

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇAM TÜRLERİNDEN ELDE EDİLEN KAPLAMALARIN YAPI MAKSATLI
KONTRPLAK ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Orm. End. Yük. Müh. Cenk DEMİRKİR

**ŞUBAT 2012
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇAM TÜRLERİNDEN ELDE EDİLEN KAPLAMALARIN YAPI MAKSATLI
KONTRPLAK ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Orm. End. Yük. Müh. Cenk DEMİRKİR

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06.01.2012

Tezin Savunma Tarihi : 10.02.2012

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU

Trabzon 2012

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında
Cenk DEMİRKİR Tarafından Hazırlanan

**ÇAM TÜRLERİNDEN ELDE EDİLEN KAPLAMALARIN YAPI MAKSATLI
KONTRPLAK ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 10 / 01 / 2012 gün ve 1437 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU

Üye : Prof. Dr. Alemdar BAYRAKTAR

Üye : Prof. Dr. Semra ÇOLAK

Üye : Prof. Dr. İsmail AYDIN

Üye : Prof. Dr. Turgay AKBULUT

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı – Odun Mekaniği ve Teknolojisi Doktora programı kapsamında hazırlanan “Çam Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Yapı Maksatlı Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi” adlı bu çalışmada; ağaç türü, tomruk soyma anındaki sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı, tutkal türü ve yaşlandırma işleminin kontrplak özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Doktora tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmalarımın her aşamasında bilgi, tavsiye, destek ve yakın ilgilerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU’na, yapıcı eleştirileri ve olumlu destekleri ile katkıda bulunan hocalarım Sayın Prof. Dr. Semra ÇOLAK, Prof. Dr. İsmail AYDIN, Prof. Dr. Alemdar BAYRAKTAR’a teşekkürü borç bilirim.

Çalışmanın tamamlanması aşamasında yakın ilgi ve desteğinin yanında laboratuvar olanaklarından faydalanmam konusunda yardımlarını esirgemeyen FPInnovations Yapı Sistemleri Bölümü Müdürü Sayın Erol KARACABEYLİ’ye teşekkürü borç bilirim.

Araştırma materyallerinin temininde yardımlarını esirgemeyen Orman Genel Müdürlüğü başta olmak Sayın Zekeriya ASLAN’a, Torul Orman İşletme Müdürlüğü Örümcük Şefi Sayın Selçuk BAYRAMOĞLU’na teşekkür ederim. Ayrıca tutkal temininde yardımcı olan POLİSAN firmasına ve buharlama işlemlerinin yapılmasında tesisinin kullanımına izin veren Onur REİS’e şükranlarımı sunarım. Laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm kardeşim Mehmet Salih DEMİRKİR’a ve Osman Evren ÇAKIROĞLU’na ayrıca tüm mesai arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora süresi boyunca çalışmaların sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için Yurtiçi Doktora Bursu Programı kapsamında maddi destek sağlayan TÜBİTAK-BİDEB’e teşekkür ederim. Ayrıca çalışmanın yurt dışında yapılan kısmı için verdikleri maddi destekten dolayı YÖK’e teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım süresince bana her türlü maddi ve manevi desteği veren babam Cemal DEMİRKİR’a, annem Nurten DEMİRKİR’a müteşekkir olduğumu belirtmek isterim. Ayrıca, tüm desteğiyle yanımda olan eşim Burcu DEMİRKİR ve kızım Zeynep Derin DEMİRKİR’a göstermiş oldukları sabırdan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Cenk DEMİRKİR

Trabzon 2012

TEZ BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “am Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Yapı Maksatlı Kontrplak retiminde Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Grsel ÇOLAKOĞLU'nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örneklere kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırıldığımı, 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. 05/01/2012

Cenk DEMİRKİR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	XI
SUMMARY	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIII
TABLOLARDİZİNİ.....	XVII
SEMBOLLER DİZİNİ	XXI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Ahşap Yapılar	3
1.2.1. Ahşap Yapıların Tarihçesi	3
1.2.2. Ahşap İskeletli Yapı Çeşitleri	5
1.2.2.1. Platform Sistemler.....	5
1.2.2.2. Balon İskelet Sistemler	6
1.2.2.3. Dikme-Kiriş Sistemler	7
1.2.2.4. Modifiye Çerçeve Sistem.....	8
1.2.2.5. Hacimsel Sistem.....	9
1.3. Deprem ve Ahşap Yapı	9
1.4. Ahşap İskeletli Yapıların Deprem Performansı ve Sismik Özellikleri	11
1.5. Ahşap Yapıların Sağladığı Avantajlar	15
1.6. Ahşap İskeletli Yapılarda Kullanılan Yapısal Levha Ürünleri	17
1.6.1. Kontrplak	21
1.6.1.1. Kullanım Amacına Göre Yapı Kontrplağı Sınıflandırması	21
1.6.1.2. Kontrplağın Yapı Maksatlı Kullanım Alanları	23
1.6.1.2.1. Perde Duvarların Kontrplak ile Kaplanması ve Sağladığı Avantajlar.....	25
1.6.1.3. Yapı Maksatlı Kontrplak Üretiminde Kullanılan Ağaç Türleri	29
1.6.1.4. Yapı Maksatlı Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkal Türleri	32
1.6.1.4.1. Fenol Formaldehit (FF) Tutkalı	33
1.6.1.4.2. Melamin Formaldehit (MF) ve Melamin-Üre Formaldehit (MÜF) Tutkalları....	35

1.6.1.4.3. Resorsin Formaldehit (RF) Tutkalı	36
1.6.1.4.4. Fenol Resorsinol Formaldehit (PRF) Tutkalı	36
1.6.1.4.5. Epoksi Tutkalları	37
1.6.1.4.6. İzosiyanat (Üretan) Tutkalları	38
1.6.1.4.7. Polivinil Asetat (PVAc) Tutkalları	39
1.6.1.4.8. Hot Melt Tutkalları	39
1.6.1.4.9. Diğer Yapıştırıcılar	40
1.6.1.5. Kontrplak Kaplı Perde Duvarlarda Bağlantı Elemanlarının Önemi	41
1.6.1.5.1. Yanal Vida Dayanımı	42
1.6.2. Ağaç Malzemede Isıl iletkenlik ve Isı İletkenliği Katsayısı	49
1.6.3. Ağaç Malzemede Yüzey Pürüzlülüğü.....	52
1.6.3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri	52
1.6.3.1.1. Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra).....	53
1.6.3.1.2. En Büyük pürüzlülük Değeri (Rmax).....	53
1.6.3.1.3. On Nokta Pürüzlülüğü Ortalama Değeri (Rz).....	54
1.6.3.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri.....	54
1.6.3.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	56
1.6.3.3. Ağaç Malzemede Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkili Olan Faktörler.....	56
1.6.3.4. Ağaç Malzemede Yüzey Pürüzlülüğünün Önemi.....	59
1.6.4. Ağaç Malzemede Yapay Yaşlandırma.....	60
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	63
2.1. Materyal	63
2.1.1. Ağaç Malzeme	63
2.1.1.1. Sahil Çamı (Pinus pinaster) Odun Özellikleri.....	63
2.1.1.2. Sarıçam (Pinus silvestris) Odun Özellikleri.....	64
2.1.1.3. Karaçam (Pinus nigra) Odun Özellikleri	65
2.1.2. Tutkal	65
2.1.2.1. Fenol Formaldehit (FF) Tutkalı	65
2.1.2.2. Melamin - Üre Formaldehit (MÜF) Tutkalı	65
2.2. Kontrplak Levhalarının Üretimi.....	66
2.2.1. Soyma Kaplama Levhalarının Hazırlanması	66
2.2.2. Kaplama Kurutma İşlemi	67
2.2.3. Kaplama Levhalarının Tutkallanması	68
2.2.4. Sıcak Presleme	69

2.2.5.	Yaşlandırma İşlemi	70
2.3.	Yöntem.....	70
2.3.1.	Kaplama Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi	71
2.3.1.1.	Yüzey Pürüzlülüğü.....	71
2.3.2.	Kontrplak Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi.....	72
2.3.2.1.	Çekme – Makaslama Direnci	72
2.3.2.2.	Eğilme Direnci	73
2.3.2.3.	Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	74
2.3.2.4.	Yanal Vida Dayanımı.....	74
2.3.3.	Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi	79
2.3.3.1.	Yoğunluk.....	79
2.3.3.2.	Denge Rutubeti Miktarı	80
2.3.3.3.	Isı İletkenlik Katsayısı	81
2.4.	İstatistiksel Analiz.....	81
3.	BULGULAR.....	83
3.1.	Kaplama Yüzey Özellikleri.....	83
3.1.1.	Yüzey Pürüzlülüğü.....	83
3.1.1.1.	Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi	84
3.2.	Kontrplak Mekanik Özellikleri	85
3.2.1.	Çekme-Makaslama Direnci.....	85
3.2.1.1.	Tutkal Türünün Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Etkisi	87
3.2.1.1.1.	FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi	89
3.2.1.1.2.	MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi	90
3.2.1.2.	Yaşlandırma İşleminin Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Etkisi	92
3.2.1.2.1.	FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Değerleri Üzerine Yaşlandırma İşleminin Etkisi	95
3.2.1.2.2.	MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Değerleri Üzerine Yaşlandırma İşleminin Etkisi	97
3.2.2.	Eğilme Direnci	99
3.2.2.1.	Tutkal Türünün Eğilme Direnci Üzerine Etkisi.....	100
3.2.2.1.1.	FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Eğilme Direnci Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi.....	102

3.2.2.1.2.	MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Eğilme Direnci Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi.....	103
3.2.3.	Elastikiyet Modülü.....	105
3.2.3.1.	Tutkal Türünün Elastikiyet Modülü Üzerine Etkisi.....	106
3.2.3.1.1.	FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Elastikiyet Modülü Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi.....	108
3.2.3.1.2.	MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Elastikiyet Modülü Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi	109
3.2.4.	Yanal Vida Dayanımı.....	110
3.3.	Kontrplak Fiziksel Özellikleri.....	113
3.3.1.	Özgül Ağırlık	113
3.2.1.1.	Tutkal Türünün Özgül Ağırlık Üzerine Etkisi	114
3.2.1.1.1.	FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Özgül Ağırlık Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi.....	116
3.2.1.1.2.	MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Özgül Ağırlık Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi.....	117
3.3.2.	Denge Rutubeti Miktarı	118
3.2.1.1.	Tutkal Türünün Kontrplakların Denge Rutubeti Üzerine Etkisi.....	120
3.2.1.1.1.	FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Denge Rutubeti Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi.....	122
3.2.1.1.2.	MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Denge Rutubeti Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi.....	123
3.3.3.	Isı İletkenlik Katsayısı	124
4.	İRDELEME	128
4.1.	Kaplama Yüzey Özellikleri.....	128
4.1.1.	Yüzey Pürüzlülüğü.....	128
4.2.	Kontrplak Mekanik Özellikleri	130
4.2.1.	Çekme-Makaslama Direnci.....	130
4.2.1.1.	Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Çekme Makaslama Direnci Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi	131
4.2.1.2.	Melamin-Üre Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Çekme Makaslama Direnci Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi.....	133
4.2.1.3.	Yaşlandırma İşleminin Kontrplakların Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Etkisi	135
4.2.1.3.1.	FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Yaşlandırma İşleminin Etkisi.....	135

4.2.1.3.2.	MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Yaşlandırma İşleminin Etkisi	139
4.2.2.	Eğilme Direnci	142
4.2.2.1.	Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Eğilme Direnci Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi	143
4.2.2.2.	Melamin-Üre Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Eğilme Direnci Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi	144
4.2.3.	Elastikiyet Modülü	146
4.2.3.1.	Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Elastikiyet Modülü Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi	147
4.2.3.2.	Melamin Üre Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Elastikiyet Modülü Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi	148
4.2.4.	Yanal Vida Direnci	150
4.2.4.1.	Kırılma Anındaki Maksimum Yük Değeri Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı, Kaplama Kurutma Sıcaklığı ve Lif Yönünün Etkisi.....	150
4.2.4.2.	Uygulanan Yüke Karşılık Meydana Gelen Yer Değiştirme Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı, Kaplama Kurutma Sıcaklığı ve Lif Yönünün Etkisi...	154
4.3.	Kontrplak Fiziksel Özellikleri.....	162
4.3.1.	Özgül Ağırlık	162
4.3.1.1.	Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Özgül Ağırlığı Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi	162
4.3.1.2.	Melamin Üre Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Özgül Ağırlığı Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi	164
4.3.2.	Denge Rutubeti Miktarı	165
4.3.3.	Isıl İletkenlik Katsayısı	167
4.3.3.1.	Yaşlandırma İşleminin Üretilen Kontrplakların Isıl İletkenlik Katsayısı Üzerine Etkisi.....	172
5.	SONUÇLAR	179
5.1.	Kaplama Levhaların Yüzey Özellikleri	179
5.1.1.	Yüzey Pürüzlülüğü.....	179
5.2.	Kontrplak Levhaların Mekanik Özellikleri.....	179
5.2.1.	Çekme-Makaslama Direnci.....	179
5.2.2.	Eğilme Direnci	180

5.2.3.	Elastikiyet Modülü.....	181
5.2.4.	Yanal Vida Direnci	181
5.3.	Kontrplak Levhaların Fiziksel Özellikleri	182
5.3.1.	Özgül Ağırlık	182
5.3.2.	Denge Rutubeti Miktarı	182
5.3.3.	Isı İletkenlik Katsayısı	182
6.	ÖNERİLER.....	184
7.	KAYNAKLAR	186
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

Çam Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Yapı Maksatlı Kontrplak Üretiminde
Değerlendirilmesi

Cenk DEMİRKİR
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU
2012, 206 Sayfa

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de yetişen çam türlerinin yapı maksatlı kontrplak üretiminde kullanım olanaklarının araştırılmasıdır. Bu amaçla ağaç türleri olarak sarıçam (*Pinus sylvestris*), karaçam (*Pinus nigra*) ve plantasyon ürünü sahil çamı (*Pinus pinaster*) kullanılmıştır. Melamin üre formaldehit (MÜF) ve fenol formaldehit (FF) tutkalları kullanarak 5 tabakalı kontrplaklar üretilmiştir.

Üretilen kontrplakların mekanik özelliklerinden TS EN 314-1’e göre çekme-makaslama direnci değerleri, TS EN 310’a göre eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri, ASTM D 1761’e göre yanal vida direnci değerleri belirlenmiştir. Üretilen kontrplakların fiziksel özelliklerinden ise TS EN 323’e göre yoğunluk, TS EN 322’ye göre denge rutubeti miktarları ve ASTM C 1113-99 standardına göre ısı iletkenlik katsayıları belirlenmiştir. Ayrıca üretilen levha grupları, yaşlandırma işleminin bazı mekanik ve fiziksel özellikler üzerine etkisini ortaya koymak amacıyla ASTM C 481 standardına uygun olarak yaşlandırma işlemine tabi tutulmuşlardır.

Sonuç olarak; 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.

Anahtar Kelimeler: Yapısal Kontrplak, Melamin Üre Formaldehit, Fenol Formaldehit, Soyma Sıcaklığı, Kurutma Sıcaklığı, Yanal Vida Direnci, Isıl İletkenlik, Yaşlandırma

PhD. Thesis

SUMMARY

USING POSIBILITIES OF PINE SPECIES IN TURKEY FOR STRUCTURAL PLYWOOD
MANUFACTURING

Cenk DEMİRKİR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industrial Engineering Department
Supervisor: Prof. Gürsel ÇOLAKOĞLU
2012, 222 Pages,

The aim of the study was to research using possibilities of pine species grown in Turkey for structural plywood manufacturing. For this reason, scotch pine, black pine and maritime pine were used as tree species. Melamine urea formaldehyde (MUF) and phenol formaldehyde (PF) resins were used for five ply plywood manufacturing as adhesive.

Some mechanical properties such as shear strength, bending strength, modulus of elasticity, lateral nail strength of the plywood panels were conducted accordance to TS EN 314-1, TS EN 310, ASTM D 1761, respectively. Physical properties such as density, equilibrium moisture content and thermal conductivity were determined according to TS EN 323, TS EN 322 and ASTM C 1113-99, respectively. The plywood panels also were exposed to the weathering process according to ASTM C 481 to determine the effect of the weathering on some mechanical and physical properties of the test panels.

In the result of that black pine plywood panels gave the best mechanical properties. Mechanical properties of the plywood panels manufactured with PF resin were higher than those of the test panels manufactured with MUF resin. Determined technological properties of most of the test groups met the values given in concerning standards and former studies.

Key Words: Structural Plywood, Melamine Urea Formaldehyde, Phenol Formaldehyde, Peeling Temperature, Veneer Drying Temperature, Lateral Nail Strength, Thermal Conductivity, Weathering

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Platform sistem ahşap yapı	5
Şekil 2. Balon iskelet sistem	6
Şekil 3. Dikme-kiriş sistem.....	7
Şekil 4. Modifiye çerçevesi sistem.....	8
Şekil 5. Hacimsel sistem.....	9
Şekil 6. Deprem bölgeleri haritası	11
Şekil 7. A, B ve C sınıfı kaplamaların görünüşleri	21
Şekil 8. Kontrplağın zemin, duvar ve çatılarda kullanımı	25
Şekil 9. Tipik perde duvar.....	26
Şekil 10. Perde duvar konumu	27
Şekil 11. Bir perde duvarın iki önemli işlevi	27
Şekil 12. Ahşap perde duvarlardaki bağlantı elemanlarının konumu	41
Şekil 13. Bağlantı elemanının hareketi ve histerik davranış.....	44
Şekil 14. Vida veya çivi gibi bağlantı elemanlarının çeşitli şekillerde testi sonlandırması.....	45
Şekil 15. Bağlantı elemanı, destek ve yapısal levha elemanının durumu.....	45
Şekil 16. Bağlantı elemanlarının yanal yük etkisi altındaki başarısızlık durumu.....	46
Şekil 17. Uygulanan yük ve meydana gelen yer değiştirme arasındaki ilişki	47
Şekil 18. Test sonucu gözlemlenen eğri ile ilk eğrinin gösterimi.....	48
Şekil 19. Bağlantı elemanı montaj hatası.....	49
Şekil 20. Ortalama pürüzlülüğün (Ra) gösterimi.....	53
Şekil 21. İki ve Üç boyutlu yüzey profilleri	55
Şekil 22. Mitutoyo surftest SJ-301 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı	71
Şekil 23. Beş tabakalı kontrplak levhası için çekme – makaslama direnci test örneği..	72
Şekil 24. Eğilme direnci test düzeneği.....	73
Şekil 25. Deneyde kullanılan SPF, vida ve kontrplak örnekler	75
Şekil 26. Yanal vida dayanımı deneyinde kullanılacak örneğin hazırlanması	75
Şekil 27. Yanal vida dayanımı deney düzeneği	76
Şekil 28. Deneyin sonuçlanma anında numunelerde meydana gelen değişim	77

Şekil 29.	Her bir grup için belirlenen yük-yer değiştirme grafiği	77
Şekil 30.	Test sonucunda elde edilen grafiğin gösterimi	78
Şekil 31.	Yoğunluk belirlenmesinde kullanılan test örneği	79
Şekil 32.	Denge rutubeti miktarının belirlenmesinde kullanılan test örneği	80
Şekil 33.	Quick Thermal Conductivity-500 ısı iletkenliği cihazı ve PD-11 sensör probu.....	81
Şekil 34.	Ağaç türü, soyma anındaki tomruk sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının kaplamaların yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi	128
Şekil 35.	Ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının FF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkisi .	131
Şekil 36.	Ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkisi.....	133
Şekil 37.	FF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi	136
Şekil 38.	FF tutkalı ile üretilmiş sahil çamı kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi	137
Şekil 39.	FF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi	138
Şekil 40.	MÜF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi	139
Şekil 41.	MÜF tutkalı ile üretilmiş sahil çamı kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi	140
Şekil 42.	MÜF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi	141
Şekil 43.	Doğrudan açık hava koşullarına maruz bırakılan örneklerin yapışma direncindeki değişim.....	142
Şekil 44.	Ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının FF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların eğilme direnci üzerine etkisi.....	143
Şekil 45.	Ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların eğilme direnci üzerine etkisi.....	145
Şekil 46.	Ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının FF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkisi	147
Şekil 47.	Ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkisi	148
Şekil 48.	Soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün sarıçam kontrplaklarda maksimum yük değeri üzerine etkisi	151
Şekil 49.	Soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün sahil çamı kontrplaklarda maksimum yük değeri üzerine etkisi	152

Şekil 50.	Soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün karaçam kontrplaklarda maksimum yük değeri üzerine etkisi	153
Şekil 51.	32°C sıcaklıkta soyulan sarıçam kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi.....	155
Şekil 52.	50°C sıcaklıkta soyulan sarıçam kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi.....	156
Şekil 53.	32°C sıcaklıkta soyulan sahil çamı kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi.....	157
Şekil 54.	50°C sıcaklıkta soyulan sahil çamı kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi.....	158
Şekil 55.	32°C sıcaklıkta soyulan karaçam kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi.....	159
Şekil 56.	50°C sıcaklıkta soyulan karaçam kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi.....	160
Şekil 57.	FF tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlığı üzerine ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi	163
Şekil 58.	MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlığı üzerine ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi	164
Şekil 59.	Üretilen kontrplakların denge rutubeti miktarı üzerine ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi	166
Şekil 60.	FF tutkalı ile üretilen kontrplakların ısı iletim katsayısı üzerine ağaç türü, soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi.....	168
Şekil 61.	MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların ısı iletim katsayısı üzerine ağaç türü, soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi	169
Şekil 62.	Kontrplağın rutubeti ile ısı iletkenliği arasındaki ilişki.....	171
Şekil 63.	FF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların ısı iletkenlik katsayısı üzerine yaşlandırma işleminin etkisi	172
Şekil 64.	FF tutkalı ile üretilmiş sahil çamı kontrplakların ısı iletkenlik katsayısı üzerine yaşlandırma işleminin etkisi	173
Şekil 65.	FF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların ısı iletkenlik katsayısı üzerine yaşlandırma işleminin etkisi	174
Şekil 66.	MÜF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların ısı iletkenlik katsayısı üzerine yaşlandırma işleminin etkisi	175
Şekil 67.	MÜF tutkalı ile üretilmiş sahil çamı kontrplakların ısı iletkenlik katsayısı üzerine yaşlandırma işleminin etkisi	176

Şekil 68. MÜF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların ısı iletkenlik katsayısı üzerine yaşlandırma işleminin etkisi	177
---	-----

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Ülkelere Göre Kontrplak Üretim Miktarları.....	2
Tablo 2. Yapısal levha ürünlerinin bazı uygulama ve kullanım özellikleri.....	20
Tablo 3. Kontrplak standart sınıfları.....	22
Tablo 4. Çam türlerine ve kayına göre odun verim gücü	30
Tablo 5. Türkiye'de yılda 35 milyon m ³ odun hammaddesi üretimini hedefleyen endüstriyel plantasyon programı.....	31
Tablo 6. Değişik düzeylerdeki dış ortam koşullarında istenen yapısal performanslarına göre sınıflandırılmış ahşap tutkal türleri	33
Tablo 7. Bağlantı elemanının davranışını etkileyen faktörler.....	48
Tablo 8. Yapı ve izolasyon malzemeleri ile bazı ağaç türlerine ait termo-fiziksel özellikleri.....	50
Tablo 9. Deneme levhalarının üretiminde kullanılan fenol formaldehit ve melamin-üre formaldehit tutkal reçinelerinin bazı teknik özellikleri.....	66
Tablo 10. Ağaç türü, tutkal türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığına bağlı olarak oluşturulan test grupları	68
Tablo 11. Deneme levhalarının üretiminde kullanılan presleme koşulları	69
Tablo 12. Kaplama levhalarına ait yüzey pürüzlülüğü değerleri.....	83
Tablo 13. Kaplama levhalarının yüzey pürüzlülüğü üzerine ağaç türü, kaplamanın soyulma anındaki sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları	84
Tablo 14. Kaplama levhalarının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları	85
Tablo 15. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının çekme-makaslama direnci değerleri	86
Tablo 16. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının çekme-makaslama direnci değerleri.....	87
Tablo 17. FF ve MÜF tutkalları ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine tutkal türü ve ağaç türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	88
Tablo 18. Kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları	88

Tablo 19.	FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	90
Tablo 20.	FF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	90
Tablo 21.	MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	91
Tablo 22.	MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	92
Tablo 23.	FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası belirlenen çekme-makaslama direnci değerleri	93
Tablo 24.	MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası belirlenen çekme-makaslama direnci değerleri	94
Tablo 25.	FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığı ve yaşlandırma işleminin etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	96
Tablo 26.	FF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	96
Tablo 27.	MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri	98
Tablo 28.	MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	98
Tablo 29.	FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının eğilme direnci değerleri.....	99
Tablo 30.	MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının eğilme direnci değerleri	100
Tablo 31.	FF ve MÜF tutkalları ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri üzerine tutkal türü ve ağaç türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	101
Tablo 32.	Kontrplakların eğilme direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	101
Tablo 33.	FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların eğilme direnci değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	102
Tablo 34.	FF tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	103

Tablo 35. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların eğilme direnci değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	104
Tablo 36. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	104
Tablo 37. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının elastikiyet modülü değerleri	105
Tablo 38. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının elastikiyet modülü değerleri	106
Tablo 39. FF ve MÜF tutkalları ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri üzerine tutkal türü ve ağaç türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları	107
Tablo 40. Kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	107
Tablo 41. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	108
Tablo 42. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	109
Tablo 43. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	110
Tablo 44. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	110
Tablo 45. Kontrplak levhalarına ait maksimum yük değerleri	111
Tablo 46. Kontrplak levhalarına ait rijitlik, maksimum yükteki yerdeğiştirme, son yük ve son yükteki yerdeğiştirme değerleri	112
Tablo 47. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının özgül ağırlık değerleri	113
Tablo 48. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının özgül ağırlık değerleri	114
Tablo 49. FF ve MÜF tutkalları ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine tutkal türü ve ağaç türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	115
Tablo 50. Kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	115
Tablo 51. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları	116
Tablo 52. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları	117

Tablo 53. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	118
Tablo 54. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	118
Tablo 55. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının rutubet değerleri	119
Tablo 56. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının rutubet değerleri	120
Tablo 57. FF ve MÜF tutkalları ile üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine tutkal türü ve ağaç türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları	121
Tablo 58. Kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	121
Tablo 59. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların denge rutubeti değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları	122
Tablo 60. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	123
Tablo 61. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların denge rutubeti değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	124
Tablo 62. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının newman keuls testi sonuçları.....	124
Tablo 63. Sarıçam kontrplak levhalara ait yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ısı iletim katsayısı değerleri.....	125
Tablo 64. Sahil çamı kontrplak levhalara ait yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ısı iletim katsayısı değerleri.....	126
Tablo 65. Karaçam kontrplak levhalara ait yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ısı iletim katsayısı değerleri.....	127
Tablo 66. Yanal vida direnci literatür verileri	154
Tablo 67. Ahşap kökenli bazı levhalara ait ısı iletim katsayısı değerleri	171

SEMBOLLER DİZİNİ

- ABD : Amerika Birleşik Devletleri
- APA : Amerika Kontrplak Birliği
- ASTM : American Society of Testing Materials
- BS : İngiltere Standartları
- DIN : Alman Standartları Enstitüsü
- E : Eğilmede Elastikiyet Modülü
- E.D. : Eğilme Direnci
- EN : Avrupa Standartları
- FAO : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
- Fmax : Kopma ve Kırılma Anındaki Maksimum Yük
- FF : Fenol Formaldehit
- İYA : İğne Yapraklı Ağaçlar
- OSB : Yönlendirilmiş Yongalevha
- MF : Melamin Formaldehit
- MÜF : Melamin Üre Formaldehit
- PP : Kontrplak Lif Yönüne Paralel
- PR : Kontrplak Lif Yönüne Dik
- SPF : Bir kereste sınıfı (Spruce Pine Fir)
- TSE : Türk Standartları Enstitüsü
- YA : Yapraklı Ağaçlar

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

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. Ülkelere göre kontrplak üretim miktarları ise Tablo 1’ de verilmektedir. Avrupa’ da kontrplak üretiminde en büyük pay 15 büyük fabrika ve %34’lük oran ile Finlandiya’ya aittir. 2004 yılında kontrplak üretimi %4 artarak 1.35 milyon m³’ e ulaşmış ve üretilen levhaların %90’ı ihraç edilmiştir. Bu ürünler; taşıma endüstrisi, özel kaplamalar ve yapı endüstrisinde kullanılmaktadır (Anon. 2006).

Ülkemizde kontrplak üretiminde iğne yapraklı ağaç kullanımı yaygın değildir. Buna karşın pek çok ülkede, özellikle Amerika, İngiltere, Avustralya, Yeni Zelanda ve Kanada’da oldukça yaygındır. Bu nedenle yerli türlerimizden üretilecek kontrplakların fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin belirlenmesine ve deprem açısından bu verilerin analizine yönelik bir araştırma şarttır. Örneğin APA (American Plywood Association) İYA ve YA türlerini sınıflandırmalara tabi tutarak, her bir sınıf ağaç türü için gerekli kontrplak üretim kalınlıkları, tabaka sayıları ve bazı direnç değerlerinin bulunduğu tablolar düzenlenmiştir. APA’nın düzenlemiş olduğu tablolarda Kuzey Amerika’da görülen ağaç türleri için veriler mevcut olup, benzer arazi yapısına sahip yerlerde yetişen ağaç türlerinin benzer özellikler gösterebileceği vurgulanmıştır (APA PS 1-07, Structural plywood 2007). Ancak; coğrafik orjininin, yetişme yerinin ve yetiştiği yörenin iklim koşullarının ağacın teknolojik özelliklerini etkilediği, aynı tür ağacın farklı bölgelerde yetişen bireyleri arasında dahi kimyasal ve teknolojik özellikler açısından farklılıklar olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuştur (Şahin, Karaman ve Örüng, 2006; Bozkurt ve Göker, 1987; Odabaşı,1971). Ayrıca üretilen kontrplakların kullanılacakları yapının bulunduğu yere ait iklim koşulları da zaman geçtikçe ahşap elemanın direnç özelliklerini etkileyecektir. Farklı ülkelerde doğal olarak farklı iklim koşullarına sahip bölgelerde yapılmış bu tür araştırmaların ülkemiz ile benzer sonuçlar vermesi beklenemez. Bu nedenle yerli İYA türlerimiz ile gerçekleştirilecek bu çalışma neticesinde ülkemiz için de APA’nın hazırlamış olduğu gibi bir veri tablosu elde edilecektir.

Dünya genelinde en fazla kontrplak üreten ülkelerden bir diğeri ise ABD olup, üretimin %90'ı İYA (İğne Yapraklı Ağaçlar)'dan elde edilmekte ve üretilen levhaların büyük bir kısmı bina yapımında kullanılmaktadır. Bu levhaların bina yapımında kullanılmasının başlıca nedeni, kontrplak ile binaların perde duvarlarının kaplanarak güçlendirilmesi ve böylelikle yapıların maruz kalabileceği deprem ve rüzgar yükü gibi yüklenmelere karşı dayanımını artırmaktır. Bu nedenle özellikle deprem ülkeleri için, ahşap yapı ve bu tür yapılarda kullanılan kontrplak, OSB, kereste gibi ahşap kökenli ürünler veya diğ er yapı materyallerinin özellikleri ve kullanım imkanlarının incelenmesinin üzerinde durulması gereken önemli konulardan biri olduğu düşünülmektedir.

Tablo 1. Ülkelere Göre Kontrplak Üretim Miktarları (1000m³) (FAO, 2010)

Ülke	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Çin	25.965	28.103	36.431	36.224	45.327	45.327*
Amerika	14.449	13.651	12.401	10.376	8.934	9.397
Japonya	3.212	3.314	3.073	2.586	2.287	2.287*
Kanada	2.322	2.252	2.639	2.225	1.810	1.973
Finlandiya	1.305	1.415	1.410	1.273	780	980
Türkiye	64	55	117	111	100	110

* FAO tahmini değeri

Ahşap eski çağlardan beri kullanılan önemli bir yapı malzemesidir. Türk yapı geleneği önemli bir ahşap yapı kültürüne sahip olmasına rağmen, 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerine kadar unutulmaya yüz tutmuştur. Gelişmiş ülkelerde ise gelişen teknolojiye de uyum sağlanarak ahşap yapılar inşa edilmeye devam edilmiştir (URL1, 2008). 2005 yılında yapılan bir çalışmada, Türkiye’de ahşap taşıyıcı sistemlerin yaklaşık 45 yıl öncesine kadar yaygın bir şekilde inşa edildiği, fakat betonarme yapım tekniğinin ortaya çıkması ve gelişmesi ile birlikte ABD, Kanada, Japonya ve Avustralya gibi ülkelerin aksine ülkemizde ahşaptan uzaklaşıldığı belirtilmektedir (Doğangün vd., 2005). Geçmişte deprem felaketleri nedeni ile pek çok can ve mal kayıpları yaşanan ülkemizde gelecekte de olası depremler nedeniyle benzer kayıpları yaşamamak için ahşap yapılara yönelmek gerektiği düşünülmektedir.

Bu hususlar dikkate alındığında, özellikle bir deprem ülkesi olan ve ahşap yapı sektörünün günden güne geliştiği Türkiye’de, kontrplağın yapı sektörünün vazgeçilmez bir parçası olması gerekliliği üzerinde durulmaktadır.

1.2. Ahşap Yapılar

1.2.1. Ahşap Yapıların Tarihçesi

İnsanoğlunun barınma gereksinimini karşılamak için kullandığı ilk yapı malzemelerinden biri ahşaptır (Öztank, 2004). Önceleri ahşap yığma sistem kullanılırken, daha sonraları ahşap karkas sisteme geçilmiştir. Ahşabın Türk kültüründe çağlar boyu en iyi şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Türk evlerinin yapı malzemesi ahşaptır. Batı Karadeniz, Orta Karadeniz ve Marmara bölgelerinde evlerin iç bölmeleri tamamen ahşaptır. Yapı malzemesi olarak ahşabı kullanmanın mimari tasarımda da büyük kolaylık ve zenginlik sağlayacağı belirtilmektedir (URL 2, 2011). Ahşap karkas olarak adlandırılan, ahşap taşıyıcılı sistem ile bir yapı, görsel ve estetik açıdan her türlü detay, tasarımı destekleyici yönde kusursuz çözümlenebilmektedir (URL 2, 2011). Ahşap taşıyıcı sistem ile inşa edilmiş yapıların, günümüze kadar gelen en erken örnekleri 17. Yüzyıldan kalmaz.

Türk evinde ana yapım malzemesi ahşap, yapım yöntemi olarak da ahşap çatkı seçilmiştir. Bu yöntem bir geleneğin devamı ve Anadolu ve Rumeli’nin ormanlık bitki örtüsüne uygun olduğu gibi, bölgenin deprem alanı olması dolayısı ile de yararlıdır. Ahşap

çatki yöntemi yığma ahşap yönteme göre daha az ahşap malzeme gerektirdiğinden, ahşabı az yöreler için de daha uygundur (URL 2, 2011). Dolgu malzemesi yörede kolay bulunan bir malzeme olabilir. Ayrıca bu yöntem çadır gibi çabuk kurulmaya elverişli olduğundan devamlı hareket ve yayılım halinde olan bir toplumun ihtiyaçlarına kolay ve hızlı cevap verebilmektedir. Yine aynı nedenle ahşap yapı detayları basit olup, karmaşık geçme detayları yerine kolay geçmeler ve çivili birleştirmeler tercih edilmiştir. Alman, İngiliz, Japon toplumlarındaki kalın kesitli ahşap elemanlar ve özenle tasarlanmış detaylar Türk evlerinde görülmez. Aynı basit yapım yöntemi, tarihte devamlı hareket halinde batıya yayılmış olan Amerikan toplumunun yapı detaylarında görülmektedir. Bu yapım tekniği aynı zamanda, yangınlar sonucu bir anda yok olan mahallelerin, kısa sürede yapılmasını da kolaylaştırıyordu. Ahşap yapım tekniğinde, toplumun hayata bakış açısında önemli olduğu vurgulanmaktadır (URL 2, 2011).

Ahşap çatki inşaat, dış ortama daha çok açılmaya imkân veriyor böylece açık sofalar yapılmasına, daha çok pencere açılmasına, çıkmalar ve geniş saçaklara da olanak sağlar. Böyle bir ev, iklim denetimi sağlamakta, rutubetli ortamda iyi nefes almakta, nemin yoğunlaşmasına izin vermemektedir.

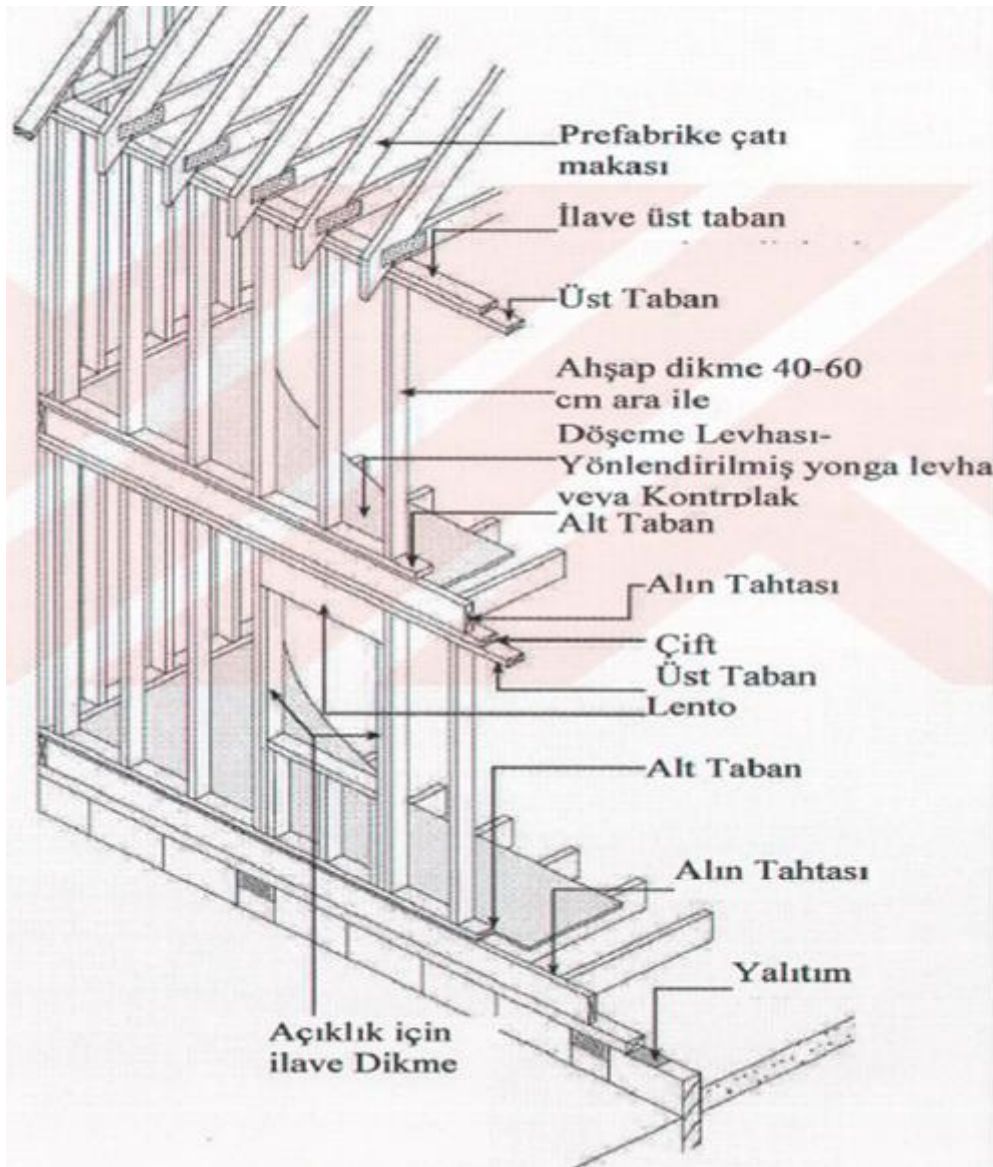
Ahşap çatki çok beğenilen bir sistem olup yüzyıllar boyu devam etmiş, gelişmiş ve sanat akımlarına kolaylıkla cevap verebilmiştir. Barok döneminde eğri çizgiler ahşaptan oyularak kolaylıkla elde edilmiş, eğri yüzeyler ise bağdadî yöntemle en doğru şekilde uygulanmıştır. Neo- Klasik dönemde yarım gömme sütunlar, üçgen alınlıklar, daire ve düz kemerler, iri silmeler ahşap evlere de kolaylıkla uygulanır. Abdülhamit döneminin süslü, dekupajlı yapıları ahşap için tam bir Rönesans olmuş, evler adeta bir dantel gibi işlenmiştir. Art-Nouveau Türkiye’de ahşaba büyük bir başarıyla uyarlanmıştır. Çatı katı balkonları, korkuluklar, yasmaklar çok güzel örnekleri sergiler. 19. yy. sonlarında bütün bu son dönem akımları ve Neo-Klasik Osmanlı üslubu birbirine katılmış olarak ahşap evlerde çok iyi uygulanmıştır (URL 2, 2011).

Ahşabın önemli oranda kullanıldığı geleneksel Türk evlerinin sosyal, kültürel, ekonomik, endüstriyel ve geleneksel nedenler yanında, ulaşım, eğitim, yapım özellikleri ve malzeme gibi unsurlar nedeniyle unutulduğu belirtilmektedir (URL 2, 2011).

1.2.2. Ahşap İskeletli Yapı Çeşitleri

1.2.2.1. Platform sistemler

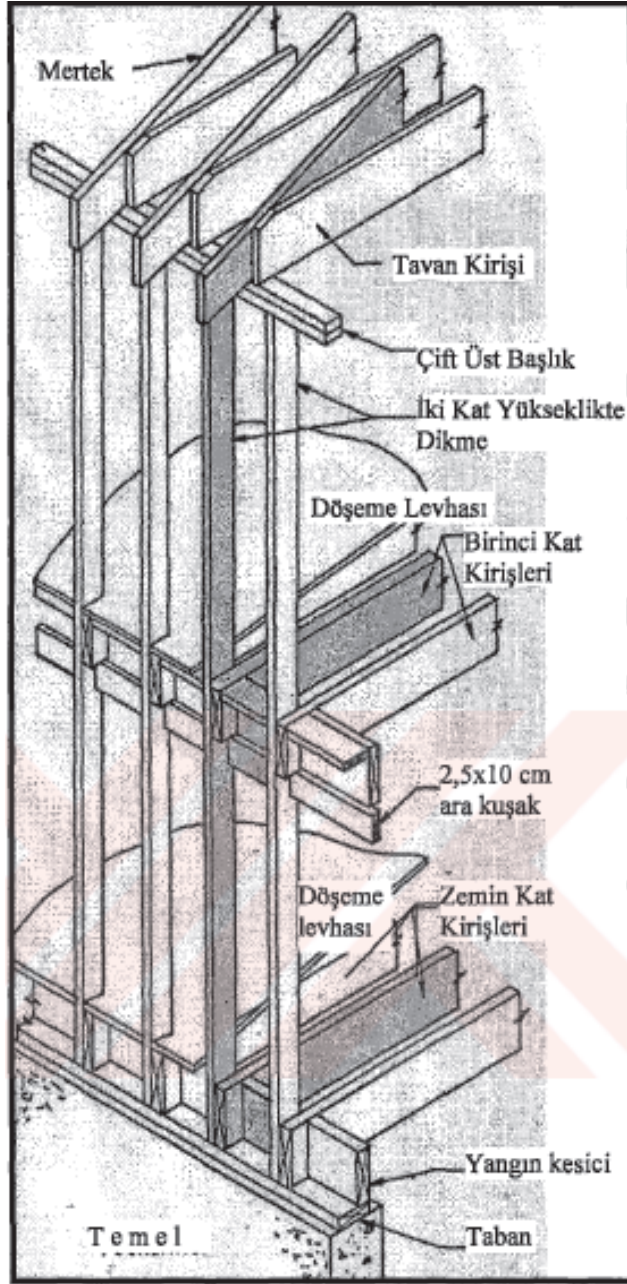
Platform tipinde birinci kat kirişleri, dış duvarların ve iç bölmelerin üzerinde yükseldiği platform oluşturması için, OSB ve kontrplak gibi yapısal panolarla kaplanmaktadır. Bu yöntem, ev inşaatlarında en çok kullanılan metottur (Öztank, 2004).



Şekil 1. Platform Sistem Ahşap Yapı

1.2.2.2. Balon İskelet Sistemler

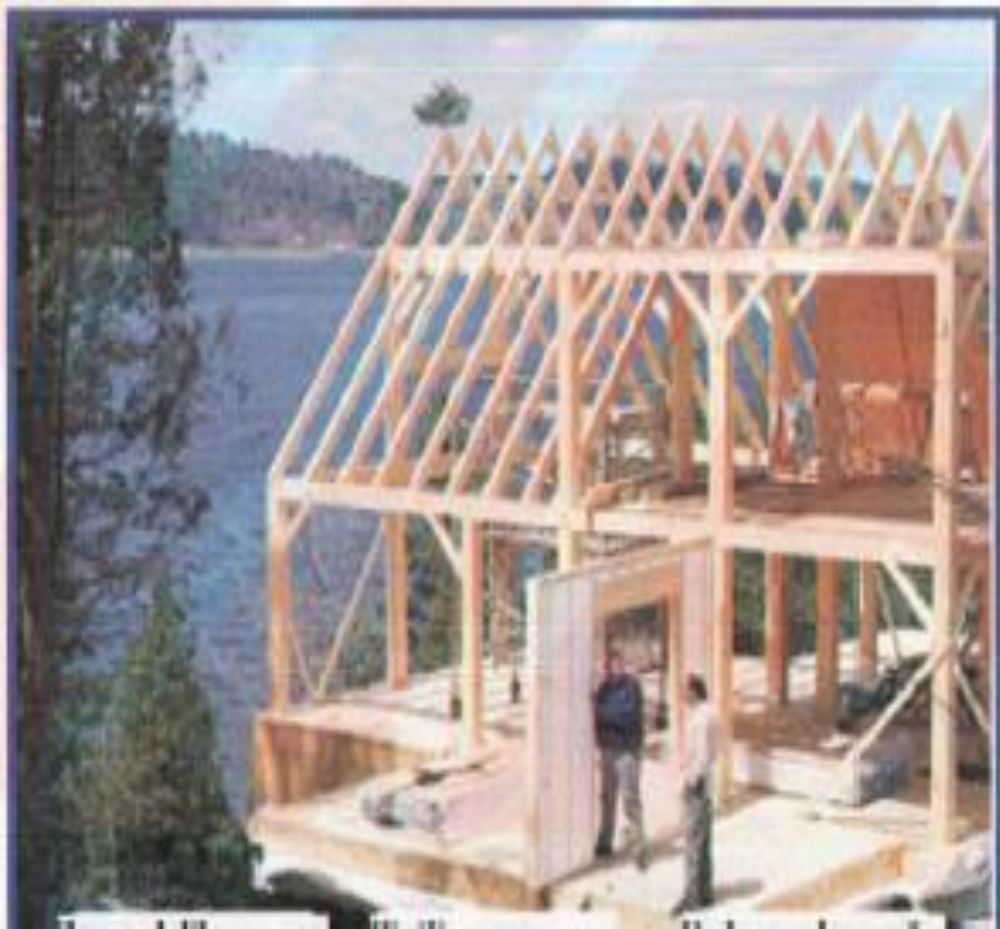
Balon sisteminde birinci ve ikinci kat dış duvarlardaki dikey yapısal elemanlar - dikmeler - ortak tek parçadır. Birinci kat kirişleri ve dış duvar dikmeleri temelin üzerine basar. İkinci kat kirişleri dış duvar dikmeleri arasından geçen en az 2.5x10 cm yatay elemanlar taşır (Öztank, 2004).



Şekil 2. Balon iskelet sistem

1.2.2.3. Dikme-Kiriş Sistemler

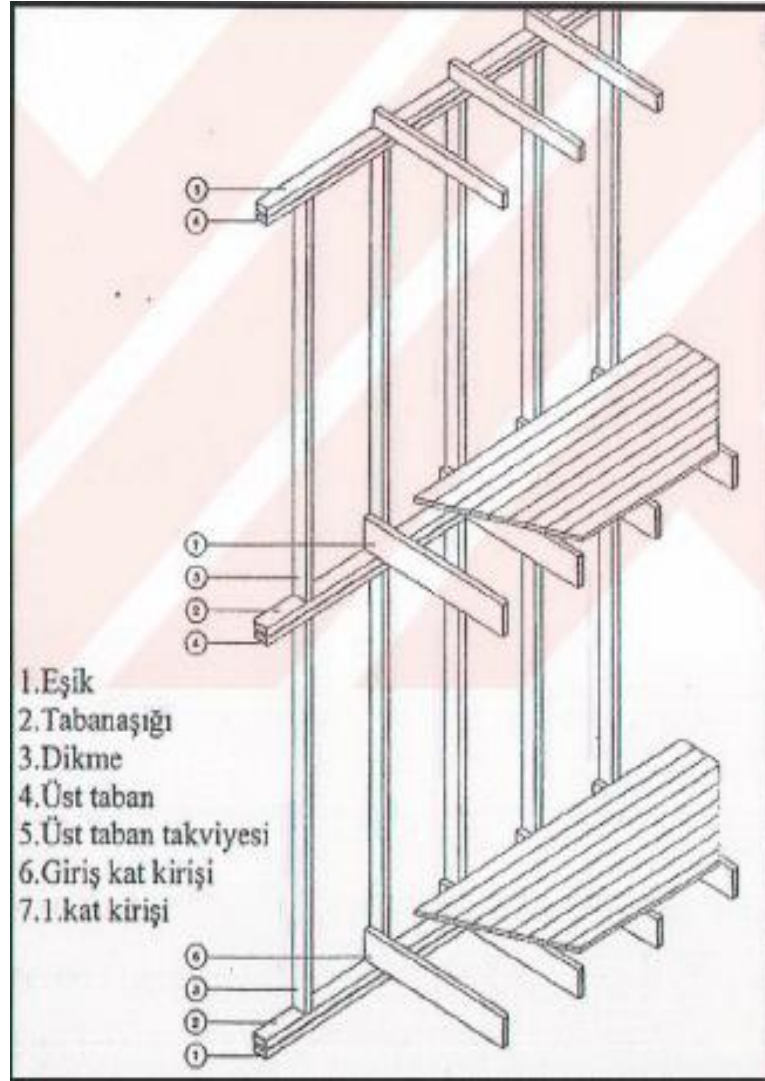
Bu sistemde, döşemeyi ve çatı yüklerini taşıyan uygun boyuttaki kirişler 2.4 metre aralığa kadar kullanılır. Döşeme ve çatılar 5 cm kalınlığındaki kalaslarla kaplanır. Kalaslar döşeme yapısal panoları ve çatı kaplaması olarak hizmet görür. Lamba zıvanalı kalas kullanıldığında alımlı döşeme ve tavan elde edilir. Döşeme ve çatı kirişlerinin uçları kolonlar - dikmeler - tarafından taşınır ve bunlar duvar iskeletini oluşturur. Duvar kaplamalarını taşımak için kolonlar arasına ilave dikmeler kullanılır (Öztank, 2004).



Şekil 3. Dikme-Kiriş Sistem

1.2.2.4. Modifiye Çerçevesi Sistem

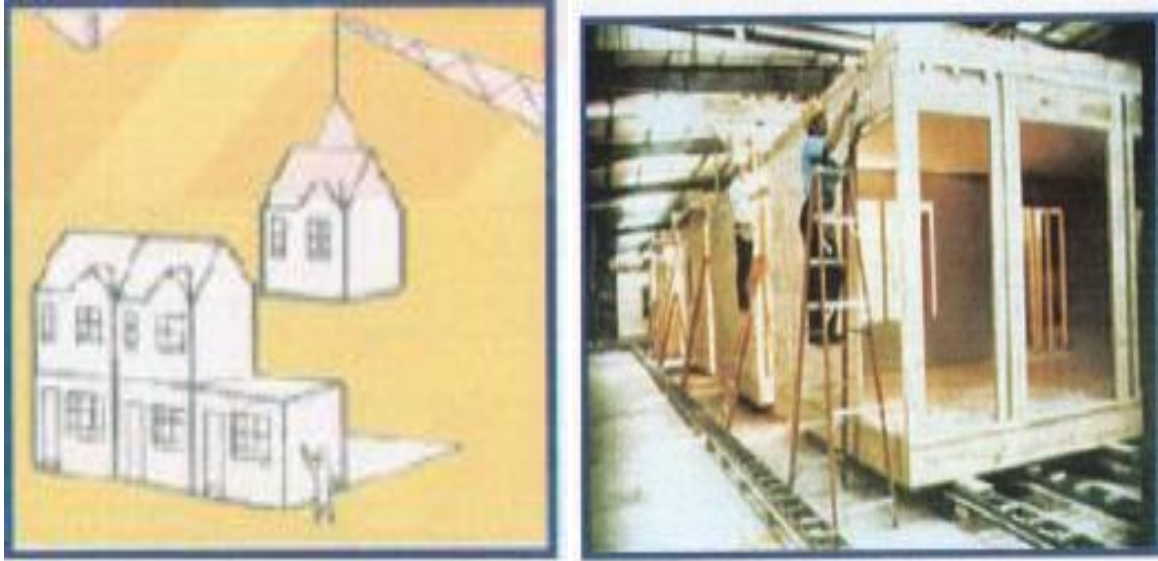
Modifiye sistem; platform ve balon sisteminin bir birleşimidir. Modifiye sistemlerde duvar panelleri birbirinin üzerine doğrudan oturmaktadır. Döşeme kirişleri balon çerçevesinde olduğu gibi duvar dikmelerinin kenarlarına yerleştirildiğinden, sadece duvarlar prefabrike olarak üretilmektedir (Öztank, 2004).



Şekil 4. Modifiye çerçevesi sistem

1.2.2.5. Hacimsel Sistem

Çok çeşitli türlerde konut ve ticari yapıların inşaatlarında kullanılmaktadır. Hacimsel sistemlerde üretim, kontrollü fabrika ortamında gerçekleştirilmektedir. Hızlı üretim ve kalite kontrolün yüksek olması, sistemin avantajları olarak sayılabilmektedir (Öztank, 2004).



Şekil 5. Hacimsel sistem

1.3. Deprem ve Ahşap Yapı

Deprem, jeolojik tabakaların yaptıkları hareketler sırasında ani bir enerji açığa çıkması olayıdır (Earthquake resistance, 2002). Deprem olayı önlenemediği gibi, önceden bilinmesi ve denetim altına alınması çalışmalarından da bugüne kadar tatminkâr sonuçlar elde edilememiştir. Bu nedenle bu korkunç doğal olayı tanımak ve zararlarını en aza indirmek için depreme dayanıklı yapı yapmak en uygun çözüm olarak gözükmektedir. Bugün deprem zararlarını en aza indirmek için dünyanın kabul ettiği çözüm de budur (Durmuş, 2004).

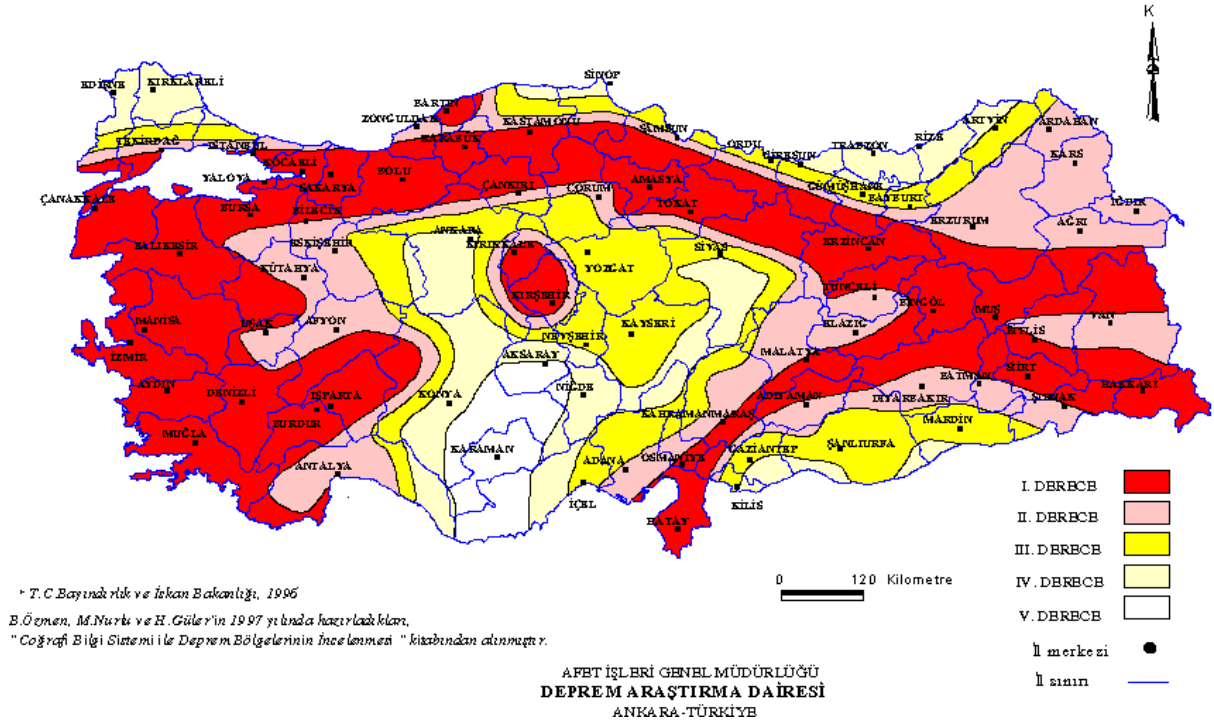
Deprem karmaşık bir yapıda oluşmakta ve zaman – yer hareketi değişimi 3 düzlemde meydana gelmektedir. Bunlar yatay, dikey ve dönme hareketleri olarak adlandırılırlar. Dikey zemin hareketleri; yerçekimi yönünde ya da yerçekimine zıt yönde kuvvetler oluşturmaktadır. Deprem, yer hareketi tarafından oluşturulan yatay kuvvet kesme olarak

tanımlanmaktadır. Çatı ve zeminler, bu yükleri toplarlar ve onları tipik olarak alçı, sıva ya da kontrplak kaplı ahşap çerçeveli duvarlara dağıtır. Böylece gelen yükler buradan beton zemine taşınır. Bunun ötesinde yapı dayanıklı bir kutu formunda kalmaktadır. Yapının dayanımı, kaplama malzemesinin direncine, bağlantı elemanlarına ve bu elemanların sürekli yük altındaki gösterdikleri hareketlere bağlı olarak değişim göstermektedir (Graf, 2008).

Türkiye dünyanın en etkili aktif deprem kuşaklarından biri üzerinde bulunmaktadır. Ülkemizin, Alp-Himalaya deprem kuşağında yer alan bir deprem ülkesi olduğu herkes tarafından bilinen bir gerçektir. Şekil 6'da Türkiye'nin deprem bölgeleri haritası görülmektedir. Nüfusun % 95'inin tehlikeli bölgelerde yaşadığı bir ülkede, sanayi de başta olmak üzere yapısal yoğunluk olarak da %98'inin deprem bölgelerinde olduğu için; konu her açıdan büyük önem taşımaktadır. Geçmişte Türkiye' nin birçok yerinde yıkıcı depremler olmuştur. Durum böyle devam ederse gelecekte oluşabilecek depremlerde de büyük felaketlerle karşılaşabileceğimiz muhtemeldir. Yapılan istatistiksel çalışmalar, son 15 yıl içinde Türkiye' de depremden dolayı her yıl ortalama 1200 kişinin hayatını kaybettiğini ve 1300 civarında yapının yıkıldığını, dünyanın depremden etkilenen diğer ülkeleri ile karşılaştırıldığında bu rakamların çok büyük olduğu görülmektedir (Durmuş, 2004).

Dünyanın depremden etkilenen diğer ülkeleri ile karşılaştırıldığında bu rakamların çok büyük olduğu açıktır. Bu hususlar göz önüne alındığında deprem felaketi sonrası can ve mal kaybını en aza indirebilmek için gerekli çalışma ve düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Özellikle yapıları depreme daha dayanıklı hale getirebilmek için kontrplağın kullanımı bu tedbirler arasında önemli bir yer tutacaktır.

DEPREM BÖLGELERİ HARİTASI*



Şekil 6. Deprem bölgeleri haritası

Artan nüfus ve kent yoğunluğu, insanlar üzerindeki deprem tehdidini artırmaktadır (Earthquake resistance, 2002). Dünyanın bazı bölümleri deprem konusunda yüksek riskli bölgelerdir. Bu bölgelerdeki yapıların güçlü deprem yüklerine karşı dirençli olmaları gerekmektedir. Bu yükler; sallantının şiddetine, merkezden ne kadar uzakta olduğuna, ne tür jeolojik olayın depreme sebebiyet verdiğiğine bağlıdır (Earthquake resistance, 2002).

1.4. Ahşap İskeletli Yapıların Deprem Performansı ve Sismik Özellikleri

Ahşap çerçeveli yapıların deprem davranışı üzerine yapılan araştırmalar; direnç özellikleri, dayanım özellikleri, matematiksel modelleme ve hesaplama, depremdeki saha gözlemleri, parça ve binaların laboratuvar testlerini içeren pek çok aktivitenin meydana gelmesini gerektiren çok disiplinli çalışmaları kapsamaktadır.

Yapıların depreme dayanıklı olması için şu özellikleri bulundurması gerekmektedir (Durmuş, 2004).

1. Stabilitesi yerinde olmalı, yani; yapı kararlı olmalıdır.
2. Yapının sürecenliği, devamlılığı yeterli olmalı

3. Sünekliği yerinde olmalı

4. Rijitliği yerinde olmalı

Ayrıca, gözlemlenen birçok depremin yanı sıra, teorik bilgiler ve tecrübeler binanın, deprem dayanımını etkileyen faktörleri şöyle sınıflandırmaktadır (Rainer and Karacabeyli 1999):

a) Yapı Mahalinde Meydana Gelen Yer Hareketleri: Yer kabuğunda meydana gelen kırılma ya da kaymalar yapı mahali zemininde hareketlenmelere neden olmaktadır.

b) Yapıların Dinamik Özellikleri: Doğal titreşim modları, doğal frekans ve sönüm oranı olarak sayılabilmektedir. Bu özellikler bir yapının maruz kaldığı depreme karşı ne kadar güçlü dayanım göstereceğini belirtir. Binanın sönümü demek ise, yapının salınım esnasında ne kadar enerjiyi absorbe ettiğinin ölçüsü demektir. Düşük sönümlü yapıların bir depreme verdiği tepki, yüksek sönümlülere daha şiddetlidir. Binalardaki sönüm oranı; yapı materyaline, bağlantı tipine, kaplama elemanları gibi yardımcı elemanların varlığına bağlıdır.

c) Yapıların Deformasyonel Özellikleri: Yapının dayanımı, dayanıklılığı ve sünekliği gibi özellikleridir. Bu parametrelerin her biri yapı için önemli bir özelliktir. Fakat bu parametreler aynı zamanda yapının dinamik özelliklerine de etki edecektir.

Dünyada meydana gelen önemli depremlerden, Alaska (1964-Manyitüd (M) 8,4), Kaliforniya (1971- M 6,7), Yeni Zelanda (1987- M 6,3), Kibec (1988- M 5,7), Kaliforniya (1989- M 7,1), Kaliforniya (1994- M 6,7), Kobe-Japonya (1995- M 6,8) depremlerinde ahşap çerçeveli yapıların performansı üzerine bir çalışma yapılmıştır. Büyüklüğü (manyitüdü) 7 ve üzerinde olan toplam 7 depremde yaklaşık 300 bin ahşap binanın çok şiddetli sallanması sonucu kalp krizi dahil olmak üzere sadece 34 kişi ölmüştür. Ülkemizde meydana gelen Gölcük depreminde ise 30 bin kişi hayatını kaybetmiştir. Sadece ahşap oldukları için depreme karşı almaları gereken 32 tedbirin yarısının eksik olmasına rağmen Gölcük depremine eş büyüklükteki depremde 25 insan hayatını kaybetmiştir. Bu çalışmada ahşap çerçeveli yapıların çok şiddetli yer sarsıntılarında dayanabileceği ve hayati risklerinin çok düşük olacağı görülmüştür. Bu nedenle bu tür binaların yaşam güvenliği açısından memnuniyet verici olduğu söylenebilir (Rainer ve Karacabeyli, 1999).

