ağaç türüne ve kullanılan tutkal türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen levhaların denge rutubet miktarları değişimleri Şekil 16 ve Şekil 17’de görülmektedir.



Şekil 13. ÜF tutkalıyla üretilmiş levhaların denge rutubeti miktarı değerleri değişimi



Şekil 14. FF tutkalıyla üretilmiş levhaların denge rutubeti miktarı değerleri değişimi

Tabaka oryantasyonunun levhaların denge rutubet miktarı üzerine etkisi incelendiğinde denge rutubet miktarı değerleri, ÜF tutkalında A grubu için % 9,8-10,4; B grubu için % 9,2-11,4; C grubu için % 9,4-10,2; D grubu için % 9,8-10 arasında bulunmuştur. FF tutkalında ise A grubu için % 8,5-10,5; B grubu için % 8,4-9,9; C grubu için % 8,8-9,6; D grubu için % 8,3-10 arasında bulunmuştur. Biblis (2001) tarafından FF tutkalı ile üretilen LVL’de denge rutubeti ortalama % 9,4 bulunmuştur. Çolak vd. (2004) tarafında yapılan başka bir çalışmada ÜF tutkalıyla üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri ortalama % 9,8 bulunmuştur. Demirkır (2014) tarafından yapılan bir çalışmada ÜF tutkalı ile üretilen kontrplaklarda ortalama denge rutubet miktarı % 9,74, FF tutkalında % 8,84 bulunmuştur.

Üretimde kullanılan ağaç türlerinin levhaların denge rutubet miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, her iki tutkal türü ile üretilen tüm levha gruplarında Doğu Ladini en yüksek rutubet miktarı değerlerini vermiştir. En düşük değerler ise, ÜF tutkalı için Sarıçam; FF tutkalı için Melez Kavak’ta bulunmuştur. Literatürde ağaç türünün üretilen kontrplakların denge rutubeti üzerine etkili olduğu belirtilmektedir (Özen, 1981). Aydın (2004) yapılan çalışmada kayın, kızılâğaç ve ladin tomruklarından üretilen kontrplakların denge rutubet değerleri arasında ladinin en yüksek değerler verdiğini tespit etmiştir. Demirkır (2014)

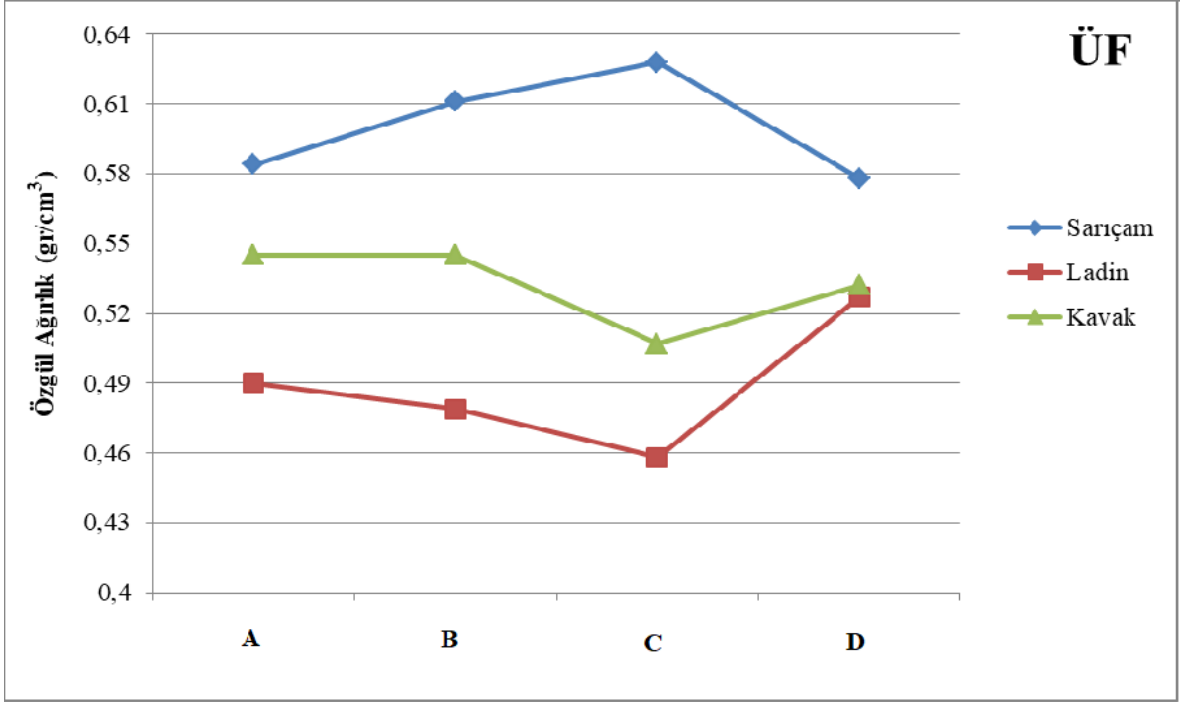
tarafından yapılan başka bir çalışmada ise, kayın, kızılağaç, kavak ve ladin kontrplaklar arasında en yüksek denge rutubet değerleri ladinde bulunmuştur.

Üretimde kullanılan tutkal türlerinin levhaların denge rutubet miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, ÜF tutkalı ile üretilen levhaların denge rutubet miktarı, FF tutkalına göre daha yüksek bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada ÜF tutkalıyla üretilen kontrplakların denge rutubet değerleri ladin ve kızılağaçta FF ile üretilen kontrplakların denge rutubet değerine nazaran yüksek bulunmuştur. ÜF tutkal çözeltisinde asidik tuzlar kullanılmaktadır. Bu sertleştiriciler rutubeti hızlı bir şekilde absorbe etmektedir. Bu nedenle ÜF tutkalıyla üretilen gruplara ait denge rutubet değerinin yüksek bulunması literatür bilgileriyle paralellik göstermektedir (Aydın, 2004; Bozkurt ve Göker, 1986). ÜF, MÜF ve FF tutkalları ile üretilen LVL' ler üzerine yapılan bir çalışmada da FF tutkalı ile üretilen levhaların denge rutubet miktarı, ÜF tutkalı ile üretilen levhalara göre daha düşük bulunmuştur (Çolak vd., 2004). Tutkalların sahip olduğu kimyasal içerik nedeniyle farklı presleme koşullarında farklı sonuçlar vermesi beklenen bir sonuçtur (Mirski ve Dziurka, 2011).

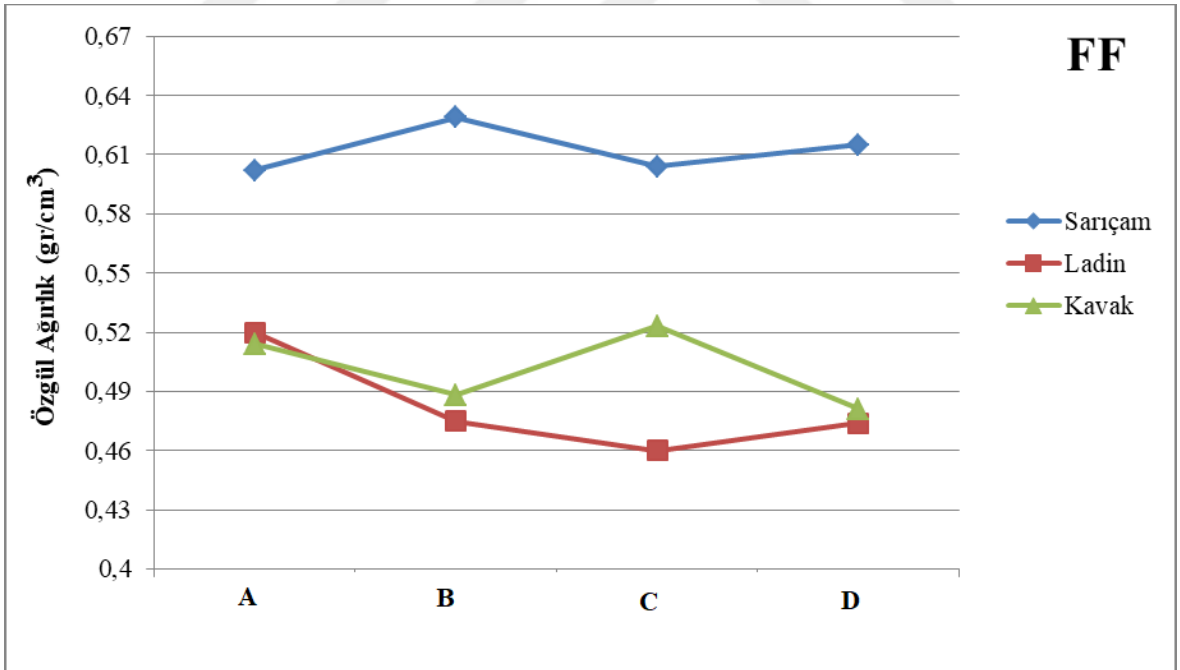
Çalışma kapsamında elde edilen denge rutubeti miktarları, yapısal kontrplak ve LVL el kitabında belirtilen kontrplaklar için gerekli rutubet aralığında (% 6-14) bulunmuştur (BS 1134, 1990).

#### **4.1.2. Özgül Ağırlık**

Çalışma kapsamında ÜF ve FF tutkalları kullanılarak üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri; tabaka oryantasyonuna, elde edilen ağaç türüne ve kullanılan tutkal türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri değişimleri Şekil 18 ve Şekil 19'da görülmektedir.



