

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YANGIN GECİKTİRİCİ EMPRENYE MADDELERİNİN ÇEŞİTLİ AĞAÇ
TÜRLERİNDEN ÜRETİLEN KONTRPLAKLARIN ISIL İLETKENLİĞİNE
ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. End. Müh. Aydın DEMİR

ARALIK 2014

TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YANGIN GECİKTİRİCİ EMPRENYE MADDELERİNİN ÇEŞİTLİ AĞAÇ
TÜRLERİNDEN ÜRETİLEN KONTRPLAKLARIN ISIL İLETKENLİĞİNE
ETKİLERİ**

Orman Endüstri Mühendisi Aydın DEMİR

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"ORMAN ENDÜSTRİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 03.12.2014
Tezin Savunma Tarihi : 24.12.2014**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İsmail AYDIN

Trabzon 2014

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında

Aydın DEMİR tarafından hazırlanan

**YANGIN GECİKTİRİCİ EMPRENYE MADDELERİNİN ÇEŞİTLİ AĞAÇ
TÜRLERİNDEN ÜRETİLEN KONTRPLAKLARIN ISIL İLETKENLİĞİNE
ETKİLERİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 09 / 12 / 2014 gün ve 1580 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. İsmail AYDIN

Üye : Prof. Dr. Ali TEMİZ

Üye : Doç. Dr. Şükrü ÖZŞAHİN

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Yangın Geciktirici Emprenye Maddelerinin Çeşitli Ağaç Türlerinden Üretilen Kontrplakların Isıl İletkenliğine Etkileri” adlı bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Her şeyden önce yüksek lisans tez konusunun belirlenmesi ve çalışmaların yürütülmesinde bana yol gösteren, içerik ve kaynak bakımından destek sağlayan ve laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. İsmail AYDIN’ a teşekkürü borç bilirim. Yine çalışmanın yürütülmesi sırasında değerli fikir ve görüşleri ile beni yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU’ na, Prof. Dr. Semra ÇOLAK’ a, Prof. Dr. Ali TEMİZ’ e, Doç. Dr. Şükrü ÖZŞAHİN’ e ve Yrd. Doç. Dr. Cenk DEMİRKİR’ a ve ayrıca çalışmalarım süresince önerileri, yakın ilgi ve destekleri ile çalışmamı kolaylaştıran Sayın Hocam ve çok değerli arkadaşım Öğr. Gör. Hasan ÖZTÜRK’ e teşekkürlerimi sunarım.

TGA deneyleri için, Kimya Bölümü Laboratuvarlarını kullanmama imkân sağlayan Prof. Dr. Halit KANTEKİN’e, Doç. Dr. İrfan ACAR’a ve Doç. Dr. Zekeriya BIYIKLIOĞLU’na teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Son olarak, beni bugünlere getirmek için her türlü maddi ve manevi desteği veren babam Hasan DEMİR, annem Kamile DEMİR ve kardeşim Aynur DEMİR’e müteşekkir olduğumu belirtmek isterim.

Aydın DEMİR
Trabzon 2014

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yangın Geciktirici Emprenye Maddelerinin Çeşitli Ağaç Türlerinden Üretilen Kontrplakların Isıl İletkenliğine Etkileri” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. İsmail AYDIN’ nın sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, deneyleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.
03/12/2014

Aydın DEMİR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	X
SUMMARY	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Kaplamanın Tanımı	3
1.3. Kontrplak Hakkında Genel Bilgiler.....	3
1.3.1. Kontrplağın Tanımı	3
1.3.2. Kontrplakların Sınıflandırılması.....	4
1.3.3. Kontrplağın Avantajları ve Kullanım Alanları	5
1.4. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Ağaç Türleri	9
1.5. Kontrplak Üretim Teknolojisi	11
1.5.1. Kaplamalık Tomrukların Depolanması	12
1.5.2. Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması	12
1.5.3. Kabuk Soyma	13
1.5.3.1. Odun-Kabuk Adhezyonu	13
1.5.3.2. Ağaç Türü	14
1.5.3.3. Kabuk Soyma Makine ve Aletleri	14
1.5.4. Soyma Yöntemiyle Kaplama Üretimi	14
1.5.5. Kaplamaların Taşınması	15
1.5.6. Kaplamaların Boyutlandırılması.....	16
1.5.7. Kaplamaların Kurutulması	16
1.5.8. Dar Soyma Levhalarının Kenarlarının Düzeltilerek Yan yana Eklenmesi.....	17
1.5.9. Kaplama Levhalarının Tutkallanması	17
1.5.10. Kontrplak Taslağının Hazırlanması.....	18