Son 35 yıl içinde yapılan araştırmalarda görülmüştür ki; Kuzey Amerika, Yeni Zelanda ve Japonya'da büyüklüğü richter ölçeğine göre 5,7 ila 8,4 arasında değişen büyük depremlerde 300.000 den fazla platform tipi ahşap karkas ev etkilenmiş olmasına rağmen ölü sayısı toplamda sadece 34'dür (Rainer ve Karacabeyli, 2000). Ayrıca 1994 Northridge depreminden sonra ahşap çerçevesel perde duvarları kontrplak ile kaplamanın gayet iyi bir sonuç verdiği ortaya konulmuştur (URL 3, 2003). Ancak ahşap ev hangi durumda olursa olsun depreme dayanıklıdır demek bilimsel görüşten uzaktır. Her yapı sisteminde olduğu gibi ahşap karkas yapılarda da deprem yüklerini kapsayan yapısal tasarım gereklidir. Günümüzde bu alanda standartların ve kodların yetersiz olduğu ülkemiz için, Kuzey Amerika deneyiminden de yararlanılan Eurocode iyi bir örnek oluşturmaktadır. Avrupa kıtasında ahşap yapıların tasarımı Eurocode 5'de, yapılarda deprem dayanımı ise Eurocode 8'de standart hale getirilmiştir (TS EN, 1995; TS EN, 1998).

1971 San Fernando depremi, 1989 Loma Prieta Depremi, 1994 Northridge depremlerinin hasar tespit çalışmaları neticesinde yatay yüklere dayanım için belirlenen standartlara ilave yenilikler olması gerektiği görülmüştür. Bu nedenle tasarım ve yapım metodları yanal dayanımı artırmak ve ahşap çerçevesel perde duvarların sünekliğini geliştirmek için yapılmıştır. 1995 Hyogo – Ken Nanbu'daki hasarlar ahşap binaların diğer problemlerini göz önüne sermiştir. Yeni ahşap çerçevesel müstakil evler iyi performans sağlarken, geleneksel kiriş ve kalas kullanılan yapılarda problemler görülmektedir (Prion ve Filiatrault, 1995).

Depremde yıkılan yapılarda en önemli sorunlardan biri; betonarme ağır yapılardan birinin çökmesi sonucunda tüm eşyaların ezilerek hiçbir yaşam alanı bırakmaması ve bu sebeple çok az sayıda insan hayatının kurtulabilmesidir. Ayrıca beton son derece ağır bir malzeme olduğundan kurtarma çalışmaları sadece ağır makineler ile yapılabilmektedir. Yeni sistem ahşap yapılar hafifliği dolayısı ile yıkıldığında içinde çok daha fazla yaşam alanı oluşturur. Bu da can kaybının çok az olmasını sağlar. Ahşap yapılarda ise kurtarma çalışmaları balta, kazma, balyoz, el testeresi gibi el aletleri ile hemen hemen herkes tarafından ağır makineler beklenmeden yapılabilir. Kaliforniya'da 17 Ocak 1994 yılında olan 6,7'lik depremde can kaybı sadece 69 kişidir ve bunların %40'ı yolda beton viyadükler altında, 20'si diğer yapılarda hayatını kaybetmişlerdir. Kaliforniyada'ki evlerin %95'i ahşap yapı olduğundan can kaybı bu kadar az olmuştur (URL 4, 2010).

Ahşap çerçevesel yapılar özellikle Güney Kaliforniya'da apartman ve evler için kullanılan en yaygın yapı türüdür. Bu yapı türü aynı zamanda ofis, okul ve hükümete ait

yerlerde kullanılmaktadır. Ahşap yapı, düşük ağırlıkta yüksek direnç sağlamakta ve yüksek dayanım/ağırlık oranı ahşabı depreme dayanıklı yapılar için iyi bir seçenek haline getirmektedir (Graf, 2008).

Ahşap çerçevesel yapıların sismik davranışları karmaşıktır. Fakat gerçek ahşap yapıların doğrusal olmayan statik ve dinamik analizleri için kapsamlı araçlar mevcut değildir. Ahşabın direnci; liflerin yönüne, yapısında bulunabilen budak, böcek yeniği gibi kusurlara ve rutubet içeriğine bağlı olmaktadır. Ahşap; mantar, rutubet ve yanmaya karşı hassastır.

Çok yakın geçmişte ahşap çerçevesel yapılar, özellikle kontrplak perde duvar kullanılan mühendislik ürünü ahşap çerçevelerde oluşturulan San Andreas deprem koşullarında (M:7.8) bile iyi performans göstermiştir. 2010 yılında Yeni Zelanda'da meydana gelen 7.1 büyüklüğündeki depremde can kaybı yaşanmamıştır. Almanya'nın Der Spiegel dergisinin yaptığı araştırmaya göre çağdaş tasarımlı ahşap binaların bu büyüklükteki depremden can kaybı yaşanmadan atlatılmasını sağladığı belirtilmektedir (URL 5, 2010).

Ahşap çerçevesel tasarımlarda; ahşap kökenli perde duvarlar, binanın deprem ve rüzgâr yüklerine karşı dayanması için gerekli yanal direnci sağlamaktadırlar. Ahşap çerçevesel yapılar, genel olarak yüksek şiddetdeki depremlerde düşük hayati risk sağlamakta ve performansları iyi olmaktadır (Rainer ve Karacabeyli, 1999).

Ülkemizde özellikle Marmara depremi sonrası betonarmeye alternatif olarak hafif yapı sistemlerinin yaygınlaşması gerektiği görülmüştür. İstanbul Pelitli' de ahşap karkas sistem olarak üretilen evlerde çatıda, iç dış duvarlarda 9 mm, döşemelerde ise 18 mm ladin ağacı kontrplak kullanılmıştır. Kereste dikmeler, çatı mertekleri ve döşeme kirişleri ile kontrplak birbirlerine özel çelik bağlantı elemanları ile bağlanmaktadır. Bu şekilde oluşan levhalar zaten yapının hafifliğinden dolayı düşük olan yanal deprem yüklerine karşı enerji soğuran perde duvar görevi görmektedir. Ahşap karkas evlerde tüm yalıtım sistemi duvarların içinde oluşmakta ve ahşabın kendisinden gelen doğal yalıtım özelliği sayesinde üstün ısı yalıtımı elde edilmektedir (Önal, 2001).

Ahşap platform çerçeve yapıların performansı ile ilgili yapılan bir çalışmada ölüm oranı ve yapıların yıkılma oranının önemli ölçüde az olduğu görülmüştür (Rainer ve Karacabeyli, 2000).

Ahşap platform tipi yapılarda ölüm oranını düşük olmasına şu gibi faktörler de katkıda bulunmuş olabilir:

Odunun yüksek mukavemet/ağırlık oranı

Bağlantılardaki sürtünme kayıplarından kaynaklanan yüksek soğurma kapasitesi

Ahşap parçaların esnek davranışları

Deprem açısından bakıldığında bu tip yapılardaki anahtar kelime; makaslama gerilimleridir. Makaslama gerilimi, kontrplak, OSB ya da alçıpan levhaların tek ya da iki taraftan bağladığı güçlendiricilerle desteklenen üst ve alt palakalarla dikey sütunların birleşimi ile şekillenir.

Ahşap yapıdaki başarısızlık durumlarına ise vida bağlantıları, duvarların dönmesi, duvar kaplamasındaki kesme başarısızlığı, çeşitli bağlantı hataları ve sınır parçalarının ezilmesi dahil edilmektedir. Ahşap çerçeveli yapıların iyi deprem performansı, detaylı parçalara (duvar, çerçeve ve bağlantı elemanları) ve tüm sistem davranışının iyi kavranmasına dikkat gerektirir.

1.5. Ahşap Yapıların Sağladığı Avantajlar

Ahşap yapı, kereste ve yapısal levhaları birleştirerek sağlam ve yapımı hızlı duvar, döşeme ve çatı bileşenlerini meydana getirir. Bileşenler dayanıklı, birleştirmesi ve yalıtımı kolaydır.

Kuzey Amerika'da ahşap sanayi, bina yapım maliyetlerini düşürmek ve inşaatı hızlandırmak için birçok teknoloji geliştirmiştir. 1950 yıllarında bulunan metal plaka çatı yapımında ahşap makasların kullanılmasını sağlamıştır. Fabrika şartlarında tasarlanan ve imal edilen ahşap makaslar kalite, performans ve tatbik edilebilme sağlamıştır. Her çeşit çatı şekli ve yük taşıma mümkün olmuştur (URL 6, 2010).

Evin boyutunun büyütülmesi veya yenilenmesi ahşap evlerde kolaydır. Bu tadilat kolaylığı yeni veya kullanılmış ev alanlar için önemli özelliktir. Değişen ihtiyaçlar karşısında evlerini ekonomik şekilde değiştirirler. Betonarme ev duvarına yeni bir pencere açılması düşünülürse, yenileme işlerinde ahşabın rakipsizliği ortaya çıkar.

Kışın evin sıcak, yazında serin olması ahşap evin konforlu ve ekonomik yanıdır. Hücresel yapısından dolayı ahşap çelikten 400 kere daha iyi yalıtıcıdır. Bir evin bütçesinde ısıtma ve soğutma giderleri önemli yer tutar ve düşük enerji tüketimi ev alanlar için önemli özelliktir. Ahşabın yüksek standartlarda yalıtılabilme özelliğine karşın çelik ve betonda ısı geçirgenlik problemleri ve soğuk yüzeylerde nem yoğunlaşması söz konusudur.

Ahşap karkas yapılarda dikme ve kirişlere monte edilen ahşap levhaların mukavemeti (ölü, canlı, deprem yükleri), sağlığa uygunluk, termal, dayanıklılık (suya, dış etkilere, yangına), işlenebilme, hidrotermal, akustik gibi özellikleri de konutun sunduğu yaşam kalitesinde büyük öneme sahiptir (Önal, 2001).

Diğer yapı malzemelerine göre depreme karşı önemli avantajları olan ahşap yapı, depremde en güvenli yapı sistemlerindedir:

1. Ahşap sağlam ve hafiftir.
2. Ahşap yapı iskeletinde çok sayıda eleman ve çivili birleşme yeri olduğundan kuvvetleri emen çok miktarda yük yolu vardır.
3. Ahşap yapılarda kullanılan çivili birleşme yerleri depremin enerjisini dağıtmak için elverişlidir (URL 6, 2010).

Depremde yanal kuvvetler binayı ötelemeye çalıştığından duvarlar dikdörtgen şekilden paralel kenar şekle dönüşür. Duvarlar veya perde duvarlar gibi ahşap çerçeveli levhaların, düzlemlerine paralel yüklere karşı mukavemeti sağlanmalıdır. Kontrplak veya OSB gibi yapısal panolarla yapılmış perde duvarlar deprem yüklerine karşı çok mukavimlerdir. Şiddetli deprem olasılığı yüksek bölgelerde levhaların kalınlığı, çivi boyutu ve miktarını artırarak duvarların mukavemeti artırılmaktadır (URL 7, 2010)

Yığma ve betonarmeye göre ahşap sistemler doğal olarak daha sünektir. Süneklik, yapının çökmeden akabilme ve şekil değiştirebilme kabiliyetidir. Depremin ani şekilde oluşturduğu yüklere karşı binalarda eğilebilirlik ve bükülebilirlik arzu edilen özelliklerdir. Bu özellikler binanın depremde biriken enerjiyi dağıtmasını sağlar. Çok sayıdaki çivili ek yerleri ahşap binalara süneklik sağlar (URL 7, 2010). Yapısal bir materyal olarak ahşap, deprem performansı konusunda diğer materyaller üzerinde bazı avantajlar sağlamaktadır. Ahşap güçlü fakat hafiftir. Böylece zemin hareketleri diğer yapılardaki gibi ahşap yapıda büyük bir enerji oluşturamaz. İlave bir avantaj olarak, ahşap iskelet sistemler diğer materyallerden daha esnek ve enerji soğurması daha yüksektir (Earthquake resistance, 2002).

Yapısal ahşap levhaların, ahşap çerçeveye sağlam şekilde eklenmesi ile meydana gelen perde duvar ve diyaframlar, fırtına ve kasırgaların getirdiği şiddetli rüzgârı alan bölgeler için sağlam binaların yapımına imkan verir. Karayipler'de ahşap binalar birçok fırtınaya rağmen ömürlerini sürdürmüşlerdir. 1992 yılında Güney Florida'da oluşan Andrew kasırgası şartnamelerde öngörülen tasarım hızının %50 fazlası olan 140 mil/saat hızına erişmiştir. " Andrew Kasırgası - Ahşap yapıların performansı ve analizi4 " konulu

mühendislik raporu, ahşap binaların tasarım hızından fazla bir rüzgâr hızıyla karşı karşıya kalmış olmalarına rağmen iyi performans gösterdiklerini saptamıştır (Anonim, 1992).

Son yıllarda kasırgaların binalara etkileri konusunda birçok araştırma yapılmıştır. Son 20 yıldır fırtınaların şiddetleri artığından yapı şartnamelerinde buna uygun olarak bazı bölgelerde rüzgâr tasarım hızlarını artırmışlardır. Modern ahşap yapılarda kullanılan perde duvar, diyafram, bağlantı sistemleri sayesinde bugün kasırgalar problem olmaktan çıkmıştır (Anonim, 1992).

Ahşap çerçeveli duvar ve döşemelerin ses yalıtımı yüksektir. Ahşap yapılarda uzun yıllar yapılan araştırmalar ve tecrübelerin sonucunda elde edilen ses geçirmeyen döşeme ve duvar tasarımları sayesinde bu alanlarda yaşayanlara sessiz mekânlar sunulmuştur.

Ahşap sadece yenilenebilir değil, enerji tüketimi, hava ve su kirliliği konusunda çevreye dosttur. Hayat Boyu Değerlendirme - LCA- değişik bina sistemlerinde ürünün yaşamı boyunca her bölümünde enerji, malzeme kullanımı, hava ve suya verdiği salımlar gibi faktörleri inceleyerek çevreyi nasıl etkilediğini gösteren karşılaştırmalı yöntemdir.

ATHENA Sürdürülebilir Malzeme Enstitüsünün hayat boyu değerlendirme yazılımı kullanılarak 220 m² ahşap, çelik ve betonarme evin yaşamları boyunca çevreye etkileri karşılaştırılmıştır. Araştırma neticesinde ahşaptan yapılan evin enerji kullanımı, sera gazı, su ve hava kirliliği ve çevreyle ilgili kaynak çıkarılması konularında çelik ve betonarme yapıya nazaran daha az çevresel etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ahşap, çelik ve betonarme ticari ofis binaların karşılaştırmasında da ahşabın üstün sonuçları elde edilmiştir (URL 8 ve URL 9, 2010).

1.6. Ahşap İskeletli Yapılarda Kullanılan Yapısal Levha Ürünleri

Günümüzün yapı marketlerinde, enerji etkinliği artık bir düşünce değil bir gerekliliktir. Dahası, inşaatçılar üzerindeki sorumluluk; güçlü, güvenli, uygun, maliyetli ve enerji etkinliği iyi yapıların inşa edilmesini gerektirmektedir (Anonim, 2008).

Yapısal ahşap levhalar ani etkilere (darbe) dayanıklı olup, bütün yapıya bu etkiyi dağıtmaktadır. Ayrıca, fırtına veya şiddetli rüzgârların neden olacağı çökmelere karşı da direnç göstermektedirler (Anonim, 2008).

Ahşap kaplı duvarlarda, sıvalı duvarlarda görülebilen alçı problemleri ve çatlaklar gibi kusurlar nadir görülür (Anonim, 2008).

Ahşap kökenli yapısal levhaların avantajlarına; maliyetleri azaltma, ahşap atıkların yeniden kullanılabilmesi, birçok tropik bölge için uygun hafif yapıların inşasına olanak sağlaması, düşük maliyetli ev projelerinde basitçe montajı ve diğer faktörler sayılabilmektedir (Krüger, 2010).

Kasırgalar, güçlü rüzgârlar ve depremler, Kuzey Amerika' da her yıl binlerce eve zarar vermektedir. Bu doğal afetler yapıları tehdit eden 3 kuvvet oluşturmaktadır (Anonim, 2008).

Yanal yükler; binaya karşı itme kuvveti olup, bu yükler duvarların kare şekliinden kaymasına ve yapının zayıflamasına neden olmaktadır.

Yukarı doğru kaldırma kuvveti; yerçekimine karşı kuvvet uygulamada ve çatıyı duvardan, duvarı zeminden, zemini betondan ayırmaya çalışmaktadır.

İçe ve dışa doğru rüzgâr basınçları kaplama ve giydirme malzemelerine çekme uygulamakta, bu olay yapıdan duvar ve çatının parçalarını ayırmaya çalışmakta ve iç kısımları nem ve hava sirkülasyonuna maruz bırakmaktadır.

Kontrplak ve OSB yapısal ahşap malzemeleri, yapının bu 3 kuvvet etkisi altında kalındığında eş zamanlı olarak direnç göstermesine yardımcı olmakta ve böylece gerekli ilave yük dayanak sistemine ihtiyaç azalmaktadır. APA' ya göre günümüzde tüm yerleşim yerleri duvarların %75'inin ahşap yapısal levha olmasının nedeni olarak bu önemli sebep gösterilmektedir (Anonim, 2008).

Kontrplak haricinde OSB, etiket yongalevha, kompozit levhalar ve yapısal ahşap levhalar adı altında yapısal ve yapısal olmayan çeşitleri ile yapı materyalleri olarak kullanılmaktadır. NDS (National Design Specification) kurallarına göre bu tür ahşap malzemelerin; eğilme direnci ve elastikiyet modülü, makaslama direnci, liflere dik ve paralel basınç direnci değerlerinin belirlenmesi gerektiğini söylemektedir (Breyer vd., 2003). Ahşap malzemelerin yapıda bazı kullanım yerleri olarak şu kısımlar gösterilebilir:

- Çatı, zemin ve duvar kaplama
- Perde Duvarlar
- Yapısal Parçalar (Kereste ve kontrplak kirişler, eğimli levhalar, kat plakaları)
- Köşebent Plakalar (Makaslar, iskelet, rijit çerçeve bağlantıları)
- Beton kalıbı

Bu kullanım yerlerinden başka pek çok endüstriyel, ticari ve mimari uygulamalarda yapısal ahşap malzemelerin kullanıldığı belirtilmektedir. Yapısal ahşap malzeme olarak tercih edilen en popüler malzemeler kontrplak ve OSB' dir (Breyer vd., 2003).

Ahşap liflere paralel yönde liflere dik yöndekinden daha güçlüdür. Ayrıca liflere paralel yönde daha az bükülebilirler. Liflere dik elastikiyet modülü, liflere paralel elastikiyet modülünün 1/35'i kadardır (Breyer vd., 2003). Dayanım ve rijitlikteki farklılıklar nedeni ile oluşacak bir gerilim kuvvetine karşı liflere paralel tabakalar daha etkili olacaktır.

Bir ahşap çerçeveli yapı sisteminde perde duvar fonksiyonlarını geliştirmek için kullanılan birçok kaplama materyali mevcuttur. Bunlar;

Yapısal ahşap levhalar (Kontrplak ve OSB)

Çimentolu levha

İç ve dış alçı

Liflevha

Kereste, kaplama

Ağaç malzemenin ısı iletim katsayısı birçok malzemeye göre düşüktür. Buda malzemenin içeriden dışarıya, dışarıdan içeriye ısı iletiminin istenmemesi durumunda önem kazanmaktadır. Ağaç türleri arasında da ısı iletkenliği değişebilmektedir.

Ahşabın termik genleşmesi lif doğrultusunda $3-6 \times 10^{-6}$ demirinki ise 12×10^{-6} dır. Bu özelliğinden dolayı birleşim yerlerinde genleşme göstermemesi, zorlamaya neden olmaması bakımından önemlidir. Ahşap ısı geçirmeme ve kömürleşme özelliklerinden dolayı yangına 30-90 dakika dayanabilmektedir. ABD'de spor salonu gibi büyük kalabalıkları barındıracak yapıların, yangın tehlikesine karşı ahşap karkasla inşa edilmesinin nedeni budur.

Tablo 2'de yapısal levha ürünlerinden en önemlileri olan kontrplak, OSB, yongalevha ve liflevhaya ilişkin uygulamaya ve kullanım yerine yönelik bazı bilgiler verilmektedir (C.C. Publications, NGM International, FCC).

Tablo 2. Yapısal levha ürünlerinin bazı uygulama ve kullanım özellikleri

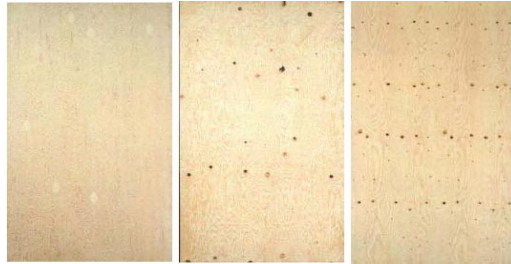
	Yumuşak Ağaç Kontrplağı	Sert Ağaç Kontrplağı	OSB	Yongalevha	MDF
Hammadde	Yumuşak Ağaç kaplama	Sert ağaç Kaplama	Şerit yonga 1 - 150 mm	Odun yongası 6mm> buğday sapı	Odun lifi
Tipik Tutkal	FF	ÜF - MÜF	FF yada izosiyanat	ÜF – MF – Bazı izosiyanat	ÜF – izosiyanat
Uygulama Tipi	Yapısal	Yaygın olarak yapı harici	Yapısal	Yaygın olarak yapı harici	Yapı harici
Yüzey Düzgünlüğü	Zımpara ile düzgün yüzey	Zımpara ile düzgün yüzey	Zımpara ile düzgün yüzey	Yüzeyde çok düzgün yongalar	Fevkalade yüzey
Kenar İşlenebilirliği	Sınırlı	Sınırlı	Çok Sınırlı	İyi	Mükemmel
Uygulama Alanları	Çatı, zemin, duvar kaplama, zemin altı ve korunmuş ahşap temel	Dekoratif duvar panelleri, mobilya, kabin	Çatı, zemin, duvar kaplama ve zemin altı	Mobilya, kabin, zemin altı, merdiven basamağı	Mobilya, kalıp, kabin, ahşap işleri
Özel Uygulamalar	Endüstriyel, LVL, Beton kalıbı, Tekne kontrplağı	Çoklu uygulamalar, dekoratif zemin	Endüstriyel, Hibrit ürünler, kaplama, I giriş	Yüksek yoğunluk, Rutubet dayanımı	Yüksek yoğunluk, Rutubet dayanımı
Tipik Kalınlıklar (mm)	6 – 31,5	6 - 19	6 - 32	6 – 38 max 57	5 – 38 max 76
Tipik Yoğunluk (kg/m ³)	450 – 500	400 – 880	580 – 700	640 – 800	640 – 800
Geri Dönüşüm (Ürün hacmi/ Hammadde Hacmi)	0,5	0,5	0,65	0,88	0,9

Tablo 2 incelendiğinde, fenol formaldehit yada izosiyanat tutkalları kullanılarak üretilen kontrplak ve OSB' nin yapısal levha ürünü olarak, yapı sektörü için daha uygun olduğu görülmektedir.

1.6.1. Kontrplak

1.6.1.1. Kullanım Amacına Göre Yapı Kontrplağı Sınıflandırması

Kontrplağın kullanım yerine göre bazı sınıflandırılmalara tabi tutulması gerekmektedir. APA tarafından kontrplakların kullanım yeri ve amacına göre kullanılan, ağaç türlerini de kapsayan geniş bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırmayı esas alan daha temel bir sınıflandırma Kanada'da uygulanmaktadır. Kanada'da kontrplakların genel olarak yapısal ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan çeşitleri; Douglas göknarı kontrplağı (DFP), Kanada İğne Yapraklı Ağaç Kontrplağı (CFP) ve kavak kontrplağıdır. Bu kontrplak çeşitleri üst ve alt tabakada kullanılan ağaç türüne göre isimlendirilmekte ve CSA 0121 (Douglas Göknarı Kontrplağı için) -CSA 0151 (Kanada İğne Yapraklı Ağaç Kontrplağı için) Kanada Standart Kurumu (Canadian Standard Association:CSA) standartlarına göre üretilmektedir (URL 10, 2008). Bu standartlar boyut, sınıf, levha özellikleri, üretim toleransları ve tutkal bağı kalitesindeki asgari gereklilikleri belirtmektedir. Belirtilen sınıflar dış tabaka kaplamalarının kalitesine ve görünümüne bağlı olmaktadır. A, B ve C olmak üzere 3 kalite sınıfında kaplama bulunmaktadır. Şekil 7' den görüldüğü gibi A en iyi görünümü, C ise en düşük kalitedeki görünümü temsil etmektedir.



Şekil 7. A, B ve C sınıfı kaplamaların görünümleri

Bu kaplamaları çeşitli kombinasyonlarda kullanan üretici, Tablo 3'den de görüleceği üzere kullanım yerine uygun olarak, standartlarda belirtilen kombinasyonları seçerek üretimini gerçekleştirebilmektedir (URL 10, 2008).

Tablo 3. Kontrplak Standart Sınıfları (URL 10, 2008)

Standart	Bireysel Kaplama Sınıfı			Özellikler	Tipik Uygulamalar
	Üst Tabaka	Orta Tabakalar	Alt Tabaka		
CSA 0121 DFP	A	C	A	Zımparalanmış. Her iki tarafı en iyi görünümlü. Yamalar içerebilir	Her iki tarafında iyi görünüm istenen yerler, bölmeler ve beton kalıbı olarak kullanılabilir.
CSA 0121 DFP	A	C	C	Zımparalanmış. Tek tarafı iyi görünümlü. Yamalar içerebilir.	Tek tarafında iyi görünüm istenen yerler, bölmeler ve beton kalıbı olarak kullanılabilir.
CSA 0121 DFP veya CSA 0151 CSP	B	C	C	Zımparalanmamış. Küçük açıklıklara sahip üniform yüzey.	Döşemelerde, döşeme altlarında, kaplama maksatlı kullanılabilir.
CSA 0121 DFP Veya CSA 0151 CSP	C	C	C	Zımparalanmamış. Yüzey sınırlı boyutlarda budak ve diğer kusurlar içerebilir.	Çatı ve duvarlarda, ayrıca zemin kaplamalarında kullanılabilir.

Not: Tüm sınıflar suya dayanıklı fenolik reçineler ile yapıştırılmıştır.

Bu sınıflandırmadan da anlaşılacağı üzere yapı maksatlı olarak özellikle çatı, duvar ve zeminlerde kullanılacak kontrplaklarda çok iyi görünüm aranmamaktadır. Fakat kontrplak, inşaatlarda beton kalıbı olarak kullanılacaksa daha düzgün yüzeye sahip olması gerekmektedir.

Kontrplak ve diğer levha ürünleri boyutsal olarak oldukça stabildir. Fakat özellikle inşa aşamasının ilk zamanlarında materyal, ortamın atmosferik koşullarına uyum sağlamadan farklı rutubet koşulları ve değişimlerinde boyutlarında değişim beklenebilmektedir. Bu nedenle çoğu çatı, zemin, duvar kaplaması uygulamalarında kullanılacak bu tür materyallerin inşa talimatnamesinde levha kenarı ve levha sonu arasında büyük bir açıklık bırakılması tavsiye edilmektedir (APA, 1996). Bu toleranslar levha tipine bağlı olarak değişmektedir. Tipik olarak toleranslar 0 - 1,59 mm ve 0 - 3,18 mm arasında değişmektedir (APA, 1996).

Avrupa kıtasında ahşap yapıların tasarımı Eurocode 5 (TS EN 1995, 1996), yapılarda deprem dayanımı ise Eurocode 8 (TS EN 1998, 2005) ile standart hale getirilmiştir. Ahşap

karkas yapılarında, yanal deprem yüklerine karşı dikmelere çivilenen kontrplak perde duvarlar yüksek yanal kesme kuvvetlerine dirençli, metal bağlantılar ise genel olarak enerji soğuran sünek yapıdadır. Eurocode 8 standardında perde duvarlarda kullanılacak kontrplak levhaların en düşük kalınlıklarınının 9 mm olması gerektiği belirtilmektedir.

1.6.1.2. Kontrplağın Yapı Maksatlı Kullanım Alanları

Ahşap yapı ve yapı malzemeleri özellikle ABD’de ev, okul ve ofis binaları yapımında geniş ölçüde kullanılmaktadır. Yanal dayanımı sağlayan ahşap iskeletler (duvarlar, zeminler ve tavanlar) bu yapıların önemli parçalarıdır. Bu tür yapılar çerçeve elemanları (kolon, kiriş), kaplama elemanı (kontrplak, yongalevha, alçilevha), ve kaplama elemanının çerçeveye bağlamayı sağlayan bağlantı elemanlarından (çivi, vida, zımba) oluşmaktadır (Yan, 1992).

Kuzey Amerika’da kaplanmış perde duvarlar, platform çerçeve sistemlerinde kullanılan en popüler yanal dayanım sistemleridir. Japonya ve diğer Doğu Asya ülkelerinde, geleneksel inşa sistemi olarak ahşap - ahşap bağlantıları ile kiriş ve kolonlu sistemler kullanılmaktadır (Gu, 2006).

Yapılan çalışmalarda, çerçeve elemanları ve kontrplak veya OSB gibi kaplama elemanlarından oluşan duvar sisteminin deprem olaylarında çok üstün performans gösterdiği belirlenmiştir (Ni ve Karacabeyli, 2005).

Kuzey Amerika’da ahşap çerçevesiz yapı sisteminin hakim olduğu görülmektedir. Kanada’da, NBCC (National Building Code of Canada) ahşap çerçevesiz sistemleri 4 kat ile sınırlandırmaktadır (National Research Council, 2005). 6 Nisan 2009 tarihinde British Columbia’da ahşap çerçevesiz yapı sistemlerine 6 kata kadar izin verildiği açıklanmıştır (Minister of Housing and Social Development 2009a, 2009b).

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 araçlarınının taban döşemeleri, ağır nakliye araçlarınının (kamyon, tır) taban döşemeleri, soğutma vagonları sayılabilir (URL 11, 2008). 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 kullanılmalarının yanı sıra, dekorasyonda da tercih edilmektedir (URL 12, 2004).

Kontrplak levhalar mekanik, biyolojik, sağlıklı, termal, akustik, dekoratif 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. Bu kontrplakların kullanıldığı pek çok alanda estetik görünüm önemli olmamaktadır.

Kontrplağın zemin, duvar ve çatı kaplamalarında kullanımı Şekil 8'de gösterilmektedir. Zeminde kullanılan kontrplaklar; düzgünlük sağlamakta, çatlama, dönme veya burkulma gibi kusurlar görülmemektedir.



Şekil 8. Kontrplağın Zemin, Duvar ve Çatılarda Kullanımı

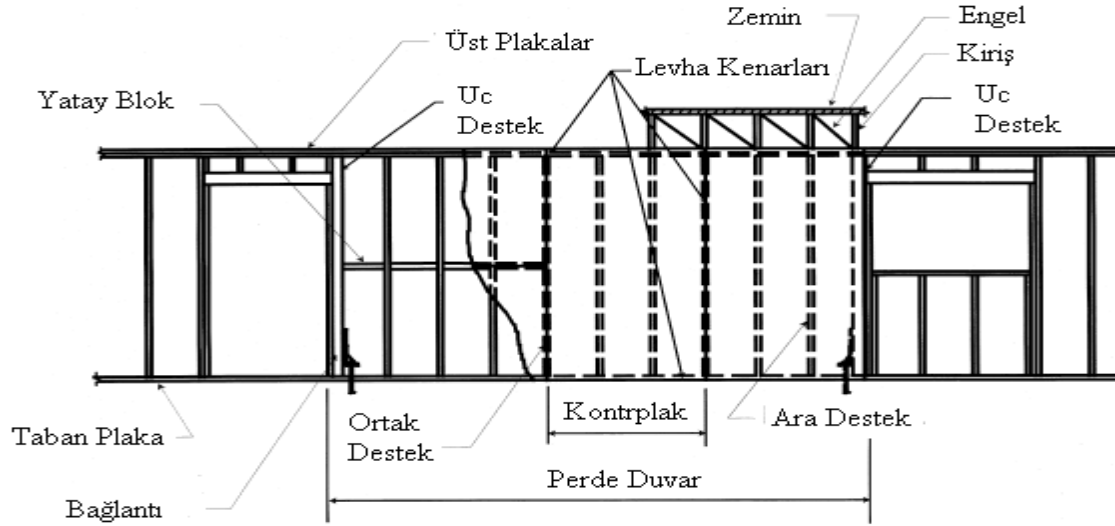
Kontrplak, çatı sistemlerinde de kullanılan bir malzemedir. Levha boyutu, taşınabilir bir ağırlıkta olması ile kontrplak, yapım hızını artırmaktadır. En yüksek dayanımı sağlamak için levhalar yüzeylere doğru açıyla uygulanmalıdır (URL 12, 2008). Dikey sistemlerde, yapısal levhalar kaplama materyali olarak görev yapmaktadır. Doğrudan çatı ve zemine gelen yüklere karşı destek sağlamakta ve gelen bu yükleri çerçeve sistemine dağıtmaktadır (AF&PA, 2001a ve AF&PA, 2001b).

Ahşap panellerin dikmelere bağlandığı perde duvarlarda çivi, vida gibi metal bağlantıların deformasyon yeteneklerinden faydalanabilmek için levhadan kolayca ayrılmamaları ve duvar sisteminde narin tasarlanmaları gerekmektedir. Kontrplak, aynı kalınlıktaki diğer ahşap levhalardan daha mukavimdir ve çiviye sıyrılmadan tutar. Kırılma ve çatlamalara meydan vermeden kenarına yakın çivilenebilir. Ayrıca kolay işlenmekte ve düzgün kesilebilmektedir. Çatılarda kullanılan kontrplağın; yongalevha, OSB ve keresteye göre daha sağlam ve dayanıklı ve oluşabilecek rüzgar yüküne karşı daha dirençli olduğu belirtilmektedir. Ayrıca diğer ürünlere göre kenara daha yakın çivilenebilme imkanı sağladığı da ifade edilmektedir (Çalışkan, 2008).

1.6.1.2.1. Perde Duvarların Kontrplak ile Kaplanması ve Sağladığı Avantajlar

Depreme dayanıklı bina tasarımında kontrplak, genellikle perde duvarlarda kaplayıcı olarak kullanılmaktadır. Duvar kaplamalarında tercih edilen kontrplaklar, rüzgar 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.

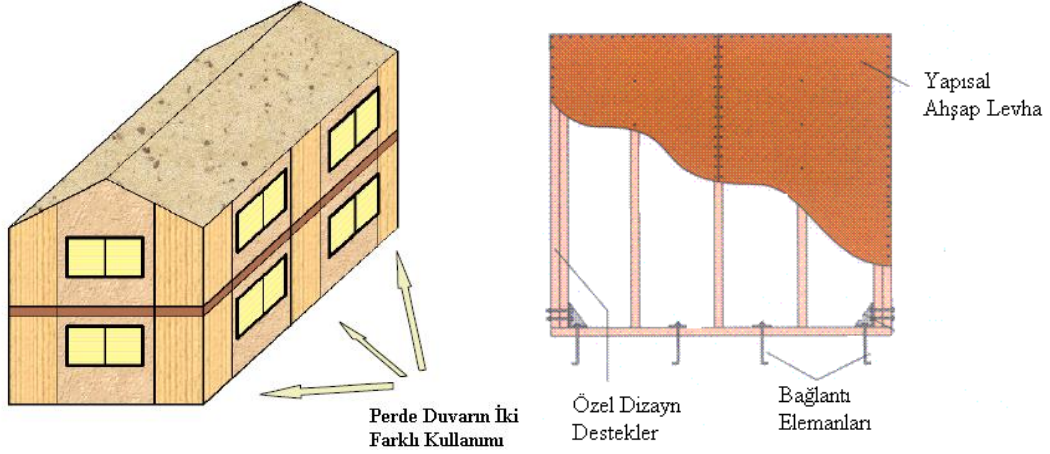
Ahşap çerçevesi yapılarında yanal yüklere karşı direnci artırmada kullanılan ahşap perde duvarlar üzerine dünya genelinde pek çok çalışma yapılmıştır (Skaggs ve Rose, 1996; Dinehart ve Shenton, 1998; Kawai, 1999). Varoglu vd. ahşap çerçevesi yapılarında, deprem ve rüzgar gibi yüklere karşı direnç için gerekli olan yanal dayanımı, ahşap kökenli perde duvarların sağladığını ifade etmiştir (Varoglu vd., 2006). Perde duvarlar, yapıların yatay yüklere karşı direncini artıran dikey elemanlardır. Tipik olarak ahşap çerçevesi duvarlar olup, kontrplak gibi bir yapısal kaplama materyali ile kaplanmışlardır. Kaplama uygun bir şekilde yapıldığında, perde duvar uzunluğu boyunca etkiyen direkt yüklere dayanım sağlayabilir (URL 3, 2003). Şekil 9’da tipik bir perde duvar gösterilmektedir (URL 3, 2003).



Şekil 9. Tipik Perde Duvar

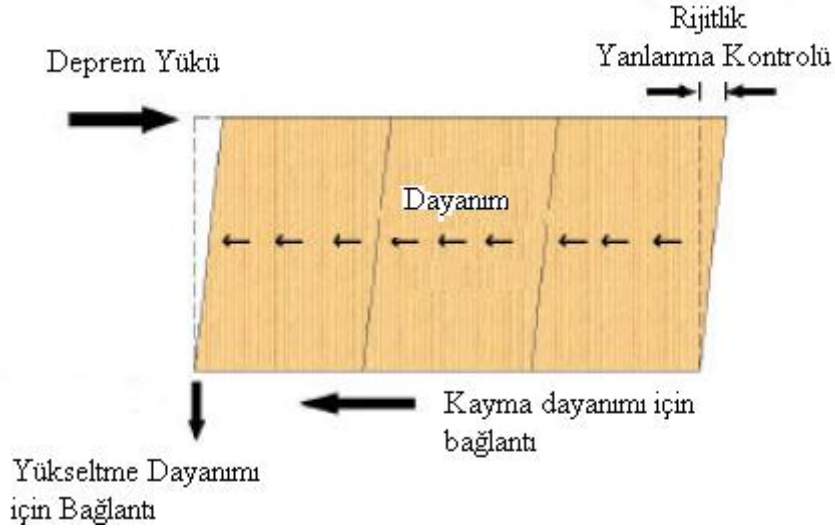
Etkili bir yapı şekli sağlamak için, eşit uzunluktaki perde duvarlar simetrik olarak yapının dört dış duvarına yerleştirilmelidir. Dış duvarlar yeterli dayanım ve rijitliği sağlamadığı takdirde, perde duvarlar yapıya içten eklenebilir. Perde duvarlar dikey olarak bir düzene sokulduğunda ve beton zemine desteklendiğinde en etkili sonuçları vermektedir. Şekil 10’da perde duvar konumu gösterilmektedir.

Perde duvarlar, yatay deprem yüklerine karşı gerekli yatay dayanım ve direnci sağlamalıdır. Perde duvarlar yeterince güçlü ise gelen yatay yükleri aşağılarındaki diğer elemanlara iletcekler ve böylece yükü dağıtarak bertaraf edeceklerdir. Bu diğer elemanlar; diğer perde duvar, zemin, beton duvar, kat veya zemin olarak sayılabilir (URL 3, 2003).



Şekil 10. Perde Duvar Konumu

Perde duvarlar aynı zamanda; çatı veya zeminde aşırı yanlanmayı önlemek için yatay rijitlik sağlamaktadır. Yeterli rijitliği sağladığında, çatı veya zemin parçalarının desteklerinden ayrılmalarını engellemektedir. Şekil 11’de perde duvarın önemli iki işlevi gösterilmektedir.



Şekil 11. Bir Perde Duvarın İki Önemli İşlevi

Perde duvar için kullanılacak kontrplakların 5 tabakalı olması tavsiye edilmektedir (URL 3, 2003).

Perde duvarların yanal dayanımları genel olarak 4 faktörden etkilenmektedir. Bunlar; rijitlik, eğilme direnci, kırılma anındaki direnç ve süneklik olarak belirtilmektedir (Anon.2002).

Bir perde duvar tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır;

- Kaplama kalınlığı
- Perde duvar bağlantıları
- Kiriş dizaynı (çekme ve basınç)
- Perde panel oranı
- Bağlantı gereklilikleri
- Kusurlar

NDS (National Design Specification) kurallarına göre bu tür ahşap malzemelerin; eğilme direnci ve elastikiyet modülü, makaslama direnci, liflere dik ve paralel basınç direnci değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Breyer vd., 2003).

Kontrplak haricinde OSB, etiket yongalevha, kompozit levhalar ve yapısal ahşap levhalar adı altında yapı materyalleri olarak kullanılmaktadır. Yapısal ahşap malzeme olarak tercih edilen en popüler malzemeler kontrplak ve OSB'dir (Breyer vd., 2003).

Kontrplakla kaplanmış perde duvarların çimento, portlant çimentosu, alçı gibi diğer materyallerle kaplanan perde duvarlardan yanal yükler altında önemli oranda daha iyi sonuçlar verdiği ifade edilmektedir. Yapılan çalışmalarda OSB ile karşılaştırıldığında da kontrplağın daha dayanıklı olduğu, daha iyi akustik özellikler verdiği belirtilmektedir (Beall, 2005). Bu konu ile ilgili yapılan bir diğer çalışmada; aynı biçimdeki kontrplak ve OSB perde duvar montajları karşılaştırılmış ve kontrplağın OSB'den daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca OSB'nin kontrplağa göre daha az rijit ve şekil değiştirmeye karşı da daha hassas olduğu belirtilmektedir (Li vd., 2007). Stewart; kontrplak kaplı perde duvarların deprem ve rüzgar gibi yanal yüklere karşı direnç sağlamada kullandıklarını belirtmiştir (Stewart, 1987).

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 yerdeğiştirmeyi tolere edebildiği için deprem yüklerine dayanım konusunda en iyi materyal olarak gösterilmektedir (URL 13, 2009). Bott; kontrplağın düzlemsel olarak çok daha fazla rigid olduğunu belirtmektedir (Bott, 2005). Ayrıca ahşap çerçeveli yapı sistemlerinde kullanılan kontrplağın çürüyen

kısımları hariç uygun bir tasarım ile uzun yıllar boyunca yeterli dayanımı sağladığı belirtilmektedir (Nanami, 2000).

Rijitlik açısından perde duvarlarda kaplama materyali olarak en iyi malzemenin kontrplak olduğu savunulmaktadır (Li vd., 2007). Northridge depremi esnasında, kontrplak kaplı perde duvarlı ahşap iskeletli yapıların çok iyi performans gösterdiği belirlenmiştir (Mc Cormick, 2005). Rainer ve Karacabeyli tarafından hazırlanan rapora göre, değişik yaşlarda ahşap çerçeveli yapıların çoğu 0.6 veya daha yüksek ivmeli büyük depremlere maruz bırakıldıklarında, meydana gelen sarsıntı sonucu ciddi bir hasar yada çökme oluşmadığı belirtilmiştir (Rainer ve Karacabeyli, 1999; Ni ve Karacabeyli, 2005).

Perde duvar dayanımı ile ilgili yapılan çalışmalarda, kontrplak kaplı perde duvarların statik bir yük altında başlıca deneysel çalışmaları incelenmiştir. Yapılan bir araştırmada kontrplak kaplı perde duvarların El Centro ve Taft deprem verileri hem analitik hem de deneysel olarak incelenmiştir (Kamiya, 1988). Bir kontrplak perde duvarın titreşim periyodu ve zamansal sünümü dinamik test ile ortaya koyulmuştur (Stewart vd., 1988.). Hayashi tarafından yapılan bir çalışmada ise Japonya’ da vidalı ve tutkallı açıklık bulunan kontrplak duvarın yük – sapma özellikleri araştırılmıştır (Hayashi, 1988). Deneysel yük – sapma özellikleri alçı (Oliva ve Wolfe, 1988), alçıpan (Reardon, 1988), yongalevha (McDowell ve Halligan, 1988) ve etiket yongalevha kaplı duvarlar için de belirlenmiştir (Dolan, 1991). Adı geçen çalışmalardan ulaşılan sonuçlar göstermiştir ki, yukarıda belirtilen levhalardan herhangi biri perde duvarlar için fonksiyon olabilir, fakat kesme kapasitesi, alçı ve alçıpanın aynı vidalama koşullarında kontrplaktan daha düşüktür. Ayrıca perde duvarın dayanımının kaplama materyalinden daha çok vidalama ve vida boşluklarıyla ilişkili olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Soltis ve Falk, 1992). Ahşap çerçeveli yapılarda çok sayıda vidalı birleştirmelerin sünekliği sağlamada çok etkili olduğu ifade edilmektedir (URL 14, 2003).

1.6.1.3. Yapı Maksatlı Kontrplak Üretiminde Kullanılan Ağaç Türleri

Dünyada en fazla kontrplak üretimi ABD’de yapılmaktadır. Bu üretimde kullanılan ağaç türlerinin %90’ı İYA (İğne Yapraklı Ağaçlar)’dan elde edilmekte ve üretilen levhalar bina yapımında kullanılmaktadır. Ülkemizdeki orman alanlarının %54’nü İYA, %46’sını YA oluşturmaktadır. Orman alanlarının etkin bir şekilde kullanabilmesi için daha fazla alana sahip olan İYA’ların aktif üretime dahil edilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde yetişen İYA'nın %41,78'ini çam türleri oluşturmaktadır (Bozkurt ve Göker 1981). Ülkemizde 7 çeşit çam türü yetişmektedir. Türlerine göre odun verim gücü kayınla kıyaslandığında, özellikle kızılçam ve karaçamın kayına yaklaşık eşdeğer olduğu görülmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Çam Türlerine ve Kayına Göre Odun Verim Gücü (Eta) (Konukçu, 2001)

Ağaç Türleri	Normal Kuru Etası(m ³)	Eta(%)
Kızılçam	3.477.695	28,99
Karaçam	2.594.000	21,62
Sarıçam	1.238.146	10,32
Sahil Çamı (Pinus Pinaster)	18165	0,15
Pinus Radiata	2342	0,02
Fıstık Çamı	1430	0,01
Halep Çamı	43	0
Kayın	2393274	19,95

Kontrplaklar, odun kökenli levha endüstrisinde en önemli ürün kategorisinde bulunmaktadır.

En önemli ağaç türlerimizden olan Doğu kayınının kontrplak üretiminde kullanılması her ne kadar kaplama üretim teknolojisi bakımından uygunsa da, ülke ekonomisi bakımından önemli kayıp olmaktadır. Bilindiği gibi genel amaçlı kontrplakların kullanım yerinde fazla özellik aranmamaktadır. Gittikçe azalan kaliteli kayın tomruklarının işleme kolaylığı ve teknolojik özellikleri bakımından kereste, mobilya vb. endüstrilerde değerlendirilmesi daha uygundur. Ülkemizde kontrplak endüstrisinde değerlendirilen kayın (*Fagus orientalis*) soyma kaplama üretimi için, Bağımsız Devletler Topluluğu'ndan ithal edilenler hariç tutulursa, uygun çap ve formda yeteri kadar bulunamamaktadır (Örs vd., 2002). Diğer taraftan kavak tomruklarından elde edilen kontrplakların direnç özellikleri yapıda kullanım için uygun bulunmamaktadır. Özellikle son yıllarda artan talep nedeniyle, kayın orman alanlarının azalması neticesinde yurt dışından okume, tetra gibi yabancı ağaç türlerinin ithaline gidilmektedir. Yapılan periyodik envanter ve değerlendirmeler,

gelişmekte olan ülkelerin ağırlıkta olduğu çoğu ülke ve bölgelerde orman alanının azaldığı, dünya genelinde ise orman alanlarının yılda %0,2 civarında gerilediğini göstermektedir (Hacıoğlu vd., 2005). Bu da yurt dışına döviz çıkışına neden olarak ülke ekonomisini olumsuz etkilemektedir. Ülkemizdeki orman alanlarının %54'nü İYA, %46'sını YA oluşturmaktadır. Özellikle ahşap ve laminasyon tekne ve yat üretimi Türkiye'de ihracata yönelik olarak artmış bulunmaktadır. İngiltere, Avustralya, Yeni Zelanda, Kanada ve ABD'de aynı sektörde iğne yapraklı ağaçlardan üretilen kontrplaklar yoğun olarak kullanılmaktadır.

Yapılan bir çalışmada; odun hammaddesi üretim açığının kapatılması ve giderek artan talebin karşılanması için yurt dışından ithal etme, ikame malzemeler kullanma, mevcut orman varlığının kullanılması, endüstriyel orman plantasyonlarından karşılama seçenekleri incelenmiştir. Sonuç olarak; ülkemizde mevcut potansiyel alanlarda hızlı gelişen orman ağacı türleri ile endüstriyel plantasyonlar tesis etmek ve bu yolla odun üretimini artırmaktan başka bir çıkar yolun bulunmadığı ortaya konulmuştur (Birler, 1999). Ayrıca ülkemiz şartlarını dikkate alınarak, "35 milyon m³/yıl" düzeyinde odun hammaddesi üretimi gerçekleştirmeyi hedef alan bir endüstriyel plantasyon programı yapılmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Türkiye'de yılda 35 milyon m³ odun hammaddesi üretimini hedefleyen endüstriyel plantasyon programı (Birler, 1999).

Plantasyon Programında Kullanılan		İdare Süresi (yıl)	Yıllık Ortalama Odun Artımı (m ³ /ha)	Birim Alanda Toplam Üretim (m ³ /ha)	Toplam		
Alanlar	Ağaç Türleri				Yıllık Dikim Alanı (ha)	Plantasyon Alanı (ha)	Yıllık Odun Üretimi (milyon m ³)
Orman Rejimi Dışında	Kavak	12	27.5	330	37900	455000	12.5
Orman Rejimi İçinde ve Dışında	Yerli İbrelili Türler	35	15.0	525	14300	500000	7.5
	Yabancı İbrelili Türler	30	17.5	525	23800	715000	12.5
	Yapraklı Türler	25	15.0	375	6700	170000	2.5
Yapraklı Ağaç Türleri ile Plantasyonlar					44600	625000	15.0
İbrelili Ağaç Türleri ile Plantasyonlar					38100	1215000	20.0
Plantasyon Programı Toplamı					82700	1840000	35.0
Genel Ortalama Odun Artımı: (35 milyon m ³ /92700ha/22.2yıl) – 19 m ³ /ha/yıl							

Tablo 5'den görüldüğü üzere İYA'lar, orman alanlarının etkin kullanımı ve yıllık odun üretim kapasitesinin artırılması bakımından önem arz etmektedir. Sahil çamı Karadeniz, Marmara ve Ege bölgelerindeki endüstriyel plantasyonlarda kullanılacak önemli ağaç türlerinden biridir. Orman alanlarını etkin bir şekilde kullanabilmek için daha fazla alana sahip olan İYA'ların aktif üretime dahil edilmesi gerekmektedir.

Amerika ve Japonya'da da kontrplak üretiminde büyük oranda tercih edilen ve daha kısa sürede istenen çapı sağlayan iğne yapraklı ağaçlardan (özellikle endüstriyel plantasyon çalışmaları yapılan) çam türlerinin, ülkemizde de kontrplak üretiminde değerlendirilmesi ile hem hammadde sıkıntısının çözülebileceği hem de ülke ekonomisine katkıda bulunulabileceği düşünülmektedir.

Avrupa'da kontrplak üretiminde en büyük pay 15 büyük fabrika ve %34'lük oran ile Finlandiya'ya aittir. Kontrplak üretiminde kullanılan hammaddenin %40'ı Huş: %40, %60'ı İYA'dır. Taşıma endüstrisi, özel kaplamalar ve yapı endüstrisinde kullanılmaktadır (Wood Construction, 2006).

A.B.D'deki konut yapılarının %93'ü ahşaptır (URL 15, 2008). Amerika'daki ahşap yapı sanayi, günümüze kadar büyük bir gelişme göstererek, 1.5 milyon çalışanı ve 32 milyar dolarlık maaş bordrosu ile Amerika'nın ilk 10 iş kolundan biridir.

Dünyada kendini yenileyen tek yapı malzemesi ahşap olduğundan, bilinçli bir üretimle ormanların azalmayacağı ortadadır. Bu nedenle ahşap yapı sanayisindeki gelişmenin ormanları yok etmesi söz konusu değildir. Bugün Amerika'da kesilen 100 ağaç yerine 123 ağaç dikilmekte ve her 20 senede bu ormanlardan hasat alınmaktadır.

1.6.1.4. Yapı Maksatlı Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkal Türleri

Kontrplak, eski Mısır Medeniyetine kadar giden en eski ahşap mühendislik ürünlerinden biridir. Fakat Fenol formaldehit (FF) gibi dış ortam koşullarına dayanıklı tutkallar ile üretilen kontrplağın yapı maksatlı kullanımı 1930 yılından itibaren görülmektedir (Lund, 1993). İç ortam uygulamalarında, üre formaldehit (UF) veya melamin modifiyeli üre formaldehit (MUF) tutkalları geniş kullanıma sahiptir. Fenol formaldehit (FF) tutkalı Kuzey Amerika, Güney Amerika, Japonya ve Avrupa'da kontrplak için tercih edilen bir yapıştırıcı türüdür. Çin ve Güney Doğu Asya'da bu tutkal yerine, kaplamanın sahip olduğu rutubet değişim içeriğine yüksek tolerans sağlayan melamin-üre formaldehit (MUF) tutkalı kullanılmaktadır (Gomez-Bueso ve Haupt, 2010).

Sadece belirli formülasyonları standartları karşılayabildiğinden MÜF tutkalının dış ortamlarda kullanımı sınırlıdır (ASTM D2559). Katı madde miktarı olarak melamin reçinesi karışımın %60' ını içerdiği durumda tutkalın ilgili standardı karşılayacak özelliğe ulaştığı belirtilmektedir (ASTM D2559).

Altı temel yapısal sentetik tutkal türü mevcuttur. Bunlar; fenol, resorsinol, fenol-resorsinol, melamin, melamin-üre reçineleri ile emülsiyon polimer/izosiyanat tutkalarıdır (APA, 1998). Değişik düzeylerdeki dış ortam koşullarında istenen yapısal performanslarına göre sınıflandırılmış ahşap tutkal türleri Tablo 6' da verilmiştir (Vick, 1999).

Tablo 6. Değişik düzeylerdeki dış ortam koşullarında istenen yapısal performanslarına göre sınıflandırılmış ahşap tutkal türleri

Yapısal Bütünlük	Ortam Şartları	Tutkal türü
Yapısal	Sürekli Dış Ortam (Uzun süre su etkisinde kalma ve kuruma)	Fenol Formaldehit Resorsinol Formaldehit Fenol Resorsinol Formaldehit Emülsiyon/polimer izosiyanat Melamin Formaldehit
	Sınırlı Dış ortam (kısa süre su etkisinde kalma)	Melamin Üre Formaldehit İzosiyanat Epoksi
	İç Ortam (kısa süreli yüksek nem)	Üre Formaldehit Kazein
Yarı Yapısal	Sınırlı Dış Ortam	Çapraz Bağlı Polivinil Asetat
Yapısal Olmayan	İç Ortam	Polivinil Asetat Hayvansal Tutkallar Hot-melt

1.6.1.4.1. Fenol Formaldehit (FF) Tutkalı

Fenol formaldehit tutkalları ahşap endüstrisinde en fazla kullanım oranına sahip tutkal türlerinden biridir (Timar, 2006). Başlıca uygulama alanları dış ortam koşullarında kullanılacak kontrplaklar, LVL, OSB gibi tabakalı ahşap levha ürünleri sayılabilir. Fenol formaldehit tutkalları aynı zamanda elektroteknik, uçak endüstrisi ve plastik kompozit endüstrisinde de kullanılmaktadır (Timar, 2006).

Fenol formaldehit (FF) reçineleri 1872 yılında A. Von Bayer tarafından keşfedilmiştir. Endüstriyel olarak fenol ve formaldehitin bir katalizör varlığında reaksiyonu

ile üretilmektedir. FF reçineleri genel olarak, kullanılan katalizör türü ve tepkimeye giren maddelerin mol oranlarına göre “novalak” ve “resol” adı verilen iki gruba ayrılır. Bu iki reçine türü, sahip oldukları özellikler ve uygulamaları bakımından birbirinden önemli oranda farklıdırlar (Schmidt, 1998).

Novalaklar, formaldehitin aşırı miktarda fenol ile asidik koşullar altında (pH: 1-6) reaksiyonu ile elde edilmektedir. Tipik fenol/formaldehit oranları yaklaşık olarak 1: 0.70-0.85'tir. En yaygın kullanılan endüstriyel katalizörler; okzalik, hidroklorik, sülfurik, fosforik ve toluen sülfonik asitlerdir (Schmidt, 1998). Bu tür reçineler yapılarında reaktif metilol grubu içermediklerinden sertleştirici kullanılmadan sertleşmezler. Reaksiyonu tamamlamak için çapraz bağlı novalak reçinesine formaldehit ilave edilir (Sellers, T., 1988). Asit katalizörün oduna zarar verebilmesi nedeniyle ağaç işleri endüstrisinde kullanımı sınırlıdır (Eckelman, 2000).

Resol tipi fenol formaldehit reçineleri ise alkali koşullar altında elde edilmektedir. Kontrplak, OSB, waferboard, yongalevha ve LVL (laminated veneer lumber) gibi odun kompozitlerinin üretiminde bu reçinelerden yararlanılmaktadır. Tutkalın sertleşme hızı, formaldehit/fenol mol oranı, tutkal karışımının pH'ı ve sıcaklık ile kontrol edilebilmektedir (Scoville, 2001). Odunun yapıştırılmasında kullanılan resol tipi reçine için formaldehit/fenol mol oranı 1.6/1.0 – 2.5/1.0 arasındadır. Formaldehitin fazla olması; sertleşmiş durumda rutubete karşı mükemmel bir direnç, düşük tutuşma kabiliyeti ve yüksek çekme direnci sağlamaktadır (Aydın, 2004). Diğer yandan bu reçineler, kullanıldığı ürünün boyutsal stabilitesini düşürebilmektedir. Ayrıca sahip olduğu koyu renk nedeniyle mobilya gibi dekoratif ürünlerin üretimi için uygun değildir (Youngquist, 1999).

Fenol formaldehit reçineleri, özellikle ekstrem koşullarda kullanılan iğne yapraklı ağaç kontrplaklarının üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu reçineler koyu kahverengi renge sahiptir. Sıvı, toz veya film halinde bulunabilmektedir (Scoville, 2001).

Fenolik tutkal tam olarak sertleştiğinde zehirli bir etkisi oluşmamaktadır (Marra, 1992). Oysaki fenol ve formaldehit gibi 2 çok zehirli kimyasalın yanında kostik sodadan oluşmaktadır. Bu nedenle üretimi esnasında eldiven takılması, gözlerin korunması ve cilt ile doğrudan temasının önlenmesi gerektiği belirtilmektedir (Marra, 1992).

1.6.1.4.2. Melamin Formaldehit (MF) ve Melamin-Üre Formaldehit (MÜF) Tutkalları

Melamin formaldehit (MF) reçineleri, melamin ve formaldehit arasındaki kondenzasyon sonucunda elde edilir. Bu reçineler sertleşmek için ısı ve asit katalizör gerektirmektedir (Jang, 1997). Açık renkli, mükemmel bir dayanıklılığa sahip bir tutkal olan melamin formaldehit, 60-70°C' de sertleşebilmektedir (APA, 1998). Bununla birlikte birçok uygulama için sertleşme sıcaklığı en az 115°C' dir (Eckelman, 2000). Melamin formaldehit reçineleri yapışma performansını geliştirmiş ve fenole rakip olmuştur (Timar, 2006).

Melamin-üre formaldehit reçineleri ise, sıcak pres tutkallarının özel bir grubudur. Kuru toz halindeki üre ve melamin reçinelerinin karışımıyla veya iki ayrı reçinenin solüsyon halindeki karışımlarıyla üretilmektedir (Aydın, 2004). Melamin formaldehit ve melamin-üre formaldehit reçineleri daha çok dış ve iç ortamdaki rutubetli yerlerde değerlendirilecek odun levhalarının üretiminde ve düşük ve yüksek basınçlı kağıt laminatların hazırlanmasında ve yapıştırılmasında kullanılmaktadır. MF ve UF reçinelerin kondenzasyonu ile ahşap endüstrisinde suya karşı dayanımı artırmak ve tutkalın formaldehit emisyonu oranını azaltmak için kullanılmaktadır (Timar, 2006). Tutkallanmış ürünlerin hızlandırılmış yaşlandırma koşulları altındaki en yüksek performansı MF/UF karışımının 40/60 oranında olduğu durumda elde edildiği belirtilmektedir (Timar, 2006). MF reçinesi UF' den 4-5 kat daha pahalı ve FF tutkalından %30 oranında daha yüksek fiyatlıdır (Timar, 2006). Bu nedenle üre ilavesi ile MUF reçinelerinin fiyatlarının düşürülmesi sağlanmaktadır (Aydın, 2004). MUF tutkalının fiyatı MF' ye göre daha ucuz olmasından dolayı cazip olmasına karşın suya karşı direnci daha azdır (Çolakoğlu vd., 2002).

Genellikle melamin formaldehit reçinesi piyasada toz halinde bulunur. Hazırlama sırasında su ve bazen sertleştirici ile karıştırılarak kullanılır. Sertleştirici veya katalizörler sertleşmeyi hızlandırır. Saf haldeki melamin reçinesi beyaz renklidir. Dolgu maddesi ilave edilmiş olanlarda ise renk biraz daha koyudur. Dolgu maddesi olarak genellikle ceviz kabuğu unu, nadiren de odun unu kullanılmaktadır (Çolakoğlu vd., 2002).

MUF tutkallarının sertleşme koşulları, karışımdaki melamin içeriğine bağlıdır. Melamin miktarının üreye eşit ya da daha yüksek olması durumunda bir katalizöre gerek olmadan sadece sıcaklık uygulanması sertleşme için yeterlidir. Ancak melamin içeriği

üreden daha düşükse sertleşme için amonyum klorür gibi asidik bir katalizöre ihtiyaç duyulmaktadır (Timar, 2006).

1.6.1.4.3. Resorsin Formaldehit (RF) Tutkalı

Resorsin formaldehit tutkalları, fenolün resol'e tesir etmesi suretiyle elde edilmektedir. Resorsin formaldehit tutkallarının ana özellikleri oda sıcaklığında bir katalizör kullanmaksızın sertleşebilmesi ve yapı maksatlı kullanımlarında dikkat çeken dayanıklılıklarıdır (Timar, 2006). Resorsinol fenolik bir maddedir, ancak fenole göre çok daha fazla reaktiviteye sahiptir. Bu reçinelerin en önemli avantajı, ortam sıcaklığında sertleşebilmesidir (Jang, 1997).

Bu tutkallar fenol formaldehit tutkalına göre daha pahalı olup, uçaklarda kullanılan odun elemanlarının yapıştırılması gibi özel bazı amaçlar için kullanılmaktadır. Koyu kırmızı bir renge sahip olan RF tutkalları genellikle sıvı halde satılmaktadır. Kullanımdan önce toz veya sıvı haldeki sertleştirici ilava edilmektedir. Sertleşme sıcaklığı 20-65°C arasındadır (Eckelman, 2000). Bu tutkallar en büyük dezavantajları yüksek maliyetleri ve çok koyu renkleri nedeniyle kullanımlarının sınırlı olmasıdır (Timar, 2006). Açık hava veya suya karşı dayanıklılığın gerektiği masif odun ürünleri için montaj tutkalı olarak kullanım alanı bulmaktadır (Eckelman, 2000).

Resorsin formaldehit tutkalları 2 şekilde piyasada bulunmaktadır: Bunlardan Tip A olarak adı geçen çeşidi, RF tutkalının % 60-65 katı madde içeriğine sahip olan sulu çözeltisidir. Tip B ise toz halde paraformaldehit setleştirici ve dolgu maddesi olarak odunu veya ceviz kabuğu unu içeren tipi olarak ticarileştirilmiştir (Timar, 2006).

Resorsin formaldehit tutkalının en karakteristik uygulamaları ağır yapılarda kullanılan GLULAM'ların (glued laminated lumber) üretilmesi ve montajı olarak bilinmektedir. Ayrıca geleneksel ahşap teknelerin üretiminde de değerlendirilmektedirler (Timar, 2006).