Şekil 15. ÜF tutkalıyla üretilmiş levhaların özgül ağırlık değerleri değişimi



Şekil 16. FF tutkalıyla üretilmiş levhaların özgül ağırlık değerleri değişimi

Tabaka oryantasyonunun levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, ÜF ve FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri Sarıçam için 0,578 - 0,629 gr/cm<sup>3</sup>; Doğu Ladini için 0,460 - 0,527 gr/cm<sup>3</sup>; Melez Kavak için 0,481 - 0,545 gr/cm<sup>3</sup> arasında bulunmuştur.

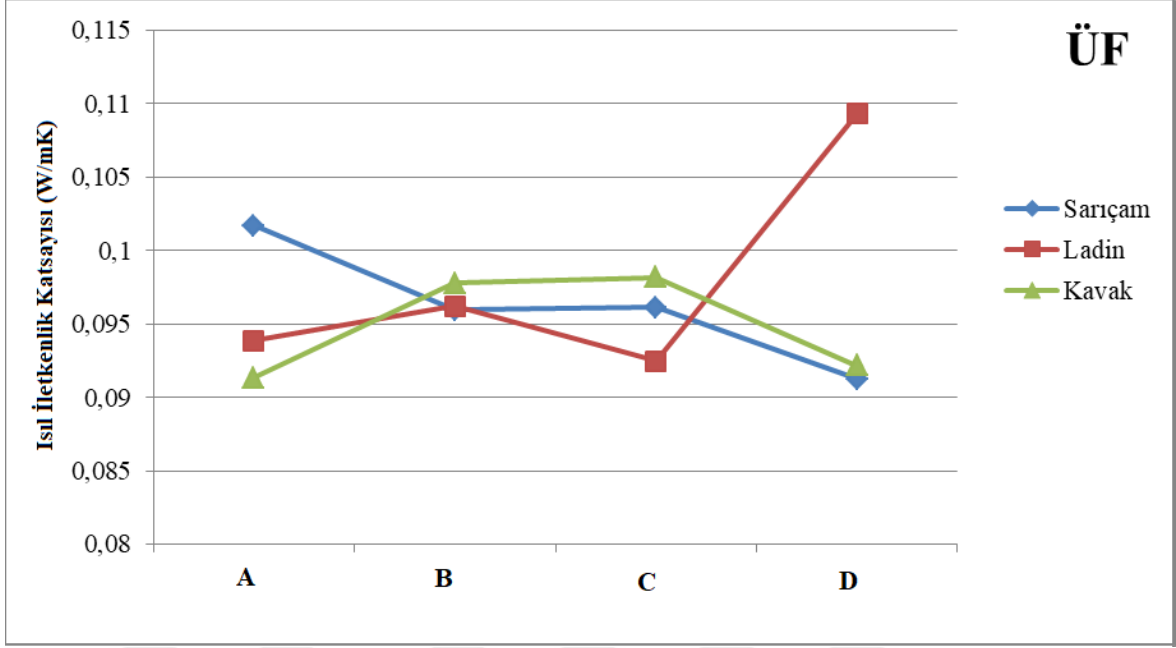
Her iki tutkal türünde de tüm tabaka oryantasyonları için Sarıçam'dan üretilmiş levhaların en yüksek özgül ağırlık değerlerini verdiği görülmüştür. Genel olarak her iki tutkal türü içinde Doğu Ladini ve Melez Kavak'tan üretilmiş levha grupları daha düşük özgül ağırlık değerleri vermiştir. Lamine malzemelerin yoğunluğunu öncelikle üretiminde kullanılan ağaç türü belirler. Ayrıca tutkal karışım çözeltisi (dolgu ve katkı maddelerinin tür ve miktarı) ile kaplama kalınlığının ve pres basıncının da etkisi vardır. Pres basıncı ile tutkal türü ve karışımının etkisi odun türünün etkisine göre daha azdır (Örs vd., 2002; Bal, 2011). Araştırmada kullanılan sarıçam odununun 0,496 g/cm<sup>3</sup> (Demirkır, 2012), kavak odununun 0,372 g/cm<sup>3</sup> (Örs vd., 2002) ve ladin odununun 0,406 g/cm<sup>3</sup> (Berkel, 1970) tam kuru yoğunluğa sahip olduğu ifade edilmektedir. Buna göre, yoğunluğu kavak ve ladine göre daha fazla olan Sarıçam'dan yapılan levhaların yoğunluğunun diğerlerinden yüksek çıkması beklenen bir sonuçtur.

ÜF ve FF tutkalları ile üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri arasında ise istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

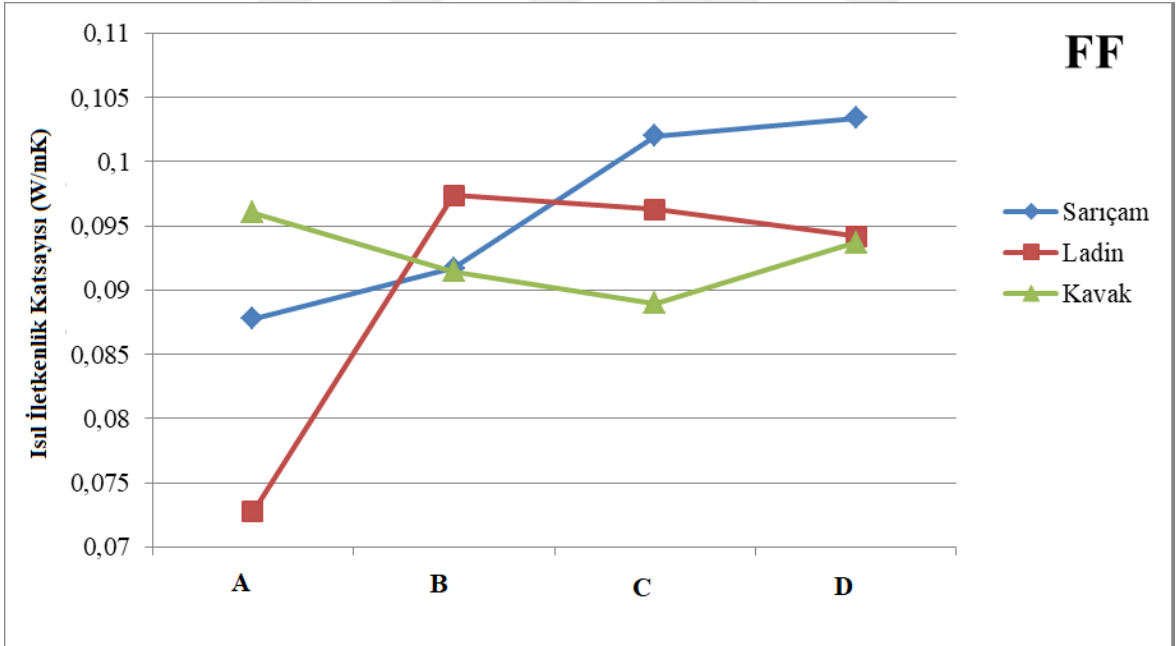
#### **4.1.3. Isıl İletkenlik Katsayısı**

Çalışma kapsamında ÜF ve FF tutkalları kullanılarak üretilen levhaların ısı iletkenlik katsayı değerleri; tabaka oryantasyonun, elde edilen ağaç türüne ve kullanılan tutkal türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen levhaların ısı iletkenlik katsayı değişimleri Şekil 20 ve Şekil 21'de görülmektedir.





Şekil 17. ÜF tutkalıyla üretilmiş levhaların ısıl iletkenlik katsayı değerleri değişimi



Şekil 18. FF tutkalıyla üretilmiş levhaların ısıl iletkenlik katsayı değerleri değişimi

Tabaka oryantasyonunun levhaların ısıl iletkenlik katsayı üzerine etkisi incelendiğinde tutkal türü ve ağaç türüne göre ısıl iletkenlik katsayı değerlerinin farklılık gösterdiği görülmüştür. ÜF tutkalında en yüksek ısıl iletkenlik değerleri, Sarıçam için

A grubu, Doğu Ladini için D grubu; Melez kavak için C grubu vermiştir. En düşük değerler, Sarıçam için D; Doğu Ladini için C; Melez Kavak için A grubu levhalarında bulunmuştur. FF tutkalında en yüksek ısı iletkenlik değerlerini, Sarıçam için D, Doğu Ladini için B; Melez Kavak için A grubu vermiştir. En düşük değerler, Sarıçam ve Doğu Ladini için A; Melez Kavak için C grubu levhalarında bulunmuştur. Grupların ısı iletkenlik katsayı değerleri arasındaki farklar oldukça küçüktür. Ağaç malzemedeki ısı iletme kabiliyeti, ağaç türlerine ve aynı ağaçta liflerin gidiş yönüne göre değiştiği gibi, ağaç malzemenin anatomik yapısı ile de doğrudan ilişkilidir (Berkel, 1970). Ayrıca ısı iletkenlik değerinin ağaç türüne göre değişim gösterdiği birçok çalışmada vurgulanmıştır (Kol ve Sefil, 2011; EWPA, 2010; Rice ve Shepard, 2004). Ayrıca ağaç malzemenin ısı iletkenliği üzerine etkili olan faktörler arasında; yoğunluk, rutubet, ekstraktif madde miktarı, lif yönü, budak, çatlak ve lif açısı gibi yapısal düzensizlikler ve sıcaklık sayılabilir (Simpson ve Tenwolde, 2007).