1.5.11.	Kontrplak Levhaların Preslenmesi.....	18
1.5.12.	Levhaların Boyutlandırılması	19
1.5.13.	Zımparalama.....	19
1.5.14.	Tasnif ve İstifleme	19
1.6.	Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar	19
1.6.1.	Üre Formaldehit Tutkalı	22
1.6.2.	Fenol Formaldehit Tutkalı	24
1.6.3.	Melamin Formaldehit ve Melamin Üre Formaldehit Tutkalları.....	25
1.6.4.	Resorsin Formaldehit Tutkalı	25
1.6.5.	Diğer Yapıştırıcılar	26
1.6.5.1.	Epoksi Tutkalı.....	26
1.6.5.2.	İzosiyanat Tutkalı	27
1.7.	Dolgu ve Katkı Maddeleri	27
1.7.1.	Sertleştiriciler.....	29
1.8.	Yangın Geciktirici Kimyasal Maddeler.....	29
1.8.1.	Odunun Yangın Geciktirici Kimyasallarla Muamelesinin Tarihçesi	29
1.8.2.	Odun ve Odun Esaslı Malzemelerde Yangın Geciktirici İşlemler	30
1.8.3.	Yangın Geciktirme Mekanizmaları	32
1.8.4.	Yangın Geciktirici Kimyasal Maddelerin Sınıflandırılması.....	33
1.8.5.	Yangın Geciktirici Kimyasal Maddelerin Odun ve Odun Esaslı Malzemelerin Özelliklerine Etkileri	39
1.8.6.	Yanma Dayanımını ve Yanma Karakteristiklerini Belirleme Yöntemleri	42
1.9.	Ağaç Malzemede Isıl İletkenlik ve Isıl İletkenlik Katsayısı.....	44
1.9.1.	Emprenye ve Üstyüzey İşlemlerinin Isıl İletkenliğe Etkisi	47
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	48
2.1.	Materyal.....	48
2.1.1.	Ağaç Malzeme.....	48
2.1.1.1.	Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky) Odun Özellikleri	48
2.1.1.2.	Melez Kavak (<i>Populus deltoides</i> I-77/51 klonu) Odun Özellikleri.....	49
2.1.1.3.	Sakallı Kızılağaç (<i>Alnus glutinosa</i> subsp. <i>barbata</i>) Odun Özellikleri	50
2.1.1.4.	Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Odun Özellikleri	50
2.1.2.	Emprenye Maddesi	51

2.1.2.1.	Çinko Borat.....	51
2.1.2.2.	Boraks	52
2.1.2.3.	Monoamonyum Fosfat.....	52
2.1.2.4.	Amonyum Sülfat.....	53
2.1.3.	Tutkal.....	53
2.1.4.	Sertleştirici Madde.....	54
2.2.	Kontrplak Levhalarının Üretimi	54
2.2.1.	Soyma Kaplama Levhalarının Hazırlanması.....	54
2.2.2.	Kaplama Kurutma İşlemi.....	55
2.2.3.	Emprenye İşlemi.....	55
2.2.4.	Kaplama Levhalarının Tutkallanması	56
2.2.5.	Sıcak Presleme.....	57
2.3.	Yöntem	58
2.3.1.	Çekme – Makaslama Direnci	58
2.3.2.	Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	59
2.3.3.	Özgül Ağırlık.....	61
2.3.4.	Denge Rutubeti Miktarı	61
2.3.5.	Isıl İletkenlik.....	62
2.3.6.	TGA Yöntemiyle Yanma Mukavemetinin Belirlenmesi.....	63
2.3.7.	İstatistiksel Analiz	64
3.	BULGULAR	65
3.1.	Fiziksel Özellikler.....	65
3.1.1.	Denge Rutubeti Miktarı	65
3.1.2.	Özgül Ağırlık.....	67
3.1.3.	Isıl İletkenlik.....	69
3.1.3.1.	Kaplama Levhalarının Isıl İletkenlik Katsayıları Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi.....	69
3.1.3.2.	Kontrplak Levhalarının Isıl İletkenlik Katsayıları Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi.....	70
3.1.3.3.	Kontrplak Levhalarının Isıl İletkenlik Katsayıları Üzerine Tutkal Türünün Etkisi.....	70
3.2.	Mekanik Özellikler	72
3.2.1.	Çekme-Makaslama Direnci	72

3.2.2.	Eğilme Direnci.....	74
3.2.3.	Elastikiyet Modülü	75
3.3.	TGA Yöntemiyle Yanma Mukavemeti	78
3.3.1.	Kaplama Levhalarının Yanma Mukavemeti Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi.....	78
4.	İRDELEME	80
4.1.	Fiziksel Özellikler.....	80
4.1.1.	Denge Rutubeti Miktarı	80
4.1.1.1.	Kontrplak Levhalarının Denge Rutubeti Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi	80
4.1.1.2.	Kontrplak Levhalarının Denge Rutubeti Üzerine Tutkal Türünün Etkisi	82
4.1.2.	Özgül Ağırlık.....	83
4.1.2.1.	Kontrplak Levhalarının Özgül Ağırlığı Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi.	83
3.1.2.2.	Kontrplak Levhalarının Özgül Ağırlığı Üzerine Tutkal Türünün Etkisi.....	84
4.1.3.	Isıl İletkenlik.....	85
4.1.3.1.	Kaplama Levhalarının Isıl İletkenlik Katsayıları Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi.....	85
4.1.3.2.	Kontrplak Levhalarının Isıl İletkenlik Katsayıları Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi.....	87
4.1.3.3.	Kontrplak Levhalarının Isıl İletkenlik Katsayıları Üzerine Tutkal Türünün Etkisi	88
4.2.	Mekanik Özellikler	91
4.2.1.	Çekme-Makaslama Direnci	91
4.2.1.1.	Kontrplak Levhalarının Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi.....	91
4.2.1.2.	Kontrplak Levhalarının Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Tutkal Türünün Etkisi	93
4.2.2.	Eğilme Direnci.....	94
4.2.2.1.	Kontrplak Levhalarının Eğilme Direnci Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi	94
4.2.2.2.	Kontrplak Levhalarının Eğilme Direnci Üzerine Tutkal Türünün Etkisi.....	96
4.2.3.	Elastikiyet Modülü	97
4.2.3.1.	Kontrplak Levhalarının Elastikiyet Modülü Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi.....	97
4.2.3.2.	Kontrplak Levhalarının Elastikiyet Modülü Üzerine Tutkal Türünün Etkisi.	99
4.3.	TGA Yöntemiyle Yanma Mukavemeti	101