1.6.1.4.4. Fenol Resorsin Formaldehit (PRF) Tutkalı

Resorsin formaldehit reçinelerinin üstün özelliklerinden yararlanılarak, daha ucuz bir tutkal elde etmek için fenol resorsin formaldehit (PRF) reçineleri geliştirilmiştir. Bu reçineler fenol ile formaldehitin alkali ortamda birleştirilmesi ve ardından resorsinol ilavesi

ile hazırlanmaktadır. Yeni tip düşük maliyetli tutkal paraformaldehit ilavesiyle RF reçinesi gibi oda sıcaklığında sertleşebilmektedir (Timar, 2006). Sonuç olarak fenol-resorsin formaldehit tutkalı, fenol nedeni ile düşük maliyetli ve resorsinol grubu nedeni ile oda sıcaklığında sertleşebilen bir tutkal haline gelmektedir (Marra, 1992).

1.6.1.4.5. Epoksi Tutkalları

Epoksi tutkalları, özellikle tekne yapımı ile yapısal odun bileşenlerinin tamir ve yenileme işlerinde kullanılmaktadır. Genellikle termosetting tutkallar sınıfı içinde yer alırlar. Reçine ve katalizör veya sertleştiricinin karışımından oluşan iki bileşenli bir tutkaldır. Bu tutkallar, yüksek makaslama direncine sahiptir ve rutubete karşı dayanıklıdır (APA, 1998).

Epoksi tutkallarının en bariz özelliği, % 100 katı madde içeriğine sahip sıvı formunda olmalarıdır. Bu nedenle dağılacak bir çözücü içermezler ve sertleştiklerinde daralmaları çok küçüktür (Marra, 1992). Dolayısıyla yapışma direnci tutkal filmi kalınlığından 100-400 µm aralığında (özel uygulamalarda 800 µm'ye kadar) etkilenmemektedir (Timar, 2006). Mükemmel adhezyon özellikleri sayesinde; yapısında boşlukları bulunan veya su geçirmez poroz olmayan yapıya sahip materyallerde kullanılabilirler.

Epoksi tutkalları, sodyum hidroksit bulunan bir ortamda epiklorohidrin ve fenolün reaksiyonundan elde edilmektedir. 21°C sıcaklıkta ayrı ayrı depolanması durumunda, hem reçine hem de sertleştirici aylarca bozunmadan kalabilmektedir. Epoksi reçinesi ve sertleştiricisi % 100 reaktif bir karışımdır. Tutkal karışımı, kullanım sırasında reçine ve sertleştiricinin uygun oranlarda karıştırılması ile hazırlanır. Sertleştirici olarak genellikle poliamin bileşiklerinden biri kullanılmaktadır (Gillespie, 1978).

Epoksi tutkalları ağaç malzemelerin yapıştırılmasında iyi bir direnç sağladığı gibi, metaller ve seramik malzemeler ile de mükemmel bir yapışma sağlar. Epoksi tutkalları, özellikle yapı inşasında odunun beton gibi malzemelere yapıştırılmasında kullanılmaktadır. Epoksi tutkalları ile yapıştırılmış odun birleştirmeleri ile elde edilen direnç genellikle masif odunun kendi direncinden daha azdır. Bu yüzden, epoksi sitemleri genellikle yapısal amaçlı kullanılacak odun birleştirmeleri için tavsiye edilmemektedir. Bununla birlikte, epoksi tutkalları çok iyi bir termal stabiliteye ve mikroorganizmalara karşı çok yüksek bir dayanıma sahiptir (Aydın, 2004).

Epoksi tutkallarının metal, plastik, cam, ahşap ve diğer selülozik maddeler ve farklı kompozit materyaller üzerinde yüksek adhezyon özelliği vardır. Yapısında epoksi, hidroksil, amin ve amid gibi farklı polar grupların bulunması nedeniyle bu tutkallar çok farklı maddeler üzerinde yüksek adhezyona ve iyi ıslatma özelliklerine sahip olmaktadır (Timar, 2006). Epoksi tutkalları ile yapıştırılan malzemelerin yapışma direncinin, tutkalın formülasyonuna bağlı olarak 100-200°C (kısa süreli olarak 250-300°C) ve -60°C sıcaklıklardan etkilenmediği belirtilmektedir (Timar, 2006). Epoksi tutkalları, sertleştikten sonra alkol, aseton, amonyak, nitrik asit, hidroklorik asit, sülfirik asit, fosforik asit, sodyum hidroksit ve motor yağlarına karşı da yüksek dayanım göstermektedir.

1.6.1.4.6. İzosiyanat (Üretan) Tutkalları

İzosiyanat esaslı tutkallar ilk defa 1940'lı yıllarda kullanılmıştır. Fiyatlarının yüksek olması, uygulanmasındaki teknik güçlükler ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle ticari uygulamalarda çok fazla yer almamıştır. Levha ürünlerine olan talebin artışıyla beraber bu ürünlerden ayrılan serbest formaldehit miktarı ile ilgili sınırlamalar, yongalevha üretiminde izosiyanat tutkallarının kullanımına ön ayak olmuştur. Rutubete karşı gösterdikleri mükemmel direnç nedeniyle dış ortamlardaki uygulamalar için uygundur. İzosiyanatlar odunun yanı sıra, saman ve şeker kamışı gibi tarımsal selülozik artıkların yapıştırılmasında da kullanılabilir, ancak fiyatının yüksek olması nedeniyle günümüzdeki kullanımları sınırlıdır (Aydın, 2004).

Bu tutkalların temel yapışma mekanizması, selülozun hidroksil grupları ile üretan köprülerin oluşmasını içermektedir (Eckelman, 2000). Üretan gruplarının polaritesi ve hidrojen bağı oluşturma yeteneği bu tutkallara, farklı yüzeyler üzerinde güçlü bir adhezyon sağlamaktadır (Jang, 1997).

İzosiyanat tutkalları odun yüzeyini kolayca ıslatabilmekte ve düşük molekül ağırlığı sayesinde ağaç malzeme içersine iyi bir şekilde penetre olmaktadır. İzosiyanat tutkalları fenol formaldehitten daha pahalıdır. Termal stabilitesi FF kadar iyi değildir, ancak daha hızlı sertleşir. Yapısındaki zehirli maddeler nedeniyle taşınmasında zorluklar olsa da, bu tutkalların en önemli avantajı, formaldehit emisyonunun olmayışıdır (Scoville, 2001).

İzosiyanat tutkalları oda sıcaklığında veya daha yüksek sıcaklıklarda sertleşebilmektedir ve bu tutkal ile yüksek rutubete sahip ağaç malzemenin yapıştırılması da mümkün olmaktadır (Wilson, 1981).

1.6.1.4.7. Polivinil Asetat (PVAc) Tutkalları

Polivinil asetat tutkalları, asetilen ve asetik asitten üretilmektedir. Polimerizasyonu kolay ve fiyatı düşük olan bir tutkaldır. Odunun yapıştırılmasında çözücü olarak su kullanılır. Diğer malzemelerin yapıştırılmasında ise alkoller, esterler ve ketonlar gibi kaynama noktası düşük çözücüler kullanılmaktadır. Bu tutkalların en büyük avantajları arasında; kullanımı, uygulanması ve temizlenmesinin kolay olması, herhangi bir sertleştiriciye ihtiyaç duymaması, hızlı bir şekilde sertleşmesi ve düşük basınçların yeterli olması sayılabilir. Bu tutkallar çoğunlukla soğuk olarak kullanılmaktadır. Sıcak tutkallama da mümkün olup, bu durumda 50°C'nin altında bir sıcaklıkta basınç uygulanmalıdır. Kuru haldeki direnci iyi olmasına karşın yaş direnci zayıftır. PVAc tutkalları 60°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ısıtılırsa yumuşamaya başlamaktadır (UNIDO, 1989).

PVAc tutkalları; ucuz, uygulaması kolay ve çevreye zararlı etkileri minimum olan tutkallardır. Bununla birlikte açık hava koşullarına, ısıya ve uzun süre ağır bir yük altında kalmaya karşı direnci iyi değildir. Yüksek rutubet koşulları altında veya suda, asetil grupları hidrolize uğrayabilir. Oduna uygulandığında, asetil ve hidroksil grupları kovalent bağlar oluşturmazlar, bunun yerine etkileşim sekonder kuvvetler üzerinden olmaktadır. Su molekülleri tutkal hattı boyunca odun/PVAc ara yüzeyine kolayca penetre olarak tutkalın tutkalın yumuşamasına sebep olup, yapıştırıcının kohezyon direncini azaltabilmektedir. Bu eksiklikler, PVAc tutkallarının kullanım yerlerini büyük oranda sınırlamaktadır (Qiao, 2001).

PVAc tutkalları genellikle kullanıma hazır, belirli bir reçine yüzdesine sahip sulu çözeltili halinde satılmaktadır. Fiyatlarının oldukça ucuz olması nedeniyle mobilya montaj işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Eckelman, 2000).

1.6.1.4.8. Hot Melt Tutkalları

Ağaç malzemenin yapıştırılmasında kullanılan termoplastik bileşiklerden hot melt tutkalları, oda sıcaklığında katı halde bulunmakta fakat yüksek sıcaklıklarda sıvı hale geçmektedir. Bu tutkalların yapıştırma işlemi, soğutma ile yeniden katılaştırma sonucunda oluşmaktadır. Genellikle su veya uçucu çözeltiler içermezler. Hot melt tutkallarının içeriğinde, karışımın viskozitesini azaltmak için petrol esaslı vakslar, çam sakızı türevleri, etilen-vinil asetat veya poliamid gibi yarı kristal polimerler bulunmaktadır (Jang, 1997).

Hot melt tutkalları genel olarak yüksek direnç gerektiren yapısal uygulamalarda kullanılmamaktadır. Çoğunlukla levha kenarlarının kaplanması gibi dekoratif malzemelerin birleştirilmesinde değerlendirilmektedir (Eckelman, 2000). Mobilya endüstrisinde hot melt tutkalları kullanarak kenar kaplama işlemini gerçekleştiren makinelerin kullanımı yaygın bir hale gelmiştir (Anonim, 1975).

Hot melt tutkallarının erime noktaları değişiklik göstermektedir. Katı halden yumuşak hale veya sıvı haline geçiş noktası 65-200°C arasında değişmektedir. Bununla birlikte, uygulamada 190-210°C sıcaklıkların kullanılması daha yaygındır. Hot melt tutkallarının suya karşı dirençli olduğu, ancak ısıya karşı direncinin düşük olduğu rapor edilmiştir (Anonim, 1975).

1.6.1.4.9. Diğer Yapıştırıcılar

Kazein, soya ve kan tutkalları yanında, tanen ve sülfat atık suyu da yapıştırıcı olarak kullanılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Tanenler olarak bilinen doğal polifenoller, dış maksatlarda kullanılan tutkalların hammaddesini oluşturmada, bunlar odun ve kabuklardan elde edilmektedir. Mimoza ve Kebrako, en önemli tanen kaynaklarıdır. Kebrako, odun ve kabuktan ekstraksiyon yoluyla elde edilmektedir. Bu madde formaldehit ile reaksiyona tabi tutulduğunda, suya dayanıklı ve suda çözünmeyen bir reçine oluşmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).

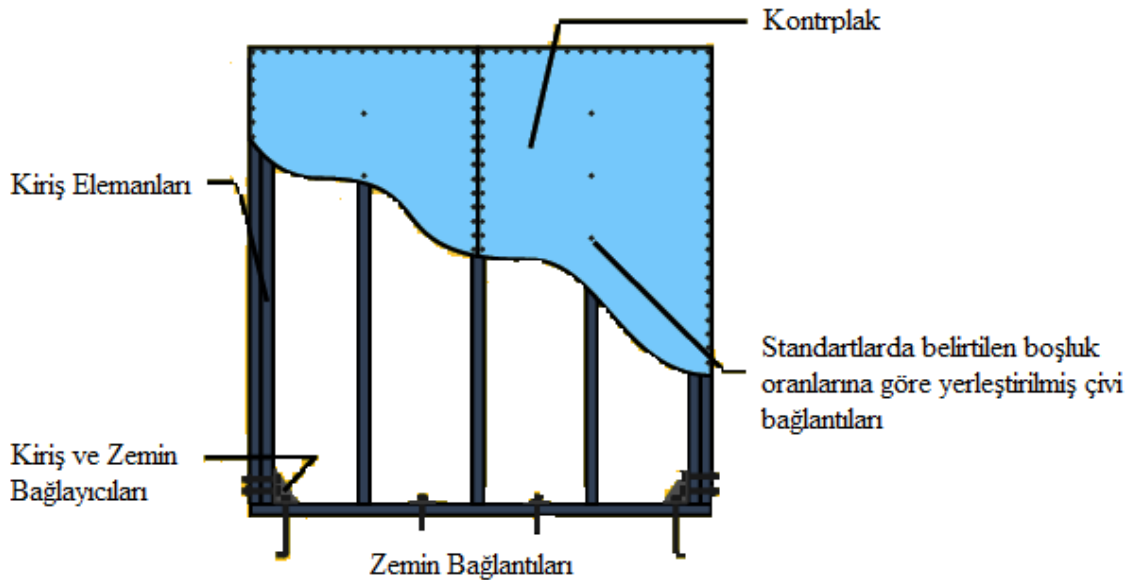
Ülkemizde yetişen kızılçam (*pinus brutia*) da yapıştırıcılar açısından araştırma konusu olmuştur. "Çamex" adı verilen ve çam kabuğu ekstraksiyonundan elde edilen bu tutkalların, yongalevha üretiminde yararlanma imkanlarının bulunduğu ortaya konmuştur (Aydın, 2004).

Selüloz üretimi esnasında oluşan sülfat atık sularının da yongalevha üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Bu metoda göre, sülfat atık suyunun ısı ve basınç altında yongalevhelerde suda çözünmeyen bir yapışma sağlayabilmesi için basit bir asitlendirme işlemine gerek vardır. Bu yapıştırıcı ile elde edilen yongalevhalar dış maksatlı kullanılabilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

1.6.1.5. Kontrplak Kaplı Perde Duvarlarda Bağlantı Elemanlarının Önemi

Diyaframların tasarımındaki amaç duvarlara uygulanan yatay yükleri taşımak ve onları yapının zeminine iletmektir. Başka bir deyişle diyaframlar oluşan kesme ve eğilme gerilimlerine direnç göstermek maksadı ile tasarlanmaktadır. Diyaframların tasarım metodunda yatay eğme momentlerini, köşe kenar elementleri taşımakta, yatay kesme momentlerini kenar elemanları arasındaki kaplamalar taşımaktadır (Wood, 2005). Sistemler arasındaki (perde duvar ve diyafram) ve sistemler içindeki (kaplama ve çerçeve arasındaki) bağlantıların uygun tasarımı yanında çerçeve bağlantıları da büyük öneme sahiptir (Wood, 2005).

Ahşap diyaframların dayanıklılığı ve sağlamlığı, başlıca kaplama ve çerçeve elemanları arasındaki bağlantı elemanlarına bağlıdır. Bağlantılar mekanik bağlayıcılar, tutkallar ya da her ikisinin kombinasyonu olabilir. Her ikisinin kullanımı avantaj sağlayabilir, fakat çoğu uygulama için bu ekonomik olmamaktadır (McNatt, 1979). Ahşap perde duvarlardaki bağlantı elemanlarının konumu Şekil 12’ de gösterilmektedir (Bryan ve Readling, 2008).



Şekil 12. Ahşap perde duvarlardaki bağlantı elemanlarının konumu

Duvar veya diyaframların davranışları ve toplam dayanımları, kaplama ve çerçeve arasındaki vida bağlantı elemanlarının davranışı ile belirlenmektedir. Bir çalışmada,

yapısal ahşap levhalarla kaplı perde duvarların bağlantı elemanlarının direncine bağlı olduğu da vurgulanmaktadır (Timothy, 2005). Perde duvarlarda kullanılan vida gibi bağlantı elemanları süneklik, sönüm ve enerji dağıtımını sağlamaktadır (Chui vd., 1998; Lam vd., 1997). Bir yanal yük dayanım sisteminin başlangıç bükülmezliğinin, dayanımının veya enerji yayma kapasitesinin değişimi yapının performansını etkileyebileceği belirtilmektedir (Shenton vd., 1998). Bir diğer çalışmada kontrplak kaplı bir perde duvarın direnç ve rijitliklerinin başlıca kontrplak ile çerçeve elemanı arasında bağılıcılık görevi gören vidaların dayanımına bağlı olduğu belirlenmiştir (Bott, 2005). Başka bir çalışmada, duvar sisteminin direnç değerleri ile ilgili çok nadir problem yaşandığı ve esas başarısızlık nedenlerinin perde duvar ve destek elemanları arasındaki bağlantı elemanlarıyla ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Dolan, 1999).

Rijitlik açısından perde duvarlarda kaplama materyali olarak kullanılan kontrplağın kaplama materyali olarak kullanılan materyaller arasında önemli bir yere sahip olduğu belirtilmektedir. Ayrıca bir ahşap çerçeve sisteminin yanal yük dayanımının; perde duvarı oluşturan kereste, kaplama malzemesi ve bağlantı elemanlarının bükülmezliğine bağlı olduğu vurgulanmıştır (Li vd., 2007).

1.6.1.5.1. Yanal Vida Dayanımı

Yanal vida dayanımı testinin temel amacı vida bağlantılarının mekanik davranışını anlamak ve elde edilen verileri bir sonlu eleman modelleme programında kullanarak sistemin yapısal davranışını tahmin etmektir (Pirvu, 2008).

Son yük noktası, sınırlandırdığı alan ve bu noktadaki yer değiştirme ki bu değer de duvarın esnekliği ile ilgilidir. Bu nokta ne kadar geniş olursa yük o kadar uzun süre taşınarak sistem yıkılmadan kalır. Bu nokta, ülkelerin deprem kodlarına göre belirlenmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, sistemin yüksek rijitlik ve maksimum yük değeri verirken son yük noktasındaki yer değiştirmenin de büyük olmasıdır. Ahşap malzemelerde bu yakalanabilmekte iken çeliğin rijitlik değeri yüksek fakat esnekliği olmadığından maksimum yüke ulaştıktan sonra az bir yer değiştirme ile kırılarak ani çökmelere neden olabilmektedir.

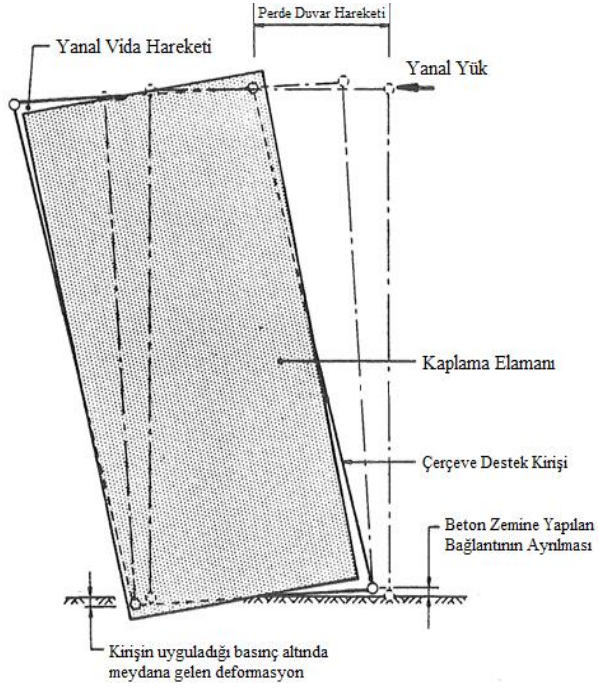
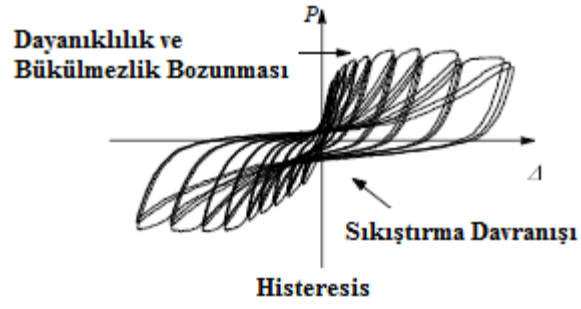
Çivilerin ahşap yapılarda ve ahşap birleştirmelerde en yaygın kullanılan bağlantı elemanlarından biri olduğu bilinmektedir (Erin vd., 2007). Scholten yanal dayanımın, bir

yapının yada yapıyı oluşturan elemanların direnci ve stabilitesi üzerine etkili bir faktör olduğunu belirtmektedir (Scholten, 1965).

Yapısal levha ürünü (kontrplak, OSB), ahşap çerçeve elemanı, levhalar ile çerçeve arasındaki bağlantıyı sağlayan çiviler ve temel kısımlarından oluşan ahşap perde duvarda, en zayıf kısım olarak bağlantı elemanları görülmektedir (Kalkert ve Dolan, 1997). Bu nedenle yapının direncini tahmin etmekte çivi ve vida gibi bağlantı elemanlarının davranışının önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir (Foliente, 1995).

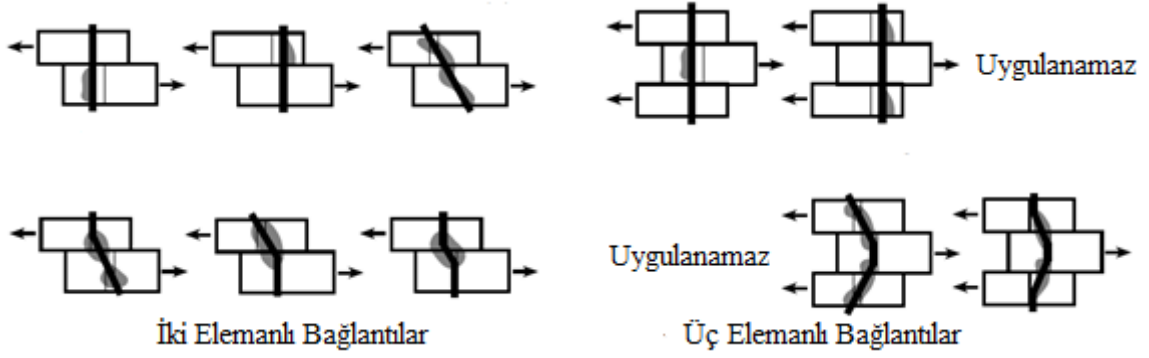
Ahşap ve ahşap ürünlerin yapı maksatlı etkin kullanımı için bireysel ahşap elemanların ve levha ürünlerinin birbirleri ile bağlantılarının iyi çözümlenmesi gerekmektedir. Ahşap yapıların mühendislik dizaynında böylesi bağlantı elemanlarının yapısal davranış ve kapasitesi önemli bir yer tutmaktadır (Stieda, 1990).

Ahşap perde duvarlar ve diyaframlar çoğu yerleşim ve ticari yapılarda yanal moment ve rüzgâr yüklerine karşı direnç sağlamaktadır. Duvar veya diyaframaların davranışları ve toplam dayanımları, kaplama ve çerçeve arasındaki vida bağlantı elemanlarının davranışı ile belirlenmektedir. Şekil 15’de vida bağlantılı bir kaplama çerçeve bağlantısının yanal yük deformasyonu tarif edilmektedir. Kaplamadan vidaya iletilen yanal yük, vida başını yerinden oynatarak vida boynuna göre konumunu değiştirmektedir. Vida başı yer değiştirdiğinde ve vida boynu deforme olduğunda, kuvvet-yer değiştirme ilişkisi doğrusaldır. Yükleme devam ettikçe ve bağlantının yer değiştirmesi arttıkça, ahşap lifleri kırılır, ezilir ve vida eğilmeye zorlanabilir. Eğer yük geri çekilirse, vida ahşap yüklerin ezilmesi ve kırılması ile oluşan boşluğa hareket eder. Bağlantıların histerik davranışı doğrusal olmayan bir ahşap çerçeve ya da kaplamaya çakılmış elastik-plastik vidanın modellenmesi ile belirlenebilir. Histerik davranış Şekil 13’de gösterilmektedir. Şekil 13’de ayrıca yanal yük etkisi altında bağlantı elemanın hareketi görülmektedir (Stewart, 1987).



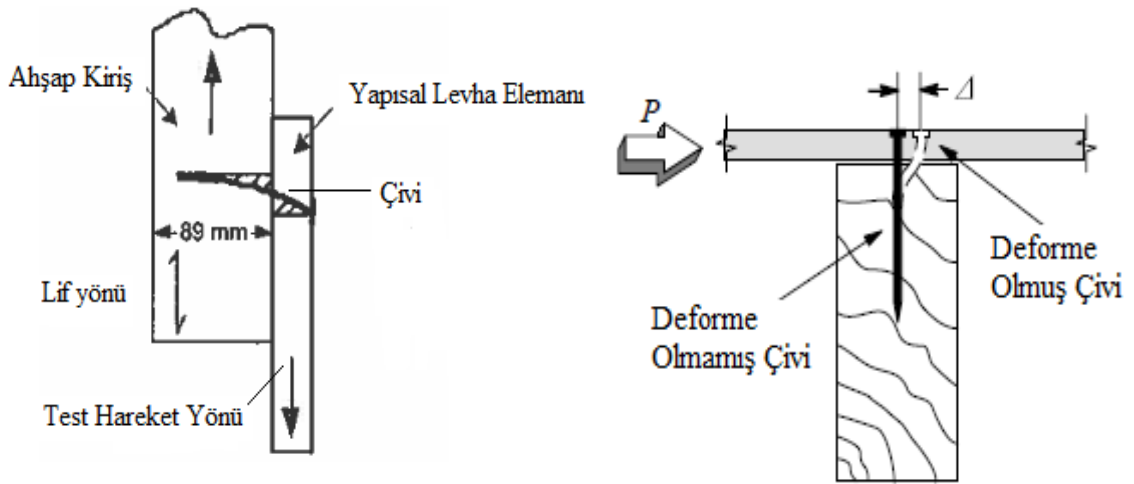
Şekil 13. Bağlantı elemanının hareketi ve histerik davranış

Yanal vida dayanımı testi sonucunda vida veya çivi gibi bağlantı elemanlarının çeşitli şekillerde testi sonlandırması mümkündür. Şekil 14'de bu durumlardan bazıları görülmektedir (The Encyclopedia of Wood, 1999).



Şekil 14. Vida veya çivi gibi bağlantı elemanlarının çeşitli şekillerde testi sonlandırması

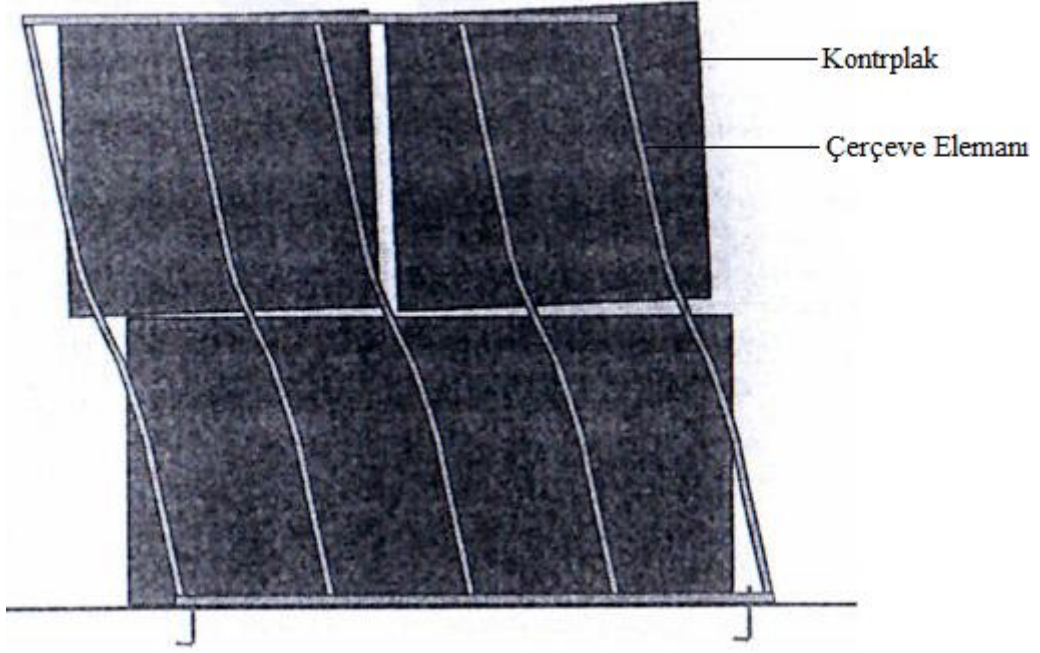
Yanal vida dayanımı testinde bağlantı elemanı, destek ve yapısal levha elemanın durumu şekilde gösterilmektedir;



Şekil 15. Bağlantı elemanı, destek ve yapısal levha elemanının durumu

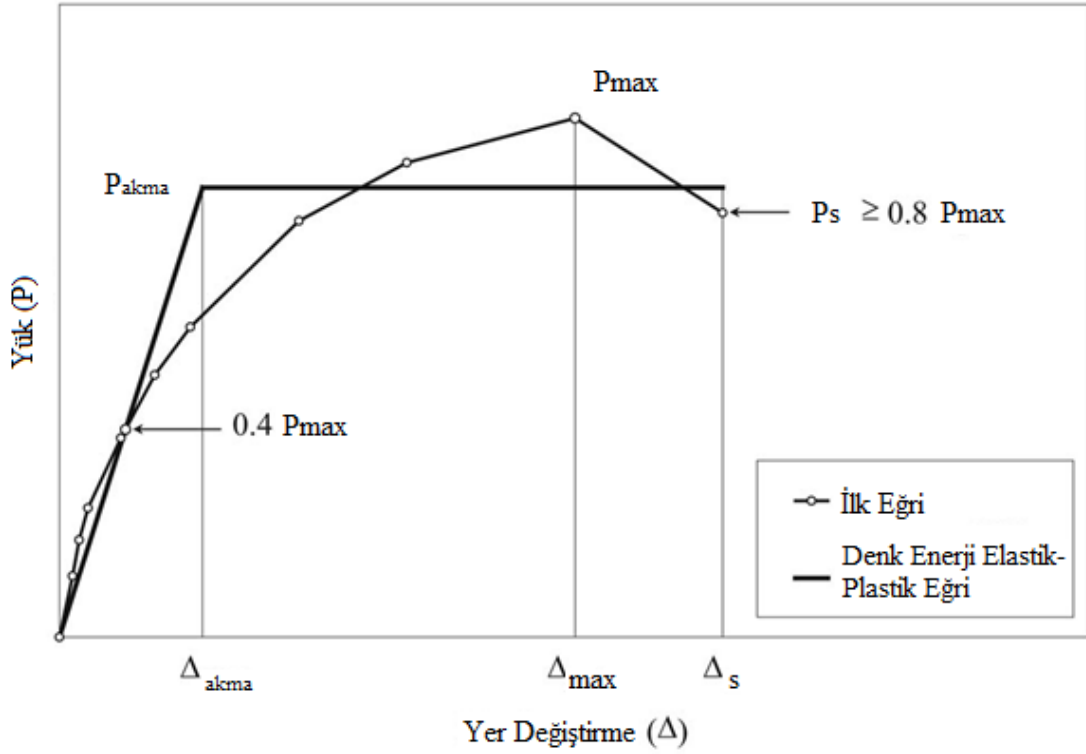
Ahşap duvar bağlantılarında vidalardan daha sünek olmaları nedeniyle çiviler tercih edilmektedir. Sünekliliğin yüksek olması, sismik enerjinin daha iyi soğurulması anlamına gelmektedir. Vidalar ise, zemin kaplamalarında daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca çiviler hava tabancaları ile kolay bir şekilde çakılabilmektedir. Yapısal ahşap elemanlar çiviler ile bağlandıklarında istenen direnç değerlerine ulaşabilmektedir (McCormick, 2005).

Şekil 16'da bağlantı elemanlarının yanal yük etkisi altındaki başarısızlık durumlarında meydana gelecek durum gösterilmektedir;



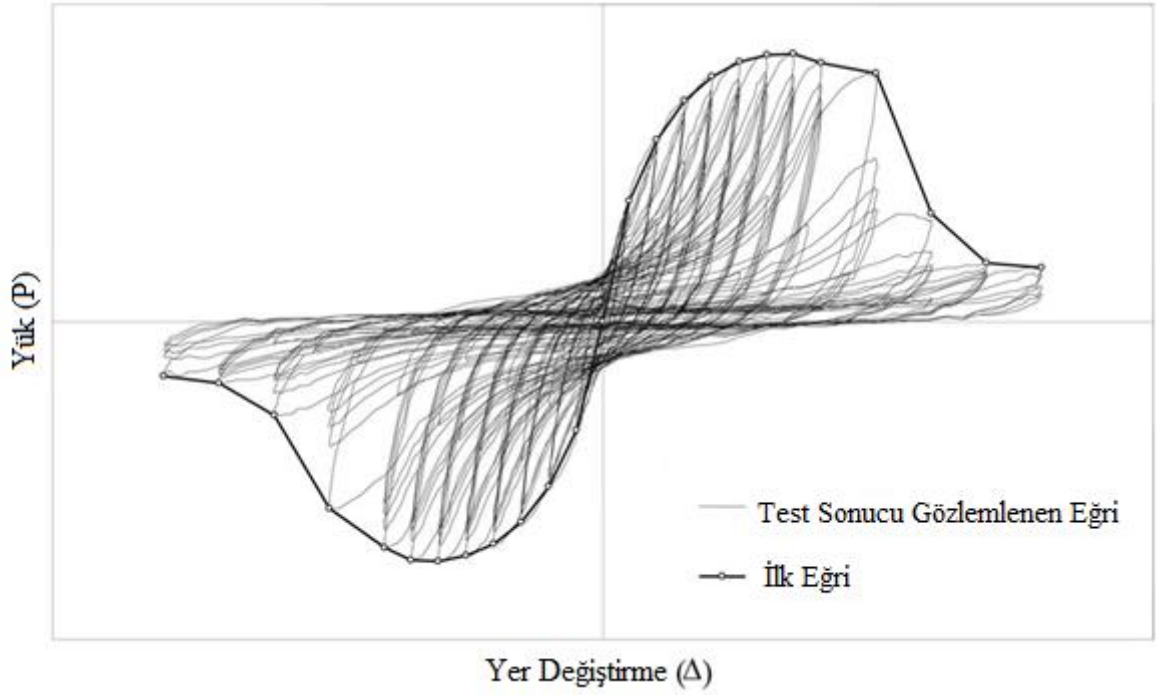
Şekil 16. Bağlantı elemanlarının yanıl yük etkisi altındaki başarısızlık durumu

ASTM E 2126 standardına göre yanıl vida dayanımı testinde uygulanan yük ve meydana gelen yer değiştirme arasındaki ilişki Şekil 17’de gösterilmektedir;



Şekil 17. Uygulanan yük ve meydana gelen yer değiştirme arasındaki ilişki

Şekil 17'deki ilk eğri monotonic testten elde edilen ve yükleme esnasında uygulanan her birimdeki yük için belirlenen yerdeğiştirmeyi gösteren ilk eğridir. Denk enerji elastik-plastik eğrisi ise ilk eğrinin orijini ve son yükleme noktası arasındaki alana eşit olan ideal eğri olarak tanımlanmaktadır. İlk eğri monotonic test sonucu gözlemlenen eğri ve her yük için belirlenen yerdeğiştirme miktarları denk enerji elastik-plastik eğrisinin hesaplanmasında kullanılmaktadır (ASTM E 2126, 2010).



Şekil 18. Test sonucu gözlemlenen eğri ile ilk eğrinin gösterimi

Bağlantı elemanının davranışını ve dayanımını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Tablo 7’de bu faktörler özetlenmektedir (Ehlbeck, 1979).

Tablo 7. Bağlantı Elemanının Davranışını Etkileyen Faktörler

Materyaller ve Özellikleri			
Vida Özellikleri	Ahşap Eleman Özellikleri	Bağlantı Şekilleri	Yük Uygulama koşulları
Tür	Yoğunluk	Vida sayısı	Yük çeşidi
Boyut	Çatlak	Parça kalınlığı	Yük Oranı
Şekil	Daralma	Arayüzey boşlukları	Uygulama Yönü
Yüzey Kaplaması	Genişleme	Ahşap yüzey ve vida eksenini arasındaki açı	Montaj ve yükleme zamanı
Uzunluk	Rutubet İçeriği	Penetrasyon derinliği	
Mekanik Özellikler	Mekanik Özellikler		
Süneklik	Elastikiyet Modülü		
Rijitlik			
Eğilme Direnci			
Gerilme Direnci			

Bu faktörlerin haricinde, bağlantı elemanının (Şekil 19’de görüldüğü gibi) hatalı çakılması durumunda da performansın düştüğü belirtilmektedir (Williamson, 2011).



Hatalı Çakılmış Bağlantı Elemanı

Düzgün Çakılmış Bağlantı Elemanı

Şekil 19. Bağlantı elemanı montaj hatası

1.6.2. Ağaç Malzemede Isıl İletkenlik ve Isı İletkenliği Katsayısı

Isı iletkenlik katsayısı, bir sıcaklık farkı altında, bir materyalin birim kalınlığı boyunca geçen ısı enerjisini ifade eder ve aşağıdaki formülle ifade edilmektedir (Örs ve Keskin, 2008).

$$\lambda = \frac{Q \times e}{A \times z \times d_t} \text{ (kcal/mh}^\circ\text{C)}$$

Formülde;

λ : Ağaç malzemenin ısı iletkenlik katsayısı

Q: Geçen ısı miktarı

e: Ağaç malzemenin kalınlığı

d_t : t_2-t_1 iki yüzey arasındaki sıcaklık farkı

A: Ağaç malzemenin yüzey alanı

z: Zaman'dır.

Ağaç malzeme gözenekli yapısı sebebiyle, ısı iletkenliği bakımından diğer yapı malzemelerine üstünlük sağlamaktadır (Örs ve Şenel, 1999; Gu ve Zink-Sharp, 2005). Ağaç malzemede ısı iletme kabiliyeti; ağaç türüne ve aynı ağaçta liflerin gidiş yönüne göre, çeşitli bağlayıcı maddeler ve bunlara ilave edilen dolgu ve katkı maddeleri ile üretilen ahşap levhalarda ise, bağlayıcı madde çeşidi ve ilave maddelerin türüne göre değişim göstermektedir (Kamke, 1989). Ayrıca ısı iletkenlik ağaç malzemenin yapısındaki

lif kıvrıklığı, budak, çatlak gibi düzensizliklerden de etkilenmektedir (Simpson ve Tenwolde, 1999).

Yapılan bir çalışmada çeşitli yapı ve izolasyon malzemelerinin yoğunluk ve ısı iletkenlik değerleri araştırılmış ve sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir (Yaşar ve Erdoğan, 2008). Ayrıca bu tabloya bazı ağaç türlerine ait ısı iletkenlik katsayısı değerleri eklenmiştir (Zylkowski, 2002).

Tablo 8. Yapı ve izolasyon malzemeleri ile bazı ağaç türlerine ait termo-fiziksel özellikleri

Materyal Türü	Yoğunluk (kg/m ³)	Isıl İletkenlik (Wm ⁻¹ K ⁻¹)
Kayın (% 12 rutubet)	680	0.18
Kızılçam (% 12 rutubet)	460	0.13
Ponderosa Çamı (%12 rutubet)	420	0.12
Sitka Ladini (% 12 rutubet)	420	0.12
Kontrplak	600	0.12
Kum	1600	0.50
Çakıl	1700	0.70
Çimento	1860	0.72
Asfalt	2100	0.60
Cam	2698	0.76
Beton	2307	1.40

Bir materyalin çevresindeki ısıyı ne kadar çabuk bir şekilde soğurabilmesi termal yayılım olarak adlandırılmaktadır. Ahşabın termal yayılımı metal, tuğla ve taş gibi materyallerden çok daha düşüktür (Ngohe-Ekam vd., 2006).

Brezilya’da; kontrplak, OSB, çimentolu levha gibi yapısal levha ürünlerinin ısı iletkenlik değerlerinin araştırıldığı bir çalışmada; kontrplak (0.13 Wm⁻¹K⁻¹) ve OSB (0.11 Wm⁻¹K⁻¹)’nin ısı iletkenlik değerleri çimentolu yongalevhaninkinden (0.29 Wm⁻¹K⁻¹) daha düşük bulunmuştur (Krüger and Adriazola, 2010). Yapısal ahşap malzemelerin ısı iletkenliklerinin yapılarda ahşaba eş olarak kullanılan metallere göre daha düşük olduğu belirtilmektedir (Simpson ve Tenwolde, 1999).

Farklı kalınlıklardaki duglas göknarı kontrplağı ve OSB’nin ısı iletkenlik değerleri üzerine yapılan bir çalışmada elde edilen değerler, kalınlık farklılığının ısı iletkenliği

üzerine etkisini açıklamaktadır. Buna göre 9,5 mm kalınlıktaki kontrplağın ısı iletkenliği $0.062 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ bulunurken, 19 mm kalınlığındakinin değeri $0.095 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ bulunmuştur. OSB' de 11 mm kalınlık için ısı iletkenlik katsayısı $0.083 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$; 18 mm için ise $0.086 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Zylkowski, 2002).

Düşük ısı iletkenliği ve yüksek direnci sayesinde ahşap; yapı sektöründe, buzdolabı, otomobil endüstrisi, fiçı imalatı ve bunun gibi birçok yerlerde tercih edilen malzemelerin başında gelmektedir (Gu ve Zink-Sharp, 2005). Ahşap anizotropik bir materyal olup, ısı iletkenliği de dahil olmak üzere pek çok teknolojik özellikleri yapısına bağlı olarak değişim göstermektedir.

Yoğunluk, rutubet içeriği, lif yönü, ilkbahar ve yaz odunu oranları ağaç malzemenin ısı iletkenliğini etkileyen önemli özellikleridir. Isı iletkenlik ile ağaç malzemenin özgül ağırlığı, rutubet içeriği, sıcaklığı, ısı akış yönü ve yonga boyutu arasında bir ilişki olduğu belirtilmektedir (Suleiman ve ark., 1999; Bader ve ark., 2007). Isı iletkenliğin rutubet içeriğinin, ortam sıcaklığının ve özgül ağırlığın artması ile yükseldiği, levha kalınlığının ise önemli bir etkisinin olmadığı başka bir çalışmada da belirlenmiş, ayrıca yongalevhada yoğunluk değişmeksizin yonga boyutlarının küçülmesi ile ısı iletkenliğin azaldığı tespit edilmiştir (Sonderegger ve Niemz, 2009).

Kontrplak, OSB, yongalevha, liflevha gibi yapısal levha ürünlerinin yapılandırılmasında kullanılan tutkalın ve koruma amacıyla gerçekleştirilen emprenye işlemlerinin de malzemenin ısı iletkenliği üzerine etkisi olduğu belirtilmektedir (Kol ve ark., 2008; Kol ve ark., 2010).

Yapılan bir çalışmada kontrplak kaplı sandviç panellerin dengeli ısı izolasyonu ve sıcaklığı muhafaza etme özelliği ile konutların günlük ya da mevsimler sıcaklık değişimlerine karşı etkilenmeden sıcaklıklarını korudukları belirlenmiştir (Kawasaki ve Kawai, 2006).

Isı iletkenliği, ısı transfer hızının belirlenmesinde önemli bir faktör olmasının yanı sıra, kurutma modellerinde ve tutkal sertleşme hızının belirlenmesi gibi endüstriyel işlemlerde ve materyalin yalıtkanlık kabiliyetinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır (Gu ve Zink-Sharp, 2005).

Isı iletkenlik ölçümü, ASTM C 1113/M 1113-09 standardına göre kızgın tel (hot wire) metoduna göre gerçekleştirilmektedir. Kızgın tel metodu; test materyaline gömülmüş bir doğrusal ısı kaynağından belirlenen bir uzaklıktaki sıcaklık yükselmesinin ölçümüne dayanmaktadır. Eğer ısı kaynağının test örneğinin uzunluğu boyunca düzgün ve doğrusal

gittiği kabul edilirse, ısı iletkenlik belirlenen zaman aralığındaki sıcaklık değişimden elde edilmektedir (Davis, 1984).

1.6.3. Ağaç Malzemede Yüzey Pürüzlülüğü

Odun esaslı ürünlerin üretiminde yüzey tekstürü; ürün sınıfı, kalitesi, yüzey işlemleri için kolaylığı, tutkallamayı ve daha sonraki üretim aşamalarını etkilemektedir. Pürüzlülük derecesi ürünün kendi içinde ve ürün tipleri arasında farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle yüzey pürüzlülüğü üretim işleminin, ürün tipinin ve odunun doğal anatomik özelliklerinin bir fonksiyonudur (Funck vd., 1992).

Yüzey pürüzlülüğü, kullanılan üretim yöntemleriyle ve/veya diğer etkilerle ortaya çıkan, alışılmış tarzda başka düzensizlikler ile sınırlı olan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir (TS6956, 1989). Yüzey pürüzlülükleri, kullanılan imalat metoduna göre gözle görülebilir veya elle hissedilebilir olabileceği gibi, hassas elektronik cihazlarla da ölçülebilecek büyüklüklerde olabilir (İlter vd., 2002). Yüzey pürüzlülüğü çalışmalarına metal endüstrisi ile başlanmış, ağaç işleri endüstrisine ise daha sonraları girmiştir (Stumbo, 1963). Bununla birlikte, metal yüzeylerin işlenmesi konusunda sağlanan gelişmeler ile ağaç işleme endüstrisi arasında bir uygunluk sağlanamamıştır (Aydın, 2004).

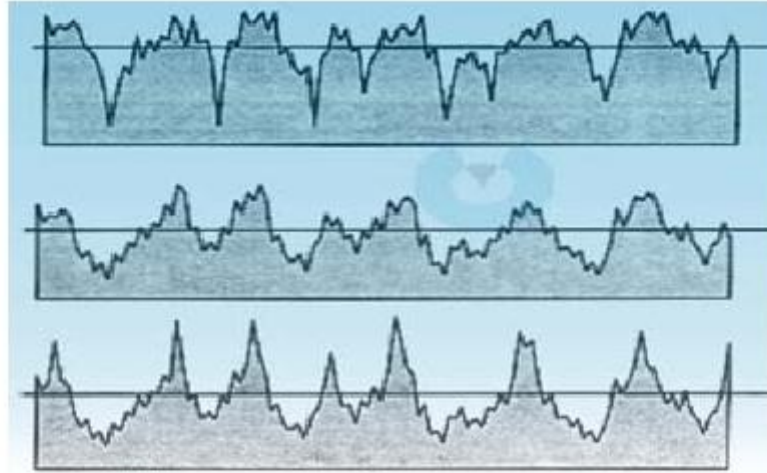
Odun anizotropik bir yapıya sahip olup, anatomik yapısından dolayı kendine has bazı özellikleri vardır. Odunun makineler ile işlenmesi esnasında, odun hücreleri işleme aleti ile kesilerek trahe, paransim, reçine kanalları, porlar, lifler vb. odun elemanlarının boşlukları açığa çıkarılır. Bu boşlukların boyutları ağaç türüne, ilkbahar odunu ve yaz odunu bölgelerinin kapladığı alana ve kesit tipine (enine, teğet ve radyal) bağlıdır. Odunun anatomik yapısından kaynaklanan düzensizlikler, makine ile işlenmesinden bağımsızdır. Sadece odunun işlenmesinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini açıklayabilmek için, anatomik yapıdan ve odunun işlenmesinden kaynaklanan etkileri birbirinden ayırt etmek gerekmektedir (Peters, 1970; Bonac, 1979; Westkamper,1993).

1.6.3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili parametreler; profil çizgisine göre yüzeyin 2 boyutlu profilini veren, profil yükseklik yönünde veya yüzey düzlemine dik girinti ve çıkıntıların oluşturduğu düzensizlikleri ifade etmektedir (Örs ve Baykan, 1998).

1.6.3.1.1. Ortalama Pürüzlülük Değeri (R_a)

Ortalama pürüzlülük (R_a), pürüzlülük profili boyunca profil ortalama çizgisinden sapmalara (Y_i) ilişkin tüm değerlerin aritmetik ortalamasıdır (Mitutuyo, 2001). R_a , profil sapmalarının aritmetik ortalaması, sınır dalga boyunda ortalama pürüzlülük eğrisinin üzerindeki pürüzlülüklerin ortama pürüzlülüğü olarak da tanımlanmaktadır (TS 6956).



Şekil 20. Ortalama pürüzlülüğün (R_a) gösterimi

Ortalama pürüzlülük parametresi, yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde en yaygın kullanılan parametre olmasına rağmen yüzeyin yapısı hakkında tam bir bilgi vermek için yeterli değildir.

1.6.3.1.2. En Büyük pürüzlülük Değeri (R_{max})

Profil tepesinin maksimum yüksekliği ile profilin maksimum vadi derinliği arasında kalan mesafedir (TS 6956).

1.6.3.1.3. On Nokta Pürüzlülüğü Ortalama Değeri (Rz)

Profil düzensizliklerinin on nokta yüksekliği, sınır dalga boyu içerisindeki en derin beş profil vadisi derinliği ile en yüksek beş profil tepe yüksekliğinin mutlak değerlerinin ortalamasıdır (TS 6956).

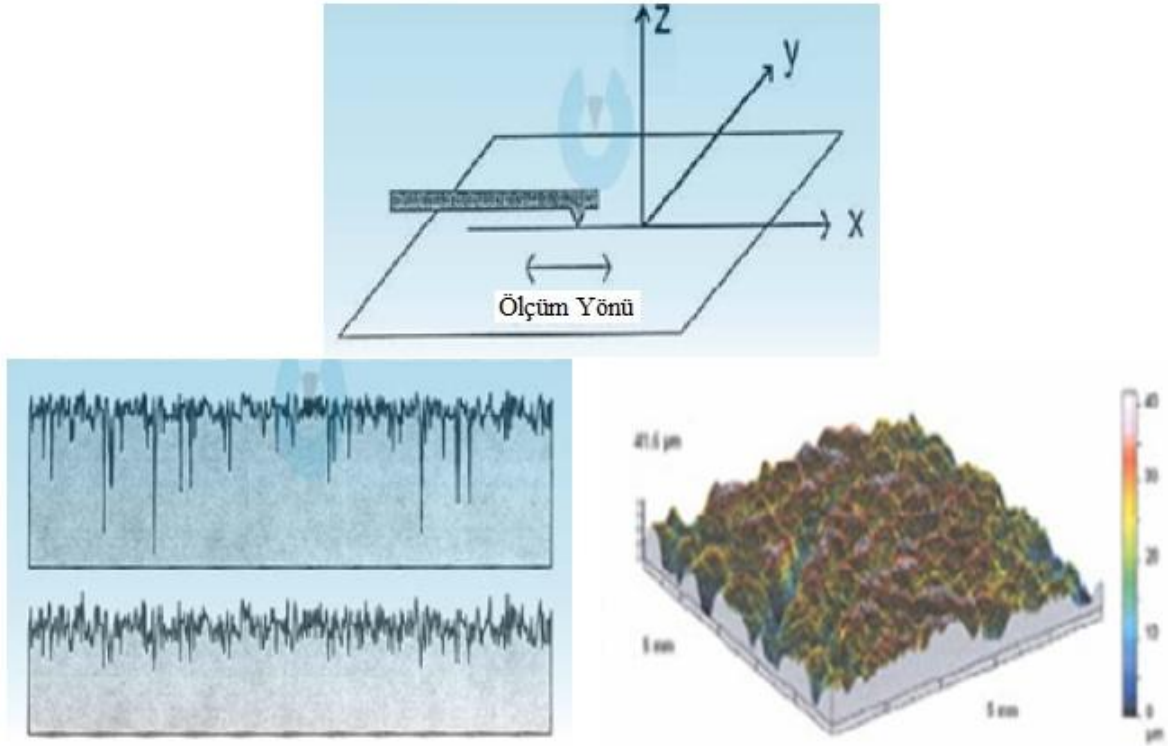
1.6.3.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri

Malzemelerin yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde pek çok ulusal standartlar ortaya koyulmuştur. Bunlar arasında Amerikan Standardı ANSI B46.1 (ANSI, ASME B46.1, 1985), İngiliz Standardı BS 1134 (Part I ve Part II) (BS 1134, 1990), Alman Standardı DIN 4768 (DIN 4768, 1990) ve Türk Standardı TS 6212 (TS 6212, 1998) sayılabilir. Homojen yapıya sahip malzemeler için geliştirilen standartlarda yüzey pürüzlülüğünü sayısal değerler ile ifade edebilmek için birçok yöntem tanımlanmıştır. Bu yöntemler, odun yüzeylerinin pürüzlülük ölçümlerinde de kullanılmaktadır. Ancak, odun yüzeyleri için hesaplanan bu parametrelerin anlamı tam olarak ifade edilememektedir. Bu yüzden odunun işlenmesi ile ilgili belirli pürüzlülük türlerini ayırt edebilecek özelliklerin ortaya konması gerekmektedir (Faust and Rice, 1986; Sachsse and Roffael, 1993). Sadece tek bir yüzey kriterinin yüzey kalitesini belirlemek için yeterli olmadığı ifade edilmektedir (Triboulot vd., 1991).

Odun ve odun esaslı kompozit malzemelerin yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için özel bir alet veya belirli bir universal metot geliştirilmemiştir (Funck vd., 1992; Lavery vd., 1995; Lundberg, and Porankiewicz, 1995; Ehlers, 1958). Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde kullanılan araçlar temel olarak iki gruba ayrılmaktadır:

- Dokunmalı aletler (iğne taramalı, pinömatik, kapasitans ve akustik ölçüm yöntemleri)
- Dokunmasız Aletler (Optik ve ultrasonik yöntemler).

Şekil 21’de 2 ve 3 boyutlu yüzey profilleri görülmektedir:



Şekil 21. İki ve Üç boyutlu yüzey profilleri

Yüzey pürüzlülüğü belirleme metotlarından bazıları şunlardır;

Dokunmalı iğneli tarama metodu, günümüzde de kullanımı süren etkili metotlardan biridir. Ayrıca ışık kurdele metodu (Elmendorf ve Waughan, 1958), yüksek ışık metodu, Forster aleti, optik metotlar, pnömatik metot, kapasitans metodu ve ışık projeksiyon metodu da pürüzlülük ölçümlerinde kullanılmış metotlardandır.

Mekanik yöntemler içinde en yaygın kullanıma sahip pürüzlülük ölçüm yöntemi, “dokunmalı iğne taramalı yöntem (profilometri)” dir. Bu teknikte hassas uçlu bir iğne ile malzeme yüzeyi taranarak genellikle yüzeyin iki boyutlu bir profili elde edilir.

Bu yöntemlere alternatif olarak, yüzey alanı ölçümü esasına dayanan görüntü analiz teknikleri uygulanmıştır. Bu teknikler ile malzemenin işlenmesinden kaynaklanan pürüzlülük verileri anatomik özelliklerden kaynaklanan pürüzlülük verilerinden ayırt edilebilmektedir (Gurau vd., 2002). Son yıllarda, diğer yöntemlerin yanı sıra ultrasonik, video kamera ve taramalı elektron mikroskop yöntemleri ile pürüzlülük ölçümleri üzerinde durulmaktadır. Bunlardan taramalı elektron mikroskop yönteminde kullanılan örnek boyutları çok küçük olduğundan dolayı pürüzlülük değerlendirmeleri için yetersiz olduğu belirtilmektedir (Malkoçoğlu ve Özdemir, 1999).

Odun poröz, özgül ağırlığı değişken ve farklı özelliklere sahip farklı bölgeleri bulunan heterojen bir malzemedir (Faust, 1987). Bu faktörler ise dokunmasız yüzey tarama yöntemlerinin ölçüm sonuçlarını etkileyebilmektedir. Bununla birlikte odun yumuşak bir malzeme olduğu için dokunmalı tarama yöntemleri ile tarama esnasında, tarayıcı dedektör odunun yüzeyini değiştirebilmektedir (Lemaster ve Beall, 1996). Bu yüzden odun yüzey kalitesini hassas bir şekilde ölçecek bir yöntem ihtiyacı vardır.

1.6.3.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Bugüne kadar denenmiş ve halen kullanımına devam edilen yöntemler arasında dokunmalı iğne tarama yönteminin diğer yüzey pürüzlülük ölçme yöntemlerine göre daha avantajlı olacağı belirtilmiştir (Yalçinkaya, 1997; Peters ve Mergen, 1971; Sieminsky ve Skarzynska, 1989). Odun yüzey düzgünlüğünün belirlenilmesinin amaçlandığı bir diğer çalışmada, yüzey ölçüm tekniklerinden en önemlilerin görüntülü, ışıklı ve iğne taramalı yöntemler olduğu belirlenmiştir (Peters ve Cumming, 1970). Ayrıca meşe odun örnekleri üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, örnek yüzeyleri önce lazer, sonra daiğne taramalı yöntem ile taranarak elde edilen pürüzlülük değerleri ve 3 boyutlu resimler karşılaştırılmıştır. İğne taramalı yöntem ile düzenli zımpara izleri daha iyi ortaya konmuş ve odun yüzeyinin topografyası hakkında daha detaylı bilgiler elde edilmiştir. Bununla birlikte bu yöntem, lazer taramalı yöntem ile kıyaslandığında daha uzun bir ölçüm zamanı gerektirmektedir (Gurau vd., 2001). İğne taramalı yöntem ile odun yüzeyindeki düzensizlikler lazer tarama yöntemine göre daha ayrıntılı olarak tespit edilebilmekte, ancak iğne tarama yönteminde ihmal edilebilen bazı pikler lazer tarama ile daha net ortaya konulabilmektedir (Gurau vd., 2001).

1.6.3.3. Ağaç Malzemede Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkili Olan Faktörler

Odun yüzeyleri sahip oldukları anatomik yapıdan kaynaklanan porlar ve hücre boşlukları nedeniyle; her ne kadar zımparalama, planyalama, frezeleme vb. işlemlere tabi tutulmuş olsa da düzgün değildir. İşlenmiş bir ağaç malzeme yüzeyi büyüteç altında incelendiğinde; yüzeydeki parçalanmış lifler ve diğer odun elemanları, adeta dağlar arasında vadiler oluşmuş gibi bir görüntü ortaya çıkarmaktadır (Sadoh ve Nakato, 1987).

Ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğü; ağaç türü, biçme teknikleri, yüzey işleminde kullanılan malzemeler, ağaç malzemenin rutubeti gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olan faktörlerin başında, anatomik yapıdan kaynaklanan farklılıklar gelmektedir. Genel olarak yumuşak odunların yüzeyleri sert odunlarınkine göre daha pürüzlüdür. Yıllık halka içerisindeki ilkbahar ve yaz odunu oranı yüzey pürüzlülüğü üzerine önemli bir etkiye sahiptir. Odundaki doğal büyüme özelliklerinden sayılan budaklar, lif kıvrıklıkları da pürüzlülüğü artırıcı yönde etki etmektedir (Sieminsky ve Skarzynska, 1989).

Kontrplak üretiminde kullanılan kaplama levhalarının üretim yöntemi, yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkilidir. Kesme ve soyma kaplamaların yüzey pürüzlülükleri arasında önemli farklılıklar vardır (Aydın, 2004). Ayrıca yıllık halka genişliği, kaplama üretiminde kullanılan odunun özgül ağırlığı, hammadde depolama koşulları ve kaplama üretimi için ön hazırlık işlemleri de yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olmaktadır (Hecker ve Becker, 1995). Kantay vd. tarafından yürütülmüş bir çalışmanın sonuçlarına göre, hem buharlanmış hem de sıcak su ile muamele edilmiş tomruklarda soyma sıcaklığının artması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilemiş, kayın tomruklar için yüzey pürüzlülüğü açısından optimum soyma sıcaklığı 20-30°C olarak tavsiye edilmiştir (Kantay vd., 2003).

Aydın vd.'nin soyma sıcaklığının ladin kaplamaların yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini araştırdığı bir çalışmada 32 ve 52°C olmak üzere iki farklı tomruk soyma sıcaklığı kullanılmıştır. Bu çalışmaya göre 52°C'de soyulan kaplamaların daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri verdiği belirlenmiştir (Aydın vd., 2006). Kanada'da ladin, çam ve göknar üzerine yapılan benzer bir çalışmada ise 32°C'de soyulan tomruklardan elde edilen kaplamaların 55°C'de soyulanlara oranla daha düzgün yüzey verdiği bulunmuştur (Anon., 1998, ISSN 0381-7733). Kayın (*Fagus orientalis*) ve maun (*Entandrophragma cylindricum*) türlerinden biçilmiş keresteler üzerine yapılan bir çalışmada ise, buharlama işleminin her iki tür içinde yüzey pürüzlülüğünün arttığı bulunmuştur (Kılıç vd., 2008). Kaplama levhalarında geniş yıllık halkalar daha yüksek bir yüzey kalitesi sağlanmaktadır. Biçilmiş kerestelerde ise bu durum tam tersidir, yani yıllık halka genişliği azaldıkça yüzey kalitesi artmaktadır (Hecker ve Becker, 1995). Kaplama levhalarının üretiminde kullanılan ağaç türü ve kaplama kurutma sıcaklığı da yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkilidir. Buharlanmış doğu kayını, sakallı kızılağaç ve doğu ladini tomruklarından üretilen kaplama levhalarında en fazla yüzey pürüzlülüğü kayın için bulunmuş, bunu ladin ve kızılağaç kaplamalar izlemiştir. Kurutma sıcaklığının artmasıyla birlikte kaplama levhalarının yüzey

pürüzlülüklerinde de bir miktar artış olduğu belirtilmiştir (Aydın ve Colakoglu, 2002a; Aydın ve Colakoglu, 2002b). Meşe kaplamalar üzerinde yapılan başka bir çalışmada kurutma sıcaklığının artması ile yüzey pürüzlülüğünün bir miktar azaldığı belirtilmektedir (Korkut ve Akgül, 2007). Unsal vd ise, kesme kaplamaların yüzey pürüzlülüğü üzerine 100-115-130°C' de uygulanan kurutma sıcaklıklarının önemli bir etkisinin bulunmadığını belirlemiştir (Unsal vd., 2005).

Dundar vd. yaptığı bir çalışmada kesme kaplamaların yüzey pürüzlülüğü üzerine kaplama kalınlığı, kesme hızı ve bıçak açısının önemli etkisinin olduğunu belirlemiştir (Dundar vd., 2008).

Ercan vd., kayın kaplamaların yüzey pürüzlülüğü üzerine buharlama süresinin etkisini belirlemeye yönelik yaptıkları bir araştırmaya göre, kaplama üretiminde kaplamanın öz odun ya da diri odundan elde edilmiş olması durumunun da yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi olduğu belirtilmektedir. Öz odun kısmından elde edilen kaplamaların diri odun kısmından elde edilen kaplamalardan daha yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip olduğu belirtilmektedir. Aynı çalışmada, buharlama süresinin artmasının diri odundan elde edilen kaplamaların yüzey pürüzlülüğü üzerine bir etkisinin olmadığı, ancak öz odundan elde edilen kaplamaların yüzey pürüzlülüğü değerlerini artırdığı belirlenmiştir (Tanrıtanır vd., 2006).

Nemli vd.'nin yongalevha üzerine yaptıkları bir çalışmada, yongalevha üretimindeki pres süresi ve tutkal miktarının artması ile yüzey kalitesinin iyileştiği belirtilmiştir (Nemli vd., 2007).

Ağaç malzemenin kesilme yönü de yüzey pürüzlülüğü açısından önem taşımaktadır. Ağaç malzemenin liflere dik yönde işlenmesi ile liflere paralel yönde işlenmesine göre daha pürüzlü yüzeyler elde edildiği belirtilmiştir (Sieminsky ve Skarzynska, 1989). Doğu kayını, sarıçam, kırmızı meşe ve yalancı akasya odunları üzerine yapılan bir araştırma sonucunda, teğet kesitlerde radyal kesitlere göre daha düzgün yüzeyler elde edildiği ifade edilmiştir (Gürleyen, 1988). Teğet biçilmiş kayın parkelerin pürüzlülük değerleri de radyal biçilmiş olanlardan daha küçük bulunurken, çoruh meşesi parkeler için tam tersi sonuçlar elde edilmiştir (Ünsal ve Kantay, 2002). Adi Ceviz ve doğu kayını kesme kaplamalar üzerinde yapılan bir araştırma sonucuna göre de yıllık halkalara teğet kesme ile radyal kesmeye göre daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir (Kantay vd., 2001).

Şerit testerele ile biçme işleminde, en iyi yüzey kalitesinin ezme-egalize yöntemi ile biçme hattı oluşturulmuş PV diş profillerine sahip testerele ile biçilen kerestelerde elde edildiği belirlenmiştir (Örs vd., 1991).