Üretimde kullanılan ağaç türlerinin levhaların ısı iletkenlik üzerine etkisi incelendiğinde, en yüksek ısı iletkenlik katsayı değerleri, ÜF tutkalında A grubu için Sarıçam; B ve C grupları için Melez Kavak; D grubu için Doğu Ladini'nde elde edilmiştir. En düşük değerler ise A grubu için Melez Kavak; B ve D grupları için Sarıçam; C grubu için Doğu Ladini'nde bulunmuştur. FF tutkalında en yüksek değerler A grubu için Melez Kavak; B grubu için Doğu Ladini; C ve D grubu için Sarıçam'dan elde edilmiştir. En düşük değerler ise A grubu için Doğu Ladini; B, C, ve D grupları için Melez Kavak'ta bulunmuştur. Isı iletkenlik katsayı değerinin ağaç türüne göre değişim gösterdiği birçok çalışmada vurgulanmıştır (Kol ve Sefil, 2011; Rice ve Shepard, 2004). Ağaç malzemenin üretilen levha ürünlerinde ısı iletkenlik; çeşitli bağlayıcı maddeler ve bunlara ilave edilen dolgu ve katkı maddeleri ile üretilen ahşap levhalarda bağlayıcı madde çeşidi ve katkı maddelerinin türüne göre farklılık göstermektedir (Kamke, Zylkowski, 1989). Demirkır (2012) kontrplakların ısı iletkenlik değerleri üzerine ağaç türü, kaplama kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığı, üretimde kullanılan tutkal türü gibi faktörlerin etki ettiğini ifade etmiştir.

Üretimde kullanılan tutkal türlerinin levhaların ısı iletkenlik üzerine etkisi incelendiğinde, ÜF tutkalı ile üretilen levhaların ısı iletkenlik katsayı değerleri, FF tutkalına göre daha yüksek bulunmuştur. Çalışmadaki sonuçlara bakıldığında ÜF tutkalı ile üretilen levhaların denge rutubet miktarlarının FF tutkalına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Literatürde, suyun iletkenliğinin yüksek olması nedeniyle rutubetin artışı ile birlikte ısı iletkenlikte arttığı belirtilmiştir (Gu ve Hunt, 2007; Kurt vd., 2008; Kol, 2009; Kol ve Sefil, 2011). Kol ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada ÜF ve FF tutkalları kullanılarak

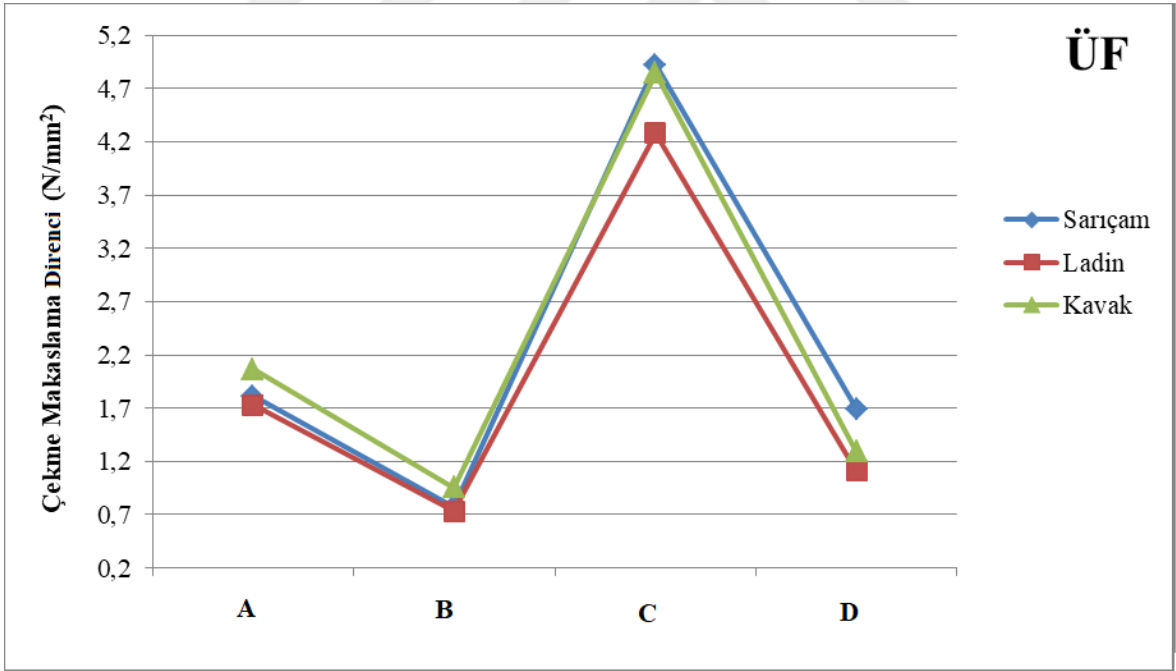
üretileen lamine levhaların ısı iletkenlik değeri üzerine tutkal türünün önemli bir etkisinin olduğunu belirlenmiştir.

Üretilen deney gruplarına ait ısı iletim katsayıları, ahşap kökenli bazı levhalara ait ısı iletim katsayıları ile karşılaştırıldığında literatür ile uyumlu sonuçlar göstermiştir (Kawasaki ve Kawai 2006).

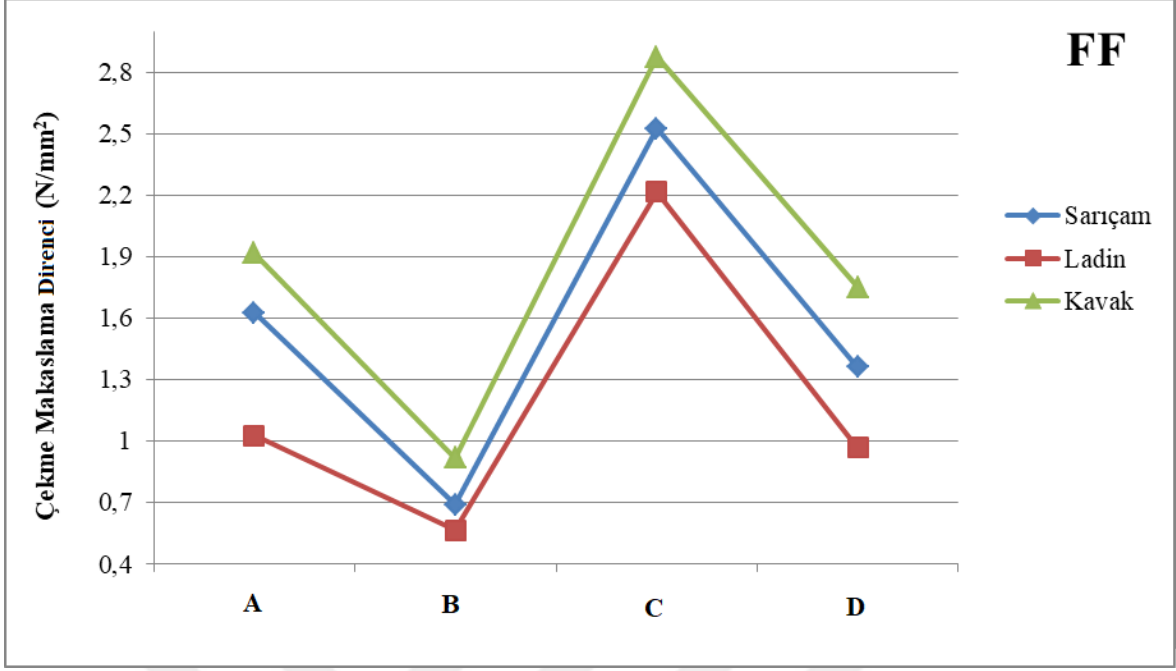
## 4.2. Mekanik Özellikler

### 4.2.1. Çekme-Makaslama Direnci

Çalışma kapsamında ÜF ve FF tutkalları kullanılarak üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değeri; tabaka oryantasyonuna, elde edilen ağaç türüne ve kullanılan tutkal türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değeri Şekil 22 ve Şekil 23’de görülmektedir.