4.3.1.	Kaplama Levhalarının Yanma Mukavemeti Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi.....	101
5.	SONUÇLAR.....	105
5.1.	Fiziksel Özellikler.....	105
5.1.1.	Denge Rutubeti Miktarı	105
5.1.2.	Özgül Ağırlık.....	106
5.1.3.	Isıl İletkenlik.....	107
5.2.	Mekanik Özellikler	109
5.2.1.	Çekme-Makaslama Direnci	109
5.2.2.	Eğilme Direnci.....	110
5.2.3.	Elastikiyet Modülü	112
5.3.	TGA Yöntemiyle Yanma Mukavemeti	113
6.	ÖNERİLER	115
7.	KAYNAKLAR.....	117
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

YANGIN GECİKTİRİCİ EMPRENYE MADDELERİNİN ÇEŞİTLİ AĞAÇ
TÜRLERİNDEN ÜRETİLEN KONTRPLAKLARIN ISIL İLETKENLİĞİNE ETKİLERİ

Aydın DEMİR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. İsmail AYDIN
2014, 124 Sayfa

Bu çalışmada, yangın geciktirici emprenye maddelerinin, çeşitli ağaç türlerinden üretilen kontrplakların ısı iletkenliğine etkileri araştırılmıştır. Ağaç malzeme olarak Doğu Kayını (*Fagus orientalis Lipsky*), Sakallı Kızılağaç (*Alnus glutinosa subsp barbata*), Melez Kavak (*Populus deltoides*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), yangın geciktirici kimyasallar olarak çinko borat, boraks, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve tutkal olarak ÜF ve MF tutkalları kullanılmıştır. Örnekler batırma yöntemi ile emprenye edilmişlerdir. Üretilen kontrplakların mekanik özelliklerinden TS EN 314-1'e göre çekme-makaslama direnci, TS EN 310'a göre eğilme direnci ve elastikiyet modülü; fiziksel özelliklerinden TS EN 322'ye göre denge rutubeti miktarları, TS EN 323'e göre özgül ağırlık, ASTM C 518 & ISO 8301'e göre de ısı iletkenlik belirlenmiştir. Yanma sonrası ağırlık kaybı, TGA deneyine göre belirlenmiştir. Deneyler sonunda, yangın geciktirici kimyasalların mekanik, fiziksel ve yanma özellikleri üzerine etkilerinin ağaç türlerine göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Emprenye işlemi, kaplamaların ısı iletkenliğini arttırdığı görülmüştür. Ayrıca, çinko boratın denge rutubetini arttırdığı, diğer kimyasalların ise fiziksel özellikler üzerinde farklı etkiler yaptığı belirlenmiştir. Yangın geciktirici emprenye maddelerinin çekme-makaslama direncini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Diğer mekanik özellikler üzerinde ise belirgin bir etki yapmamıştır. TGA deneyleri sonucunda kullanılan tüm yangın geciktirici emprenye maddelerinin ağırlık kaybını azalttığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yangın geciktirici, Emprenye, Kontrplak, ÜF, MF, Özgül ağırlık, Denge rutubeti, Çekme-makaslama direnci, Eğilme direnci, Elastikiyet modülü, Isıl iletkenlik, TGA

Master Thesis

SUMMARY

THE EFFECTS OF FIRE RETARDANT CHEMICALS ON THERMAL
CONDUCTIVITY OF PLYWOOD PRODUCED FROM DIFFERENT WOOD SPECIES

Aydın DEMİR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industrial Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. İsmail AYDIN
2014, 124 Pages

In this study, the effects of fire retardant chemicals on thermal conductivity of plywood produced from different wood species were examined. Beech (*Fagus orientalis* Lipsky), alder (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata*), poplar (*Populus deltoides*) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) were used as wood materials; zinc borate, borax, monoammonium phosphate and ammonium sulfate were used as fire retardant chemicals and UF and MF resins were used as adhesive. The samples were impregnated by using the immersion method. Some mechanical properties such as shear strength, bending strength, modulus of elasticity of the plywood panels were conducted according to TS EN 314-1, TS EN 310, respectively. Physical properties such as equilibrium moisture content, density and thermal conductivity were determined according to TS EN 323 and TS EN 322, ASTM C 518 & ISO 8301, respectively. Weight loss after combustion was determined according to TGA. Results indicated that, the effects of fire retardant chemicals on the mechanical, physical and combustion properties of wood varied according to wood species. Impregnation process increased thermal conductivity of veneer. Also, it was determined the zinc borate increased equilibrium moisture content of plywood whereas the other chemicals affected physical properties differently. It was proved that the fire retardant chemicals affected shear strength of plywood in a negative way. They didn't affect on the other mechanical properties clearly. In consequence of TGA experiments, all of the fire retardant chemicals decreased the loss in weight.