1.6.3.4. Ağaç Malzemede Yüzey Pürüzlülüğünün Önemi

Masif mobilya ve doğrama üretiminde kullanılan odunların yüzey düzgünlüğü bakımından araştırılması, ürün kalitesi ve ekonomisi için önem taşımaktadır (Örs ve Baykan, 1999). Üst yüzey işlemlerinden önce ağaç malzeme yüzeyi düzgünleştirilmektedir. Mobilyayı son ürün haline korumak, güzelleştirmek ve ekonomik değerini artırmak amacıyla uygulanan bu üst yüzey işlemlerinin (macunlama, boyama, cilalama, vernikleme vb.) başarısı ağaç malzeme yüzeyinin düzgünlüğüne bağlıdır. Masif ağaç malzemenin yüzey düzgünlüğüne ise, öncelikle ağaç malzemenin cinsi, tekstürü ve kesiliş yönü ile alet ve makinelerde işlenmesi sırasında uygulanan besleme hızı (itme hızı), kesme derinliği, bıçak sayısı ve zımpara numarası etkili olmaktadır (Richter vd., 1995). Yeterli ve homojen bir yüzey düzgünlüğü oluşturulmadığı takdirde, boyama ve vernikleme işlemlerinden sonra belirginleşen yüzey kusurları ürün kalitesi ve fiyatını olumsuz etkilemektedir (Stumbo, 1960).

Yüzeyleri düzgün bir mobilya, dokunulduğunda yumuşak bir his verir. Buda psikolojik yönden ağaç malzemeyi tüketiciler için daha cazip hale getirmektedir (Örs ve Baykan, 1998).

Yüzey pürüzlülüğünün artması ile birlikte ağaç malzemenin işlenmesinde kullanılan makinelerin güç tüketiminin de arttığı belirtilmiştir (Steward, 1975).

Kontrplak üretiminde, kaplamalara tutkalın sürülmesi levhanın özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Sıvı tutkal ve kaplama yüzeyi arasındaki etkileşimin tutkalın özelliklerine ve kaplama yüzey kalitesine bağlı olduğu belirtilmektedir (Kollmann vd., 1975). Kaplamanın yüzey pürüzlülüğünün de, tutkalın kaplama üzerine penetrasyon derinliği, tutkalın homojen dağılımı ve kaplamalar arasındaki tutkal hattının direnci üzerine önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir (Bekhta, 2009).

1.6.4. Ağaç Malzemede Yapay Yaşlandırma

Ahşap, yapılarda kullanılan endüstriyel bir materyaldir. Fakat güneş ışığı yada dış ortam koşullarına maruz kaldığında bozunmaya uğramaktadır. Son yıllarda büyüyen ahşap endüstrisi ile birlikte özellikle dış ortam koşullarında kullanılacak ahşap malzemeler üzerine dikkat çekilmekte ve koruma tedbirleri üzerine araştırmalar yapılmaktadır (De la Caba vd., 2007). Dış mekânlarda kullanılacak bu tür ahşap ürünlerin ısı, nem, kimyasal ve UV ışını gibi dış ortam etkilerine karşı dirençlerinin bilinmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Yaşlandırmaya veya degradesyona neden olan çevre şartlarına esas teşkil eden ana bileşenler güneş ışığı, özellikle UV radyasyon, sıcaklık, oksijen, su ve kirleticilerdir. Bunlar arasında fotodegradesyona neden olan UV radyasyonun kaynağı güneş ışığı, en zararlı olanı olarak gösterilmektedir (De la Caba vd., 2007).

Ahşap kökenli levhaların dayanıklılığının sürekli olması, ev inşaatlarında kullanılan bu yapısal levha ürünlerinin en önemli özelliklerinden biridir (Norita vd., 2008). Bu durum sadece kontrplak ve OSB gibi yapısal levha ürünleri için geçerli olmayıp, aynı zamanda iç mekanlarda rutubet dayanımı gerektiren yerlerde kullanılan yongalevha ve liflevha içinde geçerli olmaktadır. Bu tür levhaların rutubet dayanımı yada sürekli dayanım özellikleri; sıcak veya soğuk suya daldırma, kaynatma, buharlama, dondurma ve kurutma gibi çeşitli işlemler içeren standardize edilmiş yaşlandırma test metotları ile belirlenmektedir (Norita vd., 2008).

Kontrplak ve OSB levhaları genellikle aynı amaçlar için kullanılmaktadır. Fakat OSB'nin en büyük olumsuz yönünün kontrplakla karşılaştırıldığında daha düşük boyutsal stabiliteye sahip olması olduğu belirtilmektedir (Menezzi vd., 2008)

Geçmişte levhaların sürekli dayanımları üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Northcott ve Colbeck kontrplağın dayanımını araştırmışlardır (Northcott ve Colbeck, 1966). Lehmann birkaç hızlandırılmış yaşlandırma testi üzerine çalışmış, Dinwoodie bozunma mekanizmalarını incelemiştir (Lehmann, 1978; Dinwoodie, 1977). McNatt ve Link, McNatt ve McDonald ve Karlsson vd. ASTM'nin 6 aşamalı testinin geliştirilmesi üzerine çalışmıştır (McNatt ve Link, 1989; McNatt ve McDonald, 1993; Karlsson vd., 1996; ASTM-D 1037, 1993). Japonya'da Kajita vd. farklı tutkal türleri ile üretilen levhaların üzerine 5 hızlandırılmış yaşlandırma testi standardı uygulamıştır (Kajita vd., 1991). Sekino, su absorpsiyonunun yongalevhaların eğilme özellikleri üzerine olan etkisini araştırmıştır (Sekino, 1986).

Ahşap kökenli levhaların rutubet dayanımı ve sürekli dayanıklılığını belirlemek için ISO tarafından tanımlanan 3 standart mevcuttur. 2003 yılında Avrupa EN 100 ve EN 313 testlerinden türetilen ISO 16987 ve ISO 16988, 2005 yılında ise Japon standardına dayalı ISO 20585, 2005'dir.

ASTM C 481-99 standardı, sandviç panellerin belirli özelliklerinin ciddi dış ortam koşullarına maruz kaldıklarında gösterecekleri direnci belirlemeyi amaçlamaktadır. Çoğu sandviç levhalar buldukları yerlerde çeşitli sıcaklık ve nem koşullarına maruz kalmaktadır. Bu laboratuvar yaşlandırma testi istenen levha özelliklerinin benzer koşullar altındaki degradasyonunu belirlemek için gerçekleştirilmektedir. Bu test metodu, elde edilen benzer çevresel degradasyon bilgisinin kalite kontrolde kullanılabilmesi açısından bir standart metot sağlamaktadır. Fakat bu laboratuvar yaşlandırma test prosedürlerinin doğal yaşlandırma koşulları ile bir bağlantısı yoktur. Bu standarda göre laboratuvarda gerçekleştirilecek iki prosedür aşağıda verilmektedir:

Prosedür A (Şiddetli şartlar) Aşamaları

1. Örnekleri yatay olarak 50°C'deki suda 1 saat bekletmek
2. 3 saat süre ile örneklerle 95±3°C' de su buharı püskürtmek
3. -12±3°C'de örnekleri 20 saat bekletmek
4. 100±2°C'de kuru hava ile örnekleri bir etüvde 3 saat kurutmak
5. Tekrar 3 saat süre ile örneklerle 95±3°C'de su buharı püskürtmek
6. 100±2°C'de kuru hava ile örnekleri bir etüvde 18 saat kurutmak

Prosedür B (Ilıman Şartlar) Aşamaları

1. Örnekleri yatay olarak 50°C'deki suda 1 saat bekletmek
2. 70±3°C'de kuru hava ile örnekleri bir etüvde 3 saat kurutmak
3. 3 saat süre ile örneklerle 70±3°C' de su buharı püskürtmek
4. 70±3°C'de kuru hava ile örnekleri bir etüvde 18 saat kurutmak

Bu aşamaları tamamladıktan sonra, örnekler teste tabi tutulmadan 23±3°C ve %50±5 bağıl nem koşullarında değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilmektedir.

Yaşlandırma işlemleri devam ederken örneklerdeki herhangi bir tabaka ayrılması ya da dağılma olup olmadığı kontrol edilmektedir.

Yapılması amaçlanan teste uygun boyutlarda hazırlanan örnekler yaşlandırma işlemine tabi tutulduktan sonra uygun yöntemle testleri gerçekleştirilmekte, elde edilen sonuçlar yaşlandırma işleminden önce elde edilen veriler ile karşılaştırılarak sonuçlarda düşüş olup olmadığı aşağıdaki formül ile belirlenmektedir;

$$\text{Degredasyon Oranı} = \frac{\text{Yaşlandırma sonrası elde edilen sonuçlar}}{\text{Yaşlandırma öncesi elde edilen veriler}} \times 100$$

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Ağaç Malzeme

Bu çalışmada çeşitli iğne yapraklı ağaç türlerinden elde edilen soyma kaplama levhalarının; ağaç ve tutkal türü, kurutma ve soyma işlemleri, yüzey pürüzlülüğü ve diğer bazı faktörlere göre kaplamalardan üretilen kontrplakların fiziksel, mekanik ve yüzey özellikleri incelenerek ahşap yapılarda kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Bu amaçla ağaç malzeme olarak, Türkiye’de önemli oranda yayılım gösteren çam türleri kullanılmıştır. Plantasyon ağacı olarak sadece sahil çamı (*Pinus pinaster*) çalışmada değerlendirilmiştir. Diğer yerli türlerimiz olan sarı çam (*Pinus sylvestris*) ve Karaçam (*Pinus nigra*) odunları Orman Bölge Müdürlükleri’nden temin edilmiştir. Sahil Çamı ve Karaçam tomruklar Sinop Orman Bölge Müdürlüğü’ ne bağlı Bektaşğa ve Gerze Mevkii’nden, Sarıçam tomruklar ise Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü’ne bağlı Torul Orman İşletme Müdürlüğü’nden taze halde alınmışlardır. Soyma kaplama üretiminde kullanılacak tüm tomruklar 55 cm uzunluklarında olmak üzere; 38-40 cm. çapında 12 adet Sahil Çamı, 40 cm. çapında 12 adet Karaçam ve 33-35 cm. çapında 25 adet Sarıçam tomruğu temin edilmiştir.

2.1.1.1. Sahil Çamı (*Pinus pinaster*) Odun Özellikleri

30 m. boy, 2 m. çap yapabilir. Gençken piramit formulu, yaşlı iken dağınık taçlıdır. Dallar bol, yana ve aşağı yönelmiştir. İğne yaprakları ikili, parlak yeşil 10-20 cm uzunlukta sert, batıcı ve sürgün uçlarında sık demetler halindedir. Kozalakları; kısa saplı, geniş yumurta biçiminde ucu sivri 10-20 cm uzunlukta, 5-8 cm genişlikte, ince kırmızı, sonra yeşil, olgun halde açık kahverengidir. Sahil çamı odunun tam kuru özgül ağırlığı 0,42 gr/cm³, hava kurusu özgül ağırlığı 0,45 gr/cm³, liflere paralel basınç direnci 333,45 kg/cm², eğilme direnci 442,2 kg/cm², makaslama direnci ise 64,30 kg/cm² olarak belirtilmektedir (Kalaycıoğlu,1991).

Türkiye’de sahil çamı (*Pinus pinaster*) plantasyonları 24 yıl önce başlamış, ağaç çapları soymalık tomruk için uygun duruma gelmiştir. Sahil çamı için idare müddeti; iyi (I) bonitet’te 30 yıl, orta (II) bonitet’te 40 yıl ve fakir bonitet’te (III) ise 50 yıl olarak belirtilmektedir. Bu süreler sonunda ulaşılabilecek genel ortalama artım değerleri; sırasıyla I, II ve III. bonitet için 13.8, 9.3 ve 5.4 m³/ha/yıl olarak hesaplanmıştır (Birler, Yüksel 1983). Yonga levha ve kağıt endüstrisinde kullanımı reçinesi nedeniyle sınırlıdır. Sahil çamının Portekiz’de bazı fabrikalarda kontrplak üretiminde kullanıldığı bildirilmektedir (Pinto, 2004). Ancak plantasyon çalışmalarında kullanılan ağaç türlerinin odun özelliklerinin asıl yetiştirme bölgelerindekilere göre farklılık gösterebildiği de bilinmektedir. Diğer taraftan ülkemizde endüstriyel plantasyon çalışmaları yapılmış monteri çamının da (*Pinus radiata*) bir çok ülkede kontrplak üretiminde kullanıldığı ifade edilmektedir. Bu tür ülkemizdeki uygulamalarında genç yaşlarda (10-15 yaş) görülen böcek zararı sonucu gelişme gösterememesi nedeniyle çalışmada plantasyon ağacı olarak sadece sahil çamı kullanılmıştır.

2.1.1.2. Sarıçam (*Pinus silvestris*) Odun Özellikleri

Sarıçam diri odunu geniş, sarımsı veya kırmızımsı beyaz renkte olup, enine kesitte gövde yarıçapının yaklaşık üçtebirini kapsamaktadır (Berkel, 1970). Ülkemizde, Eskişehir Yeşildağ’dan başlayıp doğuya doğru Kuzey Anadolu yüksek kesimlerini kaplayarak Sarıkamış üzerinden Kafkas’lara geçen Karadeniz Bölgesinde Of, Sürmene dolaylarında deniz kıyısına inen sarıçam; Artvin, Rize çevresinde doğu ladini ile karışık orman kurarak 2100 metreye kadar çıkar (Tutuş vd., 2010). 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 gr/cm³, hava kurusu yoğunluğu 0,526 gr/cm³ tür. Liflere paralel yönde basınç direnci 550 kg/cm², liflere dik yönde ise 77 kg/cm²’ dir. Hava kurusu haldeki eğilme direnci ise ortalama 650 kg/cm²’ dir (Toker, 1960). 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).

2.1.1.3. Karaçam (*Pinus nigra*) Odun Özellikleri

Türkiye'de 2.527.685 hektar saf karaçam ormanı bulunmaktadır. 35-40 m boy yapar. Daha çok kıyı bölgelerinin yukarı kesimlerinde saf ya da karışık ormanlar kurar, hatta stebe kadar sokulur. Enine kesit mat, teğet kesitte yaz odunu şeritleri sarıçama nazaran daha koyu renktedir. Tam kuru yoğunluğu 0.52 gr/cm^3 , hava kurusu yoğunluğu 0.56 gr/cm^3 'tür. Liflere paralel basınç direnci 479 kg/cm^2 , liflere dik çekme direnci 23.4 kg/cm^2 , eğilme direnci ise 1096 kg/cm^2 'dir (Bozkurt ve Göker, 1996). Çivi ve vida tutma direnci iyi, işlenmesi kolay olduğundan yapı malzemesi olarak kullanılır.

2.1.2. Tutkal

Tez kapsamında; yapısal maksatlı kullanımlarda tercih edilen tutkal türlerinden fenol formaldehit ve melamin üre formaldehit reçineleri kullanılmıştır.

2.1.2.1. Fenol Formaldehit (FF) Tutkalı

Sıcak pres koşullarında sertleşen tutkallardır. Genellikle koyu kırmızı kahverengi renktedir. Dayanıklılığı çok yüksek bir tutkaldır. %47'lik fenol formaldehit tutkalı kullanılmıştır.

2.1.2.2. Melamin - Üre Formaldehit (MÜF) Tutkalı

Renksiz ve sıcaklıkla sertleşen 2 tutkalın bir kombinasyonudur. Bu tutkalın sadece belirli formülasyonları dış ortamlar için gerekli standartları karşılamaktadır (ASTM-D 2559). Tutkal karışımı içerisindeki melamin reçinesi oranı katı madde miktarının %60'ını oluşturduğu takdirde tutkalın ilgili standardı karşılayacak özelliğe ulaştığı belirtilmektedir (APA, 1998).

Bu tutkal reçineleri POLİSAN Kimya A.Ş.'den temin edilmiş olup, bazı özellikleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Deneme levhalarının üretiminde kullanılan fenol formaldehit ve melamin – üre formaldehit tutkal reçinelerinin bazı teknik özellikleri

Ürün Karakteristiği	Sınır Değerleri	
	FF Reçinesi	MÜF Reçinesi
Ürün Adı	Polifen 47	MUF P 03
Görünüş	Kırmızı	Beyaz
Katı Madde Miktarı (2 saat 120°C,%)	47.41	54.62
Su Toleransı- K (20°C)	Sonsuz	-
Yoğunluk (20° C, gr/cm ³)	1.202	1.239
Viskozite (20° C, CPS)	420	120
Akma Zamanı (20°C, sn)	80	26
Jelleşme Zamanı	20 (105°C, dak)	82 (sn)
pH (20°C'da)	-	8,90

2.2. Kontrplak Levhalarının Üretimi

2.2.1. Soyma Kaplama Levhalarının Hazırlanması

Üretilen deneme kontrplak levhaları için araştırılan teknolojik özelliklerin tüm levhalar arasında mümkün olduğunca homojenlik göstermesini sağlamak amacı ile kaplamalar her ağaç türü için tek bir ağaçtan elde edilmiştir.

Bütün tomruklar, soyma işlemi öncesinde Alibaba Mobilya ve Orman Ürünleri Fabrikasında 16 saat süre ile buharlama işlemine tabi tutulmuşlardır. Buharlama işleminden sonra K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Kontrplak Pilot Tesisi'ne getirilen tomrukların sıcaklıkları bir termometre ile ölçülerek tomruklar 2 gruba ayrılmışlardır. Pilot tesise getirildiklerinde sıcaklıkları ölçülen tomrukların 50°C civarında oldukları belirlenmiştir. Literatürde ladin tomruklar için en uygun soyma sıcaklığının 32-38°C olduğu belirtilmektedir (Aydın, 2004). Herbir ağaç türü için 32°C ve 50°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta soyma işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle çalışmada kullanılan ağaç türleri için gereken soyma sıcaklığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tez kapsamında araştırılan teknolojik özelliklerin, tüm deneme levhalarında mümkün olduğunca homojenlik göstermesini sağlamak amacıyla, levha üretiminde kullanılan kaplamalar her ağaç türü için tek bir ağaçtan elde edilmiştir.

Kaplama üretimi, K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Kontrplak Pilot Tesisi'nde gerçekleştirilmiş olup, 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 ayarlanmış olup, 2mm. kalınlığında kaplama levhaları elde edilmiştir.

2.2.2. Kaplama Kurutma İşlemi

Bu çalışmada, her üç ağaç türü için de 110, 140 ve 160 °C olmak üzere üç farklı kurutma sıcaklığı seçilmiştir. Bu amaçla ağaç türüne göre Tablo 10'da gösterilmiş olan kurutma ve soyma sıcaklığı grupları oluşturularak, endüstriyel şartlarda uygulanan kurutma sıcaklığı için 110°C ve yüksek sıcaklıkta kurutma için 140 ve 160 °C sıcaklıklarda kaplama kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Masif odunun yüksek sıcaklıklarda kurutulması ve ısıl işleme tabi tutulması durumunda odun özelliklerindeki değişimleri inceleyen çalışmaların yanı sıra kurutma sıcaklığının masif oduna göre daha yüksek ve kurutma süresinin daha düşük olduğu kaplama levhalarının kurutulması işleminde ne gibi değişikliklerin olduğu literatürde araştırılmıştır. Bu çalışmada çam türlerinden elde edilen soyma kaplamalardaki farklı kurutma sıcaklıklarında meydana gelen değişimler üzerinde çalışılmış ve çam türlerinin kontrplak sektöründe kullanılması durumunda en uygun kurutma ve soyma sıcaklıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Kaplama levhalarının kurutma işlemleri, K.T.Ü. Orman Fakültesi Kontrplak Pilot Tesisi'nde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 10. Ağaç türü, tutkal türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığına bağlı olarak oluşturulan test grupları

Levha Grubu	Ağaç Türü	Tutkal Türü	Soyma Sıcaklığı (°C)	Kaplama Kurutma Sıcaklığı (°C)
A1	Sarıçam	FF	32	110
A2				140
A3				160
A4			50	110
A5				140
A6				160
A7		MÜF	32	110
A8				140
A9				160
A10			50	110
A11				140
A12				160
B1	Sahil Çamı	FF	32	110
B2				140
B3				160
B4			50	110
B5				140
B6				160
B7		MÜF	32	110
B8				140
B9				160
B10			50	110
B11				140
B12				160
C1	Karaçam	FF	32	110
C2				140
C3				160
C4			50	110
C5				140
C6				160
C7		MÜF	32	110
C8				140
C9				160
C10			50	110
C11				140
C12				160

2.2.3. Kaplama Levhalarının Tutkalanması

Çalışma planı doğrultusunda; sarıçam, sahil çamı ve karaçam kaplama levhalarından fenol formaldehit ve melamin – üre formaldehit tutkalları ile kontrplak deneme

levhalarının üretimi gerçekleştirilmiştir.

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan tutkal reçeteleri, katı madde miktarına göre aşağıdaki gibidir:

	Tutkal Karışımını Oluşturan Maddeler	Birim Ağırlık
MÜF Tutkalı	%60'lık MÜF reçinesi	100
	Buğday Unu	30
	NH ₄ Cl (%15' lik)	10
FF Tutkalı	%47'lik FF reçinesi	100

Kaplama levhalarının tutkallanmasında 4 silindirli tutkallama makinesi kullanılmıştır. Levhanın tek yüzüne 160 gr/m² olacak şekilde sürülen tutkalın miktarı, levhanın tutkallama öncesi ve sonrası tartılması suretiyle kontrol edilmiştir.

2.2.4. Sıcak Presleme

Beş tabakalı kontrplak taslaklarının preslenmesi; laboratuvar tipi, presleme alanı 70x89 cm.olan ve elektrikle ısıtılan tek katlı bir hidrolik preste yapılmıştır. Her bir ağaç türü için kullanılan tutkal türüne göre levhaların üretilmesi sırasında uygulanan pres koşulları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Deneme levhalarının üretiminde kullanılan presleme koşulları

Tutkal Türü	Pres Koşulları		
	Pres Basıncı (kg/cm ²)	Pres Sıcaklığı (°C)	Pres Süresi (dak)
MÜF	8	110 °C	10
FF	8	140°C	10

Presleme süresi, levha kalınlığı esas alınarak her bir mm. için yaklaşık 1 dak. olmak üzere 10 dak. olarak uygulanmıştır.

Presleme işleminden sonra üretilen kontrplaklar iç ve dış tabakalar arasındaki sıcaklık ve rutubet farklılığını gidermek amacıyla üst üste ve istif latası kullanılmaksızın

istiflenmişlerdir. Bu şekilde üretilen kontrplak levhaların tedrici olarak soğumaları sağlanarak biçim değiştirmeleri önlenmeye çalışılmıştır.

2.2.5. Yaşlandırma İşlemi

Yaşlandırma işlemi ASTM C 481, 99 standardına göre yürütülmüştür. Bu test metodu ile dış ortam etkisine maruz bırakıldığında levha ürünlerinin seçilen teknolojik özelliklerindeki değişimleri belirlemek amaçlanmıştır. Yaşlandırma işleminin etkisini belirlemek üzere çekme-makaslama direnci testi ile ısı iletkenlik testi seçilmiştir. Belirtilen testler için standartlarda belirtilen ebatlarda örnekler hazırlanarak iki gruba ayrılmış ve bir grubu yaşlandırma etkisine maruz bırakılmıştır. Bu amaçla standartta belirtilen ılıman yaşlandırma test şartları uygulanmıştır. Uygulanan test aşamaları aşağıda verilmiştir:

Uygulanan İşlem	Uygulama Ortamı	Uygulama Sıcaklığı (°C)	Uygulama Süresi (Saat)
Sıcak Suya Daldırma	Su Banyosu	50±3°C	1 Saat
Kurutma	Etüv	70±3°C	3 Saat
Sıcak Su Uygulama	Su Banyosu	70±3°C	3 Saat
Kurutma	Etüv	70±3°C	18 Saat

Sıcak suya daldırma ve sıcak su uygulama işlemleri aynı su banyosu içerisinde yapılmıştır. Sıcak su uygulamanın daldırma işleminden farkı, sıcak su uygulama esnasında aynı zamanda suyun örnekler üzerine püskürtülmesidir. Deneyler her test grubu için eşit sayıda örnek üzerinden yürütülmüştür.

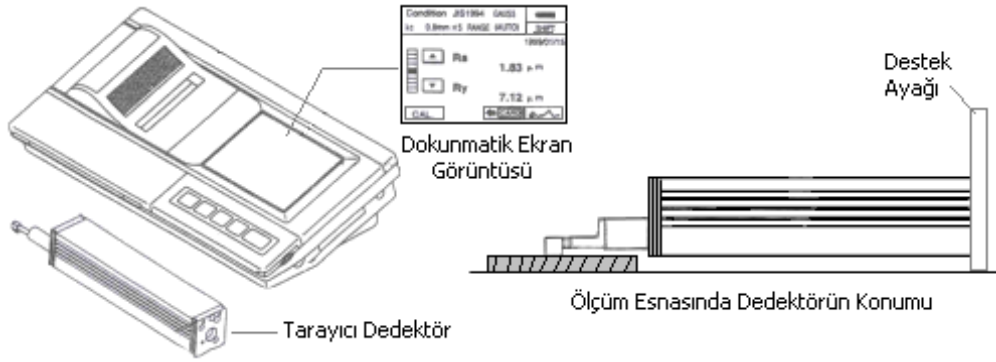
2.3. Yöntem

Uygulanan çeşitli işlemlerin, elde edilen kaplama ve bu kaplamalardan üretilen kontrplakların bazı fiziksel, mekanik ve yüzey özelliklerine olan etkilerini belirlemek üzere aşağıda belirtilen testler yürütülmüştür.

2.3.1. Kaplama Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi

2.3.1.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Çalışma kapsamında kullanılan üç ağaç türüne ait tüm kaplama gruplarının yüzey pürüzlülüğü değerleri Şekil 22’de gösterilen Mitutoyo SurfTest SJ-301 cihazı kullanılarak belirlenmiştir.



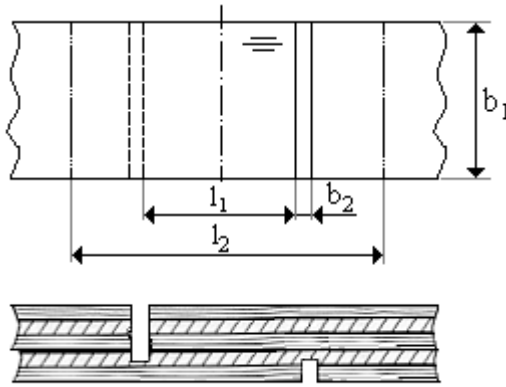
Şekil 22. Mitutoyo SurfTest SJ-301 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı

Pürüzlülük ölçümleri DIN 4768’de belirtilen esaslara göre yürütülmüştür (DIN 4768, 1990). Ölçümler yapılmadan önce tüm levhalar bir iklimlendirme dolabında klimatize edilerek rutubetleri dengelenmiş, böylece rutubet miktarının yüzey pürüzlülüğü üzerine olan etkisi önlenmiştir. Daha sonra 50x50xlevha kalınlığı (mm) ebatlarında her grup için 20’şer adet olmak üzere örnekler hazırlanmıştır. Bu örnekler üzerinde Ra, Ry ve Rz pürüzlülük değerleri ölçülerek ortalamaları hesaplanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde; çapı 10µm olan 90° açılı elmas uçlu bir tarama dedektörü kullanılmış ve kesme uzunluğu (sınır dalga boyu) $\lambda_c = 2.5$ mm, örnekleme uzunluğu ise 12.5 mm olarak ayarlanmıştır. Ölçümler 0.5 mm/sn hızla liflere dik doğrultuda gerçekleştirilmiştir.

2.3.2. Kontrplak Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

2.3.2.1. Çekme – Makaslama Direnci

Üretilen kontrplak levhalarının yapışma direncinin tespit edilmesinde kullanılan çekme – makaslama direnci testi, TS EN 314-1 standardına (TS EN 314-1, 1999) göre yürütülmüştür. Bu standarda göre, 5 tabakalı kontrplak levhaları için hazırlanan çekme – makaslama direnci test örneği Şekil 23’de gösterilmiştir.



Şekil 23. Beş tabakalı kontrplak levhası için çekme-makaslama direnci test örneği

Şekilde;

- I₁** : Makaslama uzunluğu (25±0,5 mm) Örnek kalınlığı = Levha kalınlığı
- b₁** : Makaslama genişliği (25±0,5 mm)
- I₂** : Sıkıştırma çeneleri arasındaki minimum uzaklık (50 mm)
- b₂** : Örnek yüzeylerine açılan kanalların genişliği (2,5 – 4 mm)
- F_{max}** : Kopma anındaki maksimum

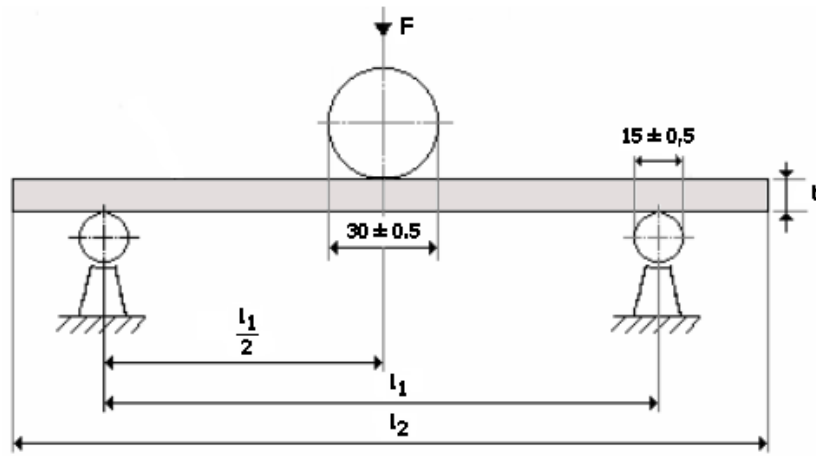
Çekme – makaslama direncinin tespitinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

$$\text{Ç.M.} = \frac{F_{\max}}{I_1 \cdot b_1} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Çekme-makaslama direnci test örnekleri, kullanılan tutkal türüne göre farklı bekleme ortamlarında ön işleme tabi tutulduktan sonra test edilmiştir. Melamin – üre formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarından hazırlanan çekme – makaslama direnci test örnekleri 20°C sıcaklıktaki su içinde 24 saat bekletildikten sonra, fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklardan hazırlanan örnekler ise 6 saat kaynatmayı takiben 1 saat 20°C sıcaklıktaki suda soğutulduktan sonra test edilmişlerdir (TS 3969 EN 314-1, 1998). Her test grubu için 20’şer adet örnek kullanılmıştır.

2.3.2.2. Eğilme Direnci

Üretilen kontrplak levhalarına uygulanan eğilme direnci testi, TS EN 310, 1999 standardına göre yürütülmüştür. Bu standarda göre hazırlanan eğilme direnci test örneği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Eğilme direnci ortalama değerlerinin elde edilmesi için her test grubundan 18’er adet deney örneği kullanılmıştır.



Şekil 24. Eğilme direnci test düzeneği (ölçüler mm.dir)

Şekilde;

F : Kuvvet (N) **I₁**:Dayanaklar arasındaki açıklık (20t) (mm)
t : Deney parçasının kalınlığı (mm) **I₂**:Deney numunesinin uzunluğu (I₁+50) (mm)

Eğilme direncinin tespitinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

$$E. D. = \frac{3 \times F_{\max} \times I_1}{2 \times b \times t^3} \quad (N/mm^2)$$

Eşitlikte;

F_{max}: Kırılma anındaki maksimum yük (N), **b**: Deney parçasının genişliği (mm) dir.

2.3.2.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Üretilen kontrplak levhalarına ait elastikiyet modülü testi TS EN 310 (1993) standardına göre yürütülmüştür. Elastikiyet modülü testinde elastik deformasyon bölgesindeki eğilme miktarları belirlenmiştir. Deformasyon bölgesinde eğilme miktarı komperatör ile 0.01 mm, kırılma anındaki kuvvet makine göstergesinden 1 kg duyarlıkla ölçülmüştür. Her test grubu için 18'er adet örnek kullanılmıştır.

Elastikiyet modülünün tespitinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

$$E = \frac{F \times L^3}{4 \times \Delta e \times b \times d^3} \quad N/mm^2$$

Eşitlikte;

Δe: Eğilme miktarı (sehim) (mm), **F**: Deformasyonu sağlayan kuvvet (N)

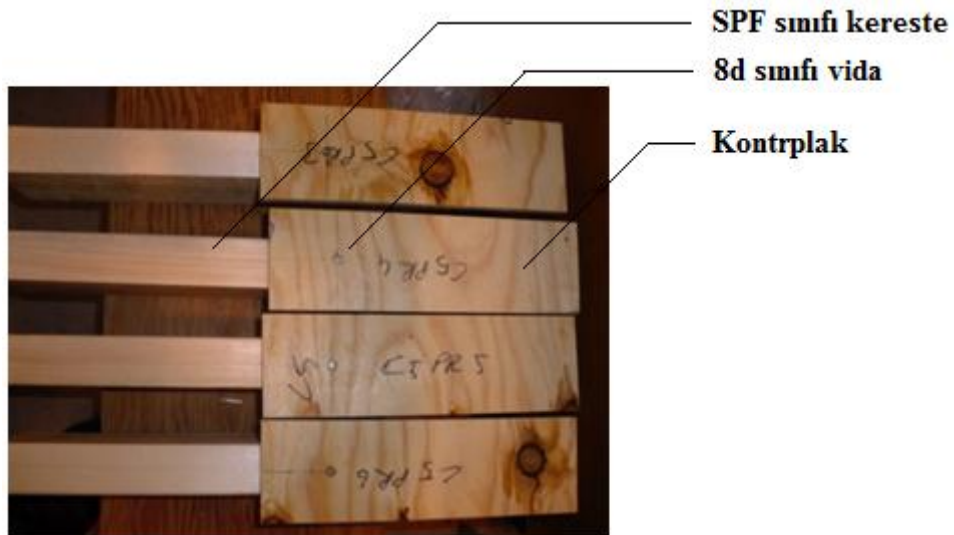
2.3.2.4. Yanal Vida Dayanımı

Üretilen kontrplak levhalarına ait yanal vida dayanımı testi ASTM D 1761 standardına göre yapılmıştır. Vidalar kontrplağın ucundan 51 mm mesafede olacak şekilde vidalanmıştır. Vida tipi olarak 63,5 mm x 3,33 mm ebatlarında 8d yaygın vida kullanılmıştır. Şekil 25'de deneyde kullanılan SPF (Spruce, Pine Fir), vida ve kontrplak örnekler gösterilmiştir. Vidalar pnömomatik olarak kontrplak parçasından çerçeve elemanına doğru Şekil 26'de gösterildiği gibi vidalanmıştır. Çerçeve elemanı olarak SPF (Spruce, Pine Fir) adı verilen standarda uygun aynı mekanik özelliklere sahip kerestelerden seçilmiştir. Kontrplak örnekler ve SPF kirişler 250x76 mm ebatlarında kesilmişlerdir.

Bütün parçalar 20°C ve %65 bağıl nem koşullarında iklimlendirilmiştir. Sistem yanal yük etkisi altında kaldığında çerçevenin alt ve üst kısmı ile kenarlarındaki kontrplak çerçeve ilişkisi kontrplağın lif yönüne göre farklılık gösterdiğinden, kontrplak levhalar lifleri dik ve paralel olmak üzere 2 farklı yönde kesilmişlerdir. Yük altındaki örneklerin hareketi tek bir yönde sınırlandırılmıştır. Yük monotonik olarak dakikada 12.7 mm hareket edecek şekilde düzenlenmiştir. Yanal vida dayanımı testi 222 kN' luk bir universal test makinesine bağlanmış 22.4 kN'luk bir yük hücresi ile Kanada'nın Yapı Sistemi Bölümü (FPInnovations Formerly Forintek Wood Products Division, Building Systems Department) Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 25. Deneyde kullanılan SPF, vida ve kontrplak örnekler



Şekil 26. Yanal vida dayanımı deneyinde kullanılacak örneğin hazırlanması

Hazırlanan test örnekleri Şekil 27’ de gösterildiği gibi makineye yerleştirilmiş ve genişlik ve kalınlıkları aşağıdaki gibi belirlenmiştir. Her bir örnek grubu için 6 tekrar test yapılmıştır.



Üst numune tutucu

Deney numunesi

Deneyin yürütülmesini sağlayan

bilgisayar ve yük uygulama tertibatı

Alt numune tutucu

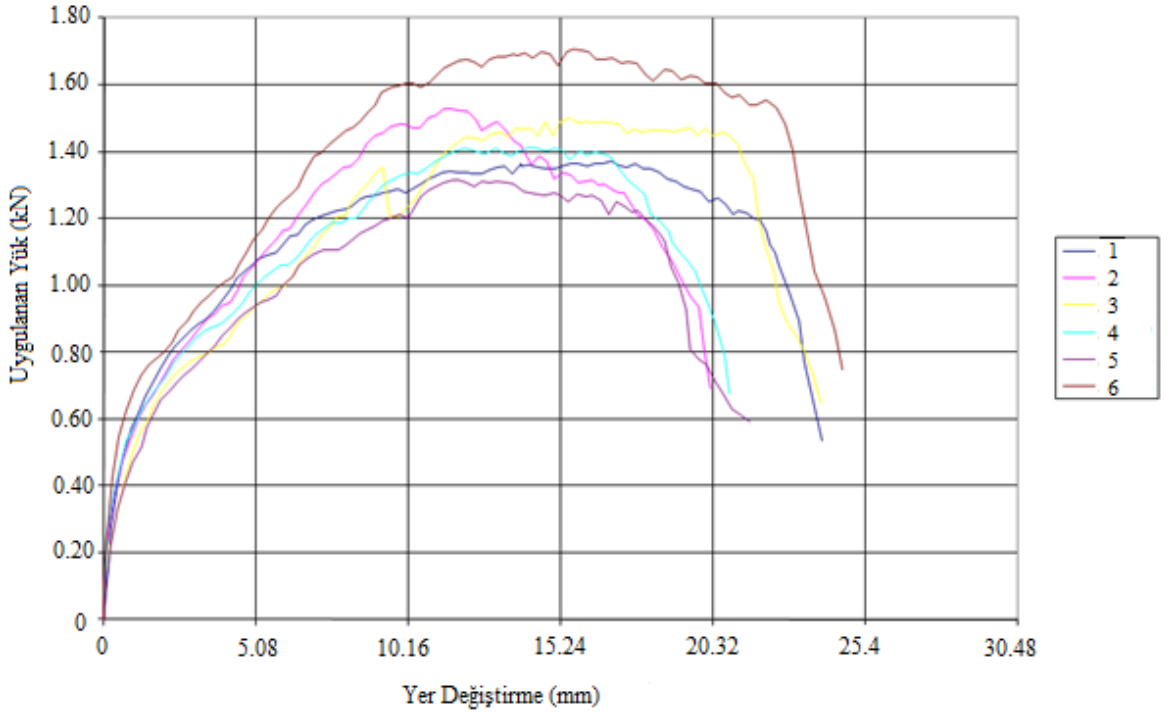
Şekil 27. Yanal vida dayanımı deney düzeneği

Uygulanan yan al vida dayanımı testinden sonra örneklerde meydana gelen değişim Şekil 28’ de gösterilmiştir.



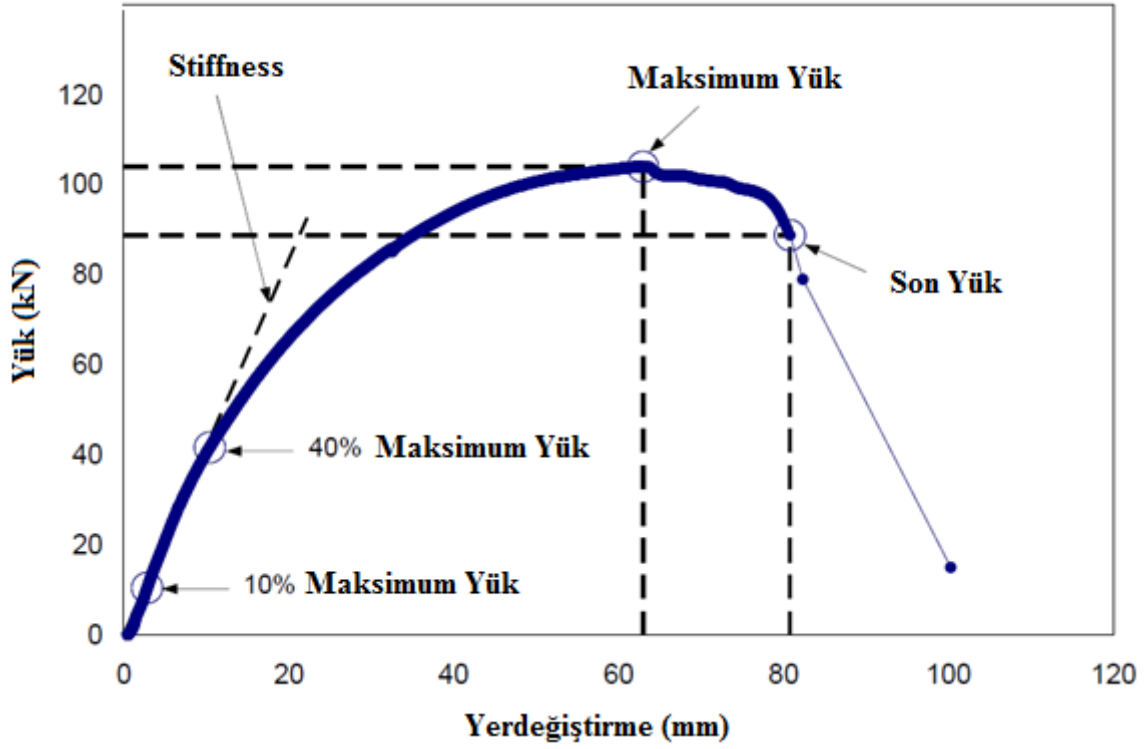
Şekil 28. Deneyin sonuçlanma anında numunelerde meydana gelen değişim

Yapılan testler sonucunda her gruba ait 6 tekrar testi için Şekil 29’da görüldüğü gibi bir yük-yer değiştirme grafiği elde edilmiştir.



Şekil 29. Her bir grup için belirlenen yük-yer değiştirme grafiği

Her bir grup için elde edilen grafikler incelenerek o grubu temsil edebilecek yük-yer değiştirme eğrisi belirlenmiştir. Belirlenen bu grafikler; örnek gruba ait maksimum yük ve bu yükteki yer değiştirmeyi ifade etmektedir (Şekil 30).



Şekil 30. Test sonucunda elde edilen grafiğin gösterimi

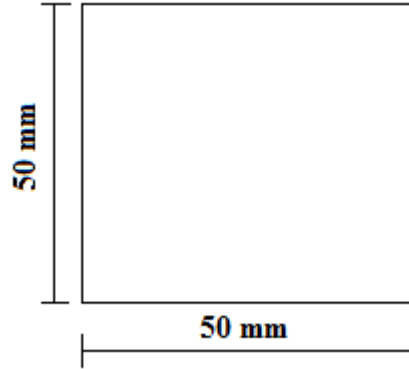
Ayrıca grafik yardımıyla aşağıdaki özellikler de belirlenmektedir:

- Rijitlik: Max yükün %10-40'ı arasında bulunan eğrinin eğimi ile hesaplanmaktadır.
- Son Yük (Ultimate Load): Max yükün %80'idir.
- Son yük ve bu yüke göre belirlenen yer değiştirme noktasına kadar olan ve eğri altında kalan alanın değeri sistemin enerjisini vermektedir.

2.3.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

2.3.3.1. Yoğunluk

Deneme kontrplakların yoğunlukları TS EN 323, 1999 standardına göre, Şekil 31’de gösterilen örneklerden belirlenmiştir.



Şekil 31. Yoğunluk belirlenmesinde kullanılan test örneği

Örneklerin hava kuru ağırlıkları ± 0.01 g hassasiyetli analitik bir terazide tartılarak belirlenmiştir. Daha sonra bu örneklerin boyutları ± 0.01 mm duyarlıklı dijital kumpas ve mikrometre ile ölçülerek hacimleri hesaplanmıştır. Her test grubu için 20’ şer adet deney örneği kullanılmıştır. Örneklerin yoğunlukları aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\rho = \frac{m}{b_1 \times b_2 \times t} \text{ gr/cm}^3$$

Eşitlikte;

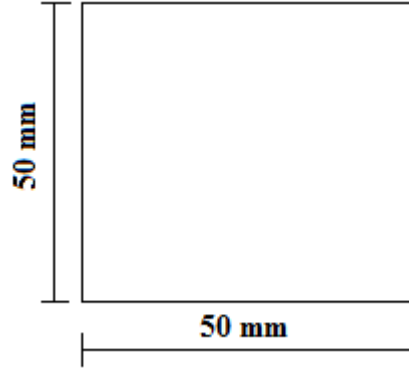
m : Deney örneğinin ağırlığı (g)

b1, b2 : Genişlikler (cm)

t : Kalınlık (cm) dır.

2.3.3.2. Denge Rutubeti Miktarı

Üretilen levhaların sahip olduğu denge rutubeti miktarları, TS EN 322, 1999 standardına göre Şekil 32' de gösterilen örneklerden belirlenmiştir.



Şekil 32. Denge rutubeti miktarının belirlenmesinde kullanılan test örneği

Örneklerin rutubetli haldeki ağırlıkları ± 0.01 g hassasiyetli analitik bir terazide tartıldıktan sonra, $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki bir etüvde değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurutularak tam kuru ağırlıkları elde edilmiştir.

Her test grubu için 20'şer adet deney örneği kullanılmıştır. Örneklerin rutubet miktarları aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır:

$$r = \frac{m_r - m_o}{m_o} \times 100$$

Eşitlikte;

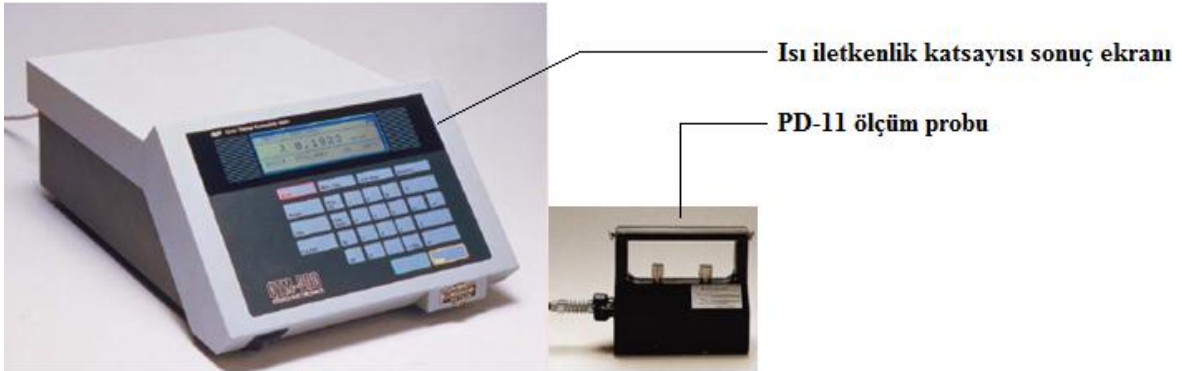
r = deney parçasının sahip olduğu rutubet miktarı (%)

m_r = deney parçasının rutubetli haldeki ağırlığı (g)

m_o = deney parçasının tam kuru haldeki ağırlığı (g) dir.

2.3.3.3. Isı İletkenlik Katsayısı

Üretilen kontrplak levhaların ısı iletkenlik katsayısı ölçümleri ASTM C 1113-99, 2004 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Deneme levhalarının ısı iletkenlik katsayılarının belirlenmesinde kullanılan Quick Thermal Conductivity-500 ısı iletkenliği cihazı Şekil 33'de gösterilmiştir.



Şekil 33. Quick Thermal Conductivity-500 ısı iletkenliği cihazı ve PD-11 sensör probu

Deneylede kullanılan Quick Thermal Conductivity-500 ısı iletkenliği test makinesinde PD-11 sensör probu kullanılmıştır. Ölçümler yapılmadan önce tüm levhalar bir iklimlendirme dolabında klimatize edilerek rutubetleri dengelenmiş, böylece rutubet miktarının ısı iletkenliği üzerine olan etkisi önlenmiştir. Daha sonra ASTM C 177/C 518 esaslarına uygun olarak PD-11 probuna göre 50x100xlevha kalınlığı (mm) ebatlarında örnekler hazırlanmıştır. Ölçümler yüzey liflerine dik ve paralel doğrultuda olmak üzere iki yönde gerçekleştirilmiştir. Isı iletkenlik katsayısı ölçümlerinde her grup için 5'er adet örnek kullanılmıştır.

2.4. İstatistiksel Analiz

Çalışma kapsamındaki her üç ağaç türünden üretilmiş kaplamalara uygulanan soyma, kurutma ön işlemlerinin ve kullanılan tutkal türünün; araştırılan fiziksel, mekanik ve yüzey özellikleri üzerine etkilerini ortaya koymak için çoğul varyans analizi kullanılmıştır. Varyans analizi ile elde edilen farkların anlamlı bulunması durumunda, Student Newman-Keuls test uygulanarak varyans kaynaklarının ortalamaları karşılaştırılmış ve homojenlik

grupları tespit edilmiştir. İstatistiksel analizlerin gerçekleştirilmesinde, SPSS 11.5 for Windows istatistik paket programından yararlanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Kaplama Yüzey Özellikleri

3.1.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Kontrplak üretiminde kullanılan kaplama levhaları üzerinde gerçekleştirilen yüzey pürüzlülüğü ölçüm sonuçları ağaç türüne göre Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Kaplama levhalarına ait yüzey pürüzlülüğü değerleri

Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Levha Grubu	Ra (µm)		Ry (µm)		Rz (µm)	
			X	S	X	S	X	S
32°C	110°C	A1	17,92	3,59	129,23	24,32	109,06	20,96
	140°C	A2	16,45	3,20	119,23	24,94	95,57	16,28
	160°C	A3	17,50	2,98	122,87	25,17	97,17	10,16
50°C	110°C	A4	16,20	3,16	111,42	22,15	94,06	15,51
	140°C	A5	17,87	4,08	118,15	25,10	94,20	11,12
	160°C	A6	18,37	4,62	128,72	30,07	103,33	15,26
32°C	110°C	B1	21,00	3,74	146,49	31,55	117,49	18,31
	140°C	B2	21,90	2,51	140,81	23,56	115,00	14,14
	160°C	B3	19,24	2,79	129,81	22,02	106,69	10,47
50°C	110°C	B4	16,73	2,57	121,62	24,34	98,20	11,05
	140°C	B5	19,38	2,37	123,60	17,62	103,46	12,84
	160°C	B6	22,91	3,21	144,73	20,41	106,58	14,03
32°C	110°C	C1	17,82	3,39	127,62	24,42	102,98	16,82
	140°C	C2	19,05	3,12	132,50	24,32	103,49	15,70
	160°C	C3	16,32	3,32	118,55	25,15	94,89	15,84
50°C	110°C	C4	17,36	3,90	119,57	26,06	98,09	16,54
	140°C	C5	17,36	3,79	116,44	21,19	96,07	13,94
	160°C	C6	17,39	3,16	117,79	25,97	94,22	12,54

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

3.1.1.1. Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi

Ağaç türü, kaplamanın soyulma anındaki sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığının ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin kaplamaların yüzey pürüzlülüğü değerleri üzerine etkilerini belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 13’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; ağaç türü ve kaplamanın soyulma anındaki sıcaklığı yüzey pürüzlülüğü değerleri üzerine olan etkileri sırasıyla % 0.1 ve % 1 yanılma olasılığı ile anlamlıdır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda sarıçam, sahil çamı ve karaçam ağaç türlerine ait kaplamaların yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki fark belirgin bulunmuştur. 32 °C ve 50 °C soyulan kaplamalara ait yüzey pürüzlülük değerleri de farklı bulunmuştur. Newman-Keuls testi sonuçlarına göre 110°C, 140°C ve 160 °C kurutulmuş kaplamaların yüzey pürüzlülüğü değerleri arasındaki fark belirgin değildir. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 13. Kaplama levhalarının yüzey pürüzlülüğü üzerine ağaç türü, kaplamanın soyulma anındaki sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	9092,378	2	4546,189	20,588	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	1817,740	1	1817,740	8,232	**
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	219,078	2	109,539	0,496	Ö.D.
Etkileşim AB	134,715	2	67,358	0,305	Ö.D.
Etkileşim AC	1833,145	4	458,286	2,075	Ö.D.
Etkileşim BC	4878,853	2	2439,427	11,047	***
Etkileşim ABC	1977,847	4	494,462	2,239	Ö.D.
Hata	67571,003	306	220,820		
Toplam	87524,759	323			

Tablo 14. Kaplama levhalarının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman-Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Yüzey Pürüzlülüğü Rz (μm)	
Ağaç Türünün Etkisi			
Karaçam	108	98,29	a
Sarıçam	108	98,90	a
Sahil Çamı	108	109,82	b
Soyma Sıcaklığı Etkisi			
32 °C	162	104,71	a
50 °C	162	99,97	b
Kurutma Sıcaklığı Etkisi			
110 °C	108	103,31	a
140 °C	108	101,30	a
160 °C	108	102,40	a

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.2. Kontrplak Mekanik Özellikleri

3.2.1. Çekme-Makaslama Direnci

Üretilen kontrplak levhalarına ait çekme makaslama direnci değerleri tutkal türüne göre Tablo 15, 16'da verilmiştir. Çekme-makaslama direnci değerlerinin belirlenmesinde her test grubu için 20'şer numune kullanılmıştır.

Tablo 15. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının çekme-makaslama direnci değerleri (N/mm²)

Ağaç Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Levha Grubu	Fenol Formaldehit	
				X	S
Sarıçam	32°C	110°C	A1	1,43	0,08
		140°C	A2	1,47	0,12
		160°C	A3	1,53	0,15
	50°C	110°C	A4	1,44	0,19
		140°C	A5	1,63	0,12
		160°C	A6	1,57	0,11
Sahil Çamı	32°C	110°C	B1	1,50	0,18
		140°C	B2	1,54	0,14
		160°C	B3	1,68	0,08
	50°C	110°C	B4	1,62	0,13
		140°C	B5	1,63	0,16
		160°C	B6	1,61	0,14
Karaçam	32°C	110°C	C1	1,78	0,15
		140°C	C2	1,86	0,18
		160°C	C3	1,76	0,16
	50°C	110°C	C4	1,65	0,11
		140°C	C5	1,76	0,12
		160°C	C6	1,68	0,17

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

Tablo 16. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının çekme-makaslama direnci değerleri (N/mm²)

Ağaç Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Levha Grubu	Melamin Üre Formaldehit	
				X	S
Sarıçam	32°C	110°C	A7	1,29	0,22
		140°C	A8	1,23	0,09
		160°C	A9	1,17	0,15
	50°C	110°C	A10	1,30	0,08
		140°C	A11	1,24	0,09
		160°C	A12	1,18	0,16
Sahil Çamı	32°C	110°C	B7	1,66	0,16
		140°C	B8	1,59	0,23
		160°C	B9	1,43	0,20
	50°C	110°C	B10	1,73	0,14
		140°C	B11	1,61	0,15
		160°C	B12	1,42	0,13
Karaçam	32°C	110°C	C7	1,78	0,08
		140°C	C8	1,63	0,14
		160°C	C9	1,43	0,20
	50°C	110°C	C10	1,73	0,14
		140°C	C11	1,61	0,15
		160°C	C12	1,42	0,13

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

3.2.1.1. Tutkal Türünün Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Etkisi

Tutkal türü, ağaç türü ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerin kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkilerini belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 17’ de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonunca göre; tutkal türü ve ağaç türünün üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda FF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-

maksalama direnci değerleri MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Ağaç türleri arasında karaçam kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri en yüksek bulunurken, en düşük çekme makaslama direnci değerleri sarıçam kontrplaklarda elde edilmiştir. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 18' de verilmiştir.

Tablo 17. FF ve MÜF tutkalları ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine tutkal türü ve ağaç türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	11,525	2	5,763	260,433	***
B: Tutkal Türünün Etkisi	4,005	1	4,005	181,017	***
Etkileşim AB	2,013	2	1,007	45,494	***
Hata	15,501	684	0,023		
Toplam	43,296	719			

Tablo 18. Kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Çekme-Makaslama Direnci (N/mm ²)
Ağaç Türünün Etkisi		
Sarıçam	240	1,37 a
Sahil Çamı	240	1,59 b
Karaçam	240	1,68 c
Tutkal Türünün Etkisi		
FF	360	1,62 a
MÜF	360	1,47 b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

Tutkal türü ve ağaç türünün kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi, grupları birleştirerek değerlendirdiğinden soyma sıcaklığı ve kurutma sıcaklığının levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine olan etkisi bu analiz ile belirgin olarak ortaya koyulamamıştır. Bu nedenle kullanım alanı açısından farklı alanlarda tercih edilen, sıcaklık ve pH açısından farklı jelleşme ortamlarına ihtiyaç duyan ve sonuç olarak farklı işlemlere maruz

bırakıldıktan sonra çekme-makaslama deneyleri yapılan FF ve MÜF tutkalları ile üretilen grupların ayrı ayrı düşünülerek istatistiksel analiz yapılması uygun görülmüştür.

3.2.1.1.1. FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi

Ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığının ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin FF tutkalı ile üretilmiş kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 19’da verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü ve kurutma sıcaklığının üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine olan etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı iken, soyma sıcaklığının etkisi önemsiz bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda, karaçam kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri en yüksek, sarıçam kontrplakların çekme makaslama direnci değerleri en düşük belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri en düşük bulunurken, 140 ve 160°C’ de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri arasında fark bulunmamıştır. 32 ve 50°C’ de soyulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri arasında fark tespit edilmemiştir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 19. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	3,440	2	1,720	83,733	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	0,001	1	0,001	0,061	Ö.D.
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	0,414	2	0,207	10,081	***
Etkileşim AB	0,537	2	0,269	13,071	***
Etkileşim AC	0,309	4	0,077	3,764	**
Etkileşim BC	0,095	2	0,048	2,323	Ö.D.
Etkileşim ABC	0,243	4	0,061	2,954	*
Hata	7,026	342	0,021		
Toplam	12,066	359			

Tablo 20. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Çekme-Makaslama Direnci (N/mm^2)
Ağaç Türünün Etkisi		
Sarıçam	120	1,51 a
Sahil Çamı	120	1,60 b
Karaçam	120	1,75 c
Soyma Sıcaklığının Etkisi		
32°C	180	1,62 a
50°C	180	1,62 a
Kurutma Sıcaklığının Etkisi		
110°C	120	1,57 a
140°C	120	1,64 b
160°C	120	1,65 b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.2.1.1.2. MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi

Ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığı ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 21’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü ve kurutma sıcaklığının üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine olan etkileri % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı iken, soyma sıcaklığının etkisi önemsiz bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda, karaçam ve sahil çamı kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri sarıçam kontrplakların çekme makaslama direnci değerlerinden daha yüksek belirlenmiştir. Karaçam ve sahil çamı kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri arasında fark bulunmamıştır. Kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri en yüksek, 160°C’de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri ise en düşük bulunmuştur. 32 ve 50°C’ de soyulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri arasında fark bulunmamıştır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 21. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	10,098	2	5,049	212,949	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	0,003	1	0,003	0,110	Ö.D.
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	3,409	2	1,704	71,884	***
Etkileşim AB	0,041	2	0,020	0,860	Ö.D.
Etkileşim AC	0,524	4	0,131	5,524	***
Etkileşim BC	0,002	2	0,001	0,040	Ö.D.
Etkileşim ABC	0,036	4	0,009	0,382	Ö.D.
Hata	8,109	342	0,024		
Toplam	22,221	359			

Tablo 22. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Çekme-Makaslama Direnci (N/mm ²)	
Ağaç Türünün Etkisi			
Sarıçam	120	1,24	a
Sahil Çamı	120	1,58	b
Karaçam	120	1,60	b
Soyma Sıcaklığının Etkisi			
32°C	180	1,47	a
50°C	180	1,47	a
Kurutma Sıcaklığının Etkisi			
110°C	120	1,58	a
140°C	120	1,49	b
160°C	120	1,35	c

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.2.1.2. Yaşlandırma İşleminin Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Etkisi

Yaşlandırma işleminin ardından test edilen kontrplak levhalarına ait çekme makaslama direnci değerleri tutkal türüne göre Tablo 23 ve 24'de verilmiştir. Çekme-makaslama direnci değerlerinin belirlenmesinde her test grubu için 20' şer numune kullanılmıştır.

Tablo 23. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası belirlenen çekme-makaslama direnci değerleri (N/mm²)

Ağaç Türü	Levha Grubu	Fenol Formaldehit			
		Yaşlandırma Öncesi		Yaşlandırma Sonrası	
		X	S	X	S
Sarıçam	A1	1,43	0,08	1,42	0,12
	A2	1,47	0,12	1,45	0,09
	A3	1,53	0,15	1,53	0,16
	A4	1,44	0,19	1,44	0,16
	A5	1,63	0,12	1,61	0,16
	A6	1,57	0,11	1,53	0,09
Sahil Çamı	B1	1,50	0,18	1,51	0,18
	B2	1,54	0,14	1,50	0,13
	B3	1,68	0,08	1,68	0,14
	B4	1,62	0,13	1,62	0,15
	B5	1,63	0,16	1,62	0,19
	B6	1,61	0,14	1,56	0,19
Karaçam	C1	1,78	0,15	1,78	0,16
	C2	1,86	0,18	1,86	0,21
	C3	1,76	0,16	1,76	0,20
	C4	1,65	0,11	1,65	0,14
	C5	1,76	0,12	1,75	0,14
	C6	1,68	0,17	1,68	0,18

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

Tablo 24. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası belirlenen çekme-makaslama direnci değerleri (N/mm²)

Ağaç Türü	Levha Grubu	Melamin Üre Formaldehit			
		Yaşlandırma Öncesi		Yaşlandırma Sonrası	
		X	S	X	S
Sarıçam	A7	1,29	0,22	0,96	0,13
	A8	1,23	0,09	0,84	0,09
	A9	1,17	0,15	0,76	0,16
	A10	1,30	0,08	0,88	0,17
	A11	1,24	0,09	0,82	0,12
	A12	1,18	0,16	0,77	0,11
Sahil Çamı	B7	1,66	0,16	1,15	0,12
	B8	1,59	0,23	1,13	0,14
	B9	1,43	0,20	1,11	0,18
	B10	1,73	0,14	1,33	0,16
	B11	1,61	0,15	1,25	0,24
	B12	1,42	0,13	0,90	0,22
Karaçam	C7	1,78	0,08	1,01	0,24
	C8	1,63	0,14	1,00	0,24
	C9	1,43	0,20	0,77	0,33
	C10	1,73	0,14	0,91	0,17
	C11	1,61	0,15	0,88	0,19
	C12	1,42	0,13	0,89	0,22

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

Yaşlandırma işleminin, üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla FF ve MÜF tutkalları ile üretilen levha grupları için ayrı istatistik analiz yapılmıştır.

3.2.1.2.1. FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Değerleri Üzerine Yaşlandırma İşleminin Etkisi

Ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığı, yaşlandırma işlemi ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin FF tutkalı ile üretilmiş kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 25’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü ve kurutma sıcaklığının FF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine olan etkileri % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı iken, soyma sıcaklığı ve yaşlandırmanın etkisi önemsiz bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda, karaçam kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri en yüksek, sarıçam kontrplakların çekme makaslama direnci değerleri en düşüktür. Kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri en düşük bulunurken, 140 ve 160°C’ de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri arasında fark görülmemiştir. 32 ve 50°C’ de soyulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri arasında istatistiksel açıdan fark yoktur. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 26’da verilmiştir.