Şekil 19. ÜF tutkalıyla üretilmiş levhaların çekme-makaslama direnci değeri değeri



Şekil 20.FF tutkalıyla üretilmiş levhaların çekme-makaslama direnci değerleri değişimi

ÜF ve FF tutkalı ile üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine bakıldığında, en yüksek değerler tüm ağaç türleri için LVL levhaların oluşturduğu C grubunda bulunurken, en düşük değerler ise orta tabakaları paralel yapıştırılmış kontrplak levhaların oluşturduğu B grubunda bulunmuştur. LVL levhalarının diğer levhalara göre daha yüksek çekme-makaslama direnci değerleri vermesinin sebebi, kullanılan yapıştırıcının LVL levhalarının düzgün lifli lamelleri arasında odunun kohezyon kuvvetini arttırmasından kaynaklanabilir (Dallı, 2005). Bal (2011) tarafından yapılan bir çalışmada kavaktan üretilen LVL levhalarında çekme-makaslama direnci değerleri ÜF için  $2,3 \text{ N/mm}^2$ , FF için  $3,4 \text{ N/mm}^2$  olarak bulunmuştur. Bu tez kapsamında ÜF ve FF tutkalları kullanılarak kavaktan üretilen LVL levhaları literatürdeki sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

ÜF ve FF tutkalı ile üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine ağaç türünün etkisi incelendiğinde; genel olarak en yüksek çekme-makaslama direnci değerlerini Sarıçam ve Melez Kavak'tan üretilmiş levhalar verirken en düşük çekme-makaslama direnci değerleri ise Doğu Ladini'nden üretilmiş levhalarda bulunmuştur. Yapılan çalışmada bu grupların özgül ağırlık değerlerinin de yüksek olduğu görülmüştür. Odunun özgül ağırlığı arttıkça yapışma direncinin de iyileştiği literatürde belirtilmektedir (Aydın, 2004; Örs vd., 2002). Bu kapsamda özgül ağırlık değerleri yüksek olan bu

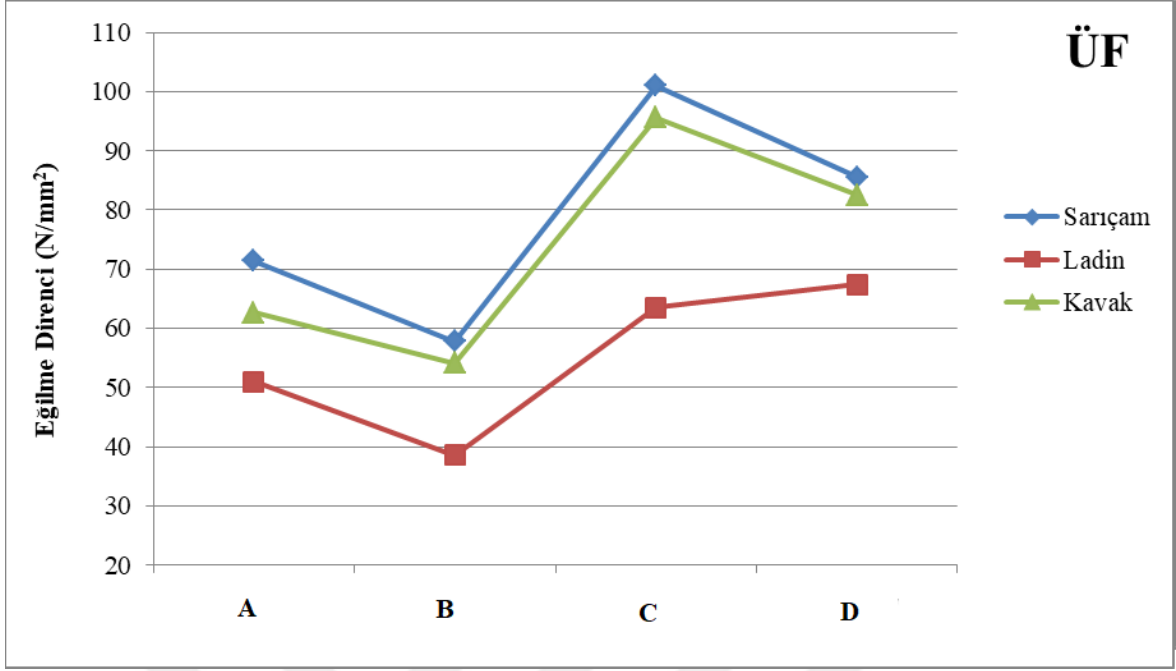
gurupların yapışma direnci değerlerinin de yüksek çıkması beklenen bir sonuçtur. Odunun özgül ağırlığına bağlı olarak değişim gösteren kontrplak özgül ağırlığındaki değişimin yapışma direnci üzerine önemli bir etkisi olduğu bilinmekte ve yüksek levha yoğunluğunun yüksek yapışma direnci sağladığı belirtilmektedir (He vd., 2007; Demirkır, 2012).

Çalışma kapsamında üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine tutkal türünün etkisi incelendiğinde; ÜF tutkalı ile üretilmiş levhaların FF'ye göre daha yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür. FF tutkalı ile üretilen levhaların çekme-makaslama direnci testinde ön işlem olarak suda kaynatma işlemi uygulanırken, ÜF ile üretilen levhalar 20 °C'de ki suda bekletilerek test yapılmıştır. Literatürde kaynatma işlemi uygulanmış örneklerin daha düşük çekme-makaslama direnci değerleri verdiği görülmüştür (Bal, 2011; Çolak vd., 2004).

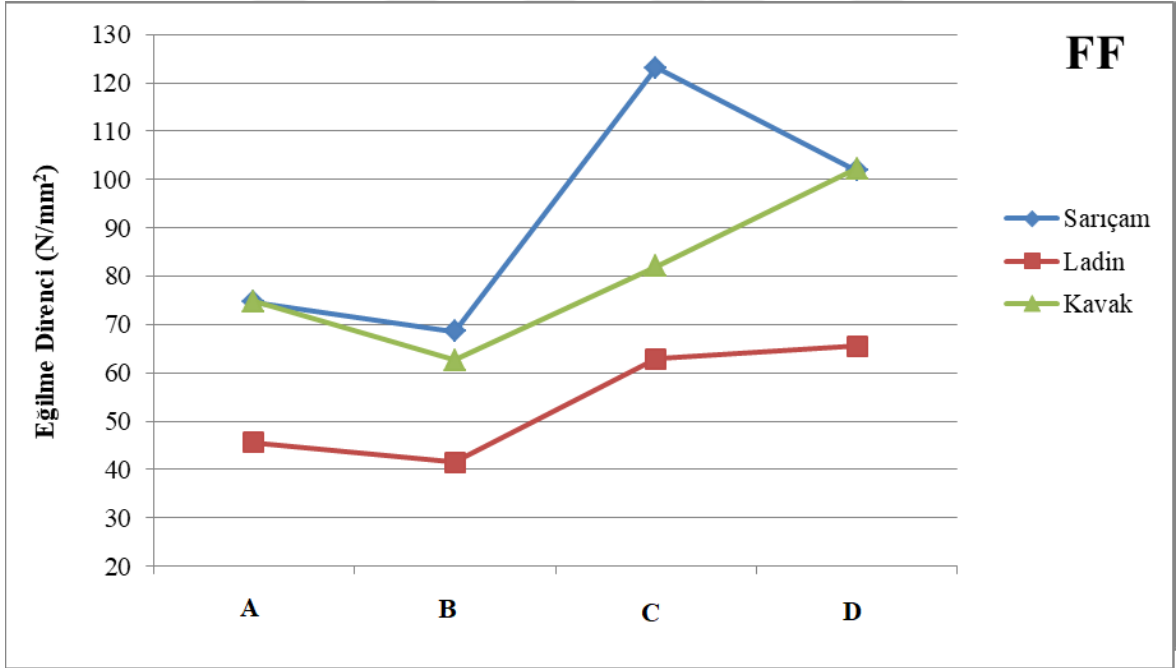
Çalışma sonucunda orta tabakaları paralel yapıştırılmış kontrplak levhalarının oluşturduğu B grubu hariç diğer grupların yapışma direnci değerleri, EN 314-1 ve DIN 68705-3 standartlarında belirtilen 1 N/mm<sup>2</sup> değerinin üzerinde bulunmuştur. Dolayısıyla üretilen levhaların standart değerlere uygun yapışma direnci sonuçları ortaya koyduğu görülmektedir.

#### **4.2.2. Eğilme Direnci**

Çalışma kapsamında ÜF ve FF tutkalları kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci değerleri; tabaka oryantasyonunun elde edilen ağaç türüne ve kullanılan tutkal türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen levhaların eğilme direnci değişimleri Şekil 24 ve Şekil 25'de görülmektedir.



Şekil 21. ÜF tutkalıyla üretilmiş levhaların eğilme direnci değerleri değişimi



Şekil 22. FF tutkalıyla üretilmiş levhaların eğilme direnci değerleri değişimi

ÜF ve FF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine bakıldığında, en yüksek değerler genellikle LVL levhaların oluşturduğu C grubunda bulunurken, en düşük değerler ise orta tabakaları paralel

yapıştırılmış kontrplak levhaların oluşturduğu B grubunda bulunmuştur. Yapışma direncindeki artışın diğer mekanik özellikleri de iyileştirdiği ifadesi dikkate alındığında; daha iyi çekme-makaslama direnci değerleri vermiş LVL levhalarının eğilme direncinin daha yüksek olması beklenebilir. Uygun bir şekilde tutkallanmamış ve iyi bir yapışma sağlanmamış levhaların düşük eğilme direnci göstereceği belirtilmektedir (Demirkır, 2012).