Key Words: Fire retardant, Impregnation, Plywood, UF, MF, Density, Equilibrium moisture content, Shear strength, Bending strength, Modulus of elasticity, Thermal conductivity, TGA

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Kontrplaklarda tabakaların yerleşimi	4
Şekil 2. Kompozit ve kaplamalı kontrplaklar	5
Şekil 3. Çeşitli FR kimyasallarının oduna bağlanma şekilleri.....	32
Şekil 4. Bor bileşiklerinin kullanım yerleri	37
Şekil 5. Üç tabakalı kontrplak levhası için çekme-makaslama direnci test örneği.....	59
Şekil 6. Eğilme direnci test düzeneği.....	60
Şekil 7. Lasercomp Fox-3 14 ısı iletkenlik cihazı	62
Şekil 8. TG/DTA 6300 cihazı	64
Şekil 9. ÜF ve MF tutkalları ile üretilmiş kontrplak levhalarının denge rutubeti üzerine empenye işleminin etkisi	80
Şekil 10. Farklı ağaç türlerinin empenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal türünün denge rutubeti miktarı üzerine etkisi.....	82
Şekil 11. ÜF ve MF tutkalları ile üretilmiş kontrplak levhalarının özgül ağırlığı üzerine empenye işleminin etkisi	83
Şekil 12. Farklı ağaç türlerinin empenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal türünün özgül ağırlık üzerine etkisi	85
Şekil 13. Ağaç türüne göre, empenye işleminin kaplama levhalarının ısı iletkenlik katsayıları üzerine etkisi	86
Şekil 14. ÜF ve MF tutkalları ile üretilmiş kontrplak levhalarının ısı iletkenlik üzerine empenye işleminin etkisi	87
Şekil 15. Farklı ağaç türlerinin empenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal türünün ısı iletkenlik katsayıları üzerine etkisi	89
Şekil 16. ÜF ve MF tutkalları ile üretilmiş kontrplak levhalarının çekme-makaslama direnci üzerine empenye işleminin etkisi	91
Şekil 17. Farklı ağaç türlerinin empenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal türünün çekme-makaslama üzerine etkisi.....	93
Şekil 18. ÜF ve MF tutkalları ile üretilmiş kontrplak levhalarının eğilme direnci üzerine empenye işleminin etkisi	95

Şekil 19.	Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal türünün eğilme direnci üzerine etkisi	97
Şekil 20.	ÜF ve MF tutkalları ile üretilmiş kontrplak levhalarının elastikiyet modülü üzerine emprenye işleminin etkisi	98
Şekil 21.	Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal türünün elastikiyet modülü üzerine etkisi.....	100
Şekil 22.	Kayın ve kavaktan elde edilen örnekler için TGA eğrileri.....	101
Şekil 23.	Kızılağaç ve sarıçamdan elde edilen örnekler için TGA eğrileri	102

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Ülkelere göre kontrplak üretim miktarları.....	6
Tablo 2. Ülkemizdeki öne çıkan kontrplak fabrikaları, kapasiteleri, çalışan sayıları...	7
Tablo 3. Yaygın kullanılan reçine türleri, karakteristikleri ve kullanım alanları.....	21
Tablo 4. Yapı ve izolasyon malzemeleri ile bazı ağaç türlerine ait termo-fiziksel özellikleri.....	45
Tablo 5. Bazı önemli ağaç türlerinin ısı iletkenliği katsayıları.....	46
Tablo 6. Çinko boratın teknik özellikleri.....	51
Tablo 7. Boraks dekahidratın teknik özellikleri.....	52
Tablo 8. Monoamonyum fosfatın teknik özellikleri.....	53
Tablo 9. Amonyum sülfatın teknik özellikleri.....	53
Tablo 10. Denemelerde levhaların üretiminde kullanılan üre formaldehit ve melamin formadehit tutkal reçinelerinin bazı teknik özellikleri.....	54
Tablo 11. Kayın, kavak, kızılğaç ve sarıçam kaplamalara ait emprenye maddesi retensiyon miktarları.....	56
Tablo 12. Deneme levhalarının üretiminde kullanılacak tutkal reçeteleri.....	56
Tablo 13. Deneme levhalarının üretiminde kullanılan presleme koşulları.....	57
Tablo 14. Üretilen kontrplak levhalarının denge rutubeti miktarı ortalama değerleri ve Student-Newman-Keuls testi sonuçları.....	65
Tablo 15. Üretilen kontrplak levhalarının özgül ağırlık ortalama değerleri ve Student-Newman-Keuls testi sonuçları.....	67
Tablo 16. Elde edilen kaplamalara ve kontrplaklara ait ısıl iletkenlik katsayı değerleri	69
Tablo 17. Kontrplaklara ait çekme-makaslama direnci ortalama değerleri ve Student-Newman-Keuls testi sonuçları.....	72
Tablo 18. Kontrplaklara ait eğilme direnci ortalama değerleri ve Student-Newman-Keuls testi sonuçları.....	74
Tablo 19. Kontrplak levhalarına ait elastikiyet modülü ortalama değerleri ve Student-Newman-Keuls testi sonuçları.....	76
Tablo 20. Ağaç türü ve emprenye maddesine göre TGA sonuçları.....	78