Tablo 25. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığı ve yaşlandırma işleminin etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	7,251	2	3,626	158,384	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	0,001	1	0,001	0,052	Ö.D.
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	0,688	2	0,344	15,027	***
D: Yaşlandırma	0,013	1	0,013	0,555	Ö.D.
Etkileşim AB	0,971	2	0,486	21,219	***
Etkileşim AC	0,621	4	0,155	6,778	***
Etkileşim BC	0,319	2	0,159	6,965	***
Etkileşim ABC	0,522	4	0,131	5,706	***
Etkileşim AD	0,005	2	0,002	0,107	Ö.D.
Etkileşim BD	0,007	1	0,007	0,313	Ö.D.
Etkileşim ABD	0,003	2	0,002	0,074	Ö.D.
Etkileşim CD	0,007	2	0,003	0,152	Ö.D.
Etkileşim ACD	0,010	4	0,003	0,113	Ö.D.
Etkileşim BCD	0,022	2	0,011	0,478	Ö.D.
Etkileşim ABCD	0,017	4	0,004	0,185	Ö.D.
Hata	15,657	684	0,023		
Toplam	26,115	719			

Tablo 26. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Çekme-Makaslama Direnci (N/mm^2)
Ağaç Türünün Etkisi		
Sarıçam	240	1,50 a
Sahil Çamı	240	1,59 b
Karaçam	240	1,75 c
Soyma Sıcaklığının Etkisi		
32°C	360	1,61 a
50°C	360	1,61 a
Yaşlandırma İşlemi Etkisi		
Öncesi	360	1,62 a
Sonrası	360	1,61 a
Kurutma Sıcaklığının Etkisi		
110°C	240	1,57 a
140°C	240	1,64 b
160°C	240	1,63 b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.2.1.2.2. MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Çekme-Makaslama Direnci Değerleri Üzerine Yaşlandırma İşleminin Etkisi

Ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığı, yaşlandırma işlemi ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 27’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve yaşlandırma işleminin MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine olan etkileri % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı iken, soyma sıcaklığının etkisi önemsiz bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda, sahil çamı kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri en yüksek, sarıçam kontrplakların çekme makaslama direnci değerleri en düşük belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri en yüksek, 160°C’ de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri en düşüktür. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların yaşlandırma işleminden sonraki çekme makaslama direnci değerleri yaşlandırma işleminden önceki çekme-makaslama direnci değerlerinden daha düşük tespit edilmiştir. 32 ve 50°C’ de soyulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri arasında fark bulunmamıştır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 28’de verilmiştir.

Tablo 27. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığı ve yaşlandırma işleminin etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	13,199	2	6,600	223,773	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	0,002	1	0,002	0,053	Ö.D.
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	5,153	2	2,576	87,360	***
D: Yaşlandırma	45,574	1	45,574	1545,31	***
Etkileşim AB	0,098	2	0,049	1,669	Ö.D.
Etkileşim AC	0,432	4	0,108	3,665	**
Etkileşim BC	0,011	2	0,006	0,192	Ö.D.
Etkileşim ABC	0,862	4	0,215	7,304	***
Etkileşim AD	3,024	2	1,512	51,261	***
Etkileşim BD	0,013	1	0,013	0,424	Ö.D.
Etkileşim ABD	0,012	2	0,006	0,200	Ö.D.
Etkileşim CD	0,125	2	0,063	2,127	Ö.D.
Etkileşim ACD	0,302	4	0,076	2,561	*
Etkileşim BCD	0,002	2	0,001	0,039	Ö.D.
Etkileşim ABCD	0,502	4	0,126	4,256	**
Hata	20,173	684	0,029		
Toplam	89,484	719			

Tablo 28. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Çekme-Makaslama Direnci (N/mm ²)
Ağaç Türünün Etkisi		
Sarıçam	240	1,04 a
Sahil Çamı	240	1,36 b
Karaçam	240	1,26 c
Soyma Sıcaklığının Etkisi		
32°C	360	1,22 a
50°C	360	1,22 a
Yaşlandırma İşlemi Etkisi		
Öncesi	360	1,47 a
Sonrası	360	0,97 b
Kurutma Sıcaklığının Etkisi		
110°C	240	1,31 a
140°C	240	1,24 b
160°C	240	1,11 c

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.2.2. Eğilme Direnci

Üretilen kontrplak levhalarına ait eğilme direnci değerleri tutkal türüne göre Tablo 29 ve 30'da verilmiştir. Eğilme direnci değerlerinin belirlenmesinde her test grubu için 18'er numune kullanılmıştır.

Tablo 29. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının eğilme direnci değerleri (N/mm²)

Ağaç Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Levha Grubu	Fenol Formaldehit	
				X	S
Sarıçam	32°C	110°C	A1	47,86	5,39
		140°C	A2	50,37	7,18
		160°C	A3	55,72	4,48
	50°C	110°C	A4	52,66	7,10
		140°C	A5	56,37	6,57
		160°C	A6	56,22	9,39
Sahil Çamı	32°C	110°C	B1	45,18	7,78
		140°C	B2	51,86	8,76
		160°C	B3	54,43	8,04
	50°C	110°C	B4	51,45	6,46
		140°C	B5	56,27	5,05
		160°C	B6	51,71	8,52
Karaçam	32°C	110°C	C1	83,06	9,71
		140°C	C2	83,00	6,67
		160°C	C3	85,80	11,43
	50°C	110°C	C4	75,22	10,95
		140°C	C5	75,99	4,84
		160°C	C6	74,66	6,15

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

Tablo 30. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının eğilme direnci değerleri (N/mm²)

Ağaç Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Levha Grubu	Melamin Üre Formaldehit	
				X	S
Sarıçam	32°C	110°C	A7	51,94	4,66
		140°C	A8	50,45	5,30
		160°C	A9	49,74	6,15
	50°C	110°C	A10	64,02	7,03
		140°C	A11	52,97	6,87
		160°C	A12	49,88	5,64
Sahil Çamı	32°C	110°C	B7	53,68	7,21
		140°C	B8	51,23	6,62
		160°C	B9	51,04	5,75
	50°C	110°C	B10	60,95	5,51
		140°C	B11	53,23	8,46
		160°C	B12	50,85	7,92
Karaçam	32°C	110°C	C7	81,22	7,86
		140°C	C8	74,27	11,22
		160°C	C9	74,30	4,45
	50°C	110°C	C10	74,44	6,37
		140°C	C11	70,13	4,34
		160°C	C12	69,99	6,93

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

3.2.2.1. Tutkal Türünün Eğilme Direnci Üzerine Etkisi

Tutkal türü, ağaç türü ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerin kontrplakların eğilme direnci değerleri üzerine etkilerini belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 31’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonunca göre; tutkal türü ve ağaç türünün üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri üzerine etkileri sırasıyla % 5 ve % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması

maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda FF tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Ağaç türleri arasında karaçam kontrplakların eğilme direnci değerleri en yüksek bulunurken, sahil çamı ve sarıçam kontrplakların eğilme direnci değerleri arasında fark bulunmamıştır. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 31. FF ve MÜF tutkalları ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri üzerine tutkal türü ve ağaç türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	82432,617	2	41216,308	781,061	***
B: Tutkal Türünün Etkisi	276,058	1	276,058	5,231	*
Etkileşim AB	1548,685	2	774,342	14,674	***
Hata	32295,037	612	52,770		
Toplam	126599,656	647			

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

Varyans Kaynakları	N	Eğilme Direnci (N/mm ²)	
Ağaç Türünün Etkisi			
Sarıçam	216	53,18	a
Sahil Çamı	216	52,66	a
Karaçam	216	76,84	b
Tutkal Türünün Etkisi			
FF	324	61,55	a
MÜF	324	60,24	b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

Tutkal türü ve ağaç türünün kontrplakların eğilme direnci değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi, grupları birleştirerek değerlendirdiğinden soyma sıcaklığı ve kurutma sıcaklığının levhaların eğilme direnci değerleri üzerine olan etkisi bu analiz ile belirgin olarak ortaya koyulamamıştır. Bu nedenle tutkal türüne göre ayrı ayrı istatistiksel analiz yapılması uygun görülmüştür.

3.2.2.1.1. FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Eğilme Direnci Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi

Ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığının ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin FF tutkalı ile üretilmiş kontrplak levhaların eğilme direnci değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 33'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü ve kurutma sıcaklığının FF tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri üzerine olan etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı iken, soyma sıcaklığının etkisi önemsiz bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda, karaçam kontrplakların eğilme direnci değerleri en yüksektir. Sarıçam ve sahil çamı kontrplakların eğilme direnci değerleri arasında fark yoktur. Kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri en düşük bulunurken, 140 ve 160°C' de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri arasında fark bulunmamıştır. 32 ve 50°C' de soyulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 34'de verilmiştir.

Tablo 33. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların eğilme direnci değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	53044,314	2	26522,157	444,189	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	45,519	1	45,519	0,762	Ö.D.
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	896,507	2	448,253	7,507	***
Etkileşim AB	2556,027	2	1278,014	21,404	***
Etkileşim AC	393,910	4	98,478	1,649	Ö.D.
Etkileşim BC	555,265	2	277,632	4,650	*
Etkileşim ABC	85,136	4	21,284	0,356	Ö.D.
Hata	18271,004	306	59,709		
Toplam	75847,682	323			

Tablo 34. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Eğilme Direnci (N/mm ²)	
Ağaç Türünün Etkisi			
Sarıçam	108	53,20	a
Sahil Çamı	108	51,82	a
Karaçam	108	79,62	b
Soyma Sıcaklığının Etkisi			
32°C	162	61,92	a
50°C	162	61,17	a
Kurutma Sıcaklığının Etkisi			
110°C	108	59,24	a
140°C	108	62,31	b
160°C	108	63,09	b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.2.2.1.2. MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Eğilme Direnci Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi

Ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığı ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplak levhaların eğilme direnci değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 35’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü ve kurutma sıcaklığının üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri üzerine olan etkileri % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı iken, soyma sıcaklığının etkisi önemsizdir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda, sarıçam ve sahil çamı kontrplakların eğilme direnci değerleri karaçam kontrplakların eğilme direnci değerlerinden daha düşüktür. Sarıçam ve sahil çamı kontrplakların eğilme direnci değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri en yüksek bulunmuştur. 140 ve 160°C’ de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri arasında fark bulunmamıştır. 32 ve 50°C’ de soyulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri istatistiksel olarak farksızdır. Varyans

kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 36'da verilmiştir.

Tablo 35. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların eğilme direnci değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	30936,988	2	15468,494	337,518	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	73,822	1	73,822	1,611	Ö.D.
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	2831,578	2	1415,789	30,892	***
Etkileşim AB	1519,315	2	759,657	16,575	***
Etkileşim AC	69,435	4	17,359	0,379	Ö.D.
Etkileşim BC	456,207	2	228,103	4,977	**
Etkileşim ABC	564,537	4	141,134	3,080	*
Hata	14024,034	306	45,830		
Toplam	50475,915	323			

Tablo 36. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Eğilme Direnci (N/mm ²)
Ağaç Türünün Etkisi		
Sarıçam	108	53,17 a
Sahil Çamı	108	53,50 a
Karaçam	108	74,06 b
Soyma Sıcaklığının Etkisi		
32°C	162	59,77 a
50°C	162	60,72 a
Kurutma Sıcaklığının Etkisi		
110°C	108	64,38 a
140°C	108	58,71 b
160°C	108	57,64 b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.2.3. Elastikiyet Modülü

Üretilen kontrplak levhalarına ait elastikiyet modülü değerleri tutkal türüne göre Tablo 37 ve 38’de verilmiştir. Elastikiyet modülü değerlerinin belirlenmesinde her test grubu için 18’ er numune kullanılmıştır.

Tablo 37. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının elastikiyet modülü değerleri (N/mm^2)

Ağaç Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Levha Grubu	Fenol Formaldehit	
				X	S
Sarıçam	32°C	110°C	A1	5281,76	756,54
		140°C	A2	5759,28	832,72
		160°C	A3	6110,08	460,10
	50°C	110°C	A4	5798,28	814,11
		140°C	A5	6571,23	558,23
		160°C	A6	5872,50	489,67
Sahil Çamı	32°C	110°C	B1	3965,01	762,44
		140°C	B2	4525,88	782,07
		160°C	B3	4828,74	757,39
	50°C	110°C	B4	4507,06	621,32
		140°C	B5	5327,16	688,27
		160°C	B6	4723,72	883,13
Karaçam	32°C	110°C	C1	7770,30	854,96
		140°C	C2	8422,78	730,10
		160°C	C3	7985,90	826,30
	50°C	110°C	C4	7303,59	808,58
		140°C	C5	7360,82	702,41
		160°C	C6	7344,16	540,29

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

Tablo 38. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının elastikiyet modülü değerleri (N/mm²)

Ağaç Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Levha Grubu	Melamin Üre Formaldehit	
				X	S
Sarıçam	32°C	110°C	A7	5576,34	317,08
		140°C	A8	5184,18	444,45
		160°C	A9	5177,40	688,48
	50°C	110°C	A10	6358,18	724,68
		140°C	A11	6013,76	623,18
		160°C	A12	5614,96	810,83
Sahil Çamı	32°C	110°C	B7	5110,89	522,00
		140°C	B8	4254,81	541,98
		160°C	B9	3497,01	632,71
	50°C	110°C	B10	4918,58	593,14
		140°C	B11	4890,10	470,72
		160°C	B12	4849,52	490,92
Karaçam	32°C	110°C	C7	7824,38	652,27
		140°C	C8	7807,65	511,80
		160°C	C9	7495,20	703,07
	50°C	110°C	C10	7878,16	723,97
		140°C	C11	7125,39	625,44
		160°C	C12	6592,13	602,55

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

3.2.3.1. Tutkal Türünün Elastikiyet Modülü Üzerine Etkisi

Tutkal türünün kontrplak levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla FF ve MÜF tutkalları ile üretilen levha grupları ele alınmıştır. Tutkal türü, ağaç türü ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerin kontrplakların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkilerini belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 39’da verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonunca göre; tutkal türü ve ağaç türünün üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlıdır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda FF tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Ağaç türleri arasında karaçam kontrplakların elastikiyet modülü değerleri en yüksek bulunurken, sahil çamı kontrplakların elastikiyet modülü değerlerinin en düşük olduğu tespit edilmiştir. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 40'da verilmiştir.

Tablo 39. FF ve MÜF tutkalları ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri üzerine tutkal türü ve ağaç türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	960544379,3	2	480272189,64	1076,05	***
B: Tutkal Türünün Etkisi	5410786,23	1	5410786,23	12,12	***
Etkileşim AB	1231678,08	2	615839,039	1,380	*
Hata	273153306,9	612	446328,93		
Toplam	1368780601	647			

Tablo 40. Kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)
Ağaç Türünün Etkisi		
Sarıçam	216	5776,50 a
Sahil Çamı	216	4616,55 b
Karaçam	216	7575,87 c
Tutkal Türünün Etkisi		
FF	324	6081,01 a
MÜF	324	5898,26 b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

Soyma sıcaklığı ve kurutma sıcaklığının levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine olan etkisi bu analiz ile belirgin olarak ortaya koyulamadığından, kullanım alanı açısından farklı alanlarda tercih edilen, sıcaklık ve pH açısından farklı jelleşme ortamlarına ihtiyaç duyan FF ve MÜF tutkalları ele alınarak tutkal türüne göre ayrı ayrı istatistiksel analiz yapılması uygun görülmüştür.

3.2.3.1.1. FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Elastikiyet Modülü Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi

Ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığı ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin FF tutkalı ile üretilmiş kontrplak levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 41’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü ve kurutma sıcaklığının FF tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri üzerine olan etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı iken, soyma sıcaklığının etkisi önemsizdir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda, karaçam kontrplakların elastikiyet modülü değerlerinin en yüksek, sahil çamı kontrplakların elastikiyet modülü değerlerinin ise en düşük olduğu belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri en düşük bulunurken, 140 ve 160°C’ de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir. 32 ve 50°C’ de soyulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri arasında fark bulunmamıştır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 42’de verilmiştir.

Tablo 41. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	508257940	2	254128970,02	482,33	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	25210,76	1	25210,76	0,048	Ö.D.
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	17391424,73	2	8695712,37	16,50	***
Etkileşim AB	22277223,19	2	11138611,60	21,14	***
Etkileşim AC	1925536,46	4	481384,11	0,91	Ö.D.
Etkileşim BC	4844159,89	2	2422079,95	4,60	*
Etkileşim ABC	6034642,26	4	1508660,57	2,86	*
Hata	161224198,3	306	526876,47		
Toplam	721980335,7	323			

Tablo 42. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	
Ağaç Türünün Etkisi			
Sarıçam	108	5898,86	a
Sahil Çamı	108	4646,26	b
Karaçam	108	7697,93	c
Soyma Sıcaklığının Etkisi			
32°C	162	6072,19	a
50°C	162	6089,84	a
Kurutma Sıcaklığının Etkisi			
110°C	108	5771,00	a
140°C	108	6327,86	b
160°C	108	6144,18	b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.2.3.1.2. MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Elastikiyet Modülü Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi

Ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığının ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplak levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 43’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri üzerine olan etkileri % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlıdır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda, sahil çamı kontrplakların elastikiyet modülü değerleri en düşük, karaçam kontrplakların elastikiyet modülü değerleri ise en yüksek bulunmuştur. Kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri en yüksek, 160°C’ de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri en düşük değerleri göstermiştir. 50°C’ de soyulmuş kaplamalardan MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri, 32°C’ de soyulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerlerinden daha yüksek tespit edilmiştir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 44’de verilmiştir.

Tablo 43. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	453518117,3	2	226759058,6	619,93	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	5349610,20	1	5349610,20	14,62	***
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	29632590,61	2	14816295,30	40,51	***
Etkileşim AB	23953609,3	2	11976804,65	32,74	***
Etkileşim AC	907281,37	4	226820,34	0,62	Ö.D.
Etkileşim BC	89691,60	2	44845,80	0,123	Ö.D.
Etkileşim ABC	16009469,98	4	4002367,50	10,94	***
Hata	111929108,5	306	365781,4		
Toplam	641389478,9	323			

Tablo 44. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)
Ağaç Türünün Etkisi		
Sarıçam	108	5654,14 a
Sahil Çamı	108	4586,82 b
Karaçam	108	7453,82 c
Soyma Sıcaklığının Etkisi		
32°C	162	5769,76 a
50°C	162	6026,75 b
Kurutma Sıcaklığının Etkisi		
110°C	108	6277,76 a
140°C	108	5879,32 b
160°C	108	5537,71 c

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.2.4. Yanal Vida Dayanımı

Üretilen kontrplak levhalarının yanal vida dayanımına ait maksimum yük değerleri Tablo 45'de verilmiştir. Yanal vida dayanımına ait maksimum yük değerlerinin belirlenmesinde her test grubu için 6'şar numune kullanılmıştır.

Tablo 45. Kontrplak levhalarına ait maksimum yük değerleri (kN)

Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Lif Yönü	Levha Grubu	Maksimum Yük (kN)	
				X	S
32°C	110°C	Liflere Paralel	A1PP	1,78	0,13
	140°C		A2PP	1,77	0,10
	160°C		A3PP	1,85	0,09
50°C	110°C		A4PP	1,77	0,08
	140°C		A5PP	1,87	0,06
	160°C		A6PP	1,83	0,07
32°C	110°C	Liflere Dik	A1PR	1,83	0,10
	140°C		A2PR	1,85	0,14
	160°C		A3PR	1,88	0,14
50°C	110°C		A4PR	2,01	0,10
	140°C		A5PR	2,02	0,08
	160°C		A6PR	1,89	0,09
32°C	110°C	Liflere Paralel	B1PP	1,95	0,09
	140°C		B2PP	2,00	0,07
	160°C		B3PP	2,00	0,07
50°C	110°C		B4PP	1,84	0,18
	140°C		B5PP	1,88	0,08
	160°C		B6PP	1,86	0,14
32°C	110°C	Liflere Dik	B1PR	1,86	0,12
	140°C		B2PR	1,86	0,16
	160°C		B3PR	2,00	0,16
50°C	110°C		B4PR	2,04	0,19
	140°C		B5PR	2,09	0,13
	160°C		B6PR	1,84	0,08
32°C	110°C	Liflere Paralel	C1PP	1,80	0,22
	140°C		C2PP	1,80	0,09
	160°C		C3PP	1,88	0,11
50°C	110°C		C4PP	2,01	0,12
	140°C		C5PP	2,01	0,13
	160°C		C6PP	1,84	0,13
32°C	110°C	Liflere Dik	C1PR	2,05	0,16
	140°C		C2PR	2,17	0,19
	160°C		C3PR	2,19	0,17
50°C	110°C		C4PR	2,15	0,16
	140°C		C5PR	2,17	0,20
	160°C		C6PR	2,17	0,18

Maksimum yük belirlenirken, uygulanan yük etkisi altında meydana gelen yerdeğiştirme arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler kullanılarak elde edilen rijitlik,

maksimum yükteki yerdeğiştirme, son yük ve son yükteki yerdeğiştirme değerleri Tablo 46'da verilmiştir.

Tablo 46. Kontrplak levhalarına ait rijitlik, maksimum yükteki yerdeğiştirme, son yük ve son yükteki yerdeğiştirme değerleri

Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Lif Yönü	Levha Grubu	Maksimum Yükteki Yer Değiştirme (mm)	Rijitlik (kN/mm)	Son Yük (kN)	Son Yükteki Yer Değiştirme (mm)
32°C	110°C	Liflere Paralel	A1PP	12,98	1,41	1,42	16,30
	140°C		A2PP	10,17	1,36	1,28	17,45
	160°C		A3PP	17,1	1,43	1,40	18,88
50°C	110°C		A4PP	14,31	1,48	1,58	21,25
	140°C		A5PP	16,16	1,32	1,49	24,65
	160°C		A6PP	15,37	1,75	1,59	23,63
32°C	110°C	Liflere Dik	A1PR	13,34	1,36	1,34	19,89
	140°C		A2PR	11,97	1,51	1,45	18,81
	160°C		A3PR	12,11	1,56	1,40	18,19
50°C	110°C		A4PR	12,06	1,90	1,55	21,54
	140°C		A5PR	9,67	1,84	1,72	16,84
	160°C		A6PR	12,06	1,90	1,55	21,54
32°C	110°C	Liflere Paralel	B1PP	12,38	1,73	1,64	21,22
	140°C		B2PP	13,11	1,91	1,58	24,87
	160°C		B3PP	18,9	1,32	1,66	22,7
50°C	110°C		B4PP	18,03	1,99	1,41	20,18
	140°C		B5PP	21,32	1,68	1,49	31,97
	160°C		B6PP	18,57	2,15	1,45	29,47
32°C	110°C	Liflere Dik	B1PR	13,66	1,51	1,38	25,4
	140°C		B2PR	13,25	1,99	1,74	29,85
	160°C		B3PR	17,22	1,94	1,64	29,44
50°C	110°C		B4PR	16,50	2,10	1,65	24,17
	140°C		B5PR	18,96	1,96	1,52	27,59
	160°C		B6PR	13,05	1,86	1,45	18,44
32°C	110°C	Liflere Paralel	C1PP	15,93	1,99	1,3	30,48
	140°C		C2PP	16,55	1,90	1,45	29
	160°C		C3PP	13,12	1,79	1,48	28,89
50°C	110°C		C4PP	18,6	1,77	1,69	23,39
	140°C		C5PP	17,1	1,73	1,55	29,84
	160°C		C6PP	19,64	1,78	1,47	26,32
32°C	110°C	Liflere Dik	C1PR	23,16	2,38	1,64	30,22
	140°C		C2PR	14,66	2,52	1,76	36,8
	160°C		C3PR	15,39	2,28	1,65	33,98
50°C	110°C		C4PR	13,04	2,06	1,8	26,9
	140°C		C5PR	21,47	1,95	1,73	29,9
	160°C		C6PR	13,36	1,92	1,65	27,52

3.3. Kontrplak Fiziksel Özellikleri

3.3.1. Özgül Ağırlık

Üretilen kontrplak levhalarına ait özgül ağırlık değerleri tutkal türüne göre Tablo 47 ve 48’de verilmiştir. Özgül ağırlık değerlerinin belirlenmesinde her test grubu için 20’ şer numune kullanılmıştır.

Tablo 47. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının özgül ağırlık değerleri (gr/cm³)

Ağaç Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Levha Grubu	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	
				X	S
Sarıçam	32°C	110°C	A1	0,52	0,03
		140°C	A2	0,51	0,02
		160°C	A3	0,50	0,02
	50°C	110°C	A4	0,58	0,02
		140°C	A5	0,58	0,03
		160°C	A6	0,54	0,04
Sahil Çamı	32°C	110°C	B1	0,53	0,03
		140°C	B2	0,53	0,02
		160°C	B3	0,54	0,04
	50°C	110°C	B4	0,54	0,04
		140°C	B5	0,54	0,03
		160°C	B6	0,51	0,04
Karaçam	32°C	110°C	C1	0,63	0,02
		140°C	C2	0,63	0,02
		160°C	C3	0,64	0,02
	50°C	110°C	C4	0,59	0,02
		140°C	C5	0,59	0,02
		160°C	C6	0,59	0,02

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

Tablo 48. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının özgül ağırlık değerleri (gr/cm³)

Ağaç Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Levha Grubu	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	
				X	S
Sarıçam	32°C	110°C	A7	0,49	0,02
		140°C	A8	0,50	0,02
		160°C	A9	0,49	0,02
	50°C	110°C	A10	0,58	0,02
		140°C	A11	0,55	0,02
		160°C	A12	0,54	0,02
Sahil Çamı	32°C	110°C	B7	0,53	0,02
		140°C	B8	0,56	0,04
		160°C	B9	0,59	0,03
	50°C	110°C	B10	0,57	0,03
		140°C	B11	0,53	0,03
		160°C	B12	0,52	0,02
Karaçam	32°C	110°C	C7	0,66	0,02
		140°C	C8	0,66	0,03
		160°C	C9	0,65	0,02
	50°C	110°C	C10	0,63	0,02
		140°C	C11	0,60	0,03
		160°C	C12	0,62	0,02

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

3.2.1.1. Tutkal Türünün Özgül Ağırlık Üzerine Etkisi

Tutkal türünün kontrplak levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla FF ve MÜF tutkalları ile üretilen levha grupları ele alınmıştır. Tutkal türü, ağaç türü ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerin kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine etkilerini belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 49'da verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonunca göre; tutkal türü ve ağaç türünün üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri FF tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Ağaç türleri arasında karaçam kontrplakların özgül ağırlık değerleri en yüksek bulunurken, en düşük özgül ağırlık değerleri sarıçam kontrplaklarda elde edilmiştir. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 50’de verilmiştir.

Tablo 49. FF ve MÜF tutkalları ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine tutkal türü ve ağaç türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	1,252	2	0,626	882,369	***
B: Tutkal Türünün Etkisi	0,014	1	0,006	8,622	***
Etkileşim AB	0,045	2	0,023	31,748	***
Hata	0,485	684	0,001		
Toplam	2,307	719			

Tablo 50. Kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)
Ağaç Türünün Etkisi		
Sarıçam	240	0,53 a
Sahil Çamı	240	0,54 b
Karaçam	240	0,62 c
Tutkal Türünün Etkisi		
FF	360	0,562 a
MÜF	360	0,571 b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

Tutkal türü ve ağaç türünün kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi, grupları birleştirerek değerlendirdiğinden dolayı soyma sıcaklığı ve kurutma sıcaklığının levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine olan etkisi bu analiz ile belirgin olarak ortaya koyulamamıştır. Bu nedenle tutkal türüne göre ayrı ayrı istatistiksel analiz yapılması uygun görülmüştür.

3.2.1.1.1. FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Özgül Ağırlık Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi

Ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığı ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin FF tutkalı ile üretilmiş kontrplak levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 51’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü ve kurutma sıcaklığının üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine olan etkileri sırasıyla % 0.1 ve % 5 yanılma olasılığı ile anlamlı iken, soyma sıcaklığının etkisi önemsizdir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda, karaçam kontrplakların özgül ağırlık değerleri en yüksek bulunurken, sarıçam ve sahil çamı kontrplakların özgül ağırlık değerleri arasında fark bulunmamıştır. Kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerlerinin 160°C’ de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 32 ve 50°C’ de soyulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri arasında istatistiksel bir fark görülmemiştir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 52’de verilmiştir.

Tablo 51. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	0,447	2	0,223	291,276	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	4,011E-05	1	4,011E-05	0,052	Ö.D.
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	0,006	2	0,003	3,975	*
Etkileşim AB	0,182	2	0,091	118,607	***
Etkileşim AC	0,027	4	0,007	8,670	***
Etkileşim BC	0,021	2	0,010	13,455	***
Etkileşim ABC	0,015	4	0,004	4,939	***
Hata	0,262	342	0,001		
Toplam	0,960	359			

Tablo 52. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	
Ağaç Türünün Etkisi			
Sarıçam	120	0,536	a
Sahil Çamı	120	0,537	a
Karaçam	120	0,611	b
Soyma Sıcaklığının Etkisi			
32°C	180	0,561	a
50°C	180	0,562	a
Kurutma Sıcaklığının Etkisi			
110°C	120	0,567	a
140°C	120	0,561	ab
160°C	120	0,556	b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.2.1.1.2. MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Özgül Ağırlık Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi

Ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığının ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplak levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 53'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü ve kurutma sıcaklığının üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine olan etkileri sırasıyla % 0,1 ve % 1 yanılma olasılığı ile anlamlı iken, soyma sıcaklığının etkisi önemsizdir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda, MÜF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların özgül ağırlık değerleri en yüksek, sarıçam kontrplakların özgül ağırlık değerleri ise en düşük belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri en yüksek bulunmuştur. 140 ve 160°C' de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri arasında fark görülmemiştir. 32 ve 50°C' de soyulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri de istatistiksel açıdan birbirinden farksızdır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 54'de verilmiştir.

Tablo 53. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların özgül ağırlık değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	0,851	2	0,425	652,005	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	5,942E-05	1	5,942E-05	0,091	Ö.D.
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	0,007	2	0,003	5,220	**
Etkileşim AB	0,166	2	0,083	127,401	***
Etkileşim AC	0,007	4	0,002	2,783	*
Etkileşim BC	0,044	2	0,22	33,381	***
Etkileşim ABC	0,035	4	0,009	13,533	***
Hata	0,223	342	0,001		
Toplam	1,333	359			

Tablo 54. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)
Ağaç Türünün Etkisi		
Sarıçam	120	0,524 a
Sahil Çamı	120	0,550 b
Karaçam	120	0,638 c
Soyma Sıcaklığının Etkisi		
32°C	180	0,571 a
50°C	180	0,570 a
Kurutma Sıcaklığının Etkisi		
110°C	120	0,577 a
140°C	120	0,567 b
160°C	120	0,567 b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.3.2. Denge Rutubeti Miktarı

Üretilen kontrplak levhalarına ait rutubet değerleri tutkal türüne göre Tablo 55 ve 56'da verilmiştir. Rutubet değerlerinin belirlenmesinde her test grubu için 20' şer numune kullanılmıştır.

Tablo 55. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının rutubet değerleri (%)

Ağaç Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Levha Grubu	Rutubet (%)	
				X	S
Sarıçam	32°C	110°C	A1	11,39	0,43
		140°C	A2	10,63	0,56
		160°C	A3	10,59	0,29
	50°C	110°C	A4	11,39	0,57
		140°C	A5	11,11	0,29
		160°C	A6	10,05	0,42
Sahil Çamı	32°C	110°C	B1	10,02	0,35
		140°C	B2	9,86	0,18
		160°C	B3	9,78	0,14
	50°C	110°C	B4	9,89	0,26
		140°C	B5	9,82	0,16
		160°C	B6	9,64	0,22
Karaçam	32°C	110°C	C1	9,62	0,20
		140°C	C2	9,40	0,17
		160°C	C3	9,26	0,16
	50°C	110°C	C4	9,58	0,17
		140°C	C5	9,54	0,20
		160°C	C6	9,47	0,16

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

Tablo 56. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarının rutubet değerleri (%)

Ağaç Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Levha Grubu	Rutubet (%)	
				X	S
Sarıçam	32°C	110°C	A7	11,84	0,30
		140°C	A8	11,31	0,19
		160°C	A9	10,75	0,26
	50°C	110°C	A10	11,35	0,29
		140°C	A11	10,82	0,18
		160°C	A12	10,80	0,20
Sahil Çamı	32°C	110°C	B7	11,41	0,30
		140°C	B8	10,88	0,22
		160°C	B9	10,48	0,20
	50°C	110°C	B10	11,79	0,19
		140°C	B11	11,52	0,19
		160°C	B12	10,94	0,17
Karaçam	32°C	110°C	C7	11,05	0,17
		140°C	C8	10,30	0,10
		160°C	C9	10,04	0,10
	50°C	110°C	C10	11,00	0,16
		140°C	C11	10,54	0,21
		160°C	C12	10,50	0,21

x: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

3.2.1.1. Tutkal Türünün Kontrplakların Denge Rutubeti Üzerine Etkisi

Tutkal türünün kontrplak levhaların denge rutubeti değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla FF ve MÜF tutkalları ile üretilen levha grupları ele alınmıştır. Tutkal türü, ağaç türü ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerin kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine etkilerini belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 57'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonunca göre; tutkal türü ve ağaç türünün üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubeti değerlerinin FF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubeti değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ağaç türleri arasında karaçam kontrplakların denge rutubeti değerleri en düşük bulunurken, en yüksek denge rutubeti değerleri sarıçam kontrplaklarda elde edilmiştir. Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 58’de verilmiştir.

Tablo 57. FF ve MÜF tutkalları ile üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine tutkal türü ve ağaç türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	114,434	2	57,217	763,818	***
B: Tutkal Türünün Etkisi	147,435	1	147,435	1968,17	***
Etkileşim AB	36,119	2	18,060	241,088	***
Hata	51,238	684	0,075		
Toplam	438,540	719			

Tablo 58. Kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Denge Rutubeti (%)
Ağaç Türünün Etkisi		
Sarıçam	240	11,00 a
Sahil Çamı	240	10,50 b
Karaçam	240	10,03 c
Tutkal Türünün Etkisi		
FF	360	10,06 a
MÜF	360	10,97 b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

Tutkal türü ve ağaç türünün kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi, grupları birleştirerek değerlendirdiğinden dolayı soyma sıcaklığı ve kurutma sıcaklığının levhaların denge rutubeti değerleri üzerine olan etkisi bu analiz ile belirgin olarak ortaya koyulamamıştır. Bu nedenle tutkal türüne göre ayrı ayrı istatistiksel analiz yapılması uygun görülmüştür.

3.2.1.1.1. FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Denge Rutubeti Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi

Ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığı ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin FF tutkalı ile üretilmiş kontrplak levhaların denge rutubeti değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 59'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü ve kurutma sıcaklığının üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine olan etkileri % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı iken, soyma sıcaklığının etkisi önemsizdir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda, karaçam kontrplakların denge rutubeti değerleri en düşük, sarıçam kontrplakların denge rutubeti değerlerinin ise en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri en yüksek, 160°C' de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri ise en düşüktür. 32 ve 50°C' de soyulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri arasında fark bulunmamıştır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 60'da verilmiştir.

Tablo 59. FF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların denge rutubeti değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	123,374	2	61,687	606,013	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	0,001	1	0,001	0,011	Ö.D.
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	10,739	2	5,370	52,751	***
Etkileşim AB	0,669	2	0,334	3,285	*
Etkileşim AC	13,037	4	3,259	32,019	***
Etkileşim BC	2,863	2	1,432	14,063	***
Etkileşim ABC	4,148	4	1,037	10,188	***
Hata	34,813	342	0,102		
Toplam	189,644	359			

Tablo 60. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Denge Rutubeti (%)	
Ağaç Türünün Etkisi			
Sarıçam	120	10,86	a
Sahil Çamı	120	9,84	a
Karaçam	120	9,48	b
Soyma Sıcaklığının Etkisi			
32°C	180	10,06	a
50°C	180	10,06	a
Kurutma Sıcaklığının Etkisi			
110°C	120	10,28	a
140°C	120	10,05	ab
160°C	120	9,85	b

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.2.1.1.2. MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplak Levhaların Denge Rutubeti Değerleri Üzerine Ağaç Türü, Kurutma Sıcaklığı ve Soyma Sıcaklığının Etkisi

Ağaç türü, kurutma sıcaklığı, soyma sıcaklığının ve bu işlemlerin karşılıklı etkileşimlerinin MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplak levhaların denge rutubeti değerleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 61'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kurutma sıcaklığının üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine olan etkileri % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlıdır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonucunda, MÜF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların denge rutubeti değerleri en düşük tespit edilmiştir. Sarıçam ve sahil çamı kontrplakların denge rutubeti değerleri arasındaki fark önemsizdir. Kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri en yüksek, 160°C' de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri en düşük bulunmuştur. 32°C' de soyulmuş kaplamalardan MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri, 50°C' de soyulmuş kaplamalardan üretilen kontrplakların denge rutubeti değerlerinden daha düşük belirlenmiştir. Varyans kaynakları

ortalamalarının karşılaştırılması maksadıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 62’de verilmiştir.

Tablo 61. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların denge rutubeti değerleri üzerine ağaç türü, kurutma sıcaklığı ve soyma sıcaklığının etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A: Ağaç Türünün Etkisi	27,179	2	13,590	282,961	***
B: Soyma Sıcaklığının Etkisi	1,645	1	1,645	34,259	***
C: Kurutma Sıcaklığının Etkisi	37,447	2	18,724	389,859	***
Etkileşim AB	10,030	2	5,015	104,424	***
Etkileşim AC	0,351	4	0,088	1,828	Ö.D.
Etkileşim BC	1,603	2	0,801	16,688	***
Etkileşim ABC	6,780	4	1,695	35,292	***
Hata	16,425	342	0,048		
Toplam	101,462	359			

Tablo 62. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubeti değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)

Varyans Kaynakları	N	Denge Rutubeti (%)
Ağaç Türünün Etkisi		
Sarıçam	120	11,15 a
Sahil Çamı	120	11,17 a
Karaçam	120	10,58 b
Soyma Sıcaklığının Etkisi		
32°C	180	10,90 a
50°C	180	11,03 a
Kurutma Sıcaklığının Etkisi		
110°C	120	11,41 a
140°C	120	10,83 b
160°C	120	10,66 c

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir

3.3.3. Isı İletkenlik Katsayısı

Üretilen kontrplak levhalara ait ısı iletim katsayısı değerleri ağaç türüne göre Tablo 63, 64 ve 65’de verilmiştir. Her test grubuna ait ısı iletim katsayısı değerlerinin belirlenmesinde 5’er numune kullanılmıştır.

Tablo 63. Sarıçam kontrplak levhalara ait yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ısı iletim katsayısı değerleri (Kcal/mh°C)

Tutkal Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Lif Yönü	Levha Grubu	Isı İletim Katsayısı (Kcal/mh°C)			
					Yaşlandırma Öncesi		Yaşlandırma Sonrası	
					X	S	X	S
FF	32°C	110°C	Liflere Paralel	A1PP	0,12	0,003	0,11	0,005
		140°C		A2PP	0,11	0,001	0,10	0,002
		160°C		A3PP	0,11	0,004	0,10	0,003
	50°C	110°C		A4PP	0,13	0,008	0,12	0,006
		140°C		A5PP	0,13	0,004	0,11	0,001
		160°C		A6PP	0,12	0,004	0,12	0,001
	32°C	110°C	Liflere Dik	A1PR	0,14	0,008	0,12	0,012
		140°C		A2PR	0,12	0,001	0,12	0,010
		160°C		A3PR	0,13	0,002	0,12	0,009
	50°C	110°C		A4PR	0,15	0,008	0,13	0,005
		140°C		A5PR	0,14	0,005	0,13	0,005
		160°C		A6PR	0,14	0,003	0,14	0,006
MÜF	32°C	110°C	Liflere Paralel	A7PP	0,10	0,002	0,10	0,002
		140°C		A8PP	0,11	0,003	0,10	0,001
		160°C		A9PP	0,11	0,001	0,10	0,003
	50°C	110°C		A10PP	0,13	0,002	0,11	0,008
		140°C		A11PP	0,12	0,003	0,11	0,002
		160°C		A12PP	0,12	0,001	0,11	0,005
	32°C	110°C	Liflere Dik	A7PR	0,13	0,003	0,12	0,001
		140°C		A8PR	0,14	0,003	0,12	0,002
		160°C		A9PR	0,13	0,001	0,12	0,006
	50°C	110°C		A10PR	0,14	0,001	0,13	0,004
		140°C		A11PR	0,14	0,002	0,13	0,005
		160°C		A12PR	0,14	0,001	0,12	0,002

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

PP: Liflere paralel; PR: Liflere dik

Tablo 64. Sahil çamı kontrplak levhalara ait yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ısı iletim katsayısı değerleri (Kcal/mh°C)

Tutkal Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Lif Yönü	Levha Grubu	Isı İletim Katsayısı (Kcal/mh°C)			
					Yaşlandırma Öncesi		Yaşlandırma Sonrası	
					X	S	X	S
FF	32°C	110°C 140°C 160°C	Liflere Paralel	B1PP	0,13	0,012	0,13	0,001
				B2PP	0,13	0,003	0,12	0,007
				B3PP	0,12	0,001	0,13	0,002
	B4PP	0,14		0,006	0,12	0,001		
	B5PP	0,12		0,010	0,10	0,002		
	B6PP	0,11		0,007	0,12	0,002		
	50°C	110°C 140°C 160°C	Liflere Dik	B1PR	0,16	0,005	0,12	0,003
				B2PR	0,17	0,010	0,13	0,006
				B3PR	0,14	0,003	0,14	0,001
		B4PR		0,14	0,008	0,14	0,004	
		B5PR		0,13	0,002	0,11	0,001	
		B6PR		0,15	0,010	0,14	0,010	
MÜF	32°C	110°C 140°C 160°C	Liflere Paralel	B7PP	0,12	0,001	0,12	0,005
				B8PP	0,16	0,013	0,12	0,012
				B9PP	0,13	0,005	0,13	0,009
	B10PP	0,13		0,009	0,12	0,003		
	B11PP	0,10		0,004	0,10	0,002		
	B12PP	0,12		0,010	0,11	0,001		
	50°C	110°C 140°C 160°C	Liflere Dik	B7PR	0,14	0,001	0,14	0,010
				B8PR	0,14	0,008	0,13	0,002
				B9PR	0,17	0,001	0,16	0,003
		B10PR		0,15	0,001	0,14	0,004	
		B11PR		0,14	0,001	0,13	0,002	
		B12PR		0,13	0,001	0,12	0,001	

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

PP: Liflere paralel; PR: Liflere dik

Tablo 65. Karaçam kontrplak levhalara ait yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ısı iletim katsayısı değerleri (Kcal/mh°C)

Tutkal Türü	Soyma Sıcaklığı	Kaplama Kurutma Sıcaklığı	Lif Yönü	Levha Grubu	Isı İletim Katsayısı (Kcal/mh°C)				
					Yaşlandırma Öncesi		Yaşlandırma Sonrası		
					X	S	X	S	
FF	32°C	110°C	Liflere Paralel	C1PP	0,15	0,001	0,13	0,014	
		140°C		C2PP	0,14	0,001	0,14	0,003	
		160°C		C3PP	0,14	0,001	0,14	0,015	
	50°C	110°C		C4PP	0,12	0,001	0,12	0,010	
		140°C		C5PP	0,13	0,001	0,12	0,003	
		160°C		C6PP	0,12	0,001	0,13	0,003	
	32°C	110°C	Liflere Dik	C1PR	0,17	0,003	0,14	0,003	
				140°C	C2PR	0,16	0,001	0,16	0,006
				160°C	C3PR	0,17	0,003	0,16	0,008
		50°C		110°C	C4PR	0,15	0,001	0,15	0,001
				140°C	C5PR	0,16	0,002	0,14	0,001
				160°C	C6PR	0,16	0,001	0,14	0,005
MÜF	32°C	110°C	Liflere Paralel	C7PP	0,15	0,001	0,13	0,004	
		140°C		C8PP	0,15	0,001	0,14	0,012	
		160°C		C9PP	0,14	0,003	0,13	0,002	
	50°C	110°C		C10PP	0,13	0,001	0,12	0,003	
		140°C		C11PP	0,13	0,005	0,13	0,003	
		160°C		C12PP	0,13	0,007	0,13	0,002	
	32°C	110°C	Liflere Dik	C7PR	0,16	0,003	0,15	0,006	
				140°C	C8PR	0,18	0,002	0,15	0,002
				160°C	C9PR	0,20	0,004	0,15	0,009
		50°C		110°C	C10PR	0,15	0,006	0,12	0,007
				140°C	C11PR	0,16	0,001	0,15	0,002
				160°C	C12PR	0,16	0,002	0,16	0,006

X: Aritmetik ortalama; S: Standart sapma değeridir.

PP: Liflere paralel

PR: Liflere dik

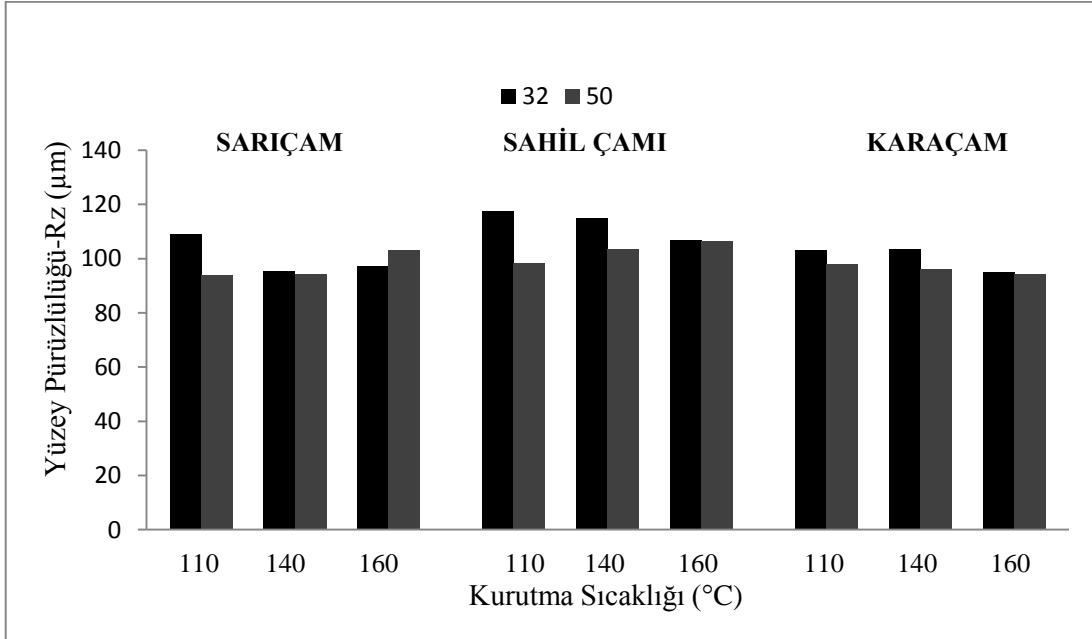
4. İRDELEME

4.1. Kaplama Yüzey Özellikleri

4.1.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Kontrplakların üretiminde kullanılan kaplamaların yüzey pürüzlülüğü değerleri; kullanılan ağaç türüne, tomrukların soyulma anındaki sıcaklıklarına ve kaplama kurutma sıcaklığı gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir.

Çalışma kapsamında üretilen kaplamaların yüzey pürüzlülüğü üzerine ağaç türü, soyma anındaki tomruk sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi Şekil 34'de gösterilmiştir.



Şekil 34. Ağaç türü, soyma anındaki tomruk sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının kaplamaların yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi

Şekil 34'den görüleceği üzere en pürüzlü yüzeyler sahil çamı kaplama levhalarında, en düzgün yüzeyler ise karaçam kaplamalarda tespit edilmiştir. İstatistiksel açıdan karaçam ve sarıçam ağaç türlerinden elde edilen kaplamaların yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki fark belirgin değildir. Ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkili olan faktörlerin başında anatomik yapıdan kaynaklanan farklılıklar gelmektedir (Sieminsky ve Skarzynska, 1989; Malkoçoğlu, 2007; Özdemir ve Hızıroğlu, 2009). Genel olarak yumuşak odunların yüzeyleri, sert odunlarinkine göre daha pürüzlüdür (Hızıroğlu, 1996; Aydın ve Çolakoğlu, 2003; Nemli vd., 2005). Ayrıca yıllık halka genişliği, kaplama üretiminde kullanılan odunun özgül ağırlığı, hammadde depolama koşulları ve kaplama üretimi için ön hazırlık işlemleri de yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olmaktadır (Hecker and Becker, 1995). Tomrukların kaplama üretimi öncesi tabii tutuldukları buharlama işlemi yanında, kaplamaların soyulması sırasındaki makine ayarları, bıçak ve basınç latası arasındaki açı ve açıklıkların türlere uygun olarak ayarlanmış olması da kaplama yüzeyini etkilemektedir (Lutz, 1978). Dolayısı ile özgül ağırlığı en yüksek tür olan karaçam tomrukunun soyma işleminde daha düzgün yüzey vermesi beklenen bir sonuçtur. İstatistiksel analiz incelendiğinde; aralarındaki yoğunluk farkına rağmen, karaçam ile sarıçamın yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında belirgin bir fark tespit edilmemiştir. Yoğunluk açısından düşünüldüğünde karaçam kaplamalarda daha düzgün yüzeylerin elde edilmesi beklenebilir.

Şekil 34'den görüldüğü üzere soyma sıcaklığının artması ile her üç ağaç türünden de elde edilen kaplamaların yüzey pürüzlülüğü değerlerinin genel olarak azaldığı görülmektedir. İstatistiksel olarak da soyma sıcaklığının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur. 50°C'de soyulmuş kaplamalar, 32°C'de soyulmuş kaplamalara göre daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri vermiştir. Soyma sıcaklığının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini araştırmak amacıyla yapılmış çalışmalarda farklı sonuçlar belirlenmiştir. Kantay vd. tarafından yürütülmüş bir çalışmaya göre, soyma sıcaklığının artması ile yüzey pürüzlülüğünün olumsuz etkilendiği belirlenmiştir (Kantay vd., 2003). Soyma sıcaklığının ladin kaplamaların yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise; 32 ve 52°C olmak üzere iki farklı soyma sıcaklığı kullanılmış ve 52°C'de soyulan kaplamaların daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri verdiği belirlenmiştir (Aydın vd., 2006). Ladin, çam ve göknar üzerine yapılan benzer bir çalışmada ise 32°C'de soyulan tomruklardan elde edilen kaplamaların 55°C'de soyulanlardan daha düzgün yüzey verdiği

bulunmuştur. Bu farklılığın, kullanılan ağaç türlerinden, soyma işleminin gerçekleştirildiği ortam koşullarından ve soyma makinesi ayarlarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kurutma sıcaklığının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi, istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. Fakat Şekil 34'den görüleceği üzere; kurutma sıcaklığının etkisi ağaç türlerine göre ayrılarak incelendiğinde kurutma sıcaklığının artması ile genel olarak yüzey pürüzlülüğü değerlerinde bir düşüş meydana geldiği görülmektedir. Meşe kaplamalar üzerine yapılan bir çalışmada, kurutma sıcaklığının artması ile yüzey pürüzlülüğünün bir miktar azaldığı belirlenmiştir (Korkut ve Akgül, 2007). Yapılan bir diğer çalışmada ise kesme kaplamaların yüzey pürüzlülüğü üzerine 100, 115 ve 130°C'de uygulanan kurutma sıcaklıklarının önemli bir etkisinin bulunmadığını belirlenmiştir. (Ünsal vd., 2005). Yapılan benzer bir çalışmada da, kesme kaplamaların yüzey pürüzlülüğü üzerine 80, 95 ve 105°C'de uygulanan kaplama kurutma sıcaklıklarının önemli bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir (Dündar vd., 2008). Kaplama kurutma sıcaklığı ve buharlama işleminin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, kaplama kurutma sıcaklığının artması ile buharlama işlemi görmemiş tomruklardan elde edilen kaplamaların yüzey pürüzlülüğünde önemli bir fark meydana gelmediği, buharlanmış grupların yüzey pürüzlülüklerinde ise bir miktar azalma olduğu belirlenmiştir (Aydın, 2004). Bu çalışmaların aksine doğu kayını, sakallı kızıl ağaç ve doğu ladini kaplamalarının yüzey pürüzlülüğünün araştırıldığı bir çalışmada, kurutma sıcaklığının artması ile kaplama yüzey pürüzlülüğünün arttığı tespit edilmiştir (Aydın ve Çolakoğlu, 2002a).

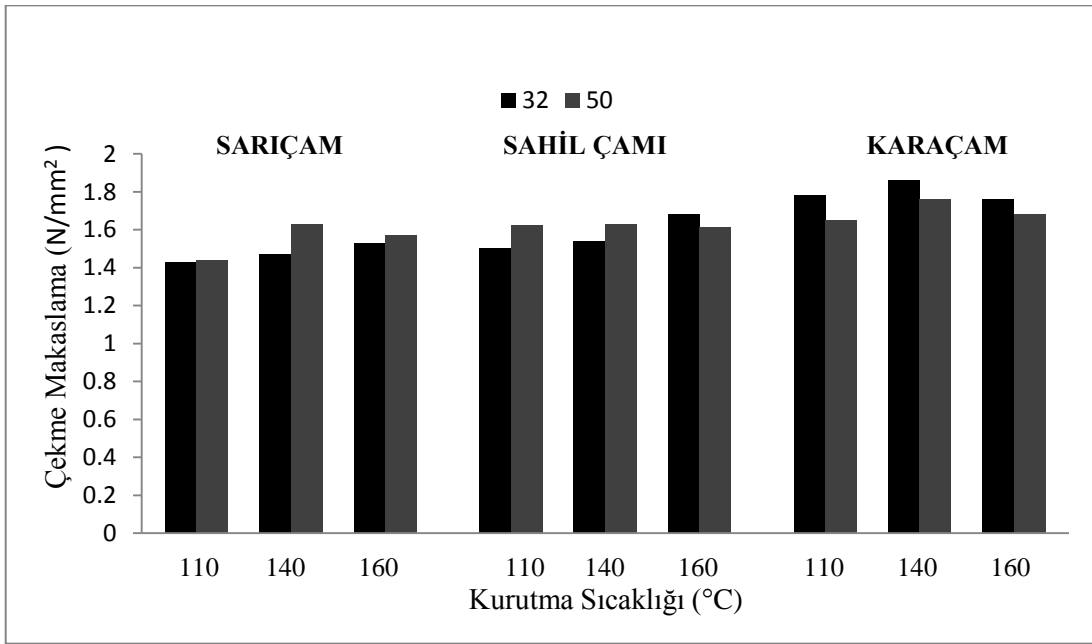
4.2. Kontrplak Mekanik Özellikleri

4.2.1. Çekme-Makaslama Direnci

Yapılan çalışma kapsamında üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri; levhaların üretildiği ağaç türüne, soyma işlemi anındaki tomruk sıcaklığına, kaplama kurutma sıcaklığına, tutkal türüne ve kontrplaklara uygulanan yaşlandırma işlemi gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermiştir. Çalışmada kullanılan kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci üzerine araştırılan bu faktörlerin etkisi tutkal türüne göre ayrı ayrı ele alınmıştır.

4.2.1.1. Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Çekme Makaslama Direnci Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi

Fenol formaldehit (FF) tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi her üç ağaç türü için Şekil 35’de gösterilmiştir.



Şekil 35. Ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının FF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkisi

Şekil 35’den görüleceği üzere ağaç türüne göre en yüksek çekme-makaslama direnci karaçam, en düşük ise sarıçam kaplamalardan üretilen kontrplaklar için bulunmuştur. Bunun nedeni olarak karaçam odununun yüksek özgül ağırlığa sahip olması gösterilebilir. Odunun özgül ağırlığı arttıkça yapışma direncinin de iyileştiği literatürde belirtilmektedir (Aydın, 2004; Örs vd., 2002). 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 ve ark., 2007; Jin ve Dai, 2004). Ayrıca yüzey pürüzlülüğü açısından daha düzgün yüzeyler veren karaçam kaplamalardan üretilen levhaların daha yüksek dirence sahip olması beklenen bir sonuçtur. Yüzey pürüzlülüğünün tutkallama işleminin

başarısını ve dolayısı ile yapışma direncini etkilediği bilinmektedir (Aydın, 2004; Hse, 1972). Yüzey pürüzlülüğü, tutkalın kaplama içersine aşırı miktarda girişine neden olabilmekte ve bu durumda tutkal hattında yeterli miktarda tutkal kalmadığından yapışma direnci olumsuz etkilenebilmektedir (Neese ve ark., 2004).

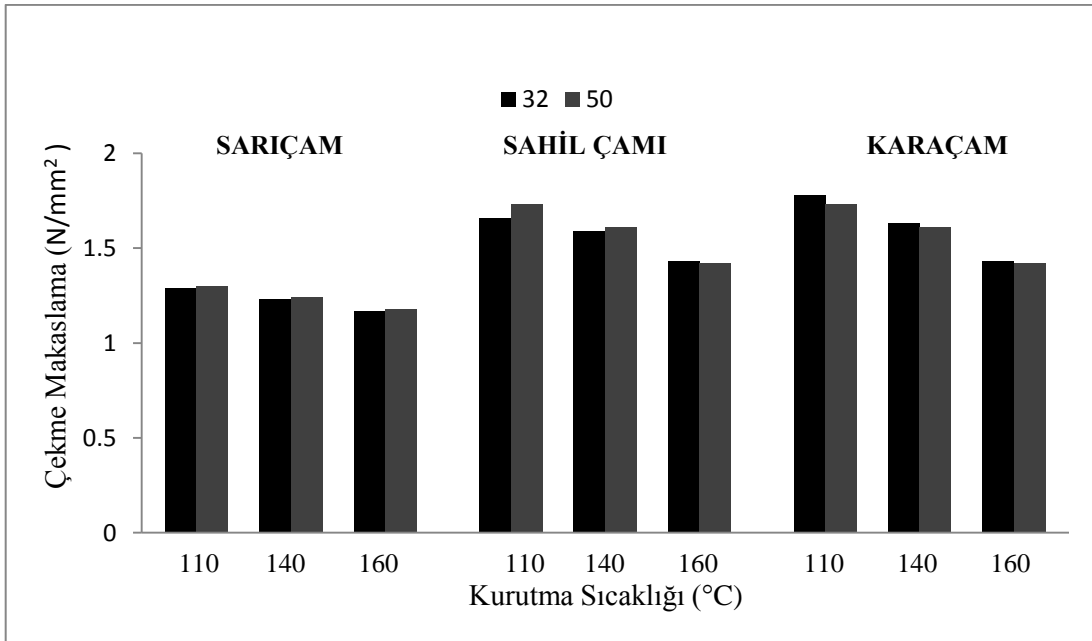
Soyma sıcaklığının üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamasına rağmen Şekil 35 incelendiğinde ağaç türlerine göre çekme-makaslama direnci değerlerinde bir miktar değişimlerin olduğu görülmektedir. Özgül ağırlığı daha yüksek olan karaçam türü için soyma sıcaklığının artması ile her üç kaplama kurutma sıcaklığı için çekme makaslama direncinde de bir miktar düşüş olduğu görülmektedir. Özgül ağırlığı daha düşük olan sarıçam ve sahil çamı türleri için ise soyma sıcaklığının artması ile çekme-makaslama direnci değerleri genel olarak bir miktar artmıştır. Ladin tomrukuların soyma sıcaklıklarının kaplamaların yüzey pürüzlülüğü, ıslanabilme, renk değişimi ve kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada; soyma sıcaklığının 32°C' den 50°C' ye çıkarılması ile FF ve ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme makaslama direncinde artış olduğu belirlenmiştir (Aydın vd., 2006). Soyma sıcaklığının artması ile yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen azalmanın da yapışma direncindeki değişime etkiye bulunduğu söylenebilir.

Kurutma sıcaklığının FF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkisi incelendiğinde, en düşük çekme-makaslama direnci değerlerinin 110°C'de kurutulmuş kaplamalardan üretilen levhalarda görülmektedir. İstatistiksel olarak 140 ve 160°C'de kurutulmuş kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri arasındaki farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir. Üretilen levhaların denge rutubetlerine bakıldığında 160°C'de kurutulan ve FF tutkalı ile üretilen kontrplakların daha düşük denge rutubetine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle yüksek sıcaklıkta kurutulmuş kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen levhaların daha yüksek çekme-maksalama direnci değerleri vermesi beklenebilir. Çünkü fenol formaldehit tutkalının en iyi sonuçları vermesi için kontrplak üretimi öncesi en uygun kaplama rutubetinin %3-5 olması tavsiye edilmektedir (Xu ve Groves, 2008). Uygulanan kurutma sıcaklıkları sonrası 160°C'de kurutulan kaplamaların bu değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Ayrıca FF, UF ve MUF tutkallarının kullanıldığı bir çalışmada düşük rutubet derecesine sahip LVL levhaların daha iyi mekanik özellikler gösterdiği ve FF tutkalı ile üretilen örnekler için bu iyileşmenin daha belirgin olduğu belirtilmiştir (Çolak ve ark., 2004). Bir diğer çalışmada

150°C’de kurutulmuş kayın kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direncinin, 110°C’de kurutulmuş kaplamalardan üretilenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Aydın, 2004). Farklı bir çalışmada ise, okaliptüs odunları için en iyi kurutma sıcaklıklarının 150-160°C olduğu rapor edilmiştir (Aydın, 2004).

4.2.1.2. Melamin-Üre Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Çekme Makaslama Direnci Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi

Her üç ağaç türü için melamin-üre formaldehit (MÜF) tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi Şekil 36’da gösterilmiştir.



Şekil 36. Ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkisi

Şekil 36’dan görüleceği üzere MÜF tutkalı ile üretilen kontrplaklar için ağaç türüne göre en yüksek çekme-makaslama direnci karaçam, en düşük ise sarıçamda tespit edilmiştir. FF tutkalı ile üretilen levhalar için de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak karaçam odununun daha yüksek özgül ağırlığa sahip olması gösterilebilir. Odunun özgül ağırlığı arttıkça yapışma direncinin de iyileştiği literatürde belirtilmektedir.

(Aydın, 2004; Örs ve ark., 2002). Ayrıca yüzey pürüzlülüğü açısından daha düzgün yüzeyler veren karaçam kaplamaların çekme-makaslama direncinin daha yüksek olması beklenen bir sonuçtur.

Soyma sıcaklığının MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamasına rağmen Şekil 36 incelendiğinde ağaç türlerine göre çekme-makaslama direnci değerlerinde bir miktar değişimlerin olduğu görülmektedir. Özgül ağırlığı daha yüksek olan karaçam türü için soyma sıcaklığının artması ile her üç kaplama kurutma sıcaklığı için çekme makaslama direncinde de bir miktar düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Özgül ağırlığı daha düşük olan sarıçam ve sahil çamı türleri için ise soyma sıcaklığının artması ile çekme-makaslama direnci değerleri genel olarak az da olsa artış göstermiştir.

Kurutma sıcaklığının MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkisi incelendiğinde, en düşük çekme-makaslama direnci değerlerinin 160°C’de kurutulmuş kaplamalardan üretilen levhalarda, en yüksek değerler ise 110°C’de kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklarda elde edilmiştir. Kurutma sıcaklığına bağlı olarak yapışma özelliklerindeki değişim, kullanılan ağaç türüne göre farklılık göstermektedir. Örneğin; adi huş (*Betula pendula*) ve Avrupa ladini (*Picea abies*) kaplamaları üzerine yapılan bir çalışmada, kaplama kurutma sıcaklığı 20°C’den 110°C’ye kadar yükseldikçe yapışma direnci iyileşmiş, 180°C ve 220°C kurutma sıcaklıklarında ise azalmıştır (Lehtinen vd., 1997; Syrjanen ve Lehtinen, 1998).

Tutkal türünün çekme-makaslama direnci değerleri üzerine etkisine bakıldığında, FF tutkalı ile üretilen kontrplakların MÜF tutkalı ile üretilen kontrplaklara oranla daha yüksek çekme-makaslama direnci değerleri verdiği belirlenmiştir. Yapışma direnci üzerine tutkal türü, içeriği, dağılımı ve sertleşmesi gibi tutkal ile ilgili faktörlerin etkili olduğu bilinmektedir (He ve ark., 2007; Lehmann 1970; Kamke ve ark., 1996; Youngquist ve ark., 1987). Çolak ve ark. tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada FF tutkalı ile üretilen LVL’lere ait çekme-makaslama direnci değerlerinin üre formaldehit ve melamin-üre formaldehit tutkalı ile üretilenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çolak ve ark., 2004). Aynı çalışmada melamin-üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların yapışma testi öncesi uygulanan 6 saatlik kaynatma işlemini geçemedikleri belirlenmiştir. Bir diğer çalışmada da FF tutkalı ile üretilen kontrplakların MÜF tutkalı ile üretilenlerden daha iyi çekme-makaslama direnci değerleri verdiği tespit edilmiştir (Tan, 2011).