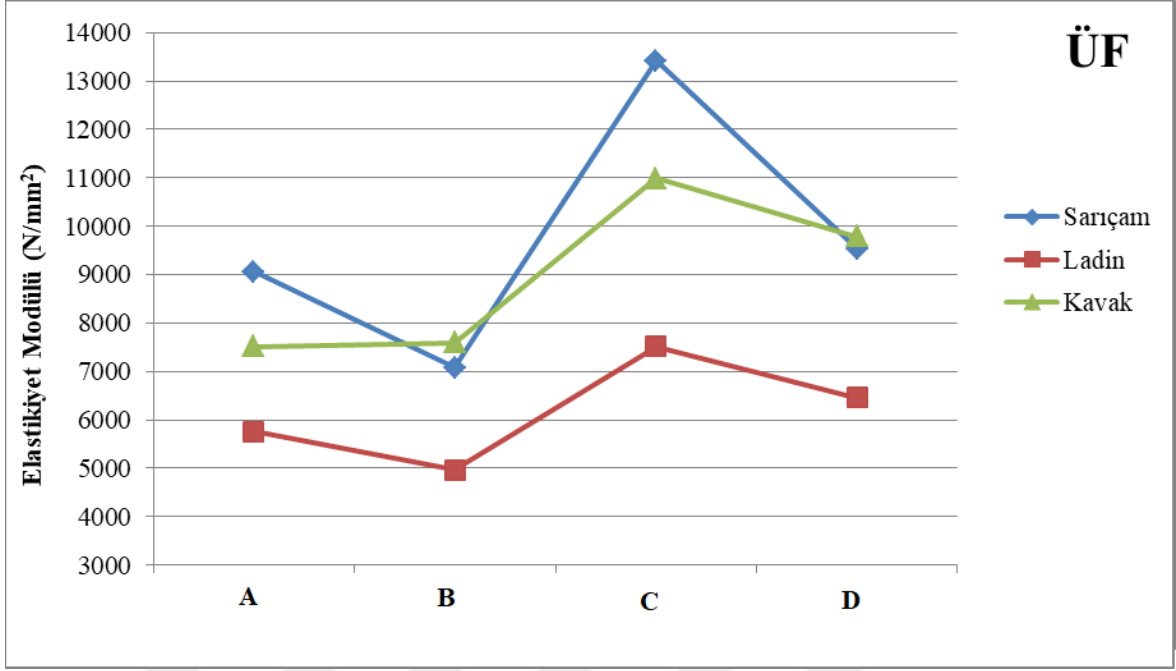
ÜF ve FF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerine ağaç türünün etkisi incelendiğinde; genel olarak en yüksek eğilme direnci değerlerini Sarıçam ve Melez Kavak'tan üretilmiş levhalar verirken en düşük eğilme direnci değerleri ise Doğu Ladini'nden üretilmiş levhalarda bulunmuştur. Kontrplağın eğilme direnci üzerine çeşitli üretim faktörlerinin etkisinin incelendiği çalışmalarda, ağaç türünün eğilme direnci üzerine önemli bir etkisi olduğu ifade edilmektedir (Toksoy vd., 2006; Aydın vd., 2006; Aydın ve Çolakoğlu, 2008). Literatürde özgül ağırlığı yüksek olan ağaç türlerinden üretilen levhaların yapışma direnci ve diğer mekanik özelliklerinin yüksek olacağı ifade edilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1992).

ÜF ve FF tutkalları ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri arasında ise istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

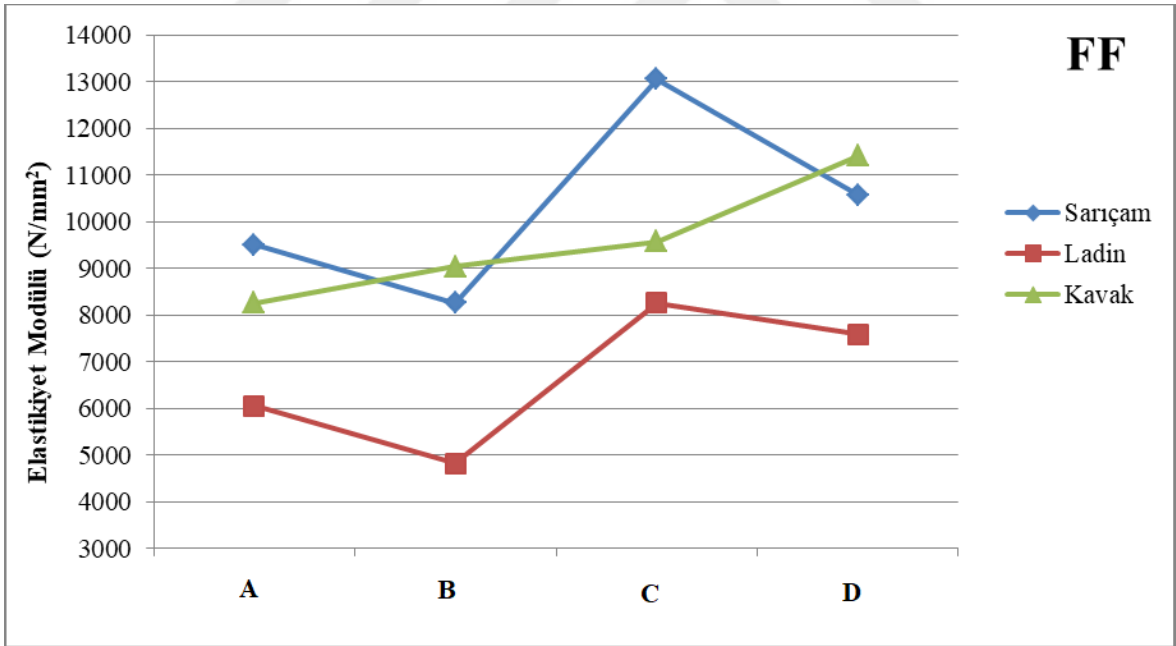
Üretilen levhalara ait eğilme direnci değerleri ÜF tutkalı kullanılarak Ladin kaplamalardan üretilen B grubu hariç DIN 68705-3 (2003) standardına göre yapısal amaçlı kullanılacak kontrplaklar için eğilme direnci alt sınır değeri olarak belirlenen  $40 \text{ N/mm}^2$  değerini sağlamıştır. Ayrıca TS 4645 EN 636 (2005) standardında yapılan sınıflandırmada belirtilen F30 ( $45 \text{ N/mm}^2$ ), F40 ( $60 \text{ N/mm}^2$ ), F50 ( $75 \text{ N/mm}^2$ ) sınıfları için verilen alt değerleri karşılayan grupların olduğu da görülmektedir.

#### **4.2.3. Elastikiyet Modülü**

Çalışma kapsamında ÜF ve FF tutkalları kullanılarak üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri; tabaka oryantasyonuna, elde edilen ağaç türüne ve kullanılan tutkal türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen levhaların elastikiyet modülü değişimleri Şekil 26 ve Şekil 27'de görülmektedir.



Şekil 23. ÜF tutkalıyla üretilmiş levhaların elastikiyet modülü değerleri değişimi



Şekil 24. FF tutkalıyla üretilmiş levhaların elastikiyet modülü değerleri değişimi

ÜF ve FF tutkalı ile üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine tabaka oryantasyonunun etkisine bakıldığında, en yüksek değerler genellikle LVL levhaların



oluşturduğu C grubunda bulunurken, en düşük değerler ise orta tabakaları paralel yapıştırılmış kontrplak levhaların oluşturduğu B grubunda bulunmuştur.

ÜF ve FF tutkalı ile üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine ağaç türünün etkisi incelendiğinde; genel olarak en yüksek elastikiyet modülü değerlerini Sarıçam ve Melez Kavak'tan üretilmiş gruplar verirken en düşük elastikiyet modülü değerleri ise Doğu Ladini'nden üretilmiş levhalarda bulunmuştur.

ÜF ve FF tutkalları ile üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri arasında ise istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

Halligan ve Schiewind (1974) çalışmasında da, eğilmede elastikiyet modülündeki değişimin levhanın eğilme direncindeki değişmelere orantılı sonuçlar verdiği belirtilmektedir.

Elde edilen değerlerin, DIN 68705-3 (2003) standardına göre, yapısal amaçlı kullanılacak 6-12 mm arası kalınlıklardaki kontrplaklar için elastikiyet modülü alt sınır değeri olarak belirlenen  $5000 \text{ N/mm}^2$  değerini genel olarak sağladığı belirlenmiştir.

## **5. SONUÇLAR**

### **5.1. Fiziksel Özellikler**

#### **5.1.1. Denge Rutubet Miktarı**

1. ÜF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların denge rutubeti miktarı değerleri her bir ağaç türün için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; Sarıçam için en yüksek değerler A ve D, Doğu Ladini için B, Melez Kavak için ise D gruplarında bulunmuştur. En düşük denge rutubeti miktarı değerleri ise Sarıçam'da B grubunda bulunurken Doğu Ladini ve Melez Kavak'ta ise C grubunda bulunmuştur.

FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların denge rutubeti miktarı değerleri her bir ağaç türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise, Sarıçam ve Doğu Ladini için en yüksek değerler A gruplarında bulunurken, Melez Kavak için ise en yüksek değerler C gruplarında bulunmuştur. En düşük denge rutubeti miktarı değerleri ise sarıçamda B, C ve D gruplarında bulunurken, Doğu Ladini'nde B ve C, Melez Kavak'ta ise A, B ve D gruplarında bulunmuştur.

2. ÜF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların denge rutubeti miktarı değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; A, B, C ve D gruplarının Doğu Ladini'nden üretilmiş levhalarında en yüksek denge rutubeti miktarı değerleri bulunmuştur. A grubunda en düşük denge rutubeti miktarı değerleri bu grupların Sarıçam ve Melez Kavak'tan üretilmiş levhalarında bulunurken, B, C ve D grupları için ise Sarıçam kullanılarak üretilmiş levhalar en düşük denge rutubeti miktarı değerlerini vermiştir.