SEMBOLLER DİZİNİ

APA : Amerika Kontrplak Birliği (American Plywood Association)

ASTM : Amerikan Standartları (American Society of Testing Materials)

AWPA : Amerikan Odun Korumacılar Birliği (American Wood Protection Association)

BS : İngiliz Standartları (British Standarts)

DIN : Alman Standartları (Deutsches Institut für Normung)

DSC : Diferansiyel Tarama Kalorimetresi (Differential Scanning Calorimetry)

DTA : Diferansiyel Termal Analiz

EN : Avrupa Standartları (European Norm)

FAO : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)

FF : Fenol Formaldehit

MF : Melamin Formaldehit

MÜF : Melamin Üre Formaldehit

OAİB : Orta Anadolu İhracatçılar Birliği

OSB : Yönlendirilmiş Yongalevha (Oriented Strand Board)

TGA: Termogravimetrik Analiz

TOBB : Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

ÜF : Üre Formaldehit

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Odun, başlıca selüloz, hemiselülozlar ve ligninden oluşan, doğada fazla miktarda bulunan, yenilenebilir doğal bir polimerik malzemedir. Diğer yapısal ve mühendislik malzemeleri ile karşılaştırıldığında odun; dokusu, sahip olduğu yüksek direnç, işleme ve şekil verme kolaylığı ve eşsiz estetik değeri gibi birçok özellikler sergilemesi nedeniyle benzersiz bir malzemedir (Demirkır, 2014). Bazı kullanım yerlerinde masif odun yerine değerlendirilebilecek çelik, plastik ve beton gibi alternatif malzemeler olmasına rağmen, her zaman doğal bir mühendislik malzemesi olarak odunun bu malzemelere karşı üstünlüğü günümüzde de geçerliliğini korumaktadır (Çolakoğlu vd., 2002).

İnsan yaşamı ve kültürünün gelişme sürecinde uzun ve mükemmel bir tarihe sahip olan odun; yapılarda taşıyıcı eleman, dış cephe kaplaması, döşeme ve çatı malzemeleri olarak kullanıldığı gibi, endüstriyel konstrüksiyonlar da köprü, iskele ve daha pek çok alanda da yoğun olarak kullanılmaktadır (Erdin, 2003). Dünyadaki gelişmelere bağlı olarak sanayi odunu talebi her geçen gün artarken orman alanlarındaki azalma, odun işleyen sanayileri yeni hammadde arayışlarına yöneltmektedir (Demirkır, 2012). Kontrplak, yonga levha, lif levha gibi odun esaslı kompozit levha ürünlerinin ortaya çıkış sebebi, masif ağaç malzemenin bazı özelliklerinin iyileştirilmesi, daha büyük boyutlu ve homojen yapıya sahip malzemelerin elde edilmesi isteğidir (Öztürk, 2012). Bu ürünlerin keşfi, daha küçük çaplı ağaç gövdelerinin ve diğer endüstrilerin odunsu artıklarının kullanılabilmesine imkan sağlamış, odun kusurları uzaklaştırıldığı için masif oduna kıyasla daha dirençli, homojen, geniş yüzeyli ve farklı boyut ve şekilde ahşap malzemelerin üretimine imkan vermiştir (Rowell, 2005). Kontrplaklar teknik, mukavemet ve dekoratif özellikleri göz önüne alındığında ahşap levhalar içinde lider konumunu geçmişten günümüze sürdürmektedir. Kontrplağın masif oduna ve diğer ahşap levhalara göre avantajları; fiziksel direnç özellikleri, diğer geniş yüzeyli ahşap levhalara oranla çok daha iyidir, olumsuz hava koşullarına, asitlere ve bazlara karşı dayanımı iyidir, yapışma direnci çok yüksektir, kalıplık amaçla inşaatlarda kullanılan kontrplaklar tekrar kullanım sayısı bakımından tahta, OSB gibi levhalara kıyasla çok daha fazla kullanılırlar. Levha yüzeyi

görünümü bakımından diğer ahşap levhalara kıyasla doğal görünümünü korur, masif ağaç malzeme gibi çatlamaz, dolayısıyla vida tutma özelliği çok yüksektir, çarpılma ve bükülme gibi deformasyon bozukluklarına karşı dirençlidir, homojen bir yapıdadır, daralma, genişleme masif ağaç malzemedenden çok daha azdır (Çolakoğlu, 2004).