Üretilen bütün levha gruplarına ait çekme-makaslama direnci değerleri EN 314-1 ve DIN 68705-3 standartlarında belirtilen 1 N/mm^2 değerinin üzerinde bulunmuştur (EN 314-1; DIN 68705-3; Vazquez ve ark., 2003). Ayrıca JAS standartlarında çekme-makaslama direnci için belirtilen 0.686 N/mm^2 değerini tüm gruplar sağlamıştır (JAS).

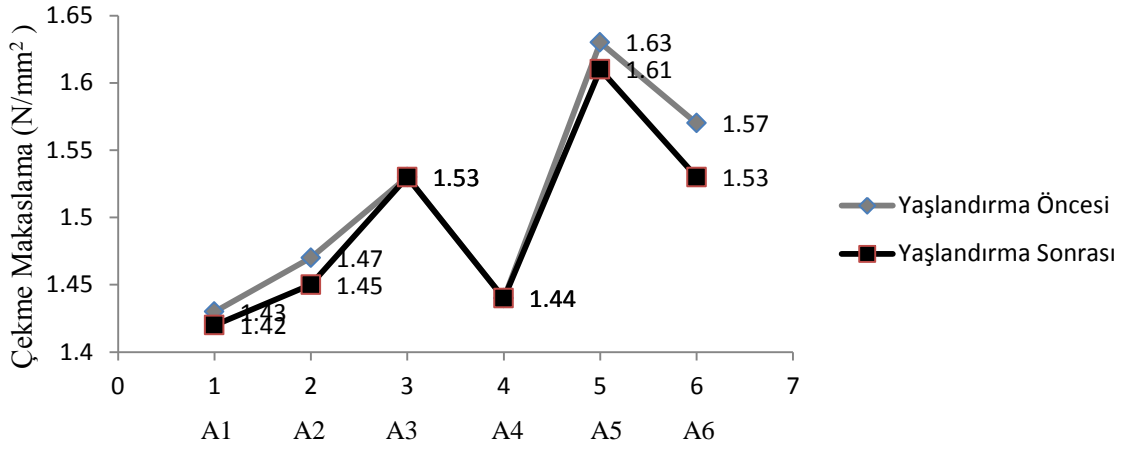
Biblis (2000)'in yaptığı çalışma temel alınarak Forest Products Laboratory tarafından Wood Handbook başlığı altında yayınlanan kitapta çeşitli ağaç türlerine göre kontrplağın mekanik özellikleri incelenmiştir. Douglas göknarı, lauan, kızıl sedir, kızılğaç ve çam türleri için çekme-makaslama direnç değerleri sırasıyla 1.4, 1.3, 1.7, 1.5, 1.6 olarak belirtilmiştir (Cai ve Ross, 1999). Tez kapsamında üretilen kontrplak gruplarının çekme-makaslama direnci değerleri bu değerler ile karşılaştırıldığında genelde bu değerler ve üzerinde sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Sarıçamdan melamin üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen gruplar bu değerlerden düşük bulunmuştur. Karaçam'dan FF ve MÜF tutkalı kullanılarak üretilen kontrplaklar ise belirtilen değerlerin üstünde direnç göstermiştir.

4.2.1.3. Yaşlandırma İşleminin Kontrplakların Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Etkisi

4.2.1.3.1. FF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Yaşlandırma İşleminin Etkisi

FF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi ağaç türlerine göre ayrı ayrı incelenmiştir.

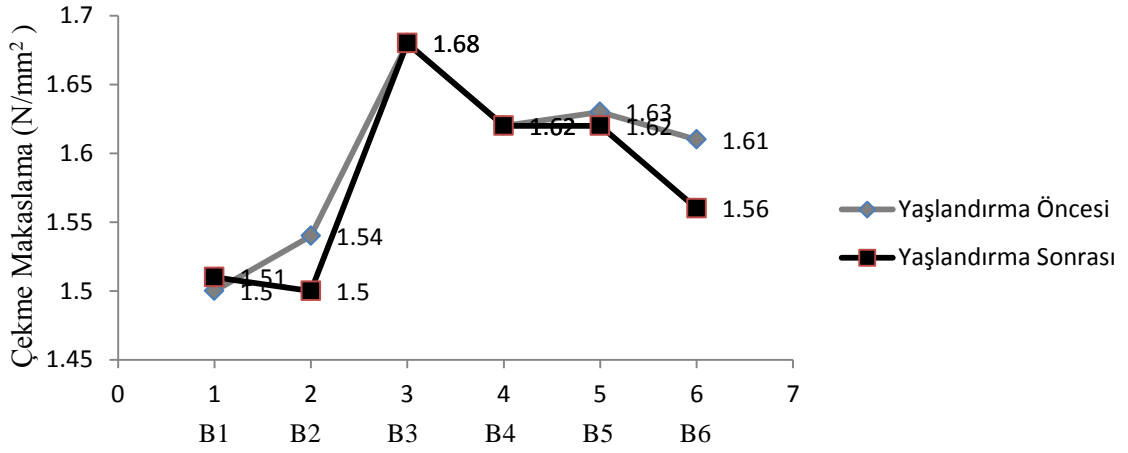
FF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası çekme-makaslama direncindeki değişim Şekil 37' de gösterilmiştir.



Şekil 37. FF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi

Sarıçamdan fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin önemli bir etkisinin olmadığı Şekil 37'den görülmektedir. Gruplara göre degradasyon oranı belirlendiğinde yaşlandırma sonrası çekme-makaslama direncindeki düşüşler; A1 grubu için %0.7, A2 grubu için %1.36, A5 grubu için 1.23 ve A6 grubu için %2.54 olarak belirlenmiştir. A3 ve A4 gruplarının yaşlandırma sonrası çekme-makaslama direnci değerlerinde bir değişim tespit edilmemiştir.

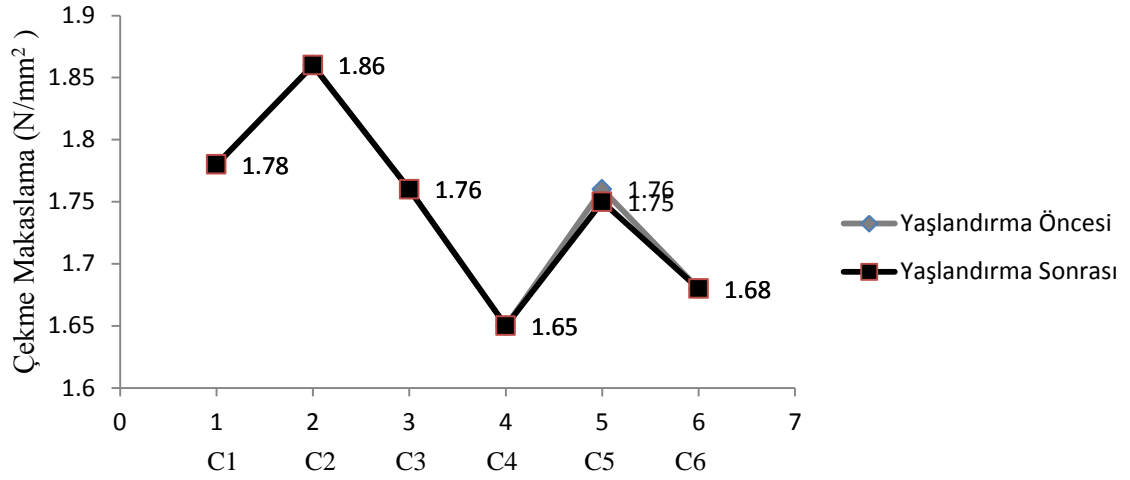
FF tutkalı ile üretilmiş sahil çamı kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası çekme-makaslama direncindeki değişim Şekil 38'de gösterilmiştir.



Şekil 38. FF tutkalı ile üretilmiş sahil çamı kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi

Sahil çamından fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin önemli bir etkisinin olmadığı Şekil 38'de görülmektedir. Gruplara göre degradasyon oranı belirlendiğinde yaşlandırma sonrası çekme-makaslama direncindeki düşüşler; B2 grubu için %2.59, B5 grubu için %0.6 ve B6 grubu için %3.11 olarak belirlenmiştir. B1, B3 ve B4 gruplarının yaşlandırma sonrası çekme-makaslama direnci değerlerinde bir değişim tespit edilmemiştir.

FF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası çekme-makaslama direncindeki değişim Şekil 39'da gösterilmiştir.



Şekil 39. FF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi

Karaçamdan fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin önemli bir etkisinin olmadığı Şekil 39'da görülmektedir. Gruplara göre degradasyon oranı belirlendiğinde yaşlandırma sonrası çekme-makaslama direncindeki düşüşler; C5 grubu için % 0.57 olarak belirlenmiştir. C1, C2, C3, C4 ve C6 gruplarının yaşlandırma sonrası çekme-makaslama direnci değerlerinde bir değişim tespit edilmemiştir.

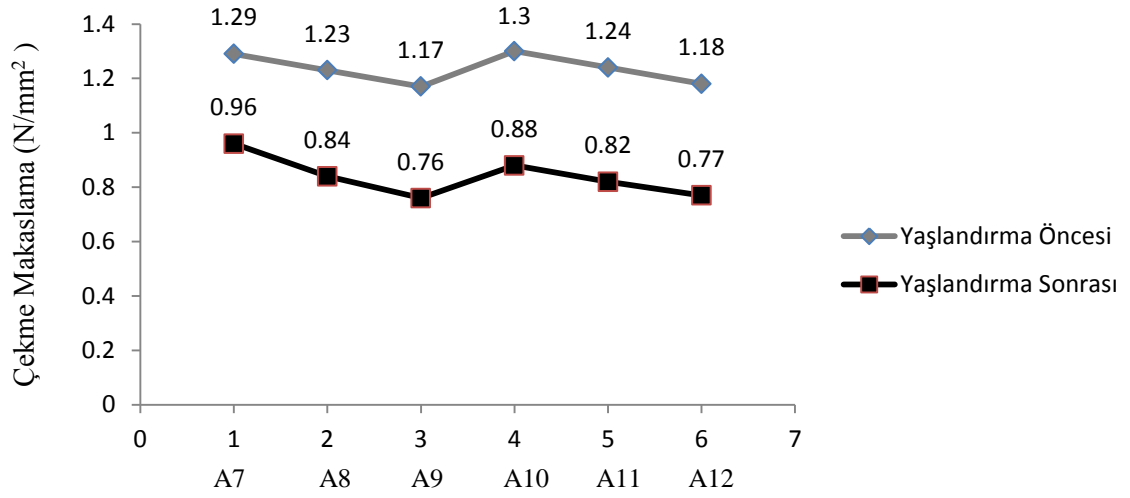
Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir. Fenol içerikli tutkaların dış ortam koşullarından etkilenmeyen dayanıklı tutkallar olduğu bilinmekte ve özellikle dış ortam koşullarına dayanım gereken yapısal kontrplakların kullanımı için tavsiye edilmektedirler (Engineered Wood Products Association of Australasia (EWPA), 2010; APA; 2011; APA, 1998).

Fenol formaldehit, resorsin formaldehit ve fenol-resorsin formaldehit tutkalları ile üretilen levhaların sıcaklık, nem, su, değişik yaşlandırma ve kurutma koşulları ve hatta ani uygulanan çok yüksek sıcaklıklara karşı masif odundan daha dayanıklı oldukları belirtilmektedir (Vick, 1999).

4.2.1.3.2. MÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Yaşlandırma İşleminin Etkisi

MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırmanın etkisi ağaç türlerine göre ayrı ayrı ele alınarak her bir ağaç türü için yaşlandırma işleminin etkisi ortaya koyulmuştur.

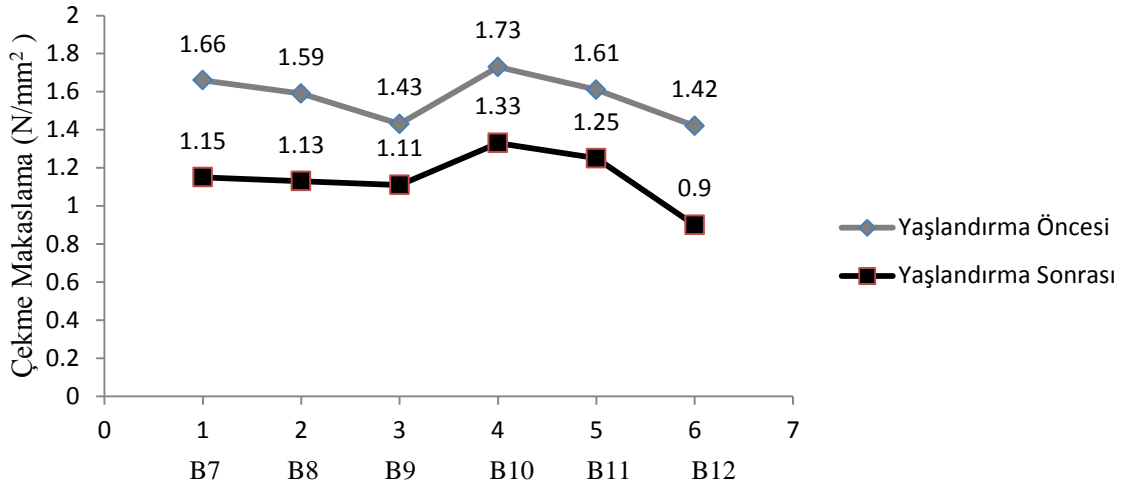
MÜF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası çekme-makaslama direncindeki değişim Şekil 40'da gösterilmiştir.



Şekil 40. MÜF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi

Sarıçam kaplamalardan melamin üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin önemli bir etkisinin olduğu Şekil 40'da görülmektedir. Gruplara göre degradasyon oranı belirlendiğinde yaşlandırma sonrası çekme-makaslama direncindeki düşüşler; A7 grubu için %25.59, A8 grubu için %31.71, A9 grubu için %35.04, A10 grubu için %32.31, A11 grubu için %33.87, A12 grubu için %34.75 olarak belirlenmiştir.

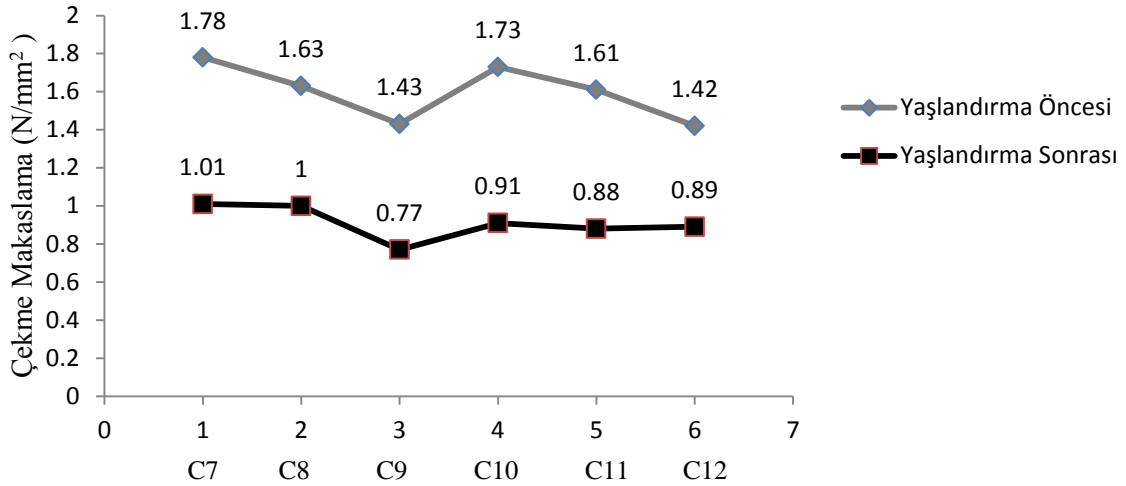
MÜF tutkalı ile üretilmiş sahil çamı kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası çekme-makaslama direncindeki değişim Şekil 41'de gösterilmiştir.



Şekil 41. MÜF tutkalı ile üretilmiş sahil çamı kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi

Şekil 41'den sahil çamından melamin üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin önemli bir etki gerçekleştirdiği görülmektedir. Gruplara göre degradasyon oranı belirlendiğinde yaşlandırma sonrası çekme-makaslama direncindeki düşüşler; B7 grubu için %31, B8 grubu için %28.93, B9 grubu için %22.38, B10 grubu için %23.12, B11 grubu için %22.36, B12 grubu için %36.62 olarak belirlenmiştir.

MÜF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların yaşlandırma işleminin öncesi ve sonrası çekme-makaslama direncindeki değişim Şekil 42'de gösterilmiştir.



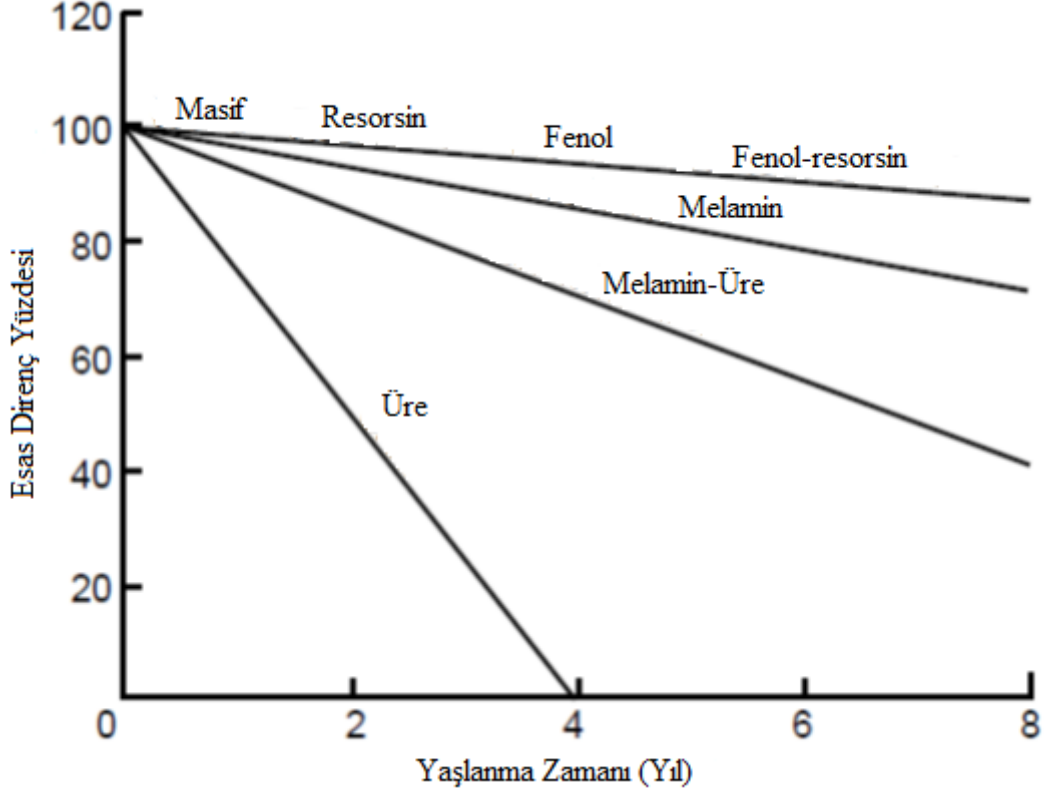
Şekil 42. MÜF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi

Karaçamdan melamin üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine yaşlandırma işleminin etkisi Şekil 42’de görülmektedir. Gruplara göre degradasyon oranı belirlendiğinde yaşlandırma sonrası çekme-makaslama direncindeki düşüşler; C7 grubu için %43.26, C8 grubu için %38.65, C9 grubu için %46.15, C10 grubu için %47.40, C11 grubu için %45.34, C12 grubu için %37.32 olarak belirlenmiştir.

Melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklara ait çekme-makaslama direnci değerleri yaşlandırma işleminde sonra fenol formaldehit tutkalı ile üretilen gruplara nazaran daha düşük bulunmuştur. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yaşlandırma işlemi sonrası elde edilen çekme-makaslama direnci değerleri yaşlandırma öncesi değerleri ile karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ve yaşlandırma sonrası değerler daha düşük bulunmuştur. Literatürde de melamin-üre formaldehit tutkalının yaşlanmaya karşı fenol formaldehitden daha hassas olduğu belirtilmektedir (Vick, 1999). Ayrıca MÜF tutkalı ile üretilen levhaların dış hava koşullarına karşı fenol formaldehit reçinesi ile üretilenler kadar dayanıklı olmadığı belirtilmektedir (Pizzi, 1983).

Melamin formaldehit, melamin-üre formaldehit ve üre formaldehit tutkalları ile üretilen levhaların sıcaklık, nem, su, değişik yaşlandırma ve kurutma koşulları ve hatta ani uygulanan çok yüksek sıcaklıklara karşı masif odundan daha dirençsiz oldukları belirtilmiştir (Vick, 1999).

Farklı tutkal türleri ile üretilmiş ürünlerin açık hava koşulları altında zamanla yapışma direncindeki değişim Şekil 43’de görülmektedir.



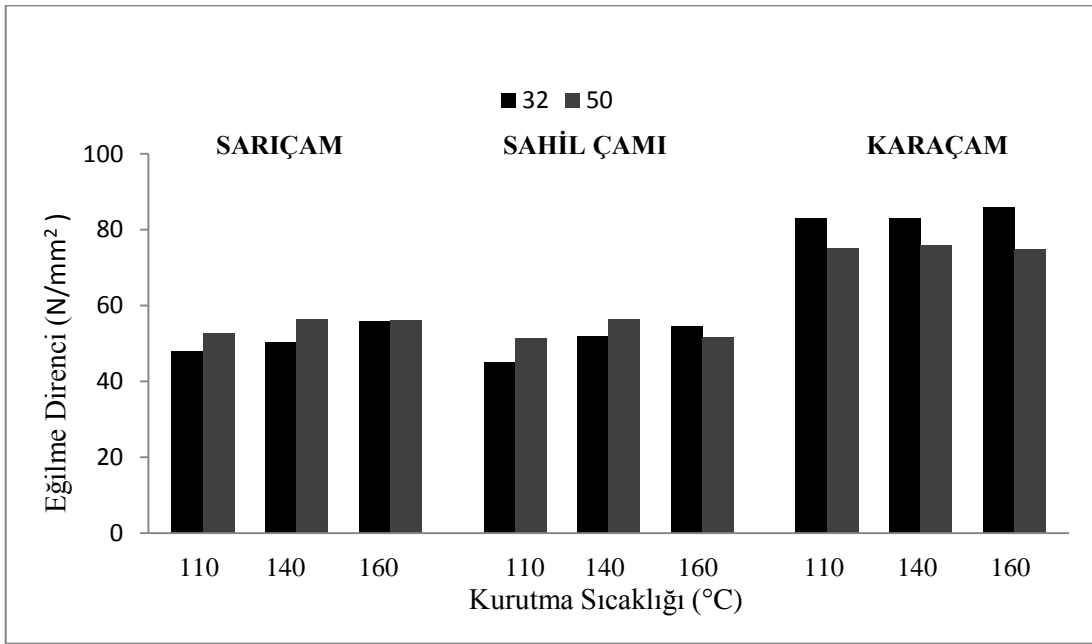
Şekil 43. Doğrudan açık hava koşullarına maruz bırakılan örneklerin yapışma direncindeki değişim (Vick, 1999)

4.2.2. Eğilme Direnci

Yapılan çalışma kapsamında üretilen kontrplak levhaların eğilme direnci değerleri; levhaların üretildiği ağaç türüne, soyma işlemi anındaki tomruk sıcaklığına, kaplama kurutma sıcaklığına ve tutkal türü gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermiştir. Çalışmada kullanılan kontrplak levhaların eğilme direnci üzerine etkileri araştırılan faktörler tutkal türüne göre ayrı ayrı ele alınmıştır.

4.2.2.1. Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Eğilme Direnci Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi

Her üç ağaç türü için fenol formaldehit (FF) tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci üzerine soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi Şekil 44'de gösterilmiştir.



Şekil 44. Ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının FF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların eğilme direnci üzerine etkisi

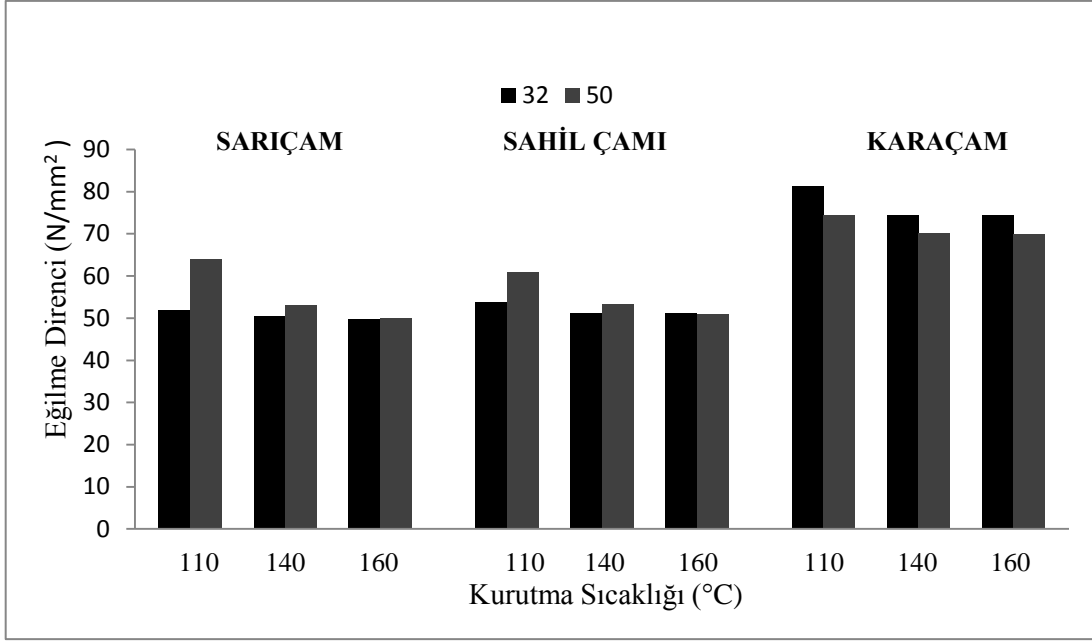
Şekil 44'den görüleceği üzere ağaç türüne göre en yüksek eğilme direnci değerlerini karaçamdan FF tutkalı kullanılarak üretilen kontrplaklar vermiştir. Sarıçam ve sahil çamından üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri daha düşük bulunmuş ve aralarında istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir. İstatistiksel olarak sarıçamdan üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri ile sahil çamından üretilen kontrplakların eğilme direnci arasında bir fark bulunmamıştır. Karaçamın masif haldeki ve kontrplak halindeki yoğunluk değerleri sarıçam ve sahil çamından daha yüksek olduğundan bu beklenen bir durumdur. Nitekim özgül ağırlığın artması ile malzemenin mekanik özelliklerinin de iyileşeceği belirtilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1992). Masif odunun

eğilme direnci ve elastiklik modülünün artmasıyla, bunlardan üretilen kontrplakların aynı özelliklerinde artış olduğu bilinmektedir (Bozkurt ve Göker, 1986; Özen, 1981). Karaçamın masif haldeki eğilme direnci sarıçam ve sahil çamından daha yüksektir (Bozkurt ve Göker, 1996). Buna göre kontrplağın üretildiği ağaç türü ile eğilme direnci arasındaki ilişkinin literatüre uygun olduğu söylenebilir. Ayrıca iyi bir şekilde yapıştırılmış kompozit malzemenin eğilme direncinin de yüksek olması beklenmektedir. Kontrplağın eğilme direnci üzerine çeşitli üretim faktörlerinin etkisinin incelendiği çalışmalarda, ağaç türünün eğilme direnci üzerine önemli bir etkisi olduğu ifade edilmektedir (Toksoy vd., 2005; Aydın vd., 2005; Aydın ve Çolakoğlu, 2008).

Soyma sıcaklığının FF tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığının etkisi incelendiğinde FF tutkalı ile üretilen kontrplaklarda en düşük eğilme direnci değerlerini çekme-makaslama direncine paralel olarak 110°C'de kurutulmuş kaplamalardan üretilen gruplar vermiştir. 140°C ve 160°C'de kurutulmuş kaplamalardan üretilen gruplar daha yüksek eğilme direnci göstermiş ve aralarında istatistiksel açıdan bir fark tespit edilmemiştir. Zımparalama işleminin kontrplağın mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, yapışma direncindeki artışa bağlı olarak eğilme direncinde de artış olduğu belirlenmiştir (Aydın, 2004). 140°C ve 160°C'de kurutulan kaplamalarda FF tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. Ladin kontrplaklar üzerine yapılan bir çalışmada kaplama kurutma sıcaklığının 110°C'den 180°C'ye çıkarılması ile eğilme direncinde %6.3 ila %12 arasında bir artışın olduğu belirlenmiştir (Lehtinen, 1998)

4.2.2.2. Melamin-Üre Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Eğilme Direnci Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi

Melamin üre formaldehit (MÜF) tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci üzerine soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi her üç ağaç türü için Şekil 45'de gösterilmiştir.



Şekil 45. Ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların eğilme direnci üzerine etkisi

Şekil 45'den görüleceği üzere ağaç türüne göre en yüksek eğilme direnci değerlerini karaçamdan MÜF tutkalı kullanılarak üretilen kontrplaklar vermiştir. İstatistiksel olarak sarıçamdan üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri ile sahil çamından üretilen kontrplakların eğilme direnci arasında bir fark bulunmamıştır. FF tutkalına benzer olarak kullanılan ağaç malzemelerin yoğunluğu ve üretilen kontrplakların yoğunluğu ile eğilme direnci arasındaki doğrusal ilişki göz önüne alındığında bu beklenen bir sonuçtur (Örs vd., 2002; Nanami vd., 2000).

Kurutma sıcaklığının etkisi ise, yapışma direncini belirlemek amacıyla uygulanan çekme-makaslama direnci değerlerine paralel bir durum göstermektedir. Kurutma sıcaklığının artması ile MÜF tutkalı kullanılarak üretilmiş kontrplakların eğilme direnci değerlerinde bir düşüş gözlemlenmektedir. Buna göre en yüksek eğilme direnci değerleri MÜF tutkalı ile üretilmiş gruplar için 110°C'de kurutulmuş kaplamalardan üretilen gruplarda belirlenmiştir. 140 ve 160°C'de kurutulmuş kaplamalardan MÜF tutkalı ile üretilmiş levhaların eğilme direnci değerleri ise daha düşük bulunmuş ve aralarında istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir.

FF tutkalı ile üretilen grupların eğilme direnci MÜF tutkalı ile üretilen gruplardan daha yüksek bulunmuştur. Literatürde belirtilen yapışma direncindeki artışın diğer mekanik özellikleri de iyileştirdiği ifadesi dikkate alındığında; daha iyi çekme-makaslama

direnci değerleri vermiş fenol formaldehit tutkalı ile üretilen grupların eğilme direncinin daha yüksek olması beklenen bir durumdur. Nitekim uygun bir şekilde tutkallanmamış ve iyi bir yapışma sağlanamamış levhalardan elde edilen örneklerde eğilme direnci testi sonuçlarının tutkal hattındaki ayrılmalar nedeniyle düşük olacağı belirtilmektedir (Aydın ve Demirkır, 2010; olakoğlu, 2004). Yapılan bir çalışmada FF tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerlerinin MF tutkalı ile üretilenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tan, 2011).

olak ve ark. tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada fenol formaldehit tutkalı ile üretilen LVL'lere ait eğilme direnci değerlerinin üre formaldehit ve melamin-üre formaldehit tutkalı ile üretilenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (olak ve ark., 2004).

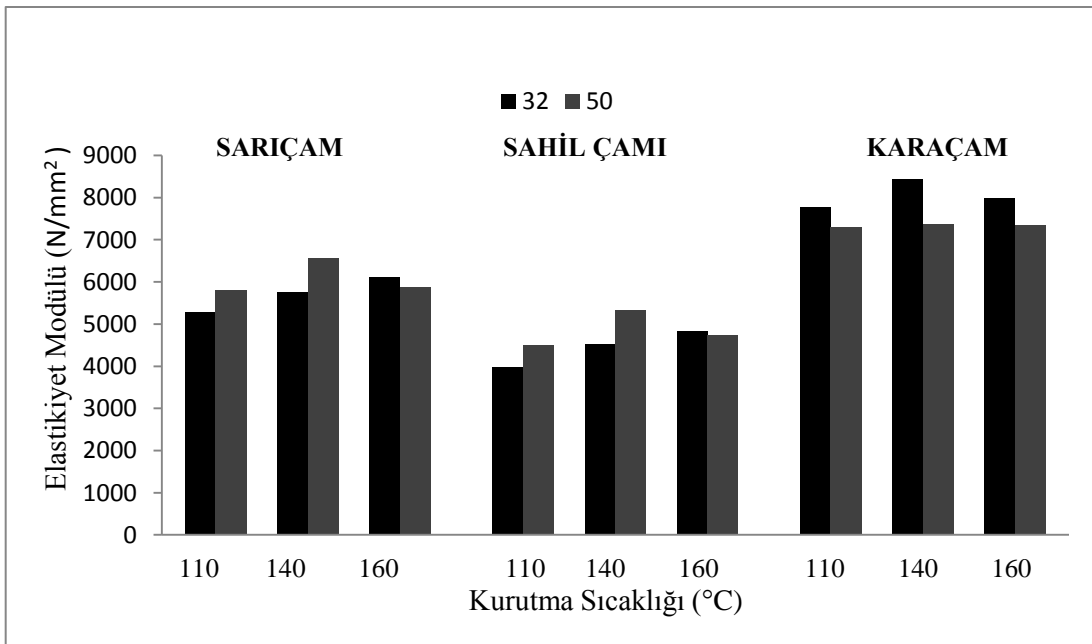
Her iki tutkal türü ile üretilen kontrplaklara ait eğilme direnci değerleri DIN 68705-3, 2003 standardına göre, tüm gruplar yapısal amaçlı kullanılacak kontrplaklar için eğilme direnci alt sınır değeri olarak belirlenen 40 N/mm^2 değerini sağlamıştır. TS 4645 EN 636, 2005 standardında yapılan sınıflandırmada belirtilen F30 (45 N/mm^2), F40 (60 N/mm^2), F50 (75 N/mm^2) sınıfları için verilen alt değerlerin karşılındağı görülmektedir. Çeşitli ağaç türlerinden üretilen kontrplaklara ait mekanik özelliklerin verildiği Wood Handbook kitabında belirtilen eğilme direnci değerleri; duglas göknarı, lauan, kızıl sedir, kızıl ağaç ve am için sırasıyla 41.37 N/mm^2 , 33.72 N/mm^2 , 37.37 N/mm^2 , 42.61 N/mm^2 ve 37.09 olarak belirlenmiştir. Çalışmada, her iki tutkal türü ile üretilen kontrplaklar için belirlenen eğilme direnci değerleri bu değerler üzerinde bulunmuştur. APA tarafından hazırlanan ticari markalı 5 tabakalı yapısal kontrplak levhaların mekanik özelliklerini gösteren tt-044B formunda, eğilme direnci değeri 34.47 N/mm^2 (APA, 2010) olarak belirtilmekte ve üretilen tüm grupların bu değeri sağladığı görülmektedir. Japon standartlarına belirtilen 27.4 N/mm^2 değeri de tüm gruplar tarafından aşılmıştır (Nanami ve ark., 2000).

4.2.3. Elastikiyet Modülü

Yapılan alışma kapsamında üretilen kontrplak levhaların elastikiyet modülü değerleri; levhaların üretildiği ağaç türüne, soyma işlemi anındaki tomruk sıcaklığına, kaplama kurutma sıcaklığına ve tutkal türü gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermiştir. Çalışmada kullanılan kontrplak levhaların elastikiyet modülü üzerine etkili olan faktörler tutkal türüne göre ayrı ayrı ele alınmıştır.

4.2.3.1. Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Elastikiyet Modülü Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi

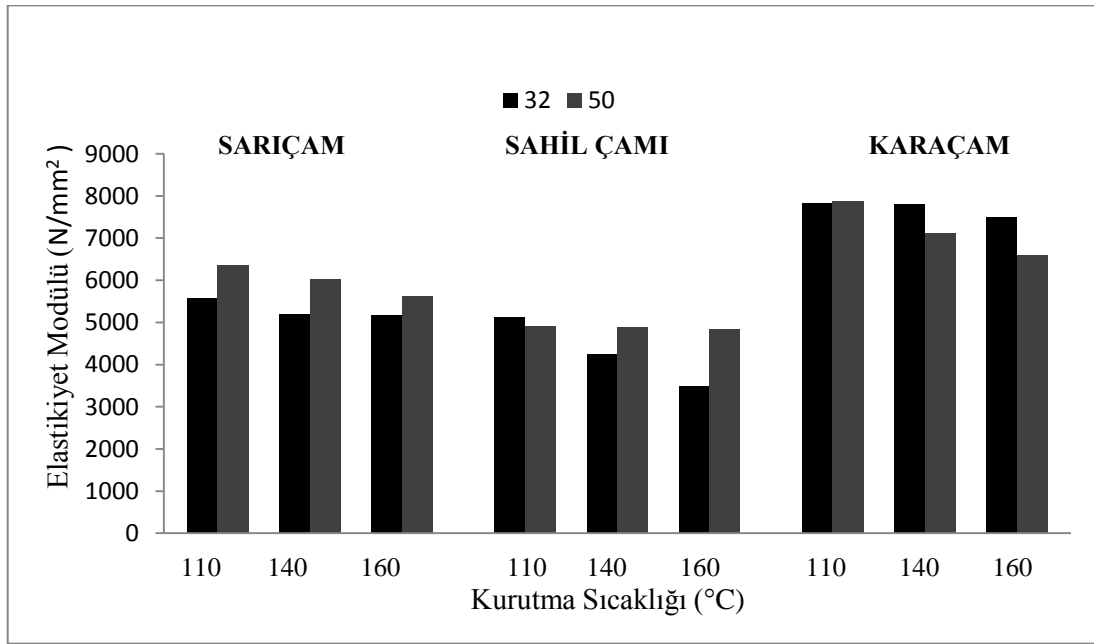
Fenol formaldehit (FF) tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü üzerine soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi her üç ağaç türü için Şekil 46'da gösterilmiştir.



Şekil 46. Ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının FF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkisi

4.2.3.2. Melamin Üre Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Elastikiyet Modülü Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi

Melamin üre formaldehit (MÜF) tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü üzerine soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi her üç ağaç türü için Şekil 47' de gösterilmiştir.



Şekil 47. Ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkisi

Şekil 46 ve 47'den görüleceği üzere her iki tutkal türü için en yüksek elastikiyet modülü değerlerini karaçamdan üretilen kontrplaklar, en düşük değerleri ise sahil çamından üretilen kontrplaklar vermiştir. Kontrplakların elastikiyet modülü üzerine ağaç türünün etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Sariçamdan üretilen kontrplaklar, sahil çamından daha yüksek elastikiyet modülü değerleri vermiştir. Bu durum ağaç türlerinin masif haldeki elastikiyet modülü değerleri ile açıklanabilir. Literatürde masif odunun elastikiyet modülünün artışıyla bu odundan üretilen kontrplağın elastikiyet modülünde artış olacağı belirtilmektedir (Örs ve ark., 2002). Nitekim bu ağaç türleri ile ilgili yapılan çalışmalarda sahil çamı için elastikiyet modülü 7600 ± 300 N/mm² (Berthier

vd., 2001), sarıçam için ise $11500 \pm 200 \text{ N/mm}^2$ (Efe ve Kasal, 2007; Özçifçi vd., 2009) olarak belirlenmiştir.

Kurutma sıcaklığının fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkisi incelendiğinde 140°C 'de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü en yüksek, 110°C 'de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplaklarda ise en düşüktür (Şekil 46). İstatistiksel olarak 140°C ve 160°C 'de kurutulan kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Şekil 47'de MÜF tutkallı gruplar incelendiğinde yapışma direnci ve eğilme direnci değerlerine paralel olarak en yüksek elastikiyet modülü değerleri 110°C 'de kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklarda elde edilmiştir. Gündüz ve ark. tarafından karaçamın teknolojik özellikleri üzerine ısı işlem etkisinin incelendiği bir çalışmada kurutma sıcaklığının artması ile elastikiyet modülünde bir düşüş olduğu tespit edilmiştir (Gündüz ve ark., 2008). Bir başka çalışmada kurutma sıcaklığı 110°C olan kaplamalardan üretilen kontrplakların 150°C 'de kurutulan kontrplaklardan daha yüksek elastikiyet modülü değerleri verdiği belirlenmiştir (Tan, 2011).

Soyma sıcaklığının her iki tutkal türü için de elastikiyet modülü üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır.

Tutkal türünün elastikiyet modülü üzerine etkisi incelendiğinde diğer mekanik özelliklerde olduğu gibi FF tutkalının bir üstünlüğü söz konusudur. Tutkal türünün sarıçam kaplamalardan üretilen LVL'lerin bazı teknolojik özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada FF tutkalının MÜF tutkalından daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Tan, 2011).

Sarıçam ve karaçamdan her iki tutkal türü ile üretilen kontrplaklara ait elastikiyet modülü değerleri standartlar ile karşılaştırıldığında; DIN 68705-3 standardına göre, yapısal amaçlı kullanılacak 6-12 mm arası kalınlıklardaki kontrplaklar için elastikiyet modülü alt sınır değeri olarak belirlenen 5000 N/mm^2 değerini sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca her iki ağaç türünden üretilen levhaların EN 636 standardında yapılan sınıflandırmada belirtilen E50 (5000 N/mm^2), E60 (6000 N/mm^2), E70 (7000 N/mm^2) sınıfları için verilen alt değerleri sarıçam ve karaçam kontrplakların sağladığı, sahil çamının ise E40 (4000 N/mm^2) ve E30 (3000 N/mm^2) standart şartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir. Biblis; tarafından yapılan çalışmada belirtilen elastikiyet modülü değerleri ise sadece karaçam kontrplakların yakaladığı belirlenmiştir (Biblis, 2000). Yapısal maksatlı kullanılacak kontrplakların çatı ve zeminlerde kullanımı için sahip olması gereken ve elastikiyet

modülü testi süresince belirlenebilen direnç değerleri APA tarafından ortaya koyulmuştur. Buna göre elastikiyet modülü testi sırasında 89 kg/cm²'lik yük altında meydana gelen eğilme miktarları; çatıda kullanılacak kontrplaklar için 11.1 ila 12.7 mm arasında, döşeme altı kullanılacak kontrplaklar için 4.8 ila 8 mm arasında, tek katlar için ise 2 ila 3.4 arasında olmalıdır (APA, 2007). Bu değerler tez kapsamında üretilen kontrplaklara ait değerler ile karşılaştırıldığında üretilen bütün grupların çatılarda kullanılabileceği belirlenmiştir. APA'nın ticari markalı yapısal levhaların mekanik özelliklerini gösterir tt-044B formunda 5 tabakalı kontrplaklar için verilen elastikiyet modülü değeri 6344 N/mm²'dir (APA, 2010). Bu değeri 50°C' de soyulmuş ve 140°C' de kurutulmuş sarıçam kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların bulunduğu A5 grubu; 50°C' de soyulmuş ve 110°C' de kurutulmuş sarıçam kaplamalardan MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların bulunduğu A10 grubu; ve her iki tutkal türü ile üretilen karaçam gruplarının tamamının karşıladığı tespit edilmiştir. Japon standartlarında belirtilen 6370 N/mm² elastikiyet modülü alt sınır değerini de aynı grupların karşıladığı belirlenmiştir (JAS).

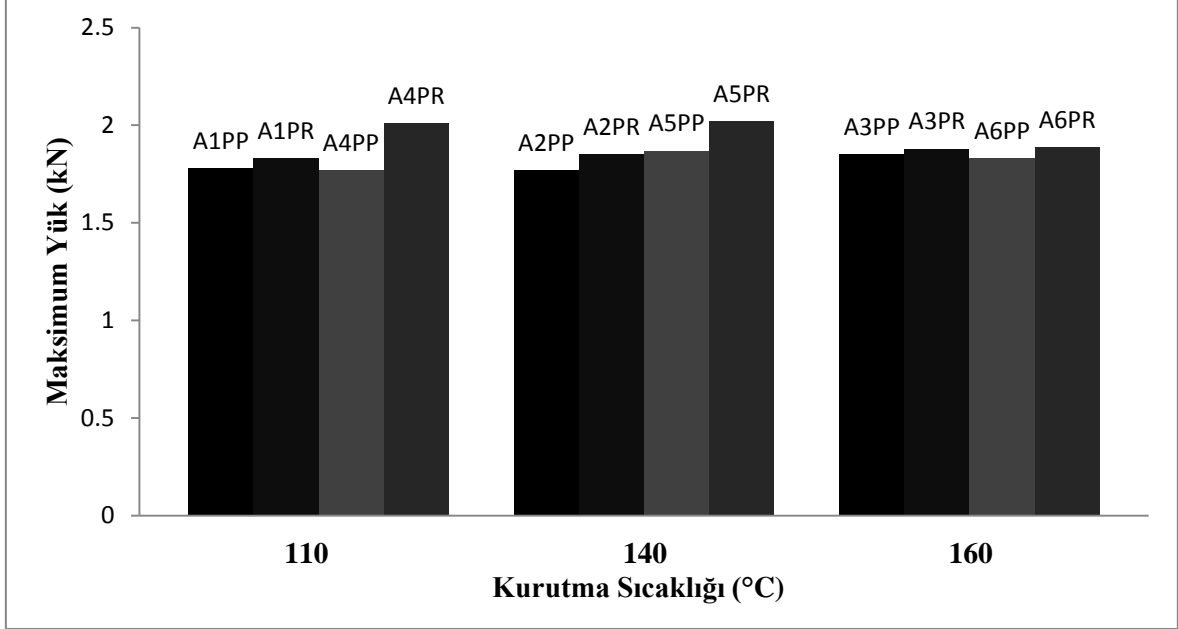
4.2.4. Yanal Vida Direnci

Yapılan çalışma kapsamında üretilen kontrplak levhaların yanal vida dayanımı testinden elde edilen kırılma anındaki maksimum yük değerleri; levhaların üretildiği ağaç türüne, soyma işlemi anındaki tomruk sıcaklığına, kaplama kurutma sıcaklığına ve lif yönü gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermiştir. Yanal vida dayanımı testi, üretilen kontrplakların yapı maksatlı kullanımlarını değerlendirmek için gerçekleştirilmiştir. Daha önce yapılan çekme-makaslama direnci testlerinde yapı maksatlı kullanım için gerekli şartları sağlamayan melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş gruplar bu değerlendirmeye tabi tutulmamıştır.

4.2.4.1. Kırılma Anındaki Maksimum Yük Değeri Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı, Kaplama Kurutma Sıcaklığı ve Lif Yönünün Etkisi

Yanal vida dayanımı testinde vidanın kopma anında ölçülen maksimum yük değeri üzerine soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi ağaç türüne göre ayrı olarak incelenmiştir. Şekil 48'de sarıçam kontrplaklardan FF tutkalı ile üretilen

kontrplakların maksimum yük değerleri üzerine soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi gösterilmiştir.

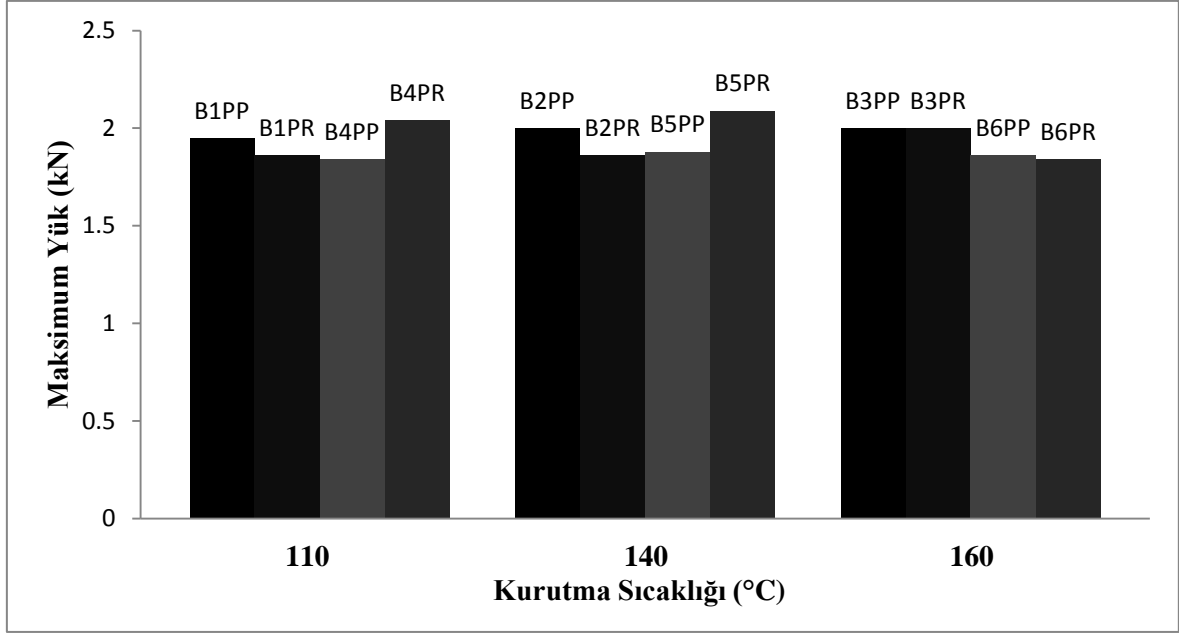


Şekil 48. Soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün sarıçam kontrplaklarda maksimum yük değeri üzerine etkisi

Sarıçam kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların maksimum yük değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi incelendiğinde en düşük değerler genel olarak 110°C'de kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklarda bulunmuştur. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yapışma direnci, eğilme ve elastikiyet modülü gibi diğer mekanik özellikleri dikkate alındığında bu sonuç beklenebilir. Literatürde özellikle yapışma direncinin yanal vida dayanımı ile doğru orantılı olduğu belirtilmektedir.

Şekil 48'den lif yönünün sarıçam kaplamalardan üretilen kontrplakların yanal vida dayanımı üzerine etkisi incelendiğinde liflere paralel yöndeki ölçümlerin liflere dik yöndekilerden daha düşük olduğu görülmektedir. Literatürde liflere dik direncin liflere paralel yanal vida direncinden daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Hunter ve Bryant, 1990; Nanami ve ark., 2000).

Sahil çamı kaplamalarından FF tutkalı ile üretilen kontrplakların maksimum yük değerleri üzerine soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi Şekil 49'da gösterilmiştir.

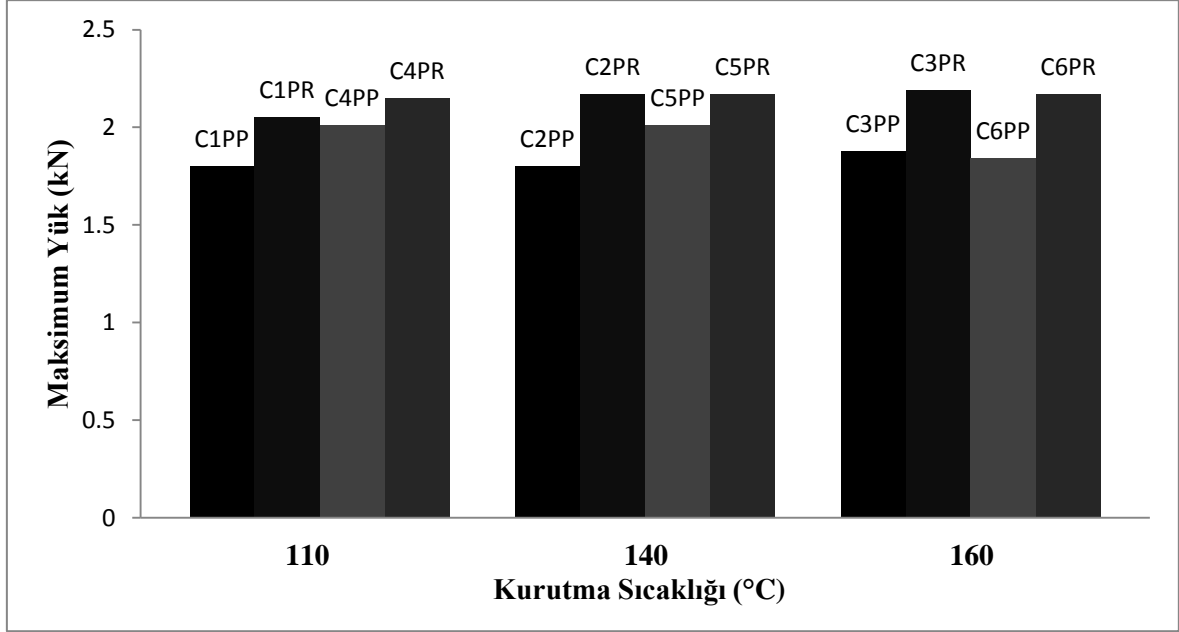


Şekil 49. Soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün sahil çamı kontrplaklarda maksimum yük değeri üzerine etkisi

Sahil çamı kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların maksimum yük değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi incelendiğinde en düşük değerler genel olarak 110°C'de kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklarda bulunmuştur. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yapışma direnci, eğilme ve elastikiyet modülü gibi diğer mekanik özellikleri dikkate alındığında bu sonuç beklenebilir.

Şekil 49 lif yönü açısından incelendiğinde bazı gruplarda paralel yönün, bazı gruplarda liflere dik yönün biraz daha iyi sonuçlar verdiği, bazı gruplarda ise aralarında bir fark olmadığı görülmektedir. Literatürde bu konu ile ilgili farklı çalışmalar mevcuttur. Brock ve Morris tarafından yapılan bir çalışmada lif yönünün yanal vida direnci üzerine bir etkisi olmadığı belirlenmiştir (Stewart, 1987; Brock, 1957; Morris, 1968; Pirvu, 2008). Mack ve Potter'ın yaptıkları çalışmalarda ise liflere dik yöndeki bağlantı elemanı direncinin paralel yönden daha büyük olduğu bulunmuştur (Mack, 1960; Potter, 1976). Bir diğer çalışmada Hunt ve Bryant liflere dik yöndeki direncin daha düşük olduğunu belirlemiştir (Hunt ve Bryant, 1984). Bu çalışmalar arasında görülen farklılığın nedeni; kullanılan farklı ağaç türleri dolayısıyla malzemelerin sahip olduğu farklı yoğunluk ve mekanik direnç özellikleri olabilir.

Karaçam kontrplaklardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların maksimum yük değerleri üzerine soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi Şekil 50' de gösterilmiştir.



Şekil 50. Soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün karaçam kontrplaklarda maksimum yük değeri üzerine etkisi

Ağaç türlerine göre en yüksek yük değeri karaçamdan üretilen levhalardan elde edilmiştir. Ağaç türüne göre farklı sonuçlar, üretilen kontrplakların yoğunluk farklılığından kaynaklanabilir. Kontrplak yoğunluğu ile yanal vida direnci arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu Nanami vd. tarafından yapılan bir çalışmada ifade edilmektedir (Nanami ve ark., 2000). Ayrıca literatürde ağaç türünün vida direncini etkilediği belirtilmektedir (Wu,1999; Stieda, 1990). Çünkü yanal vida direnci testinde kullanılan kontrplak ve masif malzeme yoğunluklarının bu testin sonucunu etkileyecek önemli faktörlerden oldukları belirtilmektedir (Stieda,1990).

Yanal vida direnci testi ile ilgili yapılan çeşitli çalışmalar ve bu konudaki standartlardan elde edilen veriler incelenerek, tez kapsamında üretilen levhalara ait değerlerle karşılaştırmak amacıyla oluşturulan literatür taslağı Tablo 66'da verilmiştir;

Tablo 66. Yanal vida direnci literatür verileri

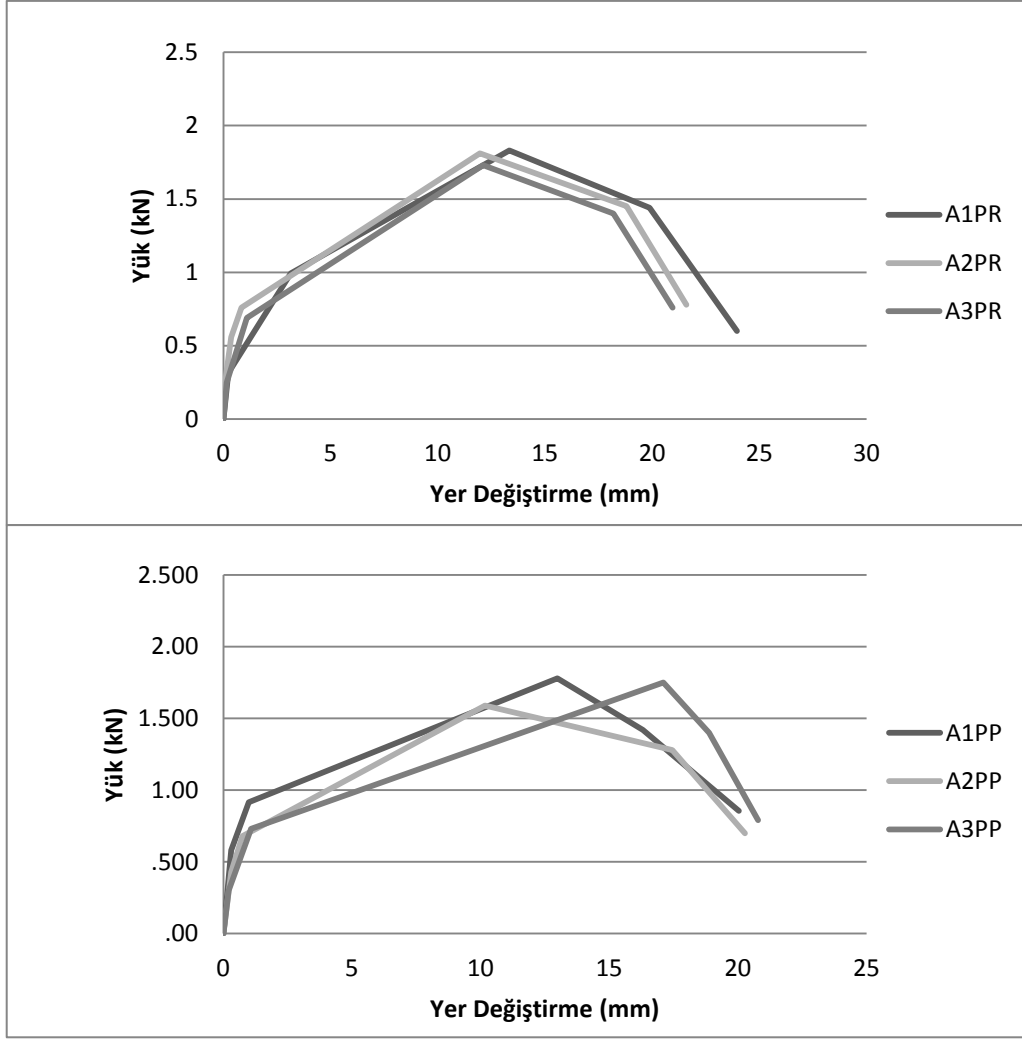
Kaynak	Levha Türü	Lif Yönü	Yanal Vida Direnci (kN)	
Nanami ve ark.	Kontrplak	Paralel	1.57	
		Dik	1.71	
Literatür (Nanami)	Kontrplak	Paralel	1.08	
		Dik	1.29	
Chukwuma 2000	Kontrplak	Paralel	-	
		Dik	1.22	
Sawata vd., 2010			1.53	
Stieda, 1990			0.65-0.78	
Pirvu, 2008	18.5 mm Kontrplak	Paralel	1.7	
		Dik	1.7	
	28.5 mm Kontrplak	Paralel	1.8	
		Dik	1.7	
	15.5 mm OSB	Paralel	1.8	
		Dik	1.7	
	22.5 mm OSB	Paralel	1.7	
		Dik	1.6	
	25.5 mm OSB	Paralel	1.7	
		Dik	1.6	
	28.5 mm OSB	Paralel	1.9	
		Dik	1.6	
	ISO 16670	Yapısal Levha		1.13

Yapılan literatür araştırması neticesinde elde edilen veriler çalışma kapsamında üretilen kontrplak levhaları için bulunan değerler ile karşılaştırıldığında, bütün grupların literatüre ve standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir.

4.2.4.2. Uygulanan Yüke Karşılık Meydana Gelen Yer Değiştirme Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı, Kaplama Kurutma Sıcaklığı ve Lif Yönünün Etkisi

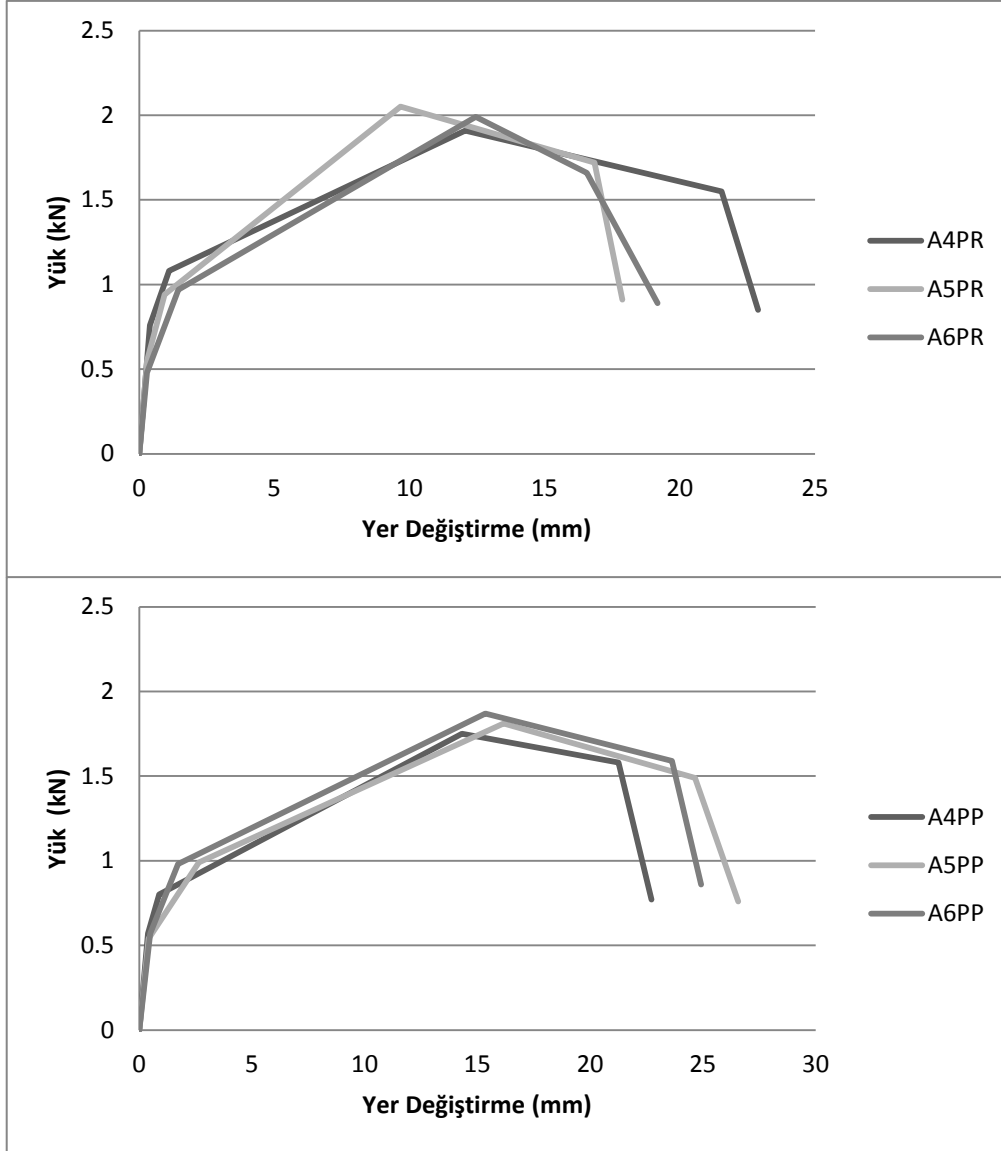
Yanal vida dayanımı testinde uygulanan yüke bağlı olarak vidalı sistemde meydana gelen yer değiştirmenin üretim faktörlerine göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Her bir ağaç türü için yük ve yer değiştirme grafiği çizilmiştir. Bu grafiklerden rijitlik oranları ve yük altında meydana gelen yer değiştirme miktarları belirlenmiştir.