FF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların denge rutubeti miktarı değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı incelendiğinde ise; tüm tabaka oryantasyonları için Doğu Ladini'nden üretilmiş levhalar en yüksek denge rutubeti miktarı değerlerini verirken A, B ve D gruplarının ise Melez Kavak'tan üretilmiş levhaları en düşük denge rutubeti miktarı değerlerini vermiştir. C grupları için ise en düşük değerler Sarıçam ve Melez Kavak'tan üretilmiş levhalarda bulunmuştur.

3. Tutkal türü açısından değerlendirildiğinde; ÜF tutkalı ile üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri ile FF tutkalı ile üretilen levhaların denge rutubet miktarı değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

### 5.1.2. Özgül Ağırlık

1. ÜF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri her bir ağaç türün için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; Sarıçam için en yüksek değer C, Doğu Ladini için D gruplarında bulunmuştur. En düşük özgül ağırlık değerleri ise Sarıçam'da A ve D'de, Doğu Ladini'nde C gruplarında bulunmuştur. Melez Kavak'tan üretilmiş levhaların özgül ağırlık değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri her bir ağaç türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde, Sarıçam'da B, Doğu Ladini'nde A, Melez Kavak'ta A ve C gruplarının diğer levha gruplarına göre daha yüksek özgül ağırlık değerleri verdiği görülmüştür.

2. Farklı ağaç türlerinden üretilen levha gruplarının özgül ağırlık değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; her iki tutkal türünde de tüm tabaka oryantasyonları için Sarıçam'dan üretilmiş grupların en yüksek özgül ağırlık değerlerini verdiği görülmüştür. Genel olarak her iki tutkal türü içinde Doğu Ladini ve Melez Kavak'tan üretilmiş levha grupları daha düşük özgül ağırlık değerleri vermiştir.

3. Tutkal türü açısından değerlendirildiğinde; ÜF tutkalı ile üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri ile FF tutkalı ile üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

### 5.1.3. Isıl İletkenlik

1. En yüksek ısı iletkenlik katsayı değeri Doğu Ladini kaplamalarından ÜF tutkalı kullanılarak üretilen D gruplarından elde edilmiştir.

2. En düşük ısı iletkenlik değerleri ise Doğu Ladini kaplamalardan FF tutkalı kullanılarak üretilmiş A gruplarından elde edilmiştir.

3. Tabaka oryantasyonu ve tutkal türünün ısı iletkenlik katsayı değerleri üzerine etkisi ağaç türlerine göre farklılık göstermektedir. ÜF ve FF tutkalları ile üretilen aynı tabaka oryantasyonundaki levhaların ısı iletkenlik katsayı değerleri arasında farklılıklar görölmüştür.

## **5.2. Mekanik Özellikler**

### **5.2.1. Çekme-Makaslama Direnci**

1. ÜF ve FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri tüm ağaç türleri için LVL levhaların oluşturduğu C gruplarında bulunurken, en düşük çekme-makaslama direnci değerleri ise 3 ağaç türü içinde orta tabakaları paralel yapıstırılmış kontrplak levhaların oluşturduğu B gruplarında bulunmuştur.

2. ÜF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; A ve B gruplarının Melez Kavak'tan üretilmiş levhaları, Sarıçam ve Doğu Ladini'nden üretilmiş levhalara göre daha yüksek değerler vermiştir. C ve D gruplarında ise en yüksek çekme-makaslama direnci değerlerini Sarıçam'dan üretilmiş levhalar vermiştir. En düşük çekme-makaslama direnci değerleri ise C ve D gruplarının Doğu Ladini'nden üretilmiş levhalarında bulunmuştur.

FF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı incelendiğinde; A, B ve D grupları için Melez Kavak'tan üretilmiş levhalar, C grubu için ise Sarıçam ve Melez Kavak'tan üretilmiş levhalar en yüksek çekme-makaslama direnci değerlerini vermiştir. En düşük çekme-makaslama direnci değerleri ise tüm tabaka oryantasyonları için Doğu Ladini'nden üretilmiş levha gruplarında bulunmuştur.

3. Tutkal türü açısından değerlendirildiğinde; ÜF ve FF tutkalı ile üretilen levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

### **5.2.2. Eğilme Direnci**

1. ÜF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların eğilme direnci değerleri her bir ağaç türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; Sarıçam ve Melez Kavak için

en yüksek eğilme direnci değerleri C, Doğu Ladini'nde ise C ve D gruplarında bulunmuştur. En düşük eğilme direnci değerleri ise tüm ağaç türlerinin B gruplarında bulunmuştur.

FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların eğilme direnci değerleri her bir ağaç türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; Sarıçam için en yüksek eğilme direnci değerleri C, Doğu Ladini'nde C ve D, Melez Kavak'ta ise D gruplarında bulunmuştur. En düşük eğilme direnci değerleri ise genel olarak A ve B gruplarında bulunmuştur.

2. ÜF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların eğilme direnci değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; B, C ve D gruplarının Sarıçam ve Melez Kavak'tan üretilmiş levhalarında en yüksek eğilme direnci değerleri bulunurken, A grubu için ise Sarıçam'dan üretilmiş levhalarda en yüksek değerler bulunmuştur. En düşük eğilme direnci değerleri ise tüm levha oryantasyonlarının Doğu Ladini'nden üretilmiş levhalarında bulunmuştur.

FF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların eğilme direnci değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı incelendiğinde; A ve D grubu için Sarıçam ve Melez Kavak'tan üretilmiş levhalar, B ve C grubu için ise Sarıçam'dan üretilmiş levhalar en yüksek eğilme direnci değerlerini vermiştir. En düşük eğilme direnci değerleri ise tüm tabaka oryantasyonları için Doğu Ladini'nden üretilmiş levhalarda bulunmuştur.

3. Tutkal türü açısından değerlendirildiğinde; ÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri ile FF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır..

### **5.2.3. Elastikiyet Modülü**

1. ÜF ve FF tutkalı ile farklı tabaka oryantasyonlarında üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri her bir ağaç türü için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; FF tutkalı ile Melez Kavak'tan üretilmiş levhalar hariç tüm ağaç türleri için en yüksek değerler C gruplarında bulunmuştur. FF tutkalı ile Melez Kavak'tan üretilmiş levhalarda ise en yüksek değerler D grubunda bulunmuştur. En düşük elastikiyet modülü değerleri her iki tutkal türünde de Sarıçam ve Doğu Ladini için B gruplarında bulunurken, Melez Kavak'ta ise A ve B gruplarında bulunmuştur.

2. ÜF ve FF tutkalı ile farklı ağaç türlerinden üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri her bir tabaka oryantasyonu için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; A ve C gruplarının

Sarıçam'dan üretilmiş levhalarında en yüksek elastikiyet modülü değerleri bulunurken, B ve D grupları için ise Melez Kavak'tan üretilmiş levhalarda en yüksek değerler bulunmuştur. Her iki tutkal türü içinde en düşük elastikiyet modülü değerleri tüm levha oryantasyonlarının Doğu Ladini'nden üretilmiş levhalarında bulunmuştur.

3. Tutkal türü açısından değerlendirildiğinde; üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine ÜF ve FF tutkallarının etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.



## 6. ÖNERİLER

Mühendislik ürünü ağaç malzemelerin kullanımı, doğal kaynaklardan verimli ve ekonomik şekilde faydalanılması açısından çok önemlidir. Tabakalı ağaç malzeme üretimi kolayca kontrol edilebilir. Kuru ağaç malzeme kullanımı ve üretim sırasında malzemenin kusurlardan arındırıldıktan sonra işleme alınması elde edilen ürünün fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde büyük etki göstermektedir. Tabakalı ağaç malzemeler, ekonomik bir ürün olup, çelik kiriş ya da diğer mühendislik ürünü ağaç malzemeye göre daha ucuzdur ve genellikle yatırımcıların endüstriyel ve ticari binalar için tercihidir. Tabakalı ağaç malzemeler, yöresel olarak ucuz işyerinde ya da ağır konstrüksiyonun mümkün olmadığı yapımlarında üretilebilir. Hızlıca birleştirilebilir, zayıf toprak için ideal yapı malzemesidir ve bakım masrafları düşüktür. Yeni üretim tekniklerinin, yapıştırıcı ve ağaç malzeme türlerinin kullanımı bu ürünlerin inşaat sektörü ve diğer alanlarda kullanım olanaklarını arttırmaya başlamıştır. Bu çalışmada da tabakalı ağaç malzemelerden olan kontrplak ve LVL malzemelerden yola çıkarak tabaka oryantasyonu ile üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir.

Elde edilen test sonuçlarına göre; mekanik özellikler bakımından LVL malzemelerin kontrplak ve diğer kombinasyonlara göre daha yüksek değerler verdiği görülmüştür. Mobilya ve inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan bükülebilme özelliği iyi olan ve bu çalışmayla birlikte literatürde de belirtildiği gibi yüksek mekanik özelliklerinden dolayı LVL malzemelerin tercih edilmesi özellikle yapı alanında önerilmektedir. Ancak boyutsal stabilitesinin normal kontrplak levhalardan daha düşük olmasından dolayı, çalışmanın fazla olacağı rutubetli mekânlarda LVL malzemelerin kullanılması durumunda bu dezavantajın göz önünde tutulması gerekmektedir. Yüksek mekanik direnç aranmayan rutubetli mekânlarda, direnç özellikleri LVL'den daha düşük olan orta tabakası dik yapıştırılmış LVL ve kontrplaklar tercih edilebilir. Yapı maksatlı kullanılan tabakalı ağaç malzemelerde yüksek eğilme direnci ve elastikiyet modülü aranmaktadır. İğne yapraklı ağaçlardan özellikle sarıçam malzemelerin bu özellikleri gösterdiği hem literatürde hem de bu çalışmada belirlenmiştir. Düşük yoğunluğuna nazaran daha yüksek eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri vermesi açısından sarıçam yapılarda önerilmektedir. Tutkal türü açısından ise bu çalışmada, FF tutkalı ile ÜF tutkalı arasında mekanik değerler açısından çok büyük fark görülmemiştir. Ancak rutubetli kullanım alanlarında kullanılacak

tabakalı ağaç malzemelerde FF tutkalının, iç mekânlarda ise ÜF tutkalının kullanılması literatürde de önerilmektedir.