Odun ve odun esaslı kompozit levha ürünlerinin bazı sakıncalı özelliklere de sahiptir. Bu sakıncalı özellikten biri, materyalin kolay yanabilmesi ve tutuşabilmesidir (Özkaya vd., 2007). Tüm lignoselülozik materyaller, yanıcı özelliklere sahip olmaları nedeniyle tutuşma sıcaklığına ulaştıklarında ve yanma için gereken ortamı bulduklarında kolaylıkla yanabilmekte, direnç özelliklerini kaybedip yanma esnasında zayıf dayanım göstererek can ve mal güvenliğini tehdit etmektedir. Bu durum göz önüne alındığında, odun esaslı materyallerin; yapılarda, inşaat sektöründe vb. kullanım alanlarında değerlendirilmesi sınırlı hale gelmekte, kullanılması durumunda ise dayanım özelliklerinin iyileştirilmiş olması gerekmektedir (Ustaömer, 2008). Bu amaçla; malzemenin yanma karakteristiklerine etki edip dayanımlarını artırmak için çeşitli yangın geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilerek güçlendirilmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan araştırmalar ile geliştirilen kimyasal maddeler ve yöntemler ağaç malzemenin yanma özelliğini tamamen ortadan kaldırmamıştır, fakat oldukça azaltabilmiştir. Özellikle ağaç malzemenin tutuşma süresinin uzatılması ve zehirli gazların oluşumunun engellenmesi ile insanların henüz yangının başlangıç aşamasında kapalı mekanları terk edebilecekleri zamanı kazanması sağlanmıştır (Terzi, 2008). Bu amaçlar doğrultusunda; tüm dünyada yangın geciktirici kimyasal maddeler, çeşitli yöntemler kullanılarak yanma dayanımı kazandırılmak istenen malzemelere uygulanmaktadır. Yangın geciktirici amaçlı kullanılan bu kimyasal maddeler aynı zamanda uygulandıkları malzemelerin diğer fiziksel, mekanik ve diğer bazı özelliklerine de etki etmektedir (Ustaömer, 2008).

Dünya üzerindeki enerji kaynaklarının hızla tükenmesi üzerine gelişmiş ülkeler başta olmak üzere tüm ülkeler enerji ihtiyaçlarını kontrol altına alma ve enerjiyi etkin kullanma yöntemleri geliştirmişlerdir. Söz konusu bu enerjinin; etkin kullanılması, ısı yalıtımı ile sağlanabilir. Özellikle binanın iç ortamını dış ortamdaki ayıran yapı elemanlarını kapsar (Uysal vd., 2011). Ağaç malzeme gözenekli yapısı sebebiyle, ısıl iletkenliği bakımından diğer yapı malzemelerine üstünlük sağlamaktadır (Gu ve Zink-Sharp, 2005). Ağaç malzemedeki 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 (Demirkır, 2014).

Bu çalışmanın amacı, çeşitli ağaç türlerinin soyma kaplamalarından üretilen kontrplak levhalarının ısı iletkenlik katsayıları üzerine yangın geciktirici emprenye maddelerinin etkilerini incelemektir. Ayrıca bu yangın geciktirici maddelerin kontrplakların çeşitli fiziksel mekanik özelliklerine etkileri de incelenmiştir.

1.2. Kaplamanın Tanımı

TS 2128'e göre kaplama odundan soyularak, kesilerek veya biçilerek elde edilen en çok 7 mm kalınlığındaki ince levhalardır (TS 2128, 1988).

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

1.3. Kontrplak Hakkında Genel Bilgiler

1.3.1. Kontrplağın Tanımı

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

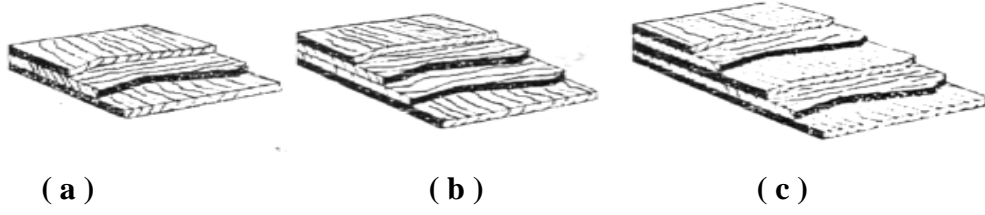
TS 2128'e göre kontrplak; ardışık gelen tabakaların lif doğrultuları birbirine dik olacak şekilde yapıştırılmış, göbeğin her iki tarafında yer alan iç ve dış tabakalar genellikle birbirine simetrik olan bir levha olarak tanımlanmaktadır (TS 2128, 1988).

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

Amerikan standardı ASTM D-907'ye göre odun kaplama genellikle 0,254–6,35 mm arasında kalınlıklara sahip ve odun lif yönü yüzeye paralel olan bir levha olarak tarif edilmektedir. Aynı standartta, kontrplak; ince levhaların üst üste ve lif yönleri birbiriyle

90° açı yapacak şekilde yapıştırılmış odun levhaları olarak belirtilmektedir. Genel olarak kontrplak katları 3, 5, 7 gibi tek sayıdadır (ASTM D-907, 1982).

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



Şekil 1. Kontrplaklarda tabakaların yerleşimi (a: 3 tabakalı kontrplak, b: Orta tabakaları paralel yapıştırılmış 4 tabakalı kontrplak, c: 5 tabakalı kontrplak)

1.3.2. Kontrplakların Sınıflandırılması

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

- A- Genel görünüşlerine göre,
- B- Başlıca özelliklerine göre,
- C- Kullanıcının ihtiyaçlarına göre.