32°C sıcaklıkta soyulan sarıçam kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi Şekil 51'de ortaya koyulmuştur.



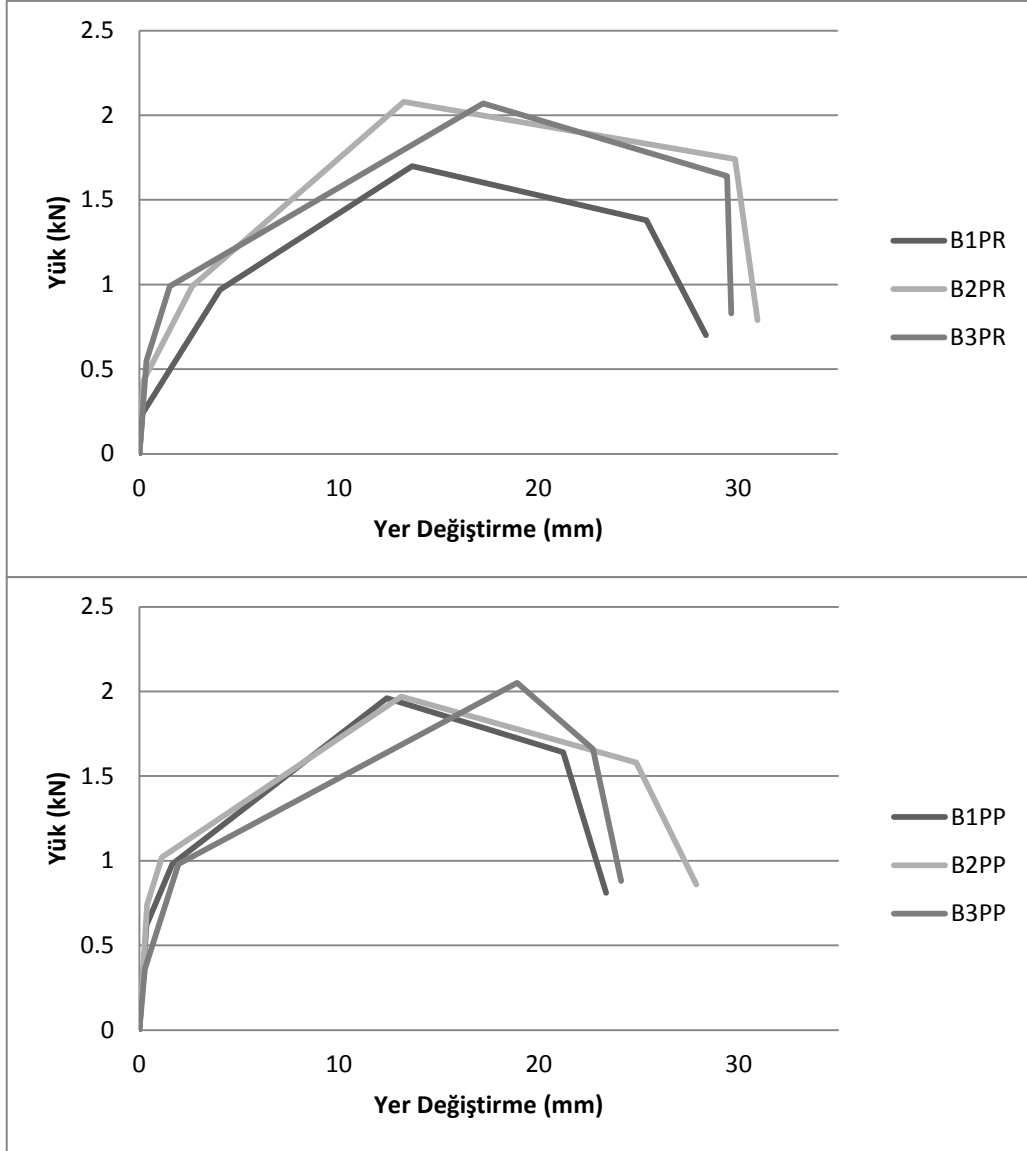
Şekil 51. 32°C sıcaklıkta soyulan sarıçam kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi

Sarıçam tomruklardan 50°C sıcaklıkta soyulan kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi Şekil 52' de ortaya koyulmuştur.



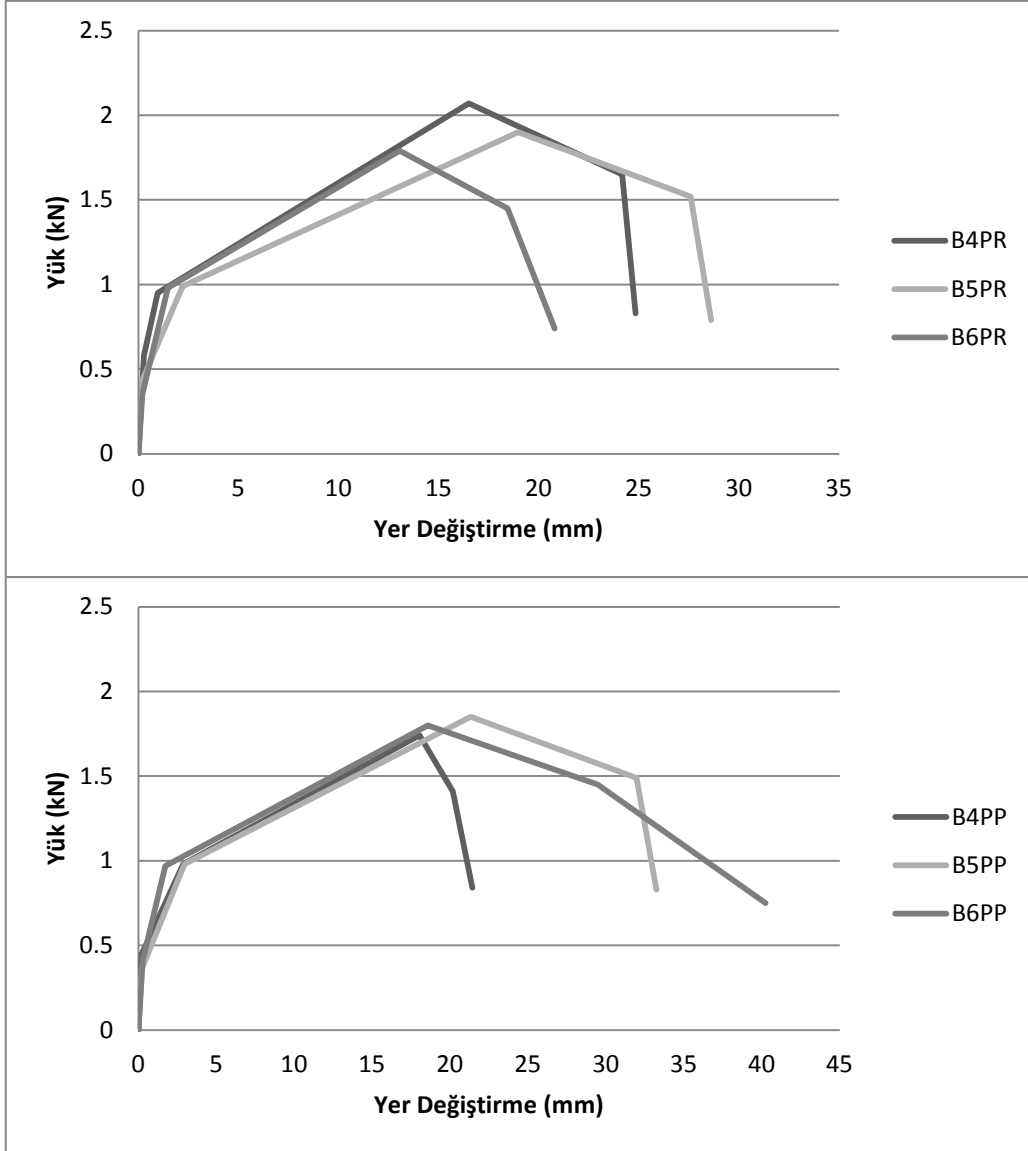
Şekil 52. 50°C sıcaklıkta soyulan sarıçam kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi

Sahil çamı tomruklardan 32°C sıcaklıkta soyulan kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi Şekil 53’de ortaya koyulmuştur.



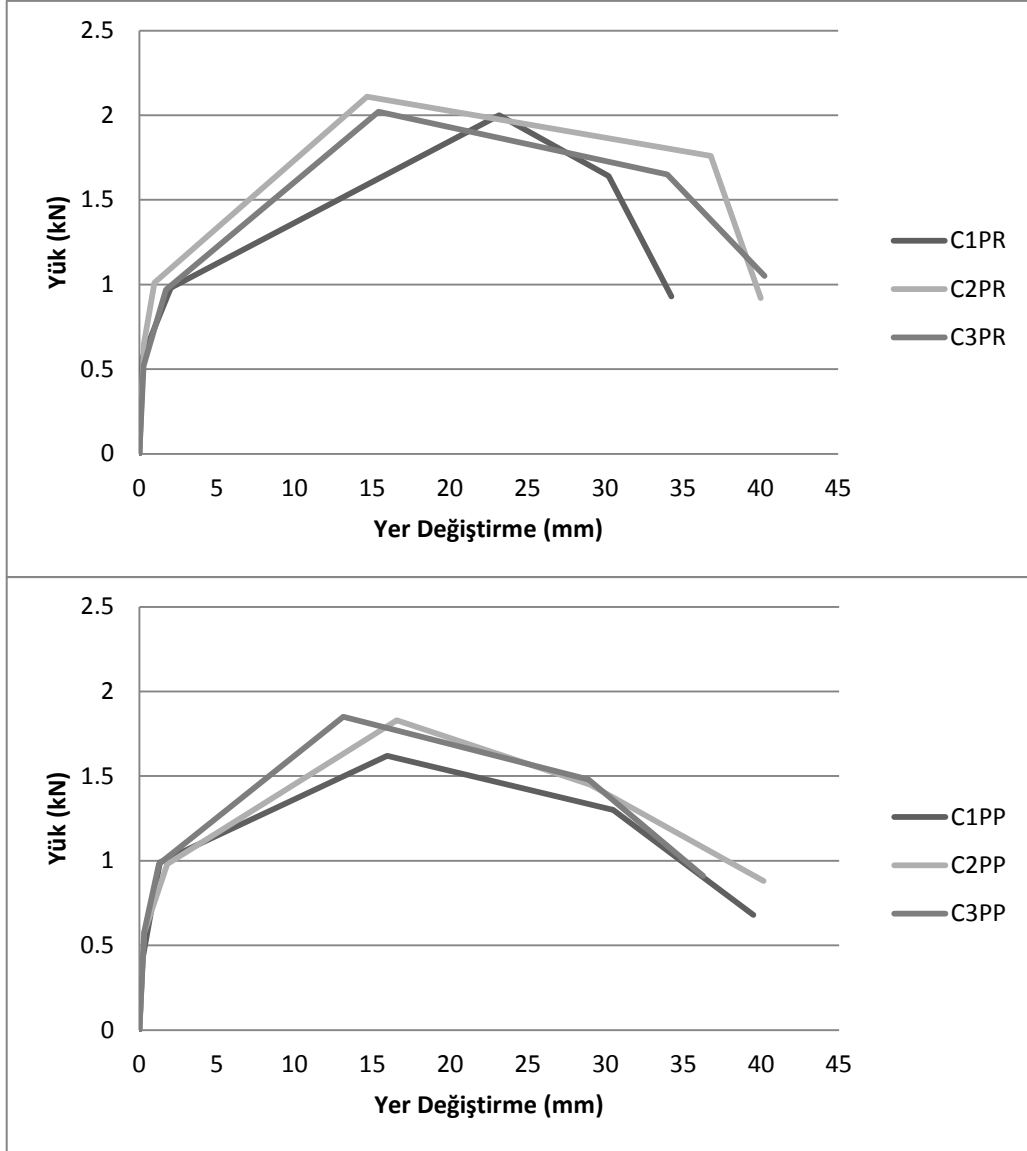
Şekil 53. 32°C sıcaklıkta soyulan sahil çamı kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi

Sahil çamı tomruklardan 50°C sıcaklıkta soyulan kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi Şekil 54'de ortaya koyulmuştur.



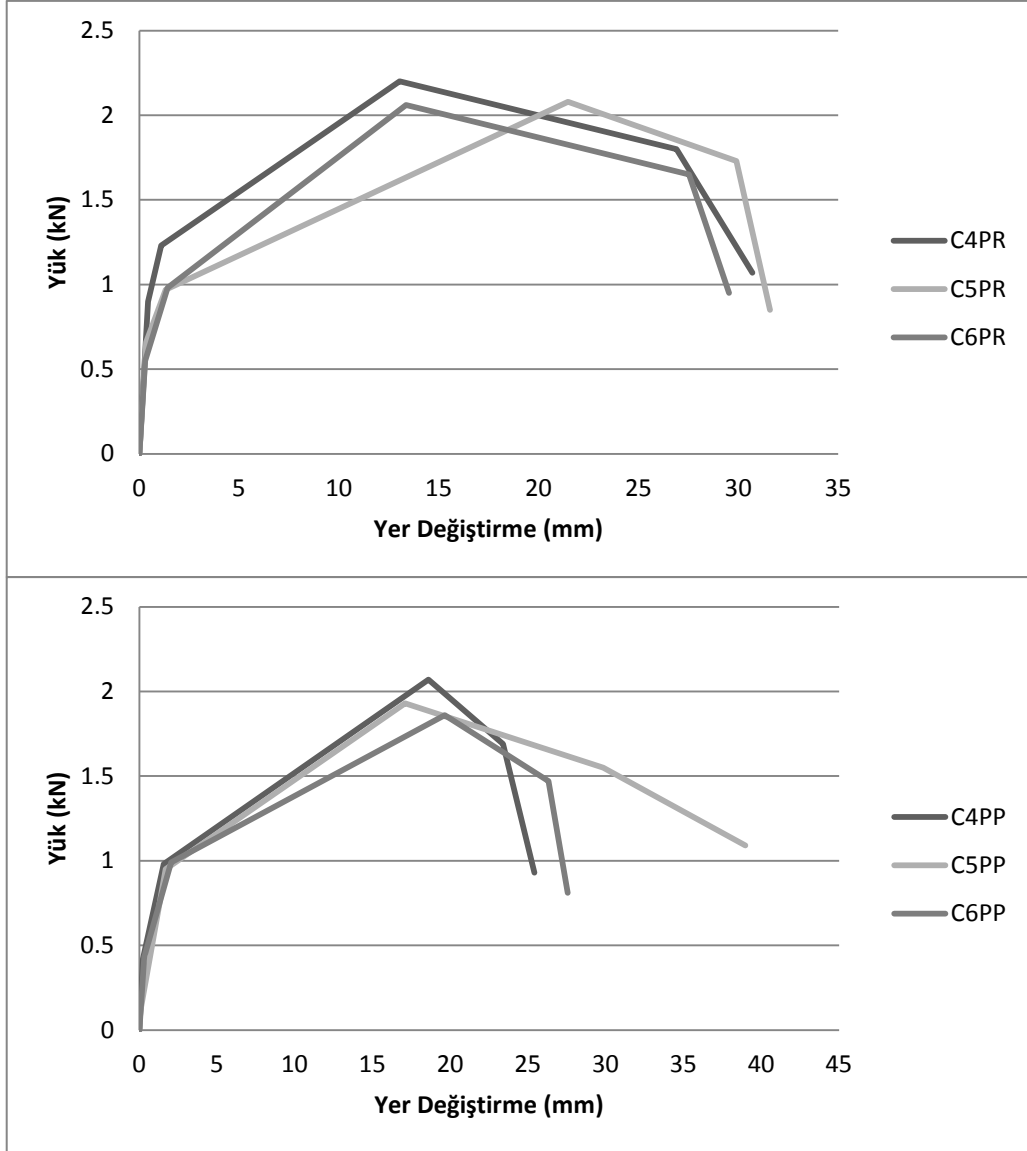
Şekil 54. 50°C sıcaklıkta soyulan sahil çamı kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi

Karaçam tomruklardan 32°C sıcaklıkta soyulan kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi Şekil 55’de ortaya koyulmuştur.



Şekil 55. 32°C sıcaklıkta soyulan karaçam kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi

Karaçam tomruklardan 50°C sıcaklıkta soyulan kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi Şekil 56'da ortaya koyulmuştur.



Şekil 56. 50°C sıcaklıkta soyulan karaçam kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların yük-yer değiştirme grafiği üzerine kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi

Şekil 51-56 aralığındaki şekillerde ağaç türlerine göre yanal vida direnci neticesinde elde edilen grafikler görülmektedir. Elde edilen grafikler, her bir gruba ait rijitlik değerleri, uygulanan yüke karşılık gelen yer değiştirme miktarlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, sistemin yüksek rijitlik ve maksimum yük değeri verirken, son yük noktasındaki yer değiştirmenin de büyük olmasıdır. Sistem yeterli bükülmezliğe sahip olduğunda destek perde duvarları arasında yükü taşıyabilmektedir. Bükülmezliğin ve yük taşıma kapasitesinin yüksek olduğu sistemlerde yapının yük etkisi altında kaldığı takdirde iyi bir performans göstereceği tahmini yürütülebilir (Bott, 2005).

Yani herhangi bir yanal yük etkisi altında kontrplağın, bağlı olduğu elemandan ayrılabilmesi için daha yüksek bir kuvvet ve daha uzun bir süre geçmesi gerekir. Böylelikle olası bir deprem anında tahliye için daha fazla zaman oluşturulabilir. Üretilen levhalar üretim parametrelerine göre rijitlik ve yer değiştirme değerlerine göre karşılaştırıldığında; mekanik özelliklerde meydana gelen iyileşme ile bu değerlerin de arttığı görülmüştür. Buna göre test sonucu belirlenen en iyi ağaç türünün karaçam çıkması beklenen bir sonuçtur. Daha önce yapılan çalışmalarda özgül ağırlık ile yanal vida direnci arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Winistorfer ve Soltis, 1994; Suematsu ve Okuma, 1993). MDF üzerine yapılan bir çalışmada da özgül ağırlık ile yanal vida direnci arasında güçlü bir doğrusal ilişki olduğu belirlenmiştir (Sawata ve ark., 2008). Karaçam kontrplakların çalışmada kullanılan diğer ağaç türlerine göre daha yüksek özgül ağırlık değerlerine sahip olması dolayısıyla yüksek yanal direnç göstermesi beklenen bir sonuçtur. Mekanik özelliklerin ağaç türüne göre değiştiği bilinmektedir (Özen, 1981). Bu nedenle mekanik özelliklerden biri olan yanal vida direnci testinin ağaç türüne göre değişim göstermesi doğaldır. Nitekim yapılan bir çalışmada ağaç türüne göre yanal vida direncinin değişim gösterdiği belirtilmiştir (Winistorfer ve Soltis, 1994).

Lif yönlerine göre yukarıdaki şekiller incelendiğinde, genel olarak liflere dik yönde daha iyi rijitlik ve yer değiştirme sonuçlarının alındığı görülmektedir. Bu konuda yapılan çalışmaların sonuçları arasında bir uyumsuzluk söz konusudur. Örneğin; Pirvu (2008) tarafından yapılan bir çalışmada lif yönünün bir etkisi bulunamazken (Pirvu, 2008), bir başka çalışmada ise liflere dik yönün daha iyi olduğu ifade edilmektedir (Winistorfer ve Soltis, 1994).

Bu çalışmada kontrplak üretim faktörlerinin yanal vida direnci üzerine etkisi incelenerek ülkemizde yetişen çam türlerinin uygunluğu test edilmiştir. Bu nedenle çalışmanın amaçlarına uygun olarak yapılan test sonucu elde edilen veriler, standartlar ve yapılmış diğer çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. ISO 16670 standardına göre son yük noktasındaki yer değiştirme miktarı 15.6 mm olarak belirlenmiştir. Peyer ve Cramer, 1999 tarafından yapılan çalışmada rijitlik değerleri 30°C'de 1.5 kN/mm, 120°C'de 0.79 kN/mm, 200°C'de 0.58 kN/mm, 265°C'de 0.69 kN/mm olarak bulunmuştur. Ekwueme ve Hart, 2000 ise kontrplak ile alçı paneli bu açıdan karşılaştırmış ve kontrplak için rijitlik değerini 1.59 kN/mm, 16 mm ve 22 mm'lik alçı paneli için 1.06 kN/mm olarak tespit etmiştir. Pirvu, 2008 ise çeşitli kalınlıklardaki kontrplak ile OSB'yi karşılaştırmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ise şu şekildedir: 22.5 mm kalınlıktaki OSB için liflere paralel yönde

maksimum yükteki yerdeğiştirme 13 mm ve rijitlik değeri 1.3 kN/mm, liflere dik yönde ise sırasıyla 17 mm ve 0.8 kN/mm; 28.5 mm kalınlıktaki OSB için liflere paralel yönde maksimum yükteki yerdeğiştirme 8 mm ve rijitlik değeri 1.3 kN/mm, liflere dik yönde ise sırasıyla 10 mm ve 1 kN/mm; 18.5 mm kalınlıktaki kontrplak için liflere paralel yönde maksimum yükteki yerdeğiştirme 21 mm ve rijitlik değeri 0.7 kN/mm, liflere dik yönde ise sırasıyla 19 mm ve 0.8 kN/mm; 28.5 mm kalınlıktaki kontrplak için liflere paralel yönde maksimum yükteki yerdeğiştirme 9 mm ve rijitlik değeri 2.5 kN/mm, liflere dik yönde ise sırasıyla 9 mm ve 1.7 kN/mm'dir (Pirvu,2008). Yapılan bir diğer çalışmada ise rijitlik değeri 1.21 kN/mm olarak belirlenirken, maksimum yükteki yerdeğiştirme 13.5 mm bulunmuştur (Sawata vd., 2010). Bu değerler ile karşılaştırıldığında; üretilen tüm levha gruplarının son yük noktasındaki yer değıştirme miktarının (mm) standartlara ve literatüre uygun olduğu görülmektedir. Ancak rijitlik açısından literatür ile yapılan karşılaştırmaya göre sarıçam türünün biraz daha düşük olduğu belirlenmiştir.

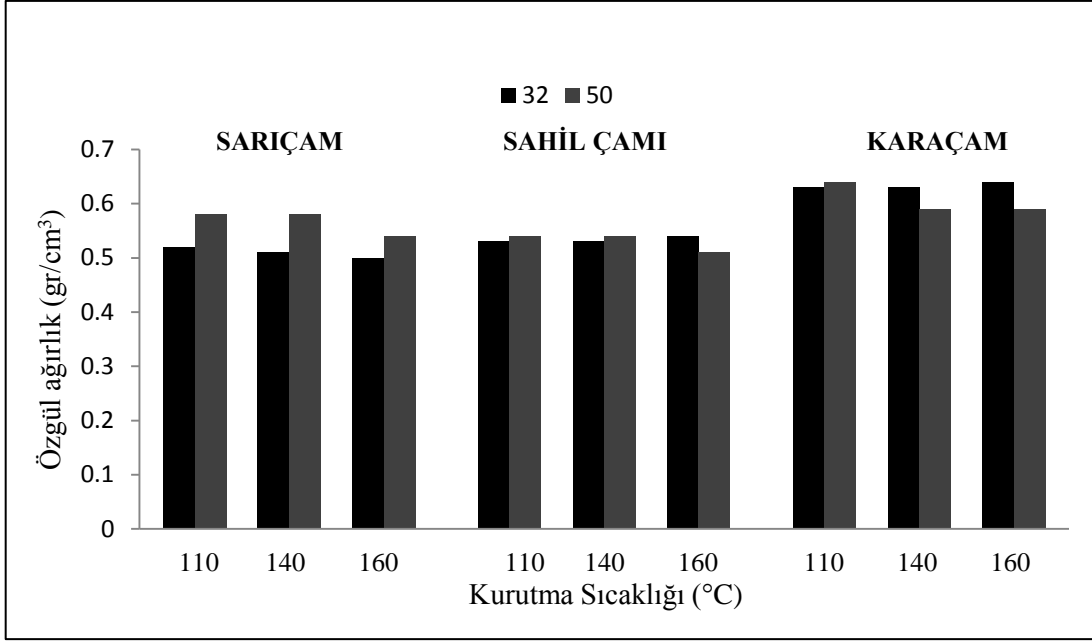
4.3. Kontrplak Fiziksel Özellikleri

4.3.1. Özgül Ağırlık

Yapılan çalışma kapsamında üretilen kontrplak levhaların özgül ağırlık değerleri; levhaların üretildiği ağaç türüne, soyma işlemi anındaki tomruk sıcaklığına, kaplama kurutma sıcaklığına ve tutkal türüne bağlı olarak değışim göstermiştir. Çalışmada kullanılan kontrplak levhaların özgül ağırlığı üzerine etkili faktörler tutkal türüne göre ayrı ayrı incelenmiştir.

4.3.1.1. Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Özgül Ağırlığı Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi

Her üç ağaç türü için fenol formaldehit (FF) tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlığı üzerine soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi Şekil 57'de gösterilmiştir.

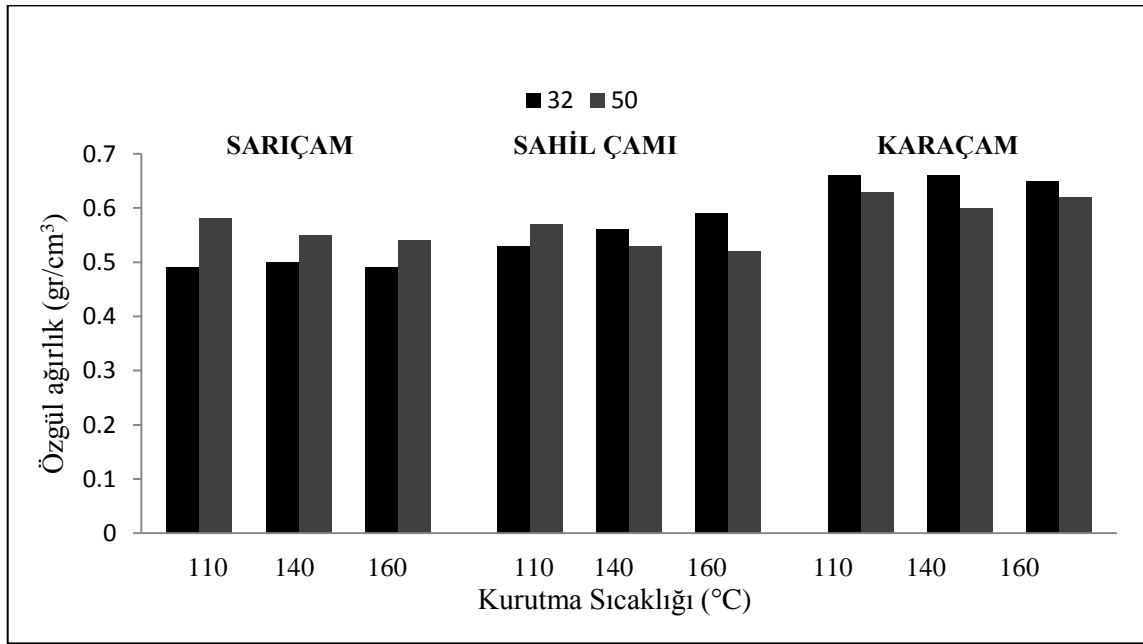


Şekil 57. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlığı üzerine ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi

Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlığı üzerine ağaç türünün etkisi Şekil 57'de görülmektedir. Buna göre en yüksek özgül ağırlık değeri karaçam kontrplaklarda görülmüş, sarıçam ve sahil çamı kontrplakların özgül ağırlık değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Kontrplak özgül ağırlığı, öncelikle üretildiği ağacın özgül ağırlığına bağlıdır. Ayrıca pres basıncı ve yapıştırıcı madde ile ilgili bazı etmenlerin özgül ağırlığın oluşmasında etkili olduğu bilinmektedir (Özen, 1981). Kurutma sıcaklığı ve kaplama soyma sıcaklığının fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların özgül ağırlıkları üzerine önemli bir etkisi belirlenmemiştir. Yapılan bir çalışmada 110°C ve 150°C'de kurutulan kaplamalardan üretilen kontrplakların özgül ağırlıkları arasında bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir (Tan, 2011).

4.3.1.2. Melamin Üre Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplakların Özgül Ağırlığı Üzerine Ağaç Türü, Soyma Sıcaklığı ve Kaplama Kurutma Sıcaklığının Etkisi

Her üç ağaç türü için melamin üre formaldehit (MÜF) tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlığı üzerine soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi Şekil 58’de gösterilmiştir.



Şekil 58. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlığı üzerine ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi

Şekil 58’den görüleceği üzere melamin-üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhalardan en yüksek özgül ağırlık değerleri karaçam kontrplaklarında belirlenmiştir. Kontrplağın yoğunluğu üzerine öncelikli etki ağaç türünüdür. Pres basıncı tutkal türü ve karışımının da etkisi olmakla birlikte bu etkilerin ağaç türüne göre daha az olduğu bilinmektedir (Örs ve ark., 2002). Soyma sıcaklığının melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine önemli bir etkisi tespit edilmemiştir. Kurutma sıcaklığının etkisi ise anlamlı olup, en yüksek özgül ağırlık değerleri 110°C’ kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklarda elde edilmiştir. Çolak ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada kurutma sıcaklığının artması ile özgül ağırlığın azaldığı belirlenmiştir (Çolak ve ark., 2003). Ayrıca yapılan bir çalışmada 100°C’nin üzerinde

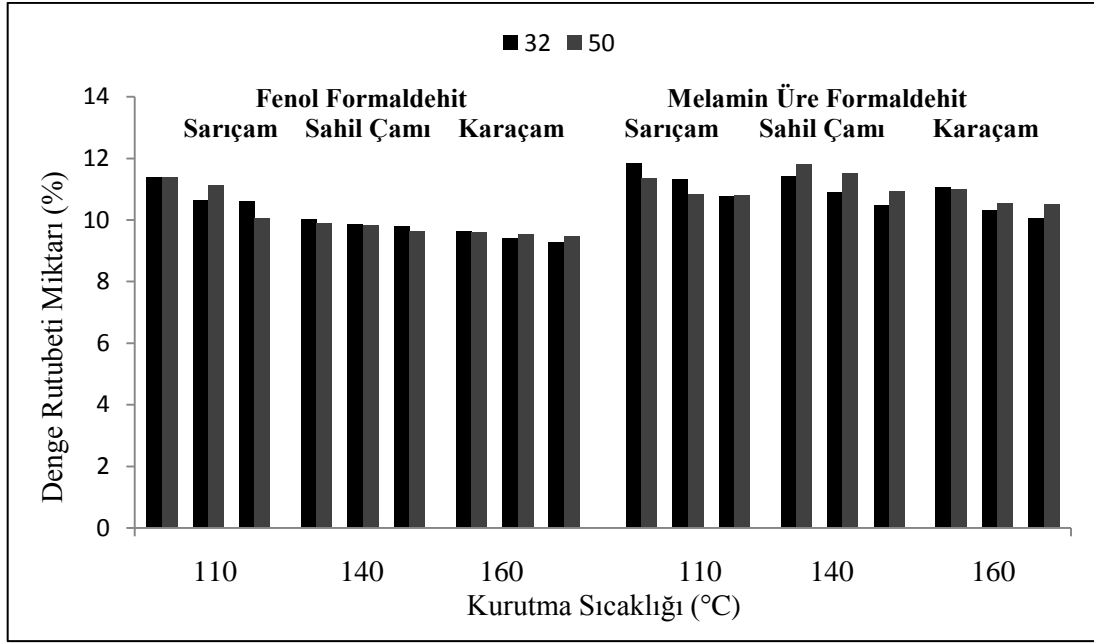
odunda termal bozunmanın başladığı belirtilmektedir. Böylesi bir işlemde sıcaklığının artması ile hücre çeperi bileşenlerinin bozunması ve ekstraktif maddelerin gaz fazında kaybolması nedeniyle özgül ağırlık değerlerinde azalmaya yol açtığı ifade edilmiştir (Yıldız, 2002). Kurutma sıcaklığının artması ile birlikte uzaklaşan rutubet ve ekstraktifler nedeniyle levha ağırlığında meydana gelen azalmanın özgül ağırlığın düşmesine neden olduğu söylenebilir. Bu nedenle çalışma kapsamında elde edilen değerlerin literatüre uygun olduğu söylenebilir.

CANPLY tarafından yayınlanan Kanada Kontrplak Tasarım Esaslarında kontrplak yoğunluğu yumuşak ağaçlar için 0.45 gr/cm^3 olarak belirtilmektedir (canply). Avustralya Ahşap Mühendislik Ürünleri Kurumu tarafından yayınlanan yapısal kontrplak ve LVL Tasarım kitapçığında ise çam kontrplak yoğunluğu için $0.50-0.65 \text{ gr/cm}^3$ değerleri verilmektedir (EWPA, 2010). Tez kapsamında üretilen bütün grupların özgül ağırlık değerleri bu sınırlar içersindedir.

4.3.2. Denge Rutubeti Miktarı

Yapılan çalışma kapsamında üretilen kontrplak levhaların denge rutubeti miktarları; levhaların üretildiği ağaç türüne, soyma işlemi anındaki tomruk sıcaklığına, kaplama kurutma sıcaklığına ve tutkal türüne bağlı olarak değişim göstermiştir. Çalışmada kullanılan kontrplak levhaların denge rutubeti miktarı üzerine etkili faktörlerden biri olan tutkal türünün etkisi fenol formaldehit ve melamin üre formaldehit başlıkları altında ayrı olarak incelenmiştir.

Her üç ağaç türü için fenol formaldehit (FF) tutkalı ve melamin-üre formaldehit (MÜF) tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubeti miktarı üzerine ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi Şekil 59'da gösterilmiştir.



Şekil 59. Üretilen kontrplakların denge rutubeti miktarı üzerine ağaç türü, soyma sıcaklığı ve kaplama kurutma sıcaklığının etkisi

Şekil 59 incelendiğinde üretilen kontrplakların denge rutubeti üzerine ağaç türünün etkisinin belirgin olduğu görülmektedir. En düşük denge rutubeti miktarı karaçam kontrplaklarda elde edilirken en yüksek değerler sarıçam kontrplaklarında elde edilmiş olup istatistiksel olarak sarıçam ile sahil çamı arasında bir fark tespit edilmemiştir. Literatürde ağaç türünün üretilen kontrplakların denge rutubeti üzerine etkili olduğu belirtilmektedir (Özen, 1981; Aydın, 2004).

Denge rutubeti değerlerine tutkal türü açısından bakıldığında; fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubeti değerlerinin melamin-üre formaldehit ile üretilenlere nazaran düşük olduğu görülmektedir. Yapılan bir çalışmada FF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubeti miktarı MÜF tutkalı ile üretilen kontrplaklardan daha düşük bulunmuştur (Tan, 2011). Literatürde fenol formaldehit tutkalının daha çok metilen mevcudiyeti ile daha yoğun bir zincir yapısından kaynaklanan, rutubete karşı daha yüksek direnç, düşük tutuşabilme, yüksek çekme direnci, yüksek elastikiyet, iyi bir boyut stabilitesi ve bozulma sıcaklığının daha yüksek olması gibi özelliklere sahip olduğu belirtilmektedir (Çolakoğlu, 1997). ÜF, MÜF ve FF tutkalları ile üretilen LVL'ler üzerine yapılan bir çalışmada da fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların diğer tutkallar ile üretilenlerden daha düşük denge rutubeti değerine sahip olduğu belirtilmiştir (Çolak vd., 2004). Ayrıca üre formaldehit tutkalı ile fenol formaldehit tutkalı kullanılarak yapılan bir

çalışmada, ÜF tutkalından üretilen kontrplakların daha yüksek rutubet derecesine sahip olduğu belirlenmiştir (Çolak, 2002). ÜF tutkal çözeltisinde asidik tuzlar kullanılmaktadır. Bu sertleştiriciler rutubeti hızlı bir şekilde absorbe etmektedir (Çolak, 2002).

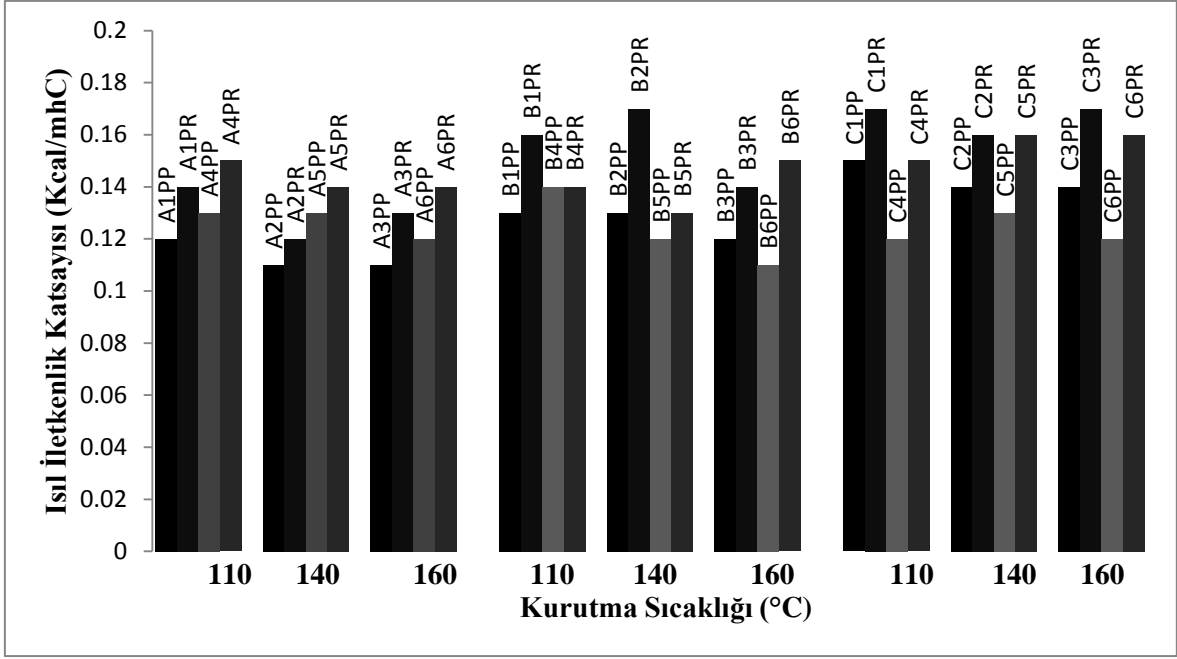
Kurutma sıcaklığının kontrplakların denge rutubeti üzerine azaltıcı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Tan (2011) tarafından yapılan bir çalışmada 110°C’de kurutulan kaplamalardan elde edilen kontrplakların, 150°C’de kurutulan kaplamalarla üretilen kontrplaklardan daha yüksek denge rutubeti değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Tan, 2011). Kantay (1990), yapılan çalışmada kurutma sıcaklığının artışıyla denge rutubetinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Aydın (2004) yaptığı çalışmada kaplama kurutma sıcaklığının yükselmesi ile birlikte, kontrplakların denge rutubet değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar meydana geldiğini ifade etmiştir (Aydın, 2004). Yıldız (2002) tarafından kayın ve ladin odun örnekleri ile yürütülmüş olan çalışmada da paralel sonuçlar bulunmuştur. Kurutma sıcaklığının yükselmesiyle birlikte hemiselüozlarda ayrışma meydana gelmekte ve odundaki reaktif hidroksil grupların sayısı azalmaktadır. Azalan hidroksil grupları ise, denge rutubeti değerinin azalmasına neden olmaktadır (Yıldız, 2002).

Çalışma kapsamında elde edilen denge rutubeti miktarlarının; yapısal kontrplak ve LVL el kitabında belirtilen, 7.5 mm üzeri kalınlıktaki yapısal kontrplaklar için gerekli rutubet aralığı olan % 8-15 arasında olduğu belirlenmiştir (EWPA, 2010).

4.3.3. Isıl İletkenlik Katsayısı

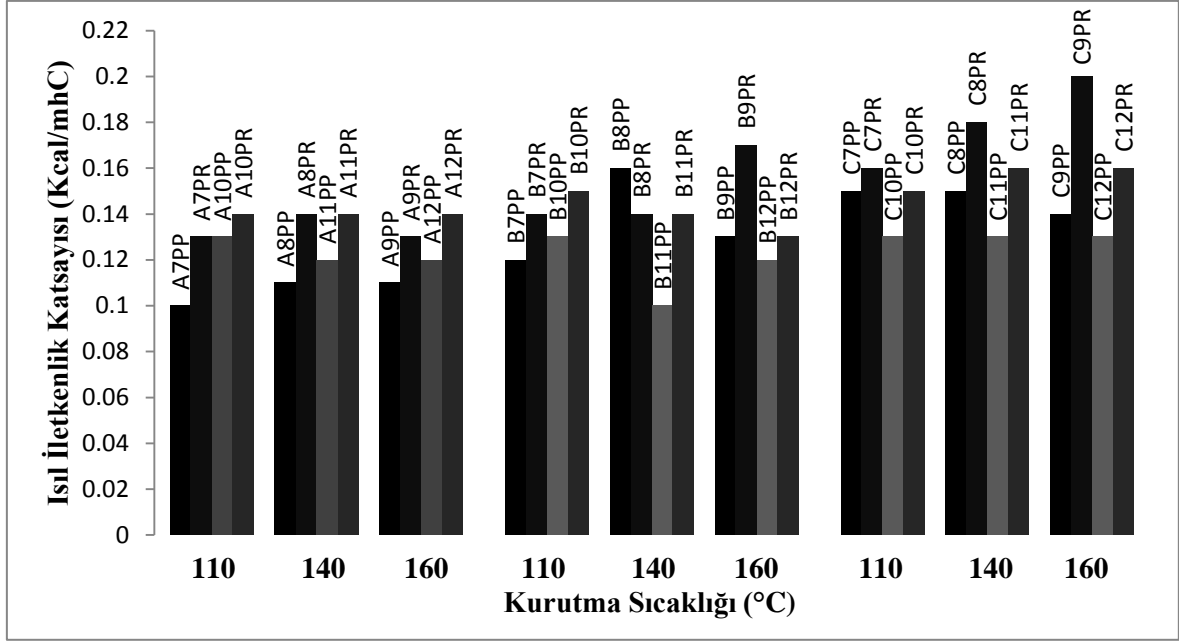
Yapılan çalışma kapsamında üretilen kontrplak levhaların ısı iletim katsayısı değerleri; levhaların üretildiği ağaç türüne, soyma işlemi anındaki tomruk sıcaklığına, kaplama kurutma sıcaklığına ve lif yönü gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermiştir. Isı iletim katsayısı üzerine etkili olan faktörler tutkal türüne göre ayrı ayrı incelenmiştir.

FF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların ısı iletim katsayısı üzerine ağaç türü, tomruğun soyulma anındaki sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi Şekil 60’da gösterilmiştir.



Şekil 60. FF tutkalı ile üretilen kontrplakların ısı iletim katsayısı üzerine ağaç türü, soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi

MÜF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların ısı iletim katsayısı üzerine ağaç türü, tomruğun soyulma anındaki sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi Şekil 61’de gösterilmiştir.



Şekil 61. MÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların ısı iletim katsayısı üzerine ağaç türü, soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı ve lif yönünün etkisi

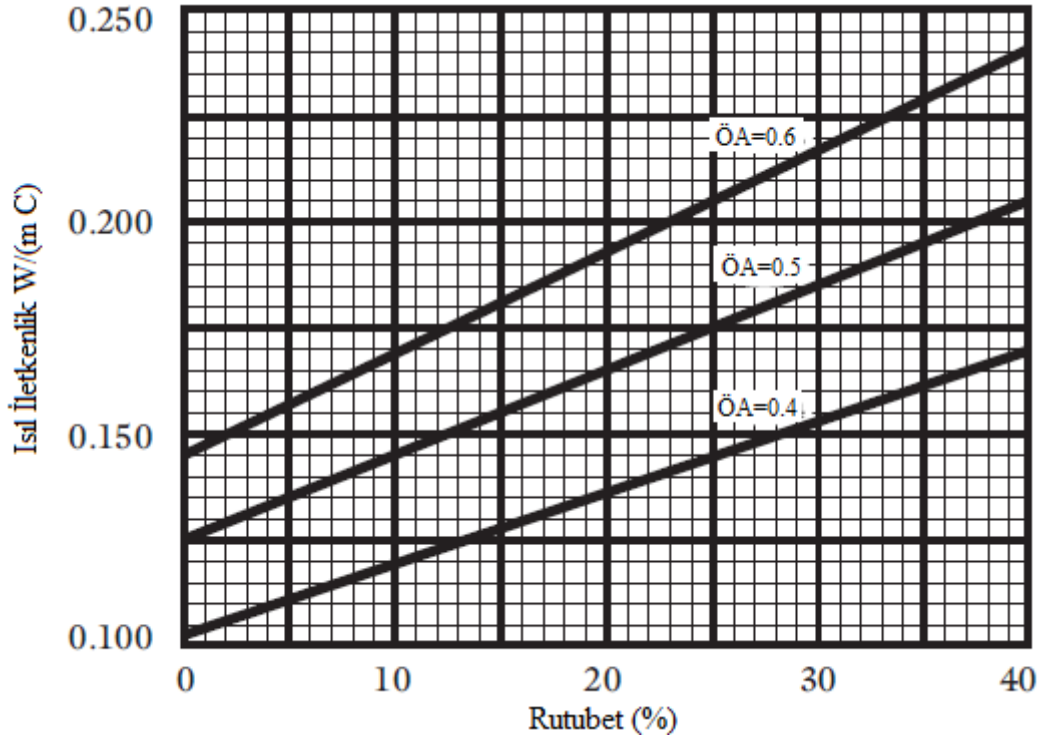
Ağaç malzemenin ısı iletimliğini etkileyen birçok temel faktör bulunmaktadır. Bunlar; yoğunluk, rutubet, ekstraktif madde miktarı, lif yönü, budak, çatlak ve lif açısı gibi yapısal düzensizlikler ve sıcaklık olarak sayılabilir (Simpson ve Tenwolde, 2007). Her iki tutkal türü için de Şekil 60 ve Şekil 61 incelendiğinde ağaç türüne göre en yüksek ısı iletim katsayısı değerleri karaçamdan üretilen kontrplaklarda görülmektedir. Sahil çamı ile sarıçam kontrplaklardan üretilen kontrplakların ısı iletim katsayısı değerleri arasında belirgin bir fark görülemezle birlikte, sahil çamından üretilen kontrplakların bir miktar daha yüksek ısı iletimlik değerlerine sahip olduğu söylenebilir. Literatürde ısı iletimlik değerinin ağaç türüne göre değişim gösterdiği belirtilmektedir (Şahin Kol ve Sefil, 2011; EWPA, 2010; Rice ve Shepard, 2004; Baker, 2002). Ağaç türlerine göre ısı iletimlik değerlerindeki bu farklılık malzemenin sahip olduğu özgül ağırlık ve rutubet farklılıklarından meydana gelmektedir. Özgül ağırlık ve rutubet ile ısı iletimliği arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirtilmektedir (Raichev vd.,1960; Örs ve Şenel, 1999; Urukami ve Kukuyama, 1981; Gu ve Zink-Sharp, 2005; Şahin Kol ve Altun, 2009; Sanderegger ve Niemz, 2009). Farklı yoğunluktaki çam türleri üzerine yapılan bir araştırmada da özgül ağırlığın artması ile ısı iletim katsayısının arttığı belirlenmiştir (Krüger ve Adiazola, 2010). Özgül ağırlığın artması ile ısı iletimindeki artışın nedeni hava ile dolu hücre

boşluklarının az olmasına bağlanmaktadır (Suleiman vd., 1999). Çünkü hava boşluğu arttıkça ısı iletkenliği düşmektedir (Şahin Kol vd., 2008).

Kurutma sıcaklığının artışı ile birlikte ısı iletim katsayısı değerlerinde genel olarak az da olsa bir miktar düşüş olduğu görülmektedir. Kurutma sıcaklığına bağlı olarak meydana gelen bu düşüş, kurutma sıcaklığının etkisiyle özgül ağırlıkta ve daha ziyade rutubette meydana gelen düşüşle açıklanabilir. Rutubetteki azalma ile odunun hidrofilik grupları özellikle karbonhidratların hidroksil grupları sayısındaki azalma meydana gelmektedir. Suyun iletkenliğinin yüksek olması nedeniyle rutubetin artışı ile birlikte ısı iletkenlikte artmaktadır (Gu ve Hunt, 2007; Kurt ve ark., 2008; Kol, 2009; Kol ve Sefil, 2011).

Şekil 60 ve Şekil 61 incelendiğinde, hemen hemen bütün gruplarda liflere dik yöndeki ısı iletkenlik katsayısının liflere paralel yönden daha yüksek olduğu görülmektedir. Literatürde masif ağaç malzemedeki lif yönünün ısı iletkenlik üzerine etkisi incelenmiş ve ısı iletiminin boyuna yönde enine yönden yaklaşık 2.25 ila 2.75 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca radyal yöndeki iletkenliğin teğet yönden %5-10 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Gu ve Zink-Sharp, 2005). Kontrplak malzeme üretiminde levha taslağı kaplamaların lif yönleri birbirine dik gelecek şekilde hazırlandığından dolayı masif malzemenin lif yönüne göre göstermiş olduğu ısı iletimi değişiminin kontrplak için beklenmemesi gerekir.

Şekil 62’de Kanada Kontrplak Tasarım Esasları’nda belirtilen ve üç farklı özgül ağırlıktaki (0.4gr/cm^3 ; 0.5gr/cm^3 ; 0.6gr/cm^3) kontrplakların rutubet içeriği ile ısı iletkenliği arasındaki ilişki gösterilmektedir (Canply, 2009).



Şekil 62. Kontrplağın rutubeti ile ısı iletkenliği arasındaki ilişki

Ticari olarak kullanılan yapısal odun kökenli levhalara ait ısı iletim katsayısı değerleri Tablo 67’de verilmektedir (Kawasaki ve Kawai, 2006):

Tablo 67. Ahşap Kökenli Bazı Levhalara Ait Isı İletim Katsayısı Değerleri (Kawasaki and Kawai, 2006)

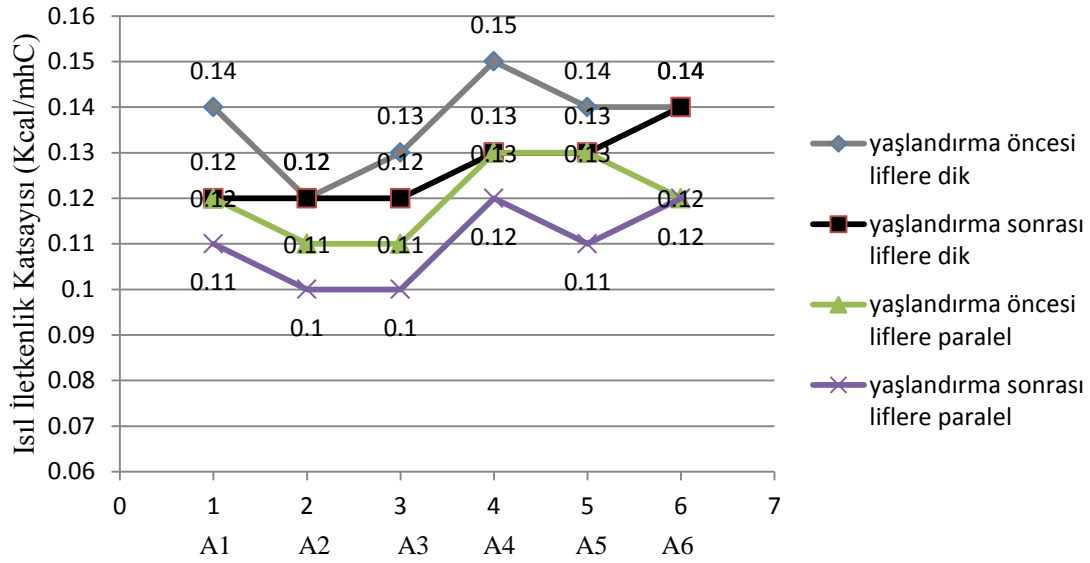
Levha Türü	λ (Kcal/mhC)
Kontrplak (9 mm)	0.14
Kontrplak (12 mm)	0.14
MDF (9 mm)	0.12
MDF (12 mm)	0.14
Yongalevha (12 mm)	0.15
OSB (12 mm)	0.14

Tablo 67’deki veriler yapılan çalışma ile karşılaştırıldığında elde edilen sonuçların literatüre uygun olduğu söylenebilir.

4.3.3.1. Yaşlandırma İşleminin Üretilen Kontrplakların Isıl İletkenlik Katsayısı Üzerine Etkisi

FF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların ısı iletim katsayısı değerleri üzerine yaşlandırma işlemi ve lif yönünün etkisi ağaç türlerine göre ayrı ayrı incelenmiştir.

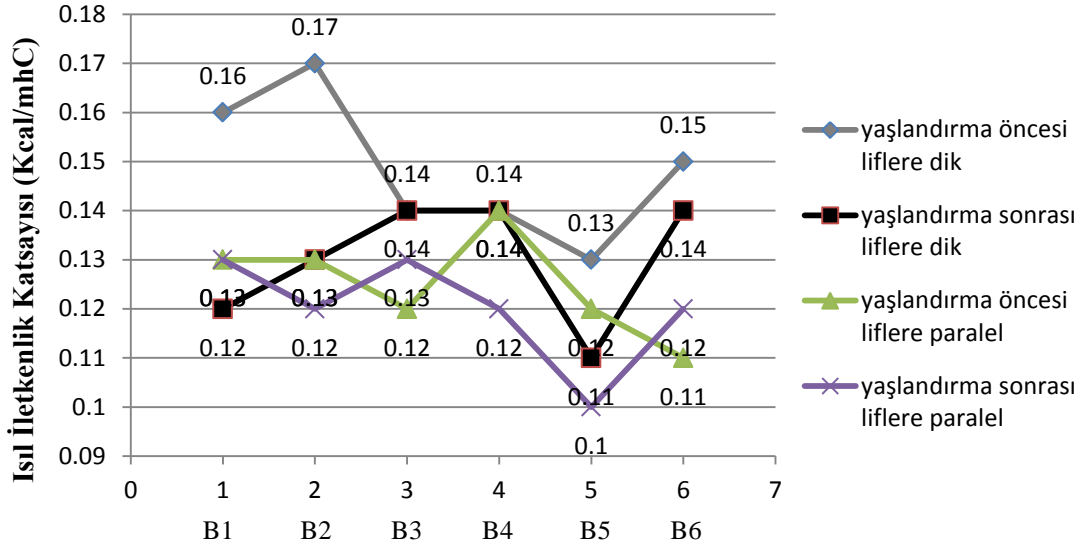
FF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ısı iletim katsayısı değerlerindeki değişim Şekil 63’de gösterilmiştir.



Şekil 63. FF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların ısı iletim katsayısı üzerine yaşlandırma işleminin etkisi

Gruplara göre yaşlandırma sonrası ısı iletim katsayısındaki azalmalar; A1 grubu için liflere paralel yönde %8.33, liflere dik yönde %14.29; A2 grubu için liflere paralel yönde %9.10, liflere dik yönde bir değişim olmadığı; A3 grubu için liflere paralel yönde %9.10, liflere dik yönde %7.69; A4 grubu için liflere paralel yönde %7.69, liflere dik yönde %13.33; A5 grubu için liflere paralel yönde %15.38, liflere dik yönde %7.14; A6 grubu için liflere paralel ve dik yönde bir değişim olmadığı belirlenmiştir.

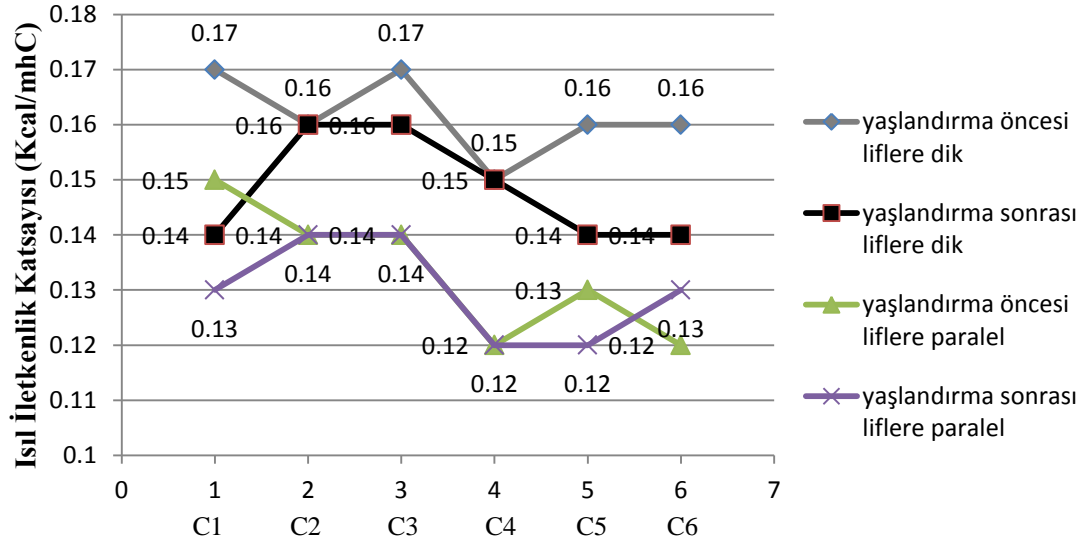
FF tutkalı ile üretilmiş sahil çamı kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ısı iletim katsayısı değerlerindeki değişim Şekil 64’de gösterilmiştir.



Şekil 64. FF tutkalı ile üretilmiş sahil çamı kontrplakların ısı iletkenlik katsayısı üzerine yaşlandırma işleminin etkisi

Gruplara göre yaşlandırma sonrası ısı iletim katsayısındaki azalmalar; B1 grubu için liflere paralel yönde değişim olmadığı, liflere dik yönde %25; B2 grubu için liflere paralel yönde %7.69, liflere dik yönde %23.53; B3 grubu için liflere paralel yönde %7.69, liflere dik yönde bir değişim olmadığı; B4 grubu için liflere paralel yönde %14.29, liflere dik yönde bir değişim olmadığı; B5 grubu için liflere paralel yönde %16.66, liflere dik yönde %15.38; B6 grubu için liflere paralel yönde %8.33, liflere dik yönde %6.66 olarak belirlenmiştir.

FF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ısı iletim katsayısı değerlerindeki değişim Şekil 65’de gösterilmiştir.

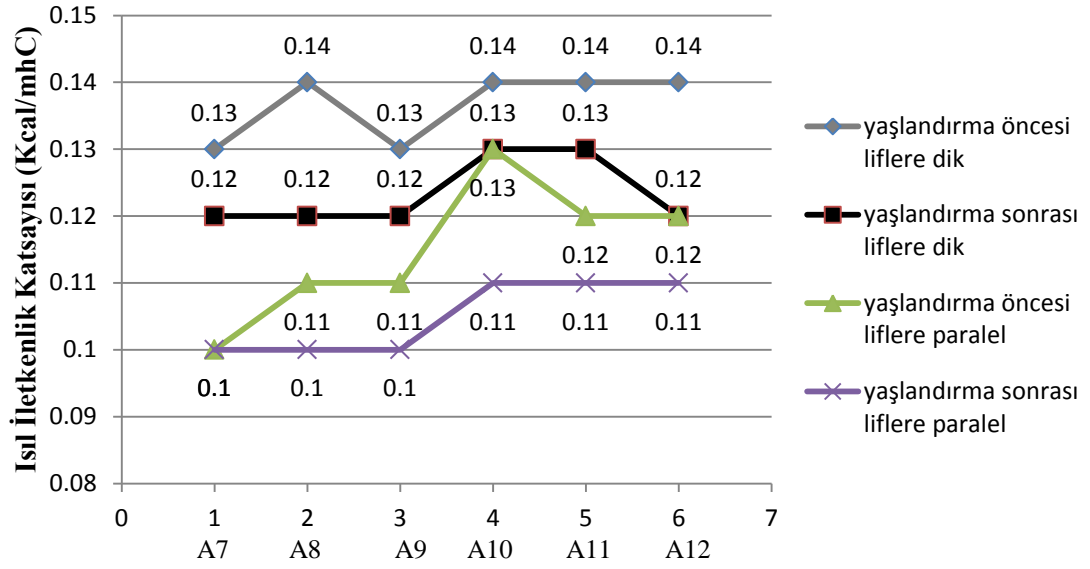


Şekil 65. FF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların ısı iletkenlik katsayısı üzerine yaşlandırma işleminin etkisi

Gruplara göre yaşlandırma sonrası ısı iletim katsayısındaki azalmalar; C1 grubu için liflere paralel yönde %13.33, liflere dik yönde %17.64; C2 grubu için liflere paralel ve dik yönde bir değişim olmadığı, C3 grubu için liflere paralel yönde bir değişim olmadığı, liflere dik yönde %5.88; C4 grubu için liflere paralel ve dik yönde bir değişim olmadığı; C5 grubu için liflere paralel yönde %7.69, liflere dik yönde %12.5; C6 grubu için liflere paralel yönde %7.69, liflere dik yönde %12.5 olarak belirlenmiştir.

MÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların ısı iletim katsayısı değerleri üzerine yaşlandırma işlemi ve lif yönünün etkisi ağaç türlerine göre ayrı ayrı incelenmiştir.

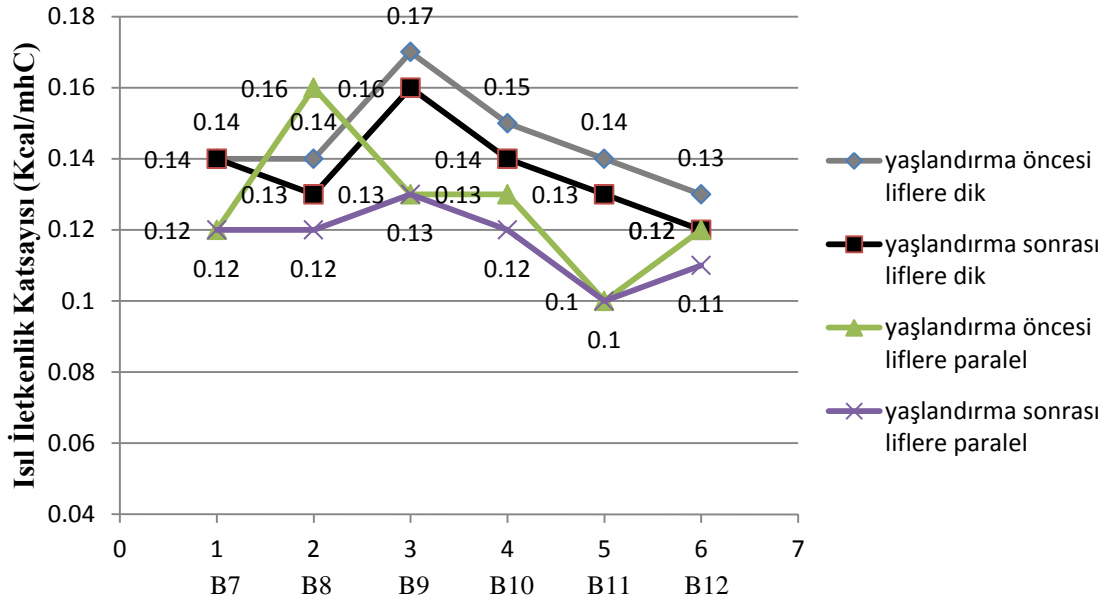
MÜF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ısı iletim katsayısı değerlerindeki değişim Şekil 66'da gösterilmiştir.



Şekil 66. MÜF tutkalı ile üretilmiş sarıçam kontrplakların ısı iletkenlik katsayısı üzerine yaşlandırma işleminin etkisi

Gruplara göre yaşlandırma sonrası ısı iletim katsayısındaki azalmalar; A7 grubu için liflere paralel yönde bir değişim olmadığı, liflere dik yönde %7.69; A8 grubu için liflere paralel yönde %9.09, liflere dik yönde %14.29, A9 grubu için liflere paralel yönde %9.09, liflere dik yönde %7.69; A10 grubu için liflere paralel yönde %15.38, liflere dik yönde %7.14; A11 grubu için liflere paralel yönde %8.33, liflere dik yönde %7.14; A12 grubu için liflere paralel yönde %8.33, liflere dik yönde %14.28 olarak belirlenmiştir.