Üretilen levhaların yalıtım özelliklerinin belirlenmesi için yapılan ısı iletkenlik katsayı ölçümlerinden elde edilen sonuçlarda, çok küçük farklar tespit edilmiştir. En yüksek ve en düşük ısı iletkenlik katsayı değerleri her ağaç türü ve tutkal türü için farklılık göstermiştir. Sarıçam levhalarda en düşük değerleri her iki tutkal için kontrplak ve orta tabakası dik yapıştırılmış LVL levhaları verirken, en yüksek değerler LVL levhalardan elde edilmiştir. Tabaka oryantasyonlarındaki birbirine dik kaplamalar ısı geçişini daha da zorlaştırdığı için bu değerlerin düşmesine sebep olmuştur. Kullanım yerlerinde eğer yalıtkanlık aranıyor ise düşük ısı iletkenlik katsayısı değerleri veren levhalar önerilirken, iletkenliğin arandığı mekânlarda yüksek değerler veren levhalar önerilmektedir.

Laboratuvar ortamında elde edilen bu verilerin, fabrika ölçeğinde uygulanabilecek daha kapsamlı test ve düzenlemeler açısından ışık tutucu olabileceği ve çeşitli ilave çalışmalarla desteklenerek sanayiye uygulanabilirliğinin sağlanabileceği düşünülmektedir.



## 7. KAYNAKLAR

- Acar, F., C., 2006. Paulownia'nın Odun Özelliklerinin Kavak ve Okaliptus ile Karşılaştırılması, Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayınları, No:3.
- Akbulut, T., 2008. Yeni Ahşap Yapı Elemanları, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 10, 14.
- Akyüz, M., 1995. Doğu Ladini Odununun Bazı Teknolojik Özellikleri, I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Mayıs, Trabzon, Bildiriler Kitabı II: 113-122.
- Anonim, 1994. El Kitabı Dizisi:7, Sarıçam. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Muhtelif Yayınlar Serisi: 67. ISBN 975-7829-17-X.
- Anonim, 1999. Wood Handbook, Wood As an Engineering Material, General Technical Report 113, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 463.
- Anonim, 2006. Opportunities to Invest in The Finnish Forestry Cluster, Wood Construction, Invest in Finland, Kaivokato 8, 6th Floor, FIN-00100 Helsinki, Finland.
- APA, 1999a. The Engineered Wood Association. Sanded Plywood, APA Product Guide, Canada.
- APA, 1999b. The Engineered Wood Association. American Plywood in Roof Construction: A Design Guide published by Construction Research Communications Ltd. by permission of Building Research Establishment Ltd. UK.
- ASTM 907, 1982. Standart Definitions of Terms Relation to Adhesives, ASTM, Philadelphia.
- ASTM C 518. 2004. Methods of Measuring Thermal Conductivity, Absolute and Reference Method. ASTM International: West Conshohocken, USA.
- ASTM D5456 - 99a, 1999. Standard Specification for Evaluation of Structural Composite Lumber Products, American Society for Testing and Materials.
- Atar, İ., Başboğa, İ. H., Karakuş, K. ve Mengeloğlu, F., 2016. Kayın ve Kavak Kaplamaların Melamin Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Lamine Kaplama Kereste Üretimine Uygunluğu, Mugla Journal of Science and Technology, 2, 2, 131-134.

- Aydın, İ., 2004. Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, İ. ve Çolakoğlu, G. 2008. Variations in bending strength and modulus of elasticity of spruce and alder plywood after steaming and high temperature drying, Mechanics of Advanced Materials and Structures, 15, 5, 371-374.
- Aydın, İ., Çolakoğlu, G., Çolak, S., Özşahin, Ş. ve Demirkır, C., 2015. Kontrplaklarda Isıl İletkenliğe Bağlı Olarak Pres Süresinin Optimizasyonu ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi, TÜBİTAK 1001 Projesi, Trabzon.
- Bal, B., C. ve Bektaş, İ., 2013. Okalıptüs, Kayın ve Kavak Soyma Kaplamaları ile Üretilen Tabakalı Kaplama Kerestelerin (TKK) Bazı Fiziksel Özellikleri, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 14, 1, 25-35.
- Bal, B., C., 2011. Okalıptüs (*Eucalyptus grandis*) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ve Lamine Ağaç Malzeme Üretiminde Kullanılması Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, K.S.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Bal, B., C. ve Özyurt, H., 2015. Cam Elyaf Dokuma İle Güçlendirilmiş Tabakalı Kaplama Kerestenin Bazı Teknolojik Özellikleri, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18, 1, 9-16.
- Baldwin, R. F., 1995. Plywood and Veneer-Based Products: Manufacturing Practices, Miller Freeman Books, San Francisco, California, USA.
- Berkel, A. 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın no: 147.
- Biblis, E.J., 2001. Edge wise flexural properties and modulus of rigidity of different sizes of southern pine LVL and plywood, Forest Product Journal, 51, 1, 81-84.
- Bott, J., W., 2005. Horizontal Stiffness of Wood Diaphragms. Master of Science in Civil Engineering. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia.
- Bozkurt, A. Y., ve Kurtoğlu, A., 1979. Yapıştırılmış Tabakalı Ağaç Yapı Elemanları. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri B, 29, 2, 39-59.
- Bozkurt, A., Y. ve Erdin, N., 1992. Yoğunluk İle Mekanik Özellikler Arasındaki İlişkiler, Trabzon, 1, 199-222.

- Bozkurt, A.,Y. ve Göker, Y., 1986. Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın no: 378, İstanbul.
- BS 1134, 1990. Assesment of Surface Texture, Part 1 and Part 2, British Standards Institute, BSI, Lindford, UK.
- Dallı, G., 2005. Türkiye'de kaplama tabakalı kereste (LVL) üretim imkanlarının araştırılması ve teknolojik özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Canply, 2002. Canadian Plywood Association. Plywood Handbook. U.S. Edition, Vancouver, Canada.
- Chen, Z., X., Lei, Q., He, R., L., Zhang, Z. F., and Chowdhury, A., J., K., 2016. Review on antibacterial biocomposites of structural laminated veneer lumber. Saudi journal of biological sciences, 23, 1, S142-S147.
- Christiansen, A., W., 1990. How overdrying wood reduces its bonding to phenol formaldehyde adhesives: A critical review of the literature, Part I. Physical Responses, Wood and Fiber Science, 22, 4, 441-459.
- Çakıroğlu, E., O., 2012. Huş'un Kayın'a Alternatif Olarak Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, F.B.E., Trabzon.
- Çalışkan, M., 2008. Kontrplak , Laminant Dergisi. 10, 59-71.
- Çolak, S., 2002. Kontrplaklarda Emprenye İşlemlerinin Formaldehit ve Asit Emisyonu İle Teknolojik Özelliklere Etkisi, Doktora Tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çolak, S., Çolakoğlu, G. ve Aydın, İ., 2007. Effects of logs steaming, veneer drying and aging on the mechanical properties of laminated veneer lumber (LVL), Building and Environment 42, 93–98
- Çolak, S., Temiz, A., Yıldız, Ü., C. ve Çolakoğlu, G., 2002. Fire Retardant Treated Wood and Plywood: A Comporative 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., 2010. Tabakalı Ağaç Malzeme Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.

- Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Nemli, G. ve 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, 50-56.
- Dallı, G., 2005. Türkiye’de Kaplama Tabakalı Kereste (LVL) Üretim İmkanlarının Araştırılması ve Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demir, A., 2014. Yangın geciktirici emprenye maddelerinin çeşitli ağaç türlerinden üretilen kontrplakların ısı iletkenliğine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demirkır, C., 2006. Kontrplak Üretimi Sırasında Oluşan Odunsu Atık ve Artık Materyallerin Yongalevha Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demirkır, C., 2012. Çam Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Yapı Maksatlı Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demirkır, C., Çolakoğlu, G., Çolak, S. ve Aydın, İ., 2013. Çınar Ağacının Kontrplak Üretimi İçin Alternatif Bir Tür Olarak Değerlendirilmesi, *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 9, 2, 9-13.
- Demirkır, M., S., 2014. Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kontrplakların Teknolojik Özellikleri Üzerine Presleme Süresi ve Tutkal Türünün Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- DIN 68705-3, 2003. Yapı Kontrplakları, Alman Standartlar Enstitüsü, Verlag.
- DIN 68708, 1976. Sperrholz-Begriffe, DIN, Berlin.
- Dunky, M., 1988. Urea-Formaldehyde (UF) Adhesive Resins for Wood, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 95-107.
- EN 313-1, 1996. Plywood-Classification and Terminology, CU.
- EN 313-2, 1999. Plywood-Classification and Terminology Part-2, Terminology, CU.