A- Genel görünüşlerine göre

Yapılarına göre:

- Kaplamalardan yapılmış kontrplak (bütün katları kaplama olan kontrplak)
- Odun özlü kontrplak (kontrtabla)

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

2.Orta tabakası dar çıtalı kontrplak (Orta tabakası maksimum 7 mm kalınlığındaki, dikey yerleştirilmiş soyma kaplama şeritlerinden oluşturulan kontrplaklardır).

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

Şekil ve formuna göre:

- a) Düz
- b) Şekillendirilmiş

B- Başlıca özelliklerine göre:

Dayanıklılıklarına göre:

- Kuru ortamlarda kullanım için,
- Rutubetli ortamda kullanım için,
- Dış ortamda kullanım için;

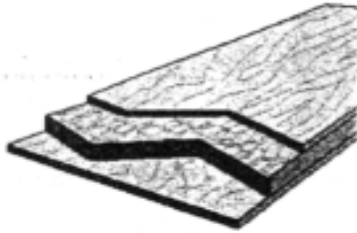
Mekanik özelliklerine göre,

Yüzey görünüşüne göre,

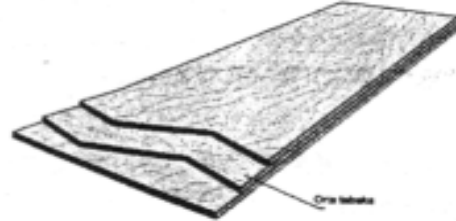
Yüzey durumuna göre:

- Zımparalanmamış,
- Zımparalanmış,
- Boyanmış,
- Yüzeyi kaplanmış (dekoratif kaplama, film, emprenye edilmiş kâğıt...).

C- Kullanıcının ihtiyacına göre: Kompozit (karma), kaplamalı kontrplak



a) Kompozit (karma)



b) Kaplamalı kontrplak

Şekil 2. Kompozit ve kaplamalı kontrplaklar (Çolakoğlu, 2004).

1.3.3. Kontrplağın Avantajları ve Kullanım Alanları

Kontrplaklar teknik, mukavemet ve dekoratif özellikleri göz önüne alındığında ahşap levhalar içinde lider konumunu geçmişten günümüze sürdürmektedir. Hala pek çok

endüstrideki gereklerin teknik, ekonomik ve çevreci biçimde karşılanmasını sağladığı gibi, pek çok yeni alanda da kullanım bulabilmektedir.

Kontrplağın avantajları incelendiğinde:

1. Fiziksel direnç özellikleri, diğer geniş yüzeyli ahşap levhalara oranla çok daha yüksektir.
2. Olumsuz hava koşullarına, asitlere, bazlara karşı dayanımı yapışma direnci çok yüksektir.
3. Kalıplık amaçla inşaatlarda kullanılan kontrplaklar kalıp alma, tekrar sayısı bakımından, tahta, OSB gibi levhalara kıyasla çok daha fazla kullanılırlar.
4. İnşaat sektöründe kullanılan kontrplaklar demir, çelik gibi geniş yüzeyli levhalara kıyasla kolay taşınabilen ve korozyona uğramayan üstün özelliktedir.
5. Levha yüzeyi görünümü bakımından diğer ahşap levhalara kıyasla doğal görünümünü korur.
6. Büyük boyutlu olmasından dolayı kullanımı kolaydır.
7. Masif ağaç malzeme gibi çatlamaz. Dolayısıyla vida tutma özelliği çok yüksektir.
8. Çarpılma ve bükülme gibi deformasyon bozukluklarına karşı dirençlidir.
9. Homojen bir yapıdadır, daralma, genişleme masif ağaç malzemeden çok daha azdır (Çolakoğlu, 2004).

Odon 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 (Anonim, 2006). Ülkelere göre kontrplak üretim miktarları Tablo 1’ de verilmektedir.

Tablo 1. Ülkelere Göre Kontrplak Üretim Miktarları (1000 m³) (FAO, 2013).

Ülke	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Çin	35.409	44.512	44.512	44.512	44.512	44.512
Amerika	10.376	8.934	9.397	9.365	9.493	9.680
Japonya	2.586	2.287	2.645	2.486	2.459	2.459
Kanada	2.225	1.810	2.005	1.794	1.824	1.792
Finlandiya	1.273	800	980	1.010	1.020	1.090
Türkiye	111	100	110	115	116	114

2009 yılında dünyanın kontrplak üretiminin 45,3 milyon m³ ile %56,5'ini Çin Halk Cumhuriyeti yapmaktadır. ABD ise dünyanın 2. büyük kontrplak üreticisi olarak 8,8 milyon m³'lük üretimiyle dünya kontrplak üretiminin %11'ini gerçekleştirmektedir. Bu iki ülkeyi sırasıyla Malezya (%4,9), Endonezya (%3,7) ve Japonya (%2,8) takip etmektedir. Türkiye ise kontrplak üretiminde 126 ülke arasından 100 bin m³ ile 35. sırada yer almaktadır (OAİB, 2011).