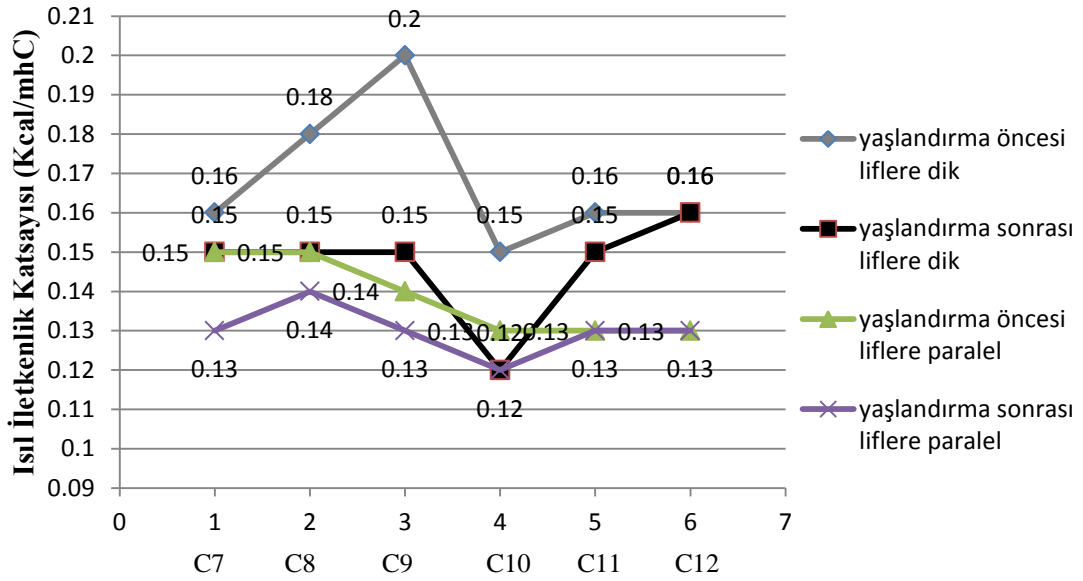
MÜF tutkalı ile üretilmiş sahil çamı kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ısı iletim katsayısı değerlerindeki değişim Şekil 67’de gösterilmiştir.



Şekil 67. MÜF tutkalı ile üretilmiş sahil çamı kontrplakların ısı iletkenlik katsayısı üzerine yaşlandırma işleminin etkisi

Gruplara göre degradasyon oranı belirlendiğinde yaşlandırma sonrası ısı iletim katsayısındaki azalmalar; B7 grubu için liflere paralel ve dik yönde bir değişim olmadığı; B8 grubu için liflere paralel yönde %25, liflere dik yönde %7.14, B9 grubu için liflere paralel yönde bir değişim olmadığı, liflere dik yönde %5.88; B10 grubu için liflere paralel yönde %7.69, liflere dik yönde %6.66; B11 grubu için liflere paralel yönde bir değişim olmadığı, liflere dik yönde %7.14; B12 grubu için liflere paralel yönde %8.33, liflere dik yönde %7.69 olarak belirlenmiştir.

MÜF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrası ısı iletim katsayısı değerlerindeki değişim Şekil 68’de gösterilmiştir.



Şekil 68. MÜF tutkalı ile üretilmiş karaçam kontrplakların ısı iletkenlik katsayısı üzerine yaşlandırma işleminin etkisi

Gruplara göre degradasyon oranı belirlendiğinde yaşlandırma sonrası ısı iletim katsayısındaki azalmalar; C7 grubu için liflere paralel yönde %13.33, liflere dik yönde %6.25; C8 grubu için liflere paralel yönde %6.66, liflere dik yönde %16.66, C9 grubu için liflere paralel yönde %7.14, liflere dik yönde %25; C10 grubu için liflere paralel yönde %7.69, liflere dik yönde %20; C11 grubu için liflere paralel yönde bir değişme olmadığı, liflere dik yönde %6.25; C12 grubu için liflere paralel ve dik yönde bir değişme olmadığı belirlenmiştir.

Her iki tutkal türü ve üç ağaç türü de dikkate alınarak ısı iletkenlik üzerine yaşlandırmanın etkisi ile ilgili şekiller incelendiğinde, yaşlandırma işleminden sonra bulunan ısı iletkenlik katsayısı değerlerinin yaşlandırma işleminden önce elde edilenlerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Yaşlandırma işleminde uygulanan prosedürde; örnekler yatay olarak 50°C'deki suda 1 saat bekletilmiş ardından 70±3°C' de kuru hava ile etüvde 3 saat kurutulmuş, daha sonra 3 saat süre ile örnekler 70±3°C' de su buharı uygulanmış ve son olarak 70±3°C' de kuru hava ile örnekler bir etüvde 18 saat kurutulduktan sonra testleri yapılmadan önce 23±3°C ve %50±5 bağıl nem koşullarında değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilmişlerdir. Isı iletkenliklerde meydana gelen düşüş uygulanan bu işlemler neticesinde ahşap malzemenin yaşlandırma öncesi rutubet değerine ulaşamaması ve bir miktar daha düşük rutubet içeriğine sahip olmasından kaynaklanabilir. Nitekim histerez olayı gereği ağaç malzeme rutubetini kaybettikten sonra tekrar

kurutulduğunda eski rutubetine ulaşmamaktadır (Örs ve Keskin, 2001). Ayrıca ağaç malzemeye uygulanan ısı işlem ile denge rutubeti miktarının düştüğü belirtilmiştir (Gunduz ve Aydemir, 2009; Gunduz vd., 2008; Kaygın vd., 2009). Bu nedenle rutubetteki azalma ile ısı iletkenliğin azaldığı söylenebilir (Kol ve Sefil, 2011). Uygulanan ısı işlemler ile birlikte uçucu ekstraktiflerin uzaklaşmasıyla özgül ağırlığın azalabileceği ve azalan özgül ağırlık ile doğru orantılı olarak ısı iletkenliğin düşmesi beklenebilir.

5. SONUÇLAR

5.1. Kaplama Levhaların Yüzey Özellikleri

5.1.1. Yüzey Pürüzlülüğü

1. Ağaç türüne göre yüzey pürüzlülüğü değerleri farklılık göstermiştir. En pürüzlü yüzeyler sahil çamı kaplama levhalarında, en düzgün yüzeyler ise karaçam kaplamalarda tespit edilmiştir.

2. Her üç ağaç türü için de soyma sıcaklığının artması ile yüzey pürüzlülüğü değerlerinin azaldığı görülmektedir.

3. Kurutma sıcaklığının kaplamaların yüzey pürüzlülüğü değerleri üzerine belirgin bir etkisi görülmemiştir. Fakat ağaç türlerine göre ayrı ayrı incelendiğinde kurutma sıcaklığının artışı ile birlikte yüzey pürüzlülüğünün bir miktar azaldığı görülmektedir.

5.2. Kontrplak Levhaların Mekanik Özellikleri

5.2.1. Çekme-Makaslama Direnci

1. Ağaç türüne göre en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri fenol formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkalları için karaçam türünde görülmektedir. En düşük çekme-makaslama direnci değerlerini ise sarıçam türü göstermiştir.

2. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklarda en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri 160°C'de kurutulmuş kaplamalardan elde edilmiştir. En düşük çekme-makaslama direnci değerleri ise 110°C'de kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklarda görülmektedir.

3. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci kaplama kurutma sıcaklığının artması ile artış göstermiştir.

4. Melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklarda en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri 110°C'de kurutulmuş kaplamalardan elde edilmiştir. En düşük çekme-makaslama direnci değerleri ise 160°C'de kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklarda görülmektedir.

5. Melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci kaplama kurutma sıcaklığının artması ile azalmıştır.

6. Soyma sıcaklığının kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci üzerine bir etkisi görülmemektedir.

7. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilenlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

8. Yaşlandırma işleminin fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine anlamlı bir etkisi görülmemektedir.

9. Yaşlandırma işlemi ile melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direncinde düşüş görülmektedir.

5.2.2. Eğilme Direnci

1. Ağaç türüne göre en yüksek eğilme direnci değerleri fenol formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkalları için karaçam türünde görülmektedir.

2. Sarıçam ve sahil çamı kaplamalarından üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri arasında anlamlı bir fark görülmemektedir.

3. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklarda en yüksek eğilme direnci değerleri 160°C'de kurutulmuş kaplamalardan elde edilmiştir.

4. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci kaplama kurutma sıcaklığının artması ile artış göstermiştir.

5. Melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklarda en yüksek eğilme direnci değerleri 110°C'de kurutulmuş kaplamalardan elde edilmiştir.

6. Melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci kaplama kurutma sıcaklığının artması ile azalmıştır.

7. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilenlerden daha yüksektir.

5.2.3. Elastikiyet Modülü

1. Ağaç türüne göre en yüksek elastikiyet modülü değerleri fenol formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkalları için karaçam türünde görülmektedir. En düşük elastikiyet modülü ise sahil çamında görülmektedir.

2. Soyma sıcaklığının her iki tutkal türü içinde elastikiyet modülü üzerine anlamlı bir etkisi görülmemektedir.

3. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü kaplama kurutma sıcaklığının artması ile artış göstermiştir.

4. Melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri 110°C'de kurutulmuş kaplamalardan elde edilmiştir.

5. Melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü kaplama kurutma sıcaklığının artması ile azalmıştır.

6. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerlerinin melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilenlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

5.2.4. Yanal Vida Direnci

1. Sariçam kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların maksimum yük değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi incelendiğinde en düşük değerler genel olarak 110°C'de kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklarda görülmektedir.

2. Lif yönünün sarıçam kaplamalardan üretilen kontrplakların yanal vida dayanımı üzerine etkisi incelendiğinde liflere paralel yöndeki ölçümlerin liflere dik yöndekilerden daha düşük olduğu görülmektedir.

3. Sahil çamı kaplamalardan FF tutkalı ile üretilen kontrplakların maksimum yük değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi incelendiğinde en düşük değerler genel olarak 110°C'de kurutulmuş kaplamalardan üretilen kontrplaklarda görülmektedir.

4. Ağaç türlerine göre en yüksek yük değeri karaçamda elde edilmiştir.

5. En yüksek rijitlik ve yerdeğiştirme değerlerini karaçamdan üretilen kontrplaklar vermiştir.

6. Çekme-makaslama, eğilme direnci gibi mekanik özelliklerde meydana gelen iyileşme ile birlikte yanal vida direnci, rijitlik ve yük etkisi altında yer değiştirme miktarında artış olduğu görülmektedir.

5.3. Kontrplak Levhaların Fiziksel Özellikleri

5.3.1. Özgül Ağırlık

1. En yüksek özgül ağırlık değeri karaçam kontrplaklarda görülmektedir.
2. Sarıçam ve sahil çamı kontrplakların özgül ağırlık değerleri arasında anlamlı bir fark görülmemektedir.
3. Kurutma sıcaklığı ve kaplama soyma sıcaklığının fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların özgül ağırlıkları üzerine bir etkisi görülememektedir.
4. Melamin-üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhalardan karaçam kontrplakların özgül ağırlık değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.
5. Soyma sıcaklığının melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine önemli bir etkisi görülmemektedir.
6. Melamin üre formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklarda en yüksek özgül ağırlık değerleri 110°C' de kurutulan kaplamalardan üretilen levhalarda görülmektedir.

5.3.2. Denge Rutubeti Miktarı

1. En düşük denge rutubeti miktarı karaçam kontrplaklarda görülmektedir.
2. En yüksek denge rutubeti miktarı sarıçamda elde edilmiş fakat istatistiksel olarak sarıçam ile sahil çamı arasında anlamlı bir fark görülmemiştir.
3. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubeti değerlerinin melamin-üre formaldehit tutkalı ile üretilenlere nazaran düşük olduğu görülmektedir.
4. En düşük denge rutubeti miktarları 160°C' de kurutulan kaplamalardan üretilen levhalarda görülmektedir.
5. Kurutma sıcaklığının kontrplakların denge rutubeti üzerine etkisi incelendiğinde kurutma sıcaklığının artması ile denge rutubeti miktarının azaldığı görülmektedir.

5.3.3. Isı İletkenlik Katsayısı

1. En yüksek ısı iletim katsayısı değerleri karaçamdan üretilen kontrplaklarda görülmektedir.

2. Sahil çamı ile sarıçam kontrplaklardan üretilen kontrplakların ısı iletim katsayısı değerleri arasında belirgin bir fark görülememektedir.
3. Kurutma sıcaklığının artışı ile birlikte ısı iletim katsayısı değerlerinde genel olarak az da olsa bir miktar düşüş olduğu görülmektedir
4. Yaşlandırma işleminden sonra bulunan ısı iletkenlik katsayısı değerlerinin yaşlandırma işleminden önce elde edilenlerden daha düşük olduğu görülmektedir.
5. Yaşlandırma işleminin ısı iletkenliğini düşürdüğü görülmektedir.

6. ÖNERİLER

Ahşap; Amerika'da, Japonya'da ve birçok Avrupa ülkesinde özellikle deprem ve kasırga gibi doğal afetlerde sağladığı faydalar nedeniyle yapı maksatlı kullanılmaktadır. Ahşap, yapı sektöründe masif olarak iç mekânlardan dış kolonlara hatta beton kalıplarına kadar çok farklı kullanım yerlerinde değerlendirilebildiği gibi ahşap kökenli levhaların kullanımı ile de yapı sektöründe kullanım yeri yelpazesini genişletmektedir. Yapı sektöründe kullanılan levhalar arasında başı çeken kontrplak ve OSB'nin daha küçük çaplardaki ağaçlardan üretilebilmeleri nedeniyle daha ekonomik oldukları belirtilmiştir (Branston, 2004).

Ahşap yapılar, deprem riski taşıyan ülkelerde daha yaygın görülmekte ve bu ülkelerde bu sektör günden güne gelişim göstermektedir. Kontrplak levhalar, özellikle deprem gibi yanal yüklere karşı gösterdikleri performans nedeniyle ahşap yapılarda tercih edilmekte ve üretiminde genellikle iğne yapraklı ağaçlar (İYA) kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı bir deprem ülkesi olan Türkiye'de ahşap yapıların önemini vurgulamak ve ülkemizde kontrplak üretimi için tercih edilmeyen iğne yapraklı ağaçlardan çam türlerinin kontrplak üretiminde değerlendirildiği takdirde gösterdikleri genel ve yapı maksatlı performanslarını incelemektir. Yapılan çalışmalar neticesinde kullanılan çam türlerinin, yapılan genel ve yapı maksatlı testlerde gayet iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu nedenle kontrplak sektöründe, kayın gibi idare müddeti çok uzun olan ağaç türleri yerine iğne yapraklı ağaçların kullanımı tercih edilebilir. Bundan sonraki aşamalarda değişik tür ve yaştaki iğne yapraklı ağaçların kullanımının araştırılması önerilebilir.

Yapı maksatlı kontrplak üretiminde gösterdiği performanslar nedeniyle fenol formaldehit tutkalının kullanılması önerilmektedir.

Kurutma sıcaklığının kullanılan tutkal türüne göre düzgün ve ekonomik bir şekilde ayarlanması gerektiği görülmüştür. 32 ve 50°C'lerdeki soyma sıcaklığının üretilen levhaların teknolojik özellikleri üzerine bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda herhangi bir ısı işlem uygulamadan iğne yapraklı ağaçların soyulması önerilebilir.

Yapısal maksatlı testler neticesinde elde edilen sonuçlar, üretilen kontrplakların ahşap yapı sistemlerinde perde duvar olarak kullanılacaklarını göstermiştir. Ayrıca ülkemizde yetişen İYA türlerinin uluslar arası düzeyde kabul gören yapısal standartları malzeme düzeyinde karşıladığı görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak, bundan sonraki çalışmalarda bu özellikteki malzemelerin büyük boyutlu ahşap yapıların üretiminde kullanımı ve testinin yapılması önerilebilir.

Bu çalışmanın, deprem için her an hazırlıklı olması gereken ülkemiz için önemli bir başlangıç olarak görülerek, bu çalışmaların geliştirilerek artırılması ve ahşap yapının öneminin vurgulanarak sektörün gelişiminin hızlandırılması gerektiği düşünülmekte ve en önemli öneri olarak sunulmaktadır.

7. KAYNAKLAR

- AF&PA, 2001a. American Forest and Paper Association (AF&PA). Allowable Stress Design Manual for Engineered Wood Construction and Supplements and Guidelines, Washington DC.
- AF&PA, 2001b. American Forest and Paper Association (AF&PA). Allowable Stress Design Manual for Engineered Wood Construction and Supplements and Guidelines, Washington DC.
- ASTM-D 1037, 1993. American Society For Testing And Materials Standard, Test Method For Properties Of Wood-Based Fiber And Particle Panel Materials, ASTM, West Conshohoken
- Anderson, E. N., Leichti, R. J., Sutt, E.G.,and Rosowsky, D.W., 2007, Sheathing Nail Bending-Yield Stress: Effect On Cyclic Performance Of Wood Shear Walls. Wood and Fiber Science, 39(4), 536 – 547
- Anonim, 1975, Adhesives for Wood,.In: Adhesive Bonding of Wood, Technical Bulletin No: 1512, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C., August
- Anonim, 1992. Hurricane Andrew. Wood Building Performance and Analysis. A Special Report of The National Forest Products Association.
- Anonim, 1994. El Kitabı Dizisi:7, Sarıçam. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Muhtelif Yayınlar Serisi: 67. ISBN 975-7829-17-X
- Anonim, 1998. Forintek Canada Corp, Wood Based panel products technology roadmap: Special Report. Forest Industries and Building Products, Canada, ISSN 0381-7733
- Anonim, 2002. Japan Two-by-four Home Builders Association. Structural Calculation Manual for Wood – Frame Buildings (in Japanese). Kogyo- Chosa- kai, Tokyo.
- Anonim, 2006. Opportunities To Invest In The Finnish Forestry Cluster, Wood Construction, Invest In Finland, Kaivokato 8,6th Floor, FIN-00100 Helsinki, Finland.
- Anonim, 2008. Build Energy Efficient Walls. Builders Meet Code with Durable, Affordable Wood Wall Systems. APA – The Engineered Wood Association. Form No. J440.2008. www.apawood.org , www.wallbracing.org

- ANSI, ASME B46.1, 1985, Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay), American National Standards Institute.
- APA, 1996. The Engineered Wood Association. Design/Construction Guide-Residential and Commercial, Engineered Wood Systems, Tacoma, WA.
- APA, 1998, Structural Adhesives for Plywood-Lumber Assemblies, Technical Note, Number Y391 C.
- 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.
- APA, 2007, The Engineered Wood Association. Voluntary Product Standard. PS 1-07 Structural Plywood with Typical APA Trademarks, Form No: H860, February.
- APA, 2011, The Engineered Wood Association PS 2-10 Performance Standard for Wood-Based Structural-Use Panels. Form.No. S350F/Revised June 2011/0400
- APA, 2010, The Engineered Wood Association. Technical Topics. Form No: TT-044B, March.
- ASTM C 1113/M 1113-09, 2009, Standard Test Method for Thermal Conductivity of Refractories by Hot Wire (Platinum Resistance Thermometer Technique). United States, March.
- ASTM C 481-99, (Reapproved 2005). Standard Test Method For Laboratory Aging of Sandwich Constructions, United States.
- ASTM E 2126, 2010. Standard Test Methods for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear resistance of vertical elements of the lateral force resisting systems for buildings, United States.
- ASTM Standard D2559, 2010. Standard Specification for Adhesives for Structural Laminated Wood Products for Use Under Exterior (wet use) Exposure Conditions
- Aydin, İ. ve Çolakoğlu, G., 2002a, The Effects of Steaming and Veneer Drying Temperature on The Weathering Reactions, Wood Based Materials – Wood Composites and Chemistry International Symposium, 19th-20th September, Vienna, Austria.
- Aydin, I ve Colakoglu G.; 2002b. The Effects Of Veneer Drying Temperature On Wettability, Surface Roughness And Some Properties Of Plywood, In: Proceedings Of The Sixth Panel Products Symposium, 9–11 October 2002, Wales, UK: Llandudnop, 60–70.

- Aydın, İ. ve Çolakoğlu, G., 2003, Odun Yüzeylerinde Pürüzlülük ve Pürüzlülük Ölçüm Yöntemleri, Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 4, 1-2, 92-102.
- Aydın, İ., 2004, Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Islanabilme Yeteneği Ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın İ., Çolakoğlu, G. ve Hızıroğlu, S., 2006, Surface Characteristics of Spruce Veneers and Shear Strength of Plywood as a Function of Log Temperature in Peeling Process, International Journal of Solids and Structures, 43, 6140-6147.
- Aydın İ., Çolakoğlu G., Çolak S. ve Demirkır C., 2006, Effects of Moisture Content on Formaldehyde Emission and Mechanical Properties of Plywood, Building and Environment, 41, 1311-1316
- 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. ve Demirkır, C., 2010, Activation of Spruce Wood Surfaces by Plasma Treatment After Long Terms of Natural Surface Inactivation, Plasma Chemistry and Plasma Processing, 30: 697-706.
- Bader H, Niemz P, ve Sonderegger, W., 2007, Untersuchungen Zum Einfluss Des Plattenaufbaus Auf Ausgewählte Eigenschaften Von Assivholzplatten, Holz Roh-Werkst, 65(3):173–181
- Baker, W. A., 2002, Wood Structural Panels, Chapter Two. APA Engineered Wood Handbook, Thomas G. Williamson, ISBN: 0-07-136029-8 page: 2.1-2.9
- Beall, F.C. 2005. Monitoring Cumulative Damage in Shear Wall Testing with Acoustic Emission. 14 th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood. University of Applied Sciences, Germany, Eberswalde, May.
- Bekhta, P. Hızıroğlu, S. ve Shepelyuk, O., 2009, Properties Of Plywood Manufactured From Compressed Veneer As Building Material, Materials and Design, 30: 947–953
- Berkel, A. 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın no: 147.
- Berthier, S., Kokutse, A.D., Stokes, A. ve Fourcaud, T., 2001, Irregular Heartwood Formation in Maritime Pine (*Pinus pinaster Ait*): Consequences for Biomechanical and Hydraulic Tree Functioning. Annals of Botany, 87: 19-25.

- Biblis, E. J., 2000. Effect of weathering on surface quality and structural properties of six species of untreated commercial plywood siding after 6 years of exposure in Alabama, Forest Products Journal,50(5): 47–50.
- Birler, A.S., Ormanlarımızın Korunması İçin Endüstriyel Plantasyonların Önemi. 2. Baskı. Tema Vakfı yayınları. No:8, İstanbul.
- Bonac, T., 1979, Wood Roughness Volume and Depth Estimated from Pneumatic Surface Measurements, Wood Science, 11,4: 227-232.
- 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 Göker, Y., 1981, Orman ürünlerinden faydalanma, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 297, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y., 1986, Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No; 3401/378, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y., 1990.Yongalevha Endüstrisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:3311/372, İstanbul.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N., 1992, Yoğunluk ile Mekanik Özellikler Arasındaki İlişkiler, 1.Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi, Eylül Trabzon, Bildiri Metinleri,199-222.
- Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y. 1996. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Ders kitabı, 2. Baskı. Üniversite Yayın No: 3944, Orman Fakültesi Yayın No: 436. ISBN 975-404-420-1.
- Branston, A. 2004. Development of A Design Methodology for Steel Frame/Wood Panel Shear Walls. Master Thesis. Department of Civil Engineering and Applied Mechanics. McGill University, Montreal, Quebec, Canada.
- Breyer, D. E. 2003. Fridley, K. J., Pollock, D. G., Cobeen, K. E., Design of Wood Structures- ASD: Fifth Edition. Mc Graw- Hill. USA , Newyork.
- Brock, G.R., 1957, The Strength of Nailed Joints. Forest Products Research Bulletin 41.H.M.S.O., London, 31pp.
- Bryan T. , 2008, Readling, P.E. Lateral Load Design Solutions I. APA The Engineered Wood Association. March.
- BS 1134, 1990, Assesment of Surface Texture, Part 1 and Part 2, British Standards Institute, BSI, Lindford, UK.
- C.C. Publications, NGM International, FCC

- Cai, Z. ve Ross, R.J., 1999, Mechanical Properties of Wood Based Composite Materials, In: Wood handbook- Wood as An Engineering Material, Chapter 12, Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Canadian Wood Council. 2003, Wood Frame Construction. Meeting The Challenges of Earthquakes. Building Performance Series 5. Canadian Wood Council. 2003. P: 7-8. www.cwc.ca
- Canply, 2002. Canadian Plywood Association. Plywood Handbook. U.S. Edition. Page:20. Vancouver, Canada.
- CertiWood™ CANPLY Plywood Design Fundamentals. Plywood Design Fundamentals.2009 printed in Canada. http://www.canply.org/pdf/main/plywood_designfund.pdf
- Chui, Y. H., C. Ni, ve L. Jaing, 1998, Finite-Element Model For Nailed Wood Joints Under Reversed Cyclic Load, J. Struct. Eng., 124:96–103.
- Menezzi, C. H. S., Souza, R. Q., Thompson, R. M., Teixeira, Esmeralda, D.E., Okino, Y. A. ve Da Costa, A. F., 2008, Properties after weathering and decay resistance of thermally modified wood structural board. International Biodeterioration&Biodegradation, Volume 62. Issue 4. 448-454
- Çalışkan, M. 2008. Kontrplak, Laminart Dergisi, 10 (59): 71.
- Çolak, S., 2002, Kontrplaklarda Emprenye İşlemlerinin Asit ve Formaldehit Emisyonu ile Teknolojik Özelliklere Etkileri, Doktora Tezi K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çolak, S., Aydın, İ. ve Çolakoğlu, G., 2003, Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis Dehn*) Ağacının FarklıYüksekliklerinden Alınan Tomruklardan ÜretilmişKontrplakların BazıMekanik Özellikleri, DOA Dergisi, Doğu Akdeniz Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayını, 9: 95-111.
- Çolak, S., Aydın, İ., Demirkır, C ve Çolakoğlu, G., 2004, Some Technological Properties of Laminated Veneer Lumber Manufactured from Pine (*Pinus sylvestris L.*) Veneers with Melamine Added – UF Resins, Turk. J. Agric. For, 28:109-113
- Çolakoğlu, G.,1997, Fenol formaldehit reçinesi ve kontrplak endüstrisinde kullanımı. Orman fakültesi seminer serisi No:3, Güz yarıyılı seminerleri kitabı, sayfa 112-117
- 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., 2004, Tabakalı Ağaç Malzeme Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon.

- Davis, W.R., 1984, Hot wire method for the measurement of The Thermal Conductivity of Refractory Materials, in Maglic K D, Cezairliyan A, Peletsky V E, Compendium of Thermophysical Property measurement Methods, vol 1. Survey of Measurement Techniques, New York, London, Plenum Press,p.161
- De la Caba, K., Guerrero, P., Del Rio,M. ve Mondragon, I., 2007, Weathering behaviour of wood-faced construction materials, Construction And Building Materials, 21: 1288-1294
- Demirkır, 2008. Kontrplakların Yapı Maksatlı Kullanım Alanları ve Sağladığı Avantajlar, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 9 (1-2): 68-76.
- Demirkır, C., Çolakoğlu, G., Çolak, S. ve Aydın, İ. 2010. Ahşap İskeletli Yapıların Deprem Performansı. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs Artvin, V. Cilt, sayfa: 1722-1731.
- DIN 4768, 1990, Determination of Values of Surface Roughness Parameters Ra, Rz, Rmax Using Electrical Contact (stylus) Instruments, Concepts and Measuring Conditions, Deutsches Institut für Norming, Berlin, Germany, May.
- DIN 68705-3, 2003, Yapı Kontrplakları, Alman Standartlar Enstitüsü, Verlag.
- Dinwoodie JM, 1977 Causes of deterioration of UF chipboard under cyclic humidity conditions. Holzforschung, 31:50–55.
- Doğangün, A., Livaoglu, R., Tuluk, Ö.İ., ve Acar, R. 2005. Geleneksel Ahşap Yapıların Deprem Performansları,23-25 Mart Kocaeli Deprem Sempozyumu, sayfa: 797-799.
- Dolan, J.D., 1991. Dynamic Tests of Full-Size Timber Shear Walls, Proc. Intl. Timber Engrg. Conf., London, UK, Vol. 4, pp 4.267 – 4.274 (Sept 2 - 5)
- Durmuş, A. 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi. İnşaat Mühendisliği Bölümü. Sayfa: 1-2. Trabzon
- Dündar, T., Akbulut, T. ve Korkut, S., 2008, The effects of some manufacturing factors on surface roughness of sliced Makore (*Tieghemella heckelii* Pierre Ex A.Chev.) and rotary-cut beech (*Fagus orientalis* L.) Veneers. Building and Environment, 43: 469-474
- Earthquake – Resistant Housing, 2002, A wood – frame Building Performance Fact Sheet. Forintek Canada Corp. CMHC. SCHL. Canada. September.
- Eckelman, C.A., 2000, Brief Survey of Wood Adhesives, Purdue University, Cooperative Extension Service, West Lafayette.
- Efe, H., Kasal, A., 2007, Çeşitli Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Politeknik Dergisi Cilt:10 Sayı: 3 s.303-311,.

- Ehlbeck, J., 1979, Nailed Joints in Wood. Wood Research and Wood Construction Laboratory, Virginia Polytechnic Institute and State University, Report No. 166, September, 145pp
- Ehlers, W., 1958, Quality Determination of Wood Surfaces, Holz als Roh-und Werkstoff, 16,2:49-60.
- Ekwueme, C. G. ve Hart, G. C., 2000, Non-Linear Analysis of Light-Framed Wood Buildings. 12WCEE: 12th World Conference on Earthquake Engineering, Page: 2279.
- Elmendorf, A. ve Waughan, T.W., 1958, Measurement Smoothness Of Wood, Forest Products Journal, 275, 283
- Engineered Wood Products Association of Australasia, 2010, Structural Plywood & LVL Design Manual. EWPA
- FAO 2010. FAOSTAT-FAO Statics Division - Production Quantity/Plywood. <http://faostat.fao.org/site/626/DesktopDefault.aspx?PageId=626#ancor>. Son Erişim Tarihi 20/09/2011.
- The Encyclopedia of Wood. Lawrence A. Soltis. Fastenings, 1999. U.S. Department of Agriculture Forest Service Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin. Skyhorse publishing. ISBN-13: 978-1-60239-057-7. P: 7-1 – 7-27.
- Faust, T.D. ve Rice, J.T., 1986, Characterizing The Roughness of Southern Pine Veneer Surfaces, Forest Products Journal, 37,11/1275-81.
- Faust, T.D., 1987, Real time Measurement of Veneer Surface Roughness by Image Analysis, Forest Products Journal, 37,634-40.
- Foliente, G. C., 1995, Hysteresis Modeling Of Wood Joints And Structural Systems, J. Struct. Eng., 121:1013–1022
- Funck, J.W., Forrer, J.B., Buttler, D.A., 1992, Brunner, C.C. ve Maristany, A.G., Measuring Surface Roughness on Wood: a Comparison of Laser Scatter and Stylus tracing Approaches, The International Society for Optical Engineering (SPIE), 1821: 173-184.
- Gillespie, R.H., Countryman, D. ve Blomquist, R.F., 1978, Adhesives in Building Construction, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No: 516, February.
- Gomez-Bueso, J ve Haupt, R. 2010. Chapter: 8. Wood Composite Adhesives. L. Pilato (ed.), Phenolic Resins: A Century of Progress, DOI 10.1007/978-3-642-04714-5_8, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Graf, W., 2008, Wood Frame Buildings. The Shake out Scenario. Prepared for United States Geological Survey and California Geological Survey. URS Corporation. Los Angeles CA, May.
- Gu H.M. ve Zink-Sharp A. 2005. Geometric model for softwood transverse thermal conductivity. Part I. Wood and Fiber Science, 37 (4), 699-711
- Gu, H. M., ve Hunt, J. F. , 2007, Wood Fiber Sci, 39, 159.
- Gu, J., 2006, An Efficient Approach to Evaluate Seismic Performance and Reliability of Wood Shear walls, PhD thesis, The Faculty of Graduate Studies (Forestry), University of British Columbia.
- Gurau, L., 2002, Mansfield-Williams, L. and Irle, M., An Analysis of Wood Surface Roughness Data, The 13th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, 19-21 August, University of California, Berkeley Campus, California, USA.
- Gurau, L., 2001, Mansfield-Williams, H.D. and Irle, M.A., A Comparison of Laser Triangulation and Stylus Scanning for Measuring The Roughness of Sanded Wood Surfaces, Proceedings of The 5th International Conference on The Development of Wood Science, Wood Technology and Forestry, 5th-7th September, Ljubliana, Slovenia.
- Gunduz, G., Nimemz, P., ve Aydemir, D., 2008, Changes in specific gravity and equilibrium moisture content in heat-treated fir (*Abies nordmanniana* subsp *bornmulleriana* Mattf.) wood. Dry Technol., 26, 1135-1139.
- Gündüz, G., Korkut , S. ve Korkut, D. S., 2008, The Effects of Heat Treatment on Physical and Technological Properties and Surface Roughness of Camiyanı Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Wood, Bioresource Technology, 7, 99: 2275-2280
- Gunduz, G., ve Aydemir, D. 2009, Some Physical Properties of Heat-Treated Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) Wood. Dry Technol., 27, 714-720.
- Gürleyen, L., 1988, Mobilyada Kullanılan Masif Ağaç Malzemelerde Yüzey Düzgünlüğünün Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hacıoğlu, H., Kaplan, E., Balı, R. ve Cilan, S. 2005. Yuvarlak Odun Üretim ve Pazarlaması, 1. Çevre ve Ormancılık Şurası, Antalya, Mart 2005, 3. Cilt, s 804-840.
- Hayashi, K., 1988. Studies on Methods to Estimate the Racking Resistance of Houses with Wooden Wall Panel Sheating: Part I Experimental Study, Proc. Intl. Timber Engrg. Conf., Forest Products Res. Soc., Madison, WI, Vol I, pp 774 – 783, (Sept 19 – 22).
- He, G., Yu, C. ve 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.

- Hecker, M. ve Becker, G., 1995, Surface Roughness of Douglas Fir Veneer as a Result of Silviculture Management, IUFRO XX World Congress, 6-12 August, Tampere, Finland.
- Hızıroğlu, S., 1996, Surface Roughness Analysis of Wood Composites: A Stylus Method, Forest Products Journal, 46. 7/8 67-72.
- HSE, C.Y., 1972, Wettability of Southern Pine Veneer by Phenol Formaldehyde Wood Adhesive, Forest Products Journal, 22, 1, 51-56.
- Hunt, R.D. ve Bryant, A.H., 1984, Nailed Joints for timber Structures Proceeding of Pacific Timber Engineering Conference, Auckland, New Zealand, May. pp. 616-621.
- International Organization for Standardization (2005) Wood-based panels: determination of wet bending strength after immersion in water at 70°C or 100°C (boiling temperature).
- ISO 16670., 2003, Timber structures -- Joints made with mechanical fasteners -- Quasi-static reversed-cyclic test method, Switzerland.
- ISO 16987., 2003, International Organization for Standardization, Geneva 37. International Organization for Standardization Woodbased panels: determination of moisture resistance – boil test. ISO 16998. International Organization for Standardization, Geneva
- ISO 20585., 2003, International Organization for Standardization, Geneva International Organization for Standardization Wood-based panels: determination of moisture resistance under cyclic test conditions.
- İlter, E., Çamlıyurt, C. ve Balkız, Ö.D., 2002, Uludağ Gökanrı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) Odununun yüzey pürüzlülük değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten no: 281.
- Jang, E.G.Y., 1997, Adhesive Properties of Soy Protein as Wood Adhesive, PhD Thesis, Texas A&M University, May.
- JUDD, J.P. ve FONSECA, F.S. Hysteresis Models for Nailed Sheathing-to-Framing Connections in Wood Shear Walls and Diaphragms.. Dept. Of Civil and Environmental Engineering
- Kajita H, Mukudai J ve Yano H., 1991, Durability evaluation of particleboards by accelerated aging tests. Wood Sci Technol., 25:239–249
- Kalaycıoğlu, H. 1991. Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait) Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkanları (Doktora Tezi), K.T.Ü Orman Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Kalkert, R. E., ve J. D. Dolan. 1997. Behavior of 8-D nailed stud-to-sheathing connections. Forest Prod. J., 47(6):95–102.
- Kamiya, F., 1988. Nonlinear Earthquake Response Analysis of Sheated Wood Walls by a Computer – Actuator On – Line System, Proc. Intl. Timber Engrg. Conf., Forest Products Res. Soc., Madison, WI, Vol. I, pp 838 – 847 (Sept 19-22).
- Kamke, A.F. ve Zylkowski, S.C., 1989, Effects of Wood –Based Panel Characteristics on Thermal Conductivity. Forest Products Journal., Volume 39 no:5 p:39-24
- Kamke, F. A., E. Kultikova, ve C. A. Lenth., 1996, OSB properties as affected by resin distribution. Pages 147– 154 in The Fourth International Panel and Engineered-Wood Technology Conference & Exposition, Atlanta, GA.
- Kantay, R., 2003, Akbulut, T. ve Korkut, S., Kayın Soyma Kaplama Üretiminde Soyma Sıcaklığının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A Serisi,53,2:1-11.
- Kantay, R., Ünsal, Ö. ve Korkut, S., 2001, Türkiye’de Üretilen Ceviz ve Kayın Kesme Kaplama Levhalarının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Araştırmalar, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A Serisi,51,1:15-31.
- Karlsson, P.O.A, McNatt J.D. ve Verrill S.P., 1996, Vacuum-Pressure Soak Plus Oven-Dry As An Accelerated-Aging Test For Wood-Based Panel Products. Forest Prod J., 46:84–88.
- Kawai, N., 1999, Prediction Methods For Earthquake Response Of Shear Walls. Proc., Pacific Timber Engineering Conf., Rotorua, New Zealand, pp. 317–324.
- 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
- Kaygın, B., Gunduz, G. ve Aydemir, D., 2009, Some Physical Properties of Heat-Treated Paulownia (*Paulownia elongata*) Wood, Dry Technol., 27, 89-93.
- Kılıç, M., Hiziroglu, S., Güllü, C. ve Sezgin, Z., 2008, Influence of steaming on surface roughness of beech and sapele florin material. Journal of Materials Processing Technology, 199:448-451
- Koch, P., 1964, Techniques for Drying Thick Southern Pine Veneer, Forest Products Journal, 14,9:382-386.
- Kol, H. S., Özçifçi, A. ve Altun, S., 2008, Üre Formaldehit ve Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilen Lamine Ağaç malzemelerin Isı iletkenliği katsayısı üzerine Emprenye maddelerinin etkileri. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 8(2):125-130

- Kol, H. S. ve Altun, S., 2009, Effect of Some Chemicals on Thermal Conductivity of Impregnated Laminated Veneer Lumbers Bonded with Poly (vinyl acetate) and Melamine-Formaldehyde Adhesives. Drying Technology, 27: 1010-1016
- Kol, H. S., 2009, The Transverse Thermal Conductivity Coefficients of Some Hardwood Species Grown in Turkey. Forest Prod J .,issue:10, 59: 58-63.
- 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, Vol. 121, 2473-2480.
- Kol, H.S., Uysal, B. ve Kurt, S., 2010, Thermal Conductivity Of Oak Impregnated With Some Chemicals And Finished. Bioresources., 5 (2):545-555
- Kollmann F.P, Kuenzi E.W ve Stamm A.J. 1975, Principles Of Wood Science And Technology. Wood-Based Materials, vol. II. New York, Heidelberg, Berlin: Springer.
- Konukçu, M., 2001, Ormanlar ve Ormancılığımız, Faydaları, İstatistik Gerçekler, Anayasa kalkınma planları, hükümet programları ve yıllık programlarda ormancılık, Yayın no: DPT: 2630, Genişletilmiş 2. Baskı, Eylül.
- Korkut, S., ve Akgül, M., 2007, Effect of Dryin Temperature on Surface Roughness of oak (*Quercus petrea* ssp. *Iberica* (Steven ex Bieb) Krassiln) Veneer. Building and Environment, 42: 1931-1935
- Krüger, E.L. ve Adriazola, M. 2010. Thermal Analysis of Wood-based test cells. Construction and Building Materials .,24(6):999-1007
- Kurt, S ., Uysal, B ve Özcan, C., 2008, Effect of Adhesives on thermal conductivity of laminated veneer lumber. Journal of Applied Polymer Science, 110, Issue:3, 1822.
- Lam, F., H. G. L. Prion, ve M. He. 1997. Lateral resistance of wood shear walls with large sheathing panels. J. Struct. Eng. ,123(12):1666–1673.
- Lavery, D.J., Larnon, D.Mc., Taylor, J.M., Moloney, S. ve Atanackovic, A., 1995, Parameters Affecting the Surface Finish of Planed Sitka Spruce. Forest Products Journal, 45,4: 45-50.
- Lehmann, W. F. 1970. Resin efficiency in particleboard as influenced by density, atomization, and resin content. Forest Prod. J. ,20(11):48–54.
- Lehmann, W.F., 1977, Durability of composition board products. Proceedings of the WSU Symposium on Particleboard 11: 351–368
- Lehmann, W.F., 1978, Cyclic moisture conditions and their effect on strength and stability of structural fl akeboards. Forest Prod J., 28:23–31

- Lehtinen, M., Syrjänen, T. ve Koponen, S., 1997, Effect of Drying Temperature on Properties of Veneer, Helsinki University of Technology, Laboratory of Structural Engineering and Building Physics, Finland.
- Lehtinen, M., 1998, Effects of Manufacturing Temperatures on The Properties of Plywood. Helsinki University of Technology. Department of Civil and Environmental Engineering. Laboratory of Structural Engineering and Building Physics, Publication No: TKK-TRT-92.1998.)
- Lehtinen, M., 1998, Effect of High Manufacturing Temperatures on Mechanical Properties of Veneers and Plywood, International Conference of COST Action E8 – Wood Mechanics, Florence, Italia, May 11-12.
- Lemaster, R.L. ve Beall, F.C., 1996, The Use of An Optical Profilometer to Measure Surface Roughness in Medium density Fibreboard, Forest Products Journal, 46,11/12:73-78.
- Li, J., Beall, F.C. ve Breiner, T.A. 2007. Analysis of Racking of Structural Assemblies Using Acoustic Emission. Advances in Acoustic Emission. AEWG, AE Group.(6) 202.
- Lund E. 1993. Alternative to plywood and lumber at home. NAHB Research Center, Upper Marlboro, MD.
- Lundberg, I.A.S. ve Porankiewicz, B., 1995, Studies of Non Contact Methods for Roughness Measurements on Wood Surfaces, Holz als Roh-und Werkstoff, 53: 309-314.
- Lutz, J.F., 1978, Wood Veneer: Log Selection, Cutting, and Drying, U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin No.1577.
- Mack, J.J., 1960, The Strength of Nailed Timber Joints, Division of Forest Products, CSIRO, Melbourne, Australia, Paper No.9, 26 pp.
- Malkoçoğlu, A. ve Özdemir, T., 1999, Yüzey Pürüzlülüğü Araştırmalarının Tarihsel gelişimi, Mobilya ve Dekorasyon Dergisi, 32:60-68.
- Malkoçoğlu, 2007, Machining properties and surface roughness of various wood species planed in different conditions, Building and Environment, 42, 2562-2567.
- Marra, A.A., 1992 Technology of Wood Bonding,. Van Nostrand Reinhold New York. ISBN 0-442-00797-3
- McDowell, C.G. ve Halligan, A.F., 1988. Particleboard as a Wall Bracing Media in Domestic Dwelling Construction, Proc. Intl. Timber Engrg. Conf., Forest Products Res. Soc., Madison, WI, Vol. I, pp 794 – 803 (Sept 19 – 22).
- McNatt, J.D., 1979, Wood Diaphragm Materials. US Forest Products Laboratory, USA.

- McNatt, J.D., ve Link, C.L., 1989, Analysis of ASTM D 1037 accelerated- aging test. Forest Prod J 39:51–57
- McNatt, J.D., ve McDonald, D., 1993, Two accelerated-aging tests for wood-based panels. Forest Prod J, 43:49–52
- Minister of Housing and Social Development. 2009a. Ministerial order no. M008. Regulation of the Minister of Housing and social Development Province of British Columbia. Jan8.
- Minister of Housing and Social Development. 2009b. Ministerial order no. M121. Regulation of the Minister of Housing and social Development Province of British Columbia. April 3.
- Mitutoyo, 2001, SJ-301 Surface Roughness Tester, User’s Manual, Mitutoyo Corporation, Japan.
- Morris, E.N. ,1968, The Rotational Rigidity of Nailed Joints with Plywood Gussets Subjected to short term Loading, Timber Research and Development Association, England, Research Report E/RR/32.
- National Research Council, 2005. National Building Code of Canada 2005. National Research Council of Canada, Ottawa, ON.
- Nanami, N., Shibusawa, T., Sato, M., Arima, T. ve Kawai, M., 2000, Durability assessment of wood-framed walls and mechanical properties of plywood in use, in Proceedings of the World Conference on Timber Engineering, British Columbia, University of British Columbia.
- Neese, J.L., Reeb, J.E. ve Funck, J.W., 2004, Relating Traditional Surface Roughness Measures to Glue-Bond Quality in Plywood, Forest Products Journal, 54, 1, 67-73.
- Nemli, G., Öztürk, İ., Aydın, İ., 2005, Some of The Parameters Influencing Surface Roughness of Particleboards, Building and Environment, 40, 10, 1337-1340.
- Nemli, G., Aydın, I. ve Zekoviç, E., 2007, Evaluation of Some of The Properties of Particleboard as Function of Manufacturing Parameters. Materials and Design, 28:1169-1176
- Ni, C., ve Karacabeyli, E. Draft v2-0, 4/7/2005. Stiffness of shear walls and diaphragms, Chun Ni, Forintek Canada Corp. Western Division 2665 East Mall, Vancouver, British Columbia. Project No.3544, Canadian Forest Service No.38, Final report 2004/05
- Ngohe-Ekam, P.S., Meukam, P., Menguy, G. ve Girard, P., 2006, Thermophysical characterisation of tropical wood used as building materials: With respect to the basal density. Construction and Building Materials, 20:929-938

- Norita,H., Kojima,Y. ve Suzuki, S., 2008, The aging effects of water immersion treatments in wet-bending for standardized testing of wood panels. J. Wood Sci, 54: 121-127. The Japan Wood Research Society
- Northcott, P.L. ve Colbeck, H.G.M, 1966, Prediction of plywood bond durability. Forest Prod J, 18:403–408
- Odabaşı, Y., 1971. Yapı malzemesi olarak kavak ağacının özellikleri ve emniyet gerilmeleri üzerinde araştırmalar. Özarkadaş Matb., İstanbul.
- Oliva, M.G. ve Wolfe, R. W., 1988. Contribution of Gypsum Wallboard to Racking Performance of Walls, Proc. Intl. Timber Engrg. Conf., Forest Products Res. Soc., Madison, WI, Vol. I, pp 759 – 765 (Sept 19 – 22).
- Önal, T.O., 2001. Schauman wood, Yapılarda kontrplak kullanımı,'Nordic wood' projesi ve Finlandiya açık ahşap sistemi
- Önal, T.O., 2004, Yapılarda Kontrplak Kullanımı,. Erişim: <http://www.ahsap.com.tr>.
- Örs, Y ve Keskin, H. 2001, Ağaç Malzeme Bilgisi. Atlas yayın dağıtım. ISBN: 975-6574-01-1.
- Örs ve Keskin, 2008, Ağaç Malzeme Teknolojisi. Gazi Yayın Dağıtım, G.Ü. Yayın No: 352, Ankara
- Örs, Y., Kalaycıoğlu, H. ve Çolakoğlu, G., 1991, Testerelede Diş Geometrisinin Kereste Yüzey Kalitesine Etkisi, Tr. Journal of Agriculture and Forestry, 15:777-784.
- Örs, Y. ve Baykan, İ., 1998, Yüzey Pürüzlülüğü ve Ağaç Malzeme, Cumhuriyetimizin 75. Yılında Ormancılığımız Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İstanbul, (576-583).
- Örs, Y. ve Baykan, İ., 1999, Masif Ağaç Malzemedeki rendeleme ve Zımparalamanın Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri, Tr. Journal of Agriculture and Forestry, 23, Ek Sayı 3, 577-582.
- Örs, Y. ve Şenel, A., 1999, Bazı ahşap ve ahşap kökenli malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 23, Ek sayı 1, 239-245.
- 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.
- Özdemir, T. ve Hızıroğlu, S.,2009, Influence of Surface Roughness and Species on Bond Strength between The Wood and The Finish, Forest Products Journal, 59, 6, 90-95.
- Özen, R., 1981, Çeşitli Faktörlerin Kontrplağın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Yaptığı Etkilere İlişkin Araştırmalar, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No : 9, Trabzon.

- Özçifçi, A., Altun, S. ve Yapıcı, F., 2009, Effects Of Heat Treatment On Technological Properties Of Wood. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (İats'09), 13-15 Mayıs Karabük, Türkiye.
- Öztank, N. 2004. Orta Yükseklikteki (4 – 8 kat) Konut Yapılarında Ahşap Teknolojisinin Uygulanabilirliği. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Doktora Tezi. İzmir.
- Performance of Wood-frame Building Construction in Earthquakes, Forintek, 1999. Erişim: <http://www.forintek.ca/>, Eylül,2005.
- Peters, C. ve Mergen, A., 1971, Measuring Wood Surface Smoothness: A Proposed Method, *Forest Products Journal*, 21, 728-30.
- Peters, C.C. ve Cumming, J.D., 1970, Measuring Wood Surface Smoothness: A Review, *Forest Products Journal*, 20,12:40-43.
- Peyer, S.M. ve Cramer, S.M., 1999, Behavior of Nailed Connections At Elevated Temperatures. *Wood and Fiber Science*, 31(3):264-276.
- Pirvu, C., 2008, Structural Performance of Wood Diaphragms with Thick Panels. Canadian Forest Service No. 13, Final report. FPInnovations Forintek, March.
- Pizzi, A., 1983, Wood Adhesives; Chemistry and Tehnology, Vol.1., Marcel Dekker, New York.
- Potter, F.H., 1976, Grain Direction and lateral Loading, The Wood Engineering Group, IUFRO, Division 5, Denmark.
- Prion, G. L. H., ve Filiatrault, A.. 1995, Performance of Timber Structures During the Hyogo – ken Nanbu Earthquake of January 17, 1995. *Can. J. Civ. Eng.*, 23, 652 – 664.
- Qiao, L. ve Easteal, A.J., 2001, Aspects of The Performance of PVAc Adhesives in Wood Joints, *Pigment and Resin Technology*, 30,2:79-87.
- Raichev, A., Losivof, N. ve Takeve, L. Effect of Some Technological factors on the thermal conductivity and thermal capacity of Particleboards. Gurka-Stoponstura-Groska, Promishlenost Vol. 43No:6, Bulgaria;
- Rainer, J. H., ve Karacabeyli, E., 1999, Performance of Wood – Frame Building Construction in Earthquakes. Forintek Canada Corp. Project No. 2138. March.
- Rainer, J.H. ve Karacabeyli, E., 2000, Ensuring good seismic performance with platform frame wood housing, construction technology update No:45, National Research Council of Canada,.

- Reardon, G.F., 1988. Effects of Non Structural Cladding on Timber Framed House Construction. Proc. Intl. Timber Engrg. Conf., Forest Products Res. Soc., Madison, WI, Vol. II, pp 276 – 284 (Sept 19 – 22).
- Rice, R. W. ve 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;
- Richter, K., Feist, W.C. ve Knaebe, M.T., 1995, The Effect of Surface Roughness on The Performance of Finishes, Forest Products Journal,45,7:91-97.
- Sachsse, H. ve Roffael, E., 1993, Investigation of The Veneer Peeling Suitability of Douglas Fir Wood Grown in Germany, Holz als Roh-und Werkstoff, 51: 167-176.
- Sadoh, T. ve Nakato, K., 1987, Surface Properties of Wood in Physical and Sensory Apects, Wood Science and Technology, 21:111-120.
- Sonderegger, W. ve Niemz, P., 2009, Thermal Conductivity and Water Vapour Transmission Properties of Wood Based Materials. European Journal of Wood Products. 67:313-321
- Sawata, K., Shibusawa, T., Ohashi, K., Castellanos, J.R.S., ve Hatano, Y., 2008, Effects of Density Profile of MDF on Stiffness and Strength of Nailed Joints. Journal of Wood Science, 54: 45-53.
- Sawata, K., Honda, K., Hirai, T., Koizumi, A. ve Sasaki, Y., 2010, Effect of member thickness and nail length projecting from main member on shear performance of single shear nailed joints. Makuzai Gakkaishi.56(5):317-325.
- Schmidt, R.G., 1998.Aspects of Wood Adhesion: Applications of ¹³C CP/MAS NMR and Fracture Testing, Ph.D. Thesis, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia,
- Scholten, J.A., 1965, Strength of Wood Joints Made with Nails, Staples, or Screws. Forest Products Laboratory, U.S. Forest Service Research Note FPL-0100. Forest Service U.S. Department of Agriculture. March.
- Scoville, C.R., 2001, Characterizing the Durability of PF and pMDI Adhesive Wood Composites Through Fracture Testing, Msc. Thesis, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Department of Wood Science and Forest Products, Blacksburg, Virginia.
- Sekino, N., 1986 Performance of construction particlebaord III (in Japanese). Mokuzai Gakkaishi, 32:280–284
- Sellers, T., 1988, McSween,J.R. ve Nearn, W.T., Gluing of Eastern Hardwoods: A Review, USDA, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, General Technical Report, SO-71, New Orlians, Louisiana,.

- Shenton, H. W., D. W. Dinehart, ve T. E. Elliott., 1998, Stiffness and energy degradation of wood frame shear walls. Can. J. Civil Eng. 25:412–423.
- Sieminsky, R. ve Skarzynska, A., 1989, Surface Roughness of Different Species of Wood After Sanding, Forest Products Journal, 23-25.
- Simpson, W. ve 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.. ISBN-13: 978-1-60239-057-7; ISBN-10: 1-60239-057-6
- Skaggs, T. D., ve Rose, J. D., 1996, ‘‘Cyclic Load Testing Of Wood Structural Panel Shear Walls’’ Proc., Int. Wood Engineering Conf.
- Soltis, A.L ve Falk, R.H. 1992. Seismic Performance of Low Rise Wood Buildings. The Shock and Vibration Digest. Volume 24, No:12. December.
- Steward, H.A., 1975, Comparison of Factors Affecting Power for Abrasive and Kinife Planning of Hardwoods, Forest Products Journal,24,3:31-34.
- Stewart, W.G., 1987, The Seismic Design of Plywood Sheathed shear walls. PhD Thesis. University of Canterbury, Civil Engineering Department, New Zealand..
- Stewart, W.G., Dean, J.A. ve Carr, A.J., 1988, The Earthquake Behaviour of Plywood Sheated Shearwalls, Proc. Intl. Timber Engrg. Conf., Forest Products Res. Soc., Madison, WI, Vol. II, pp 248 – 261 (Sept 19 – 22).
- Stieda, C.K.A., 1990, The Lateral Resistance Of Nailed Plywood To Wood Connections, Project No: 54-43D-216, Forestry Canada No:26B.
- Stumbo, D.A., 1963, Surface Texture Measurement Methods, Forest Products Journal,17,7: 299-303.
- Suematsu, A ve Okuma, M. Mechanical Properties of Low Density Particleboard Modulus of Rigidity and Lateral Nail Resistance. Mokuzai Gakkaishi. 39(3): 293-300.
- Suleiman, B.M., Larfeldt, J., Leckner, B., ve Gustavsson, M., 1999, Thermal Conductivity And Diffusivity of Wood, Wood Sci Technol, 33(6):465–473
- Şahin, S., Karaman, S. ve Örüng, İ., 2006, Tokat-Niksar Yöresinde Yetiştirilen ve Yöredeki Tarımsal Yapılarda Yaygın Olarak Kullanılan Kavak Ağacının Önemli Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(1).61-66.
- Tan, H., 2011, Farklı Bölgelerde Yetişen Ladin Ve Gökmar Tomruklardan Üretilmişlvi Ve Kontrplakların Bazı Teknolojik Özellikleri. Doktora tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tanritanir, E., Hiziroglu, S. ve As, N., 2006, Effect of steaming time on Surface Roughness of Beech Veneer. Building and Environment,41:1494-1497.

- Timar, M.C., 2006, Wood Adhesives. Editura Universitatii Transilvania din Braşov. ISBN (10) 973-635-760-0; ISBN (13) 978-973-635-760-2 665.93
- Timothy P. ve McCormick, T. 2005. Seismic Retrofit Training For Building Contractors & Inspectors. Shear Walls, Publisher: Timothy P. McCormick, ISBN: N\A, edition 2005.
- Toker, 1960. Batı Karadeniz Sarıçam'ının Teknik Vasıfları ve Kullanım Yerleri Hakkında Araştırmalar. Orman Araş. Ens. Yay. Tek. Böl. Seri No: 10.
- Toksoy, D., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak, S. ve Demirkır, C., 2006, Technological and Economic Comparison of The Usage of Beech and Alder Wood in Plywood and Laminated Veneer Lumber (LVL) Manufacturing, Building and Environment, 41-7: 872-876.
- Triboulot, P., Kremer, P., Martin, P. ve Leban, J.M., 1991, Planing of Norway Spruce with Very Varied Ring Width, Holz als Roh-und Werkstoff, 49: 181-184.
- TS 6212, 1988, Yüzey Pürüzlülüğü, Yüzey Pürüzlülüklerinin Ölçülmesi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1995-1-2, 1996. Eurocode 5: Ahşap yapıların projelendirilmesi. Bölüm 1-2: Genel Kurallar – Yapısal yangın projelendirilmesi
- TS EN 1998 – 5, 2005. Eurocode 8: Depreme dayanıklı yapı tasarımı. Bölüm 5: Temeller, Zemin Dayanma Yapıları Ve Geoteknik Hususlar
- TS EN 310, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 322, 1999, Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarı Tayini, Ankara.
- TS EN 323, 1999, Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlığının Tayini, Ankara.
- TS 3969 EN 314-1, 1998, Kontrplak-Kaplama Yapışma Kalitesi, Bölüm:1 Deney Metodları, 1.Baskı, Türk StandartlarıEnstitüsü, Ankara.
- TS 4645 EN 636, 2005, Kontrplâk – Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 6956, 1989, Yüzey pürüzlülüğü-Terimler, I. Baskı, Türk standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tutuş, A., Kurt, R., Alma, M. H. ve Meriç, H., 2010, Sarıçam Odununun Kimyasal Analizi ve Termal Özellikleri. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi. 20-22 Mayıs. Cilt V sf. 1845-1851.
- UNIDO, 1989, Furniture and Joinery Industries for developing Countries, United Nations Industrial Development Organization, UNIDO Publications, Sales No: E.88.III.E.7, Vienna,.

Unsal O, Ayrimis N ve Korkut S., 2005, Effect of drying temperature on surface roughness in beech (*Fagus orientalis* L.) Veneer. In: Proceedings Of The 9 th International IUFRO Wood Drying Conference, Nanjing. P. 316-9

URL1,2008, http://www.ahsaponline.net/arsiv/dergi/o/ahsaptasiyici_22_devam.htm

URL2,2011, www.ahsapkarkas.com

URL3,2003, <http://www.abag.ca.gov/bayarea/eqmaps/fixit/training.html>

URL4, 2010, www.ahsapev.com

URL5,2010, http://www.yapi.com.tr/Haberler/ashap_yapilarin_zaferi

URL6,2010 <http://www.forintek.ca/>

URL7,2010 <http://www.ahsapyapi.com/>

URL8,2009 <http://www.athenasmi.ca/>

URL9,2003 <http://www.cwc.ca>

URL10,2008. <http://www.canply.org/english/products/>

URL11,2008. <http://www.insaatmuhendisligi.net/index.php?topic=3539.0>

URL12,2004. <http://www.ahsap.com.tr>. Önal, T.O. Yapılarda Kontrplak Kullanımı

URL13,2009 <http://www.abag.ca.gov/>

URL14,2008 <http://www.floor.com.tr>

Urukami, H. ve M. Kukuyama, 1981. The Influence of Specific gravity on thermal conductivity and diffusivity of wood. Wood Science Technology. 33: 465-473

Ünsal, Ö. ve Kantay, R., 2002, Türkiye’de Üretilen Meşe ve Kayın Masif Parkelerin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Araştırmalar, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A Serisi,52,1:81-97.

Vazquez, G., Gonzalez-Alvarez, J., Lopez-Suevos, F. ve Antorrena, G., 2003, Effect Of Veneer Side Wettability On Bonding Quality Of Eucalyptus Globulus Plywoods Prepared Using A Tanin-Phenol-Formaldehyde Adhesive. Bioresource Technology. 87: 349-353

Varoglu, E., Karacabeyli, E., M. ASCE, Stiemer, S., and Ni,C., 2006, Midply Wood Shear Wall System: Concept and Performance in Static and Cyclic Testing. Journal of Structural Engineering, Vol. 132, No. 9, September 1.

- Vick, C.B., 1999, Adhesive Bonding of Wood Materials, Wood handbook – Wood as An Engineered Material Chapter 9. FPL-GTR-113. Department of Agriculture. Forest Service. Forest Product Laboratory. Madison, U.S.
- Wangaard, F.F., 1960, Heat Transmissivity of Southern Pine Wood, Fiberboard and Particleboard. Wood Science 2(1):54-60.
- Westkämper, E. ve Riegel, A., 1993, Quality Criterion for Massive Wood Surfaces, Holz als Roh- und Werkstoff, 51:121-125.
- Williamson, T., 2011, Connection Solutions for Wood Framed Structures P.E. Consulting Engineer Retired Vice President, Wood Solutions Fair April,7. http://www.woodworks.org/files/PDF/Presentations/MN_WSF_2011/Connections.pdf
- Wilson, J.B., 1981, Isocyanate Adhesives as Binders for Composition Board, Adhesive Age:1-4,
- Winistorfer, S.G. ve Soltis, L.A. 1994. Lateral and Withdrawal Strength of Nail Connections for Manufactured Housing. Journal of Structural Engineering. ASCE. 120(12):3577-3594.
- Wood Design Manual, 2005. Canadian Wood Council, Ottawa, Ontario.
- Wood Handbook, 2010, Wood as an engineering material. United States Department of Agriculture, Forest products Laboratory, General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, Wisconsin, April.
- Wu, Q., 1999, Screw-Holding Capacity of Two Furniture-Grade Plywoods, Composites And Manufactured Products, Forest Products Journal, Vol 49 no.4.
- Xu, H. ve Groves, K., 2008, Adhesive and Plywood Delamination (Methods to Reduce Plywood Delamination), General Revenue Report Project No. 5728. Final Report 2008/09. FPInnovations FORINTEK
- Yalçınkaya, Ö., 1997, Sapsız Mese ve Karaçamın Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Araştırılması, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Mühendislik Tezi, Ankara
- Yan, 1992. The reliability analysis of wood diaphragms under wind loading. Chin, Caroline Yan, PhD., Washington state University, Department of Civil and Environmental Engineering.
- Yaşar, E. ve Erdoğan, Y., 2008, Strength And Thermal Conductivity İn Lightweight Building Materials. Bull Eng Geol Environ, 67:513-519
- Yıldız, S., 2002, Isıl İşlem Uygulanan Doğu kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Yoshihara, H., 2009, Poisson's ratio of plywood measured by tension test. Holzforschung. Vol 63. Pp 603-608.
- Youngquist, J. A., Myers, G. C., and Murmanis. L. L., 1987, Resin distribution in hardwood: evaluated by internal bond strength and fluorescence microscopy. Wood Fiber Sci. 19(2):215–224.
- Youngquist, J.A., 1999, Wood Based Composites and Panel Products, In:Wood handbook-Wood ans an Engineering material, Chapter 10, Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Zylkowski, S. 2002. Introduction to wood as an engineering material. APA Engineered wood handbook. Thomas G. Williamson, PE, Editor. McGraw-Hill Publishing, ISBN 0-07-136029-8.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Trabzon'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 1999 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2003 yılında bölüm ikincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl içinde K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2006 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamladı ve aynı yıl Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimine başladı. Kasım 2005'de KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 25 Ekim 2010 ve 28 Ocak 2011 tarihleri aralığında Yükseköğretim Kurulu Bursu ile Kanada'nın Vancouver Eyaletinde bulunan FPInnovations Ahşap Ürünler Araştırma Enstitüsü'nde görevlendirildi. Kasım 2011'de KTÜ Of Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne Öğretim Görevlisi olarak atanan Cenk Demirkır İngilizce bilmekte, evli ve bir çocuk babasıdır.