- Eckelman, C., A., 2000. Brief Survey of Wood Adhesives , Purdue University, Cooperative Extension Service, FNR Report 154, West Lafayette, IN.
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2017. Division - Forestry Production and Trade. <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/E>. 30 Ekim 2017.
- Frihart, C., R. and Hunt, C., G., 2010. Adhesives with Wood Materials: Bond Formation and Performance, Chapter 10, General Technical Report FPL–GTR–190, Wood Handbook : Wood as An Engineering Material, Forest Products Laboratory, U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Madison, WI, 10.1.
- Gu, H., M. and Hunt, J., F., 2007. Wood Fiber Sci., 39, 159.
- Güdül, H., 2016. Bölge farklılığı ve dikim aralıklarının Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Subsp. *Barbata* (C.a. Mey.) yalt.) tomruklarından üretilen kontrplakların bazı teknolojik özelliklerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Güler, C., 2017. Film Kaplı Kontrplakların Bazı Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6, 3, 160-166.
- Halligan, A., F. and Schiewind, A., P., 1974. Prediction of particleboard mechanical properties at various moisture content, Wood Science Technology, 8, 68-78.
- He, G., Yu, C. and Dai, C. 2007, Theoretical modeling of bonding characteristics and performance of wood composites. Part III. Bonding Strength Between Two Wood Elements, Wood and Fiber Science, 39, 4, 566-577.
- Jang, E., G., Y., 1997. Adhesive Properties of Soy Protein as Wood Adhesive, Ph. D. Thesis, Texas A&M University.
- Javed, I., Mateen, F., Rafique, U., Tabassum, N., Balkhair, K., S. and Ashraf, M., A., 2015. Synthesis of zeolite from marble powder waste: a greener approach and its application for the removal of inorganic metals from wastewater. Desalin. Water Treat, 1–10. <http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2015.1033763>.
- Kamke, A.F. and Zylkowski, S., C., 1989, Effects of Wood –Based Panel Characteristics on Thermal Conductivity, Forest Products Journal, 39, 5, 39-24.
- Kawasaki, T. ve Kawai, S., 2006. Thermal Insulation Properties of Wood-Based Sandwich panel for use as structural insulated walls and floors, Japan Wood research Society, 52, 75-83.

- Keskin, H., 2003. Lamine edilmiş doğu ladini (*Picea orientalis* Lipsky) odununun bazı fiziksel ve mekaniksel özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1, 139-151.
- Kasal, A., Efe, H. ve Dizel, T., 2010. Masif ve Lamine Edilmiş Ağaç Malzemelerde Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi, Politeknik Dergisi, 13, 3.
- Kol, H., S. ve Sefil, Y., 2011. The thermal conductivity of Fir and Beech Wood Heat Treated at 170, 180, 190, 200 and 212°C, Journal of Applied Polymer Science, 121, 2473-2480.
- Kol, H., S., 2009. The Transverse Thermal Conductivity Coefficients of Some Hardwood Species Grown in Turkey, Forest Products Journal, 10, 59, 58-63.
- Kol, H., S., Özçiğçi, A. ve Altun, S., 2008. Üre Formaldehit ve Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilen Lamine Ağaç malzemelerin Isı iletkenliği katsayısı üzerine empenye maddelerinin etkileri, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 8,2, 125-130.
- Kurt, R., Çavuş, V., Aslan, K. ve Çil, M., 2011. Farklı Dolgu Maddelerinin Tabakalanmış Kaplama Kerestelerin (LVL) Bazı Mekanik ve Yanma Özellikleri Üzerine Etkileri, KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, Özel Sayı: 45-49.
- Kurt, Ş., Uysal, B. ve Özcan, C., 2008. Effect of Adhesives on thermal conductivity of laminated veneer lumber, Journal of Applied Polymer Science, 110, 3, 1822.
- Lehtinen, M., 1998. Effect of high manufacturing temperatures on mechanical properties of veneers and plywood, International Conference of COST Action E8 – Wood Mechanics, May, Florence, Italia, Proceedings Books, pp. 11-12.
- Mirski, R. and Dziurka, D., 2011. Janina Lecka Potential of shortening pressing time or reducing pressing temperature for plywood resinated with PF resin modified using alcohols and esters, Eur. J. Wood Prod., 69, 317-323.
- Nasreen, S., Rafique, U., Ehrman, S. and Ashraf, M., A., 2015. Hybrid mesoporous silicates: a distinct aspect to synthesis and application for decontamination of phenols. Saudi J. Biol. Sci. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.08.014>.
- Nelson, S., 1997. Structural composite lumber. Engineered wood products, a guide for specifiers, designers, and users. In S. Smulski (ed.). PFS Res. Foundation. Madison, WI. 147-172.

- Örs, Y., Çolakoğlu, G., Aydın, İ. ve Çolak, S., 2002. Kayın, Okume ve Kavak Soyma Kaplamalarından Farklı Kombinasyonlarda Üretilen Kontrplakların Bazı Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması, Politeknik Dergisi, 5 (3): 257-265.
- Özen, R., 1981. Çeşitli Faktörlerin Kontrplağın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Yaptığı Etkilere İlişkin Araştırmalar, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No : 9, Trabzon.
- Öztürk R., B. ve Arıoğlu N., 2006. Türk sarıçamından lamine ahşap kirişlerin mekanik özellikleri, ITÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34437, Taşkışla, Taksim, İstanbul, 2006.
- Öztürk, H., 2012. Farklı Bölgelerde Yetişen Sakallı Kızılağaç' dan Elde Edilen Kontrplakların Bazı Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Öztürk, H., Birinci, A., U. ve Demirkır, C., 2017. Yapısal Ahşap Ürünlerinin Isı Yalıtım Özellikleri, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6, 3, 522-527.
- Perçin, O., Özbay, G. ve Ordu, M., 2009. Farklı Tutkallarla Lamine Edilmiş Ahşap Malzemelerin Mekaniksel Özelliklerinin İncelenmesi, D.P.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Pizzi, A., 1994. Advanced Wood Adhesives Technology. Prs. Marcel Dekker, NewYork, 235.
- Pizzi, A., 1983. Wood Adhesives, Marcel Dekker, Inc, 364, New York.
- Rice, R. W. and Shepard, R. 2004. The Thermal Conductivity of Plantation Grown White Pine (*Pinus strobus*) and Red Pine (*Pinus resinosa*) at two moisture content levels, Forest Products Journal, 54, 1, 92-94.
- Schmidt, R., G., 1988. Aspects of Wood Adhesion: Applications of <sup>13</sup>C CP/MAS NMR and Fracture Testing, PhD Thesis, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
- Simpson, W. and Tenwolde, A., 2007. Chapter 3. Physical Properties and Moisture Relations of Wood. The Encyclopedia of Wood. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin: Skyhorse Publishing.
- Sizüçen, H., 2008. Titrek kavak yongalarından üretilen (LSL, LVL, PSL) lamine ağaç malzemelerin direnç özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

- Şenay, A., 1996. Lamine Edilmiş Doğu Kayınının (*Fagus orientalis* Lipsky) Mekanik ve Fiziksel Özellikleri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tan, H., 2011. Farklı Bölgelerde Yetişen Ladin ve Gökmar Tomruklardan Üretilmiş LVL ve Kontrplakların Bazı Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tenorio, C., Moya, R. and Munoz, 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 2011.
- Toksoy, D., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak, S. and Demirkır, C. 2006. Technological and economic comparison of the usage of beech and alder wood in plywood and laminated veneer lumber manufacturing, Building and Environment, 41, 872–876.
- TS 2128 EN 313-2, 2005. Kontrplak - Sınıflandırma ve Terimler - Bölüm 2: Terimler.
- TS 3103, 1998. Kontrplaklarda Sınıflandırma ve Terimler, Bölüm 1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 4645 EN 636. 2005. Kontrplak – Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 310, 1998. Ahşap Esaslı Levhalar, Eğilme Dayanımı ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, 1. Baskı, TSE Ankara.
- TS EN 314-1, 1998. Kontrplak-Kaplama Yapışma Kalitesi, Bölüm:1 Deney Metodları, 1. Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 322, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini, 1. Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 323-1, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlığının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- URL-1, 2017. <http://www.awc.org/pdf/greenbuilding/epd/AWC-EPD-LVL-1307.pdf>. 15 Aralık 2017.
- URL-2, 2014. [www.boren.gov.tr/element.htm](http://www.boren.gov.tr/element.htm). 20 Eylül 2014.



Ustaömer, D., 2008. Çeşitli Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerle Muamele Edilerek Üretilmiş Orta Yoğunluktaki Liflevhaların (MDF) Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Vick, C., B., 1999. Chapter 9. Adhesive Bonding of Wood Materials, Wood handbook – Wood as An Engineered Material. FPL-GTR-113. Department of Agriculture. United States, Madison: Forest Service, Forest Product Laboratory.

Yoshihara, H., 2009. Poisson's ratio of plywood measured by tension test, *Holzforschung*, 63, 603-608.

Youngquist, J., A., 2007. Wood-based Composites and Panel Products. The Encyclopedia of Wood. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin. ISBN-13:978-1-60239-057-7.



## **ÖZGEÇMİŞ**

01.06.1990 tarihinde Burdur’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Burdur’da tamamladı. 2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü’nü kazandı, aynı bölümden 2014 yılında mezun oldu. Aynı yıl içinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başlayan Özkan CIRRIK, iyi derecede İngilizce bilmektedir.