Ülkemizde 2007 yılı itibariyle kayıtlı kaplama sektöründe 518 bin m³/yıl kapasiteli 131 adet ahşap kaplama fabrikası mevcuttur. Ahşap kaplama üretimi yapan firmaların çoğunluğu küçük işletmelerden ibarettir. Çalışan sayısı ölçeğine göre işletmelerin % 77'si 50 ve daha az işçi çalıştıran küçük ölçekli işletme yapısındadır. İşletmelerin yoğunlaştığı iller ise Düzce, Kocaeli, Bursa ve Bolu' dur (TOBB, 2007). Kaplama sektöründe faaliyet gösteren önemli kuruluşlar ve kapasiteleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Ülkemizdeki öne çıkan kaplama fabrikaları, kapasiteleri, çalışan sayıları

Kuruluş Adı	Yeri	Üretim Konusu	İşçi Sayısı	Kapasite m ³
Kapsa Kaplama	Düzce	Ağaç kaplama üretimi	58	20.000.000
Burhan Çelik Ahşap	Abant	Ağaç kaplama üretimi	85	11.000.000
Hasep Kaplama	Düzce	Ağaç kaplama üretimi	100	10.000.000
San Tic. Ağ. Kapl.	Ankara	Ağaç kaplama üretimi	15	7.000.000
Doğsan Düzce Orm.	Düzce	Ağaç kaplama üretimi	-	6.685.150

Kontrplağın genel kullanım yerleri olarak; taban döşemesi, ahşap prefabrik konut yapımı, beton ve betonarme kalıp tahtası, bölme elemanı, raf, tezgah, konteynır, kutu, sandık, trafik işaret levhası, reklam panosu, mağaza donanımı, depolama tankları, gemi ve yat güverteleri, yük ve yolcu taşıma araçlarının taban döşemeleri, ağır nakliye araçlarının (kamyon, tır) taban döşemeleri, soğutma vagonları sayılabilir (URL-1, 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 kullanımlarının yanı sıra, dekorasyonda da tercih edilmektedir (URL-2, 2004). Kontrplak levhaları mekanik, biyolojik, termal, akustik ve dekoratif maksatlara uygunluk gibi özelliklerinden ötürü yapılarda geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Üretim tekniği sayesinde ahşabın hafiflik, mukavemet, masif görünüm gibi olumlu özelliklerini bünyesinde barındıran, teknik özellikleri standart olan paneller elde edilmektedir (Canply, 2002). Yapısal ve endüstriyel kontrplakların kullanımında, levhaların direnç değerleri ve kullanım yerinin gereklerine uygun bir tutkalla üretilmiş olması büyük önem taşımaktadır (Demirkır, 2014). 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.

Değişik yapı türlerinde kullanılan ana ürünlerden biri olan kontrplağın başlıca avantajları olarak; mekanik özelliklerinin çok değişim göstermemesi, yüksek boyutsal stabilite ve ağaçlardan daha yüksek faydalanma seviyesi sayılmaktadır (Yoshihara, 2009). Kontrplak, yapı çökmeden önce büyük miktarlarda yer değiştirmeyi tolere edebildiği için deprem yüklerine dayanım konusunda en iyi materyal olarak gösterilmektedir (URL-3, 2014). Bott; kontrplağın düzlemsel olarak çok daha fazla rijit olduğunu belirtmektedir (Bott, 2005).

Kontrplak, tabakaların lif yönleri birbirine dik gelecek şekilde üretilmektedir. Böylelikle kontrplağın genişliği boyunca boyutsal stabilitesi sağlanmakta, ayrıca levha düzlemine dik yöndeki rijitlik ve eksenel direnç artmaktadır. Tabakalı yapısı kusurları dağıtarak, bağlantı elemanlarının kullanıldığı durumlarda olası ayrılmaları azaltmakta ve direnci artırmaktadır. Masif malzeme ile kontrplak karşılaştırıldığında en önemli avantajları arasında, levhanın uzunluğu boyunca gösterdiği direnç özellikleri genişliği boyunca gösterdiklerine hemen hemen eşit olmakta, bağlantı elemanlarının ayrılmasına karşı daha yüksek direnç göstermekte, daha geniş kullanım yerleri taleplerine form olarak

daha uygun olması sayılabilir. Kontrplak ahşabın daha ekonomik ve faydalı kullanım şekillerinden biridir. Kontrplak özellikleri; farklı tabakalarda kullanılan kaplamaların kalitesine, kullanım sırasına, kullanılan tutkula ve yapışma koşullarının kontrolüne bağlıdır (Youngquist, 2007).

1.4. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Ağaç Türleri

Kontrplak üretim teknolojisi bakımından dağınık traheli yapraklı ağaç türleri daha uygundur. Ancak yapraklı ağaç türlerinin yanı sıra çam, ladin, duglas göknarı gibi iğne yapraklı ağaç türleri de kullanılmaktadır. Pratikte genel olarak kaplama, soyma özellikleri iyi olan ağaç türlerinden üretilen kaplamalar yüzey tabakalarında, iyi olmayanlar ise ara tabakalarda kullanılmaktadır. Kontrplak üretiminde yaygın olarak kullanılan ağaç türleri aşağıda verilmiştir.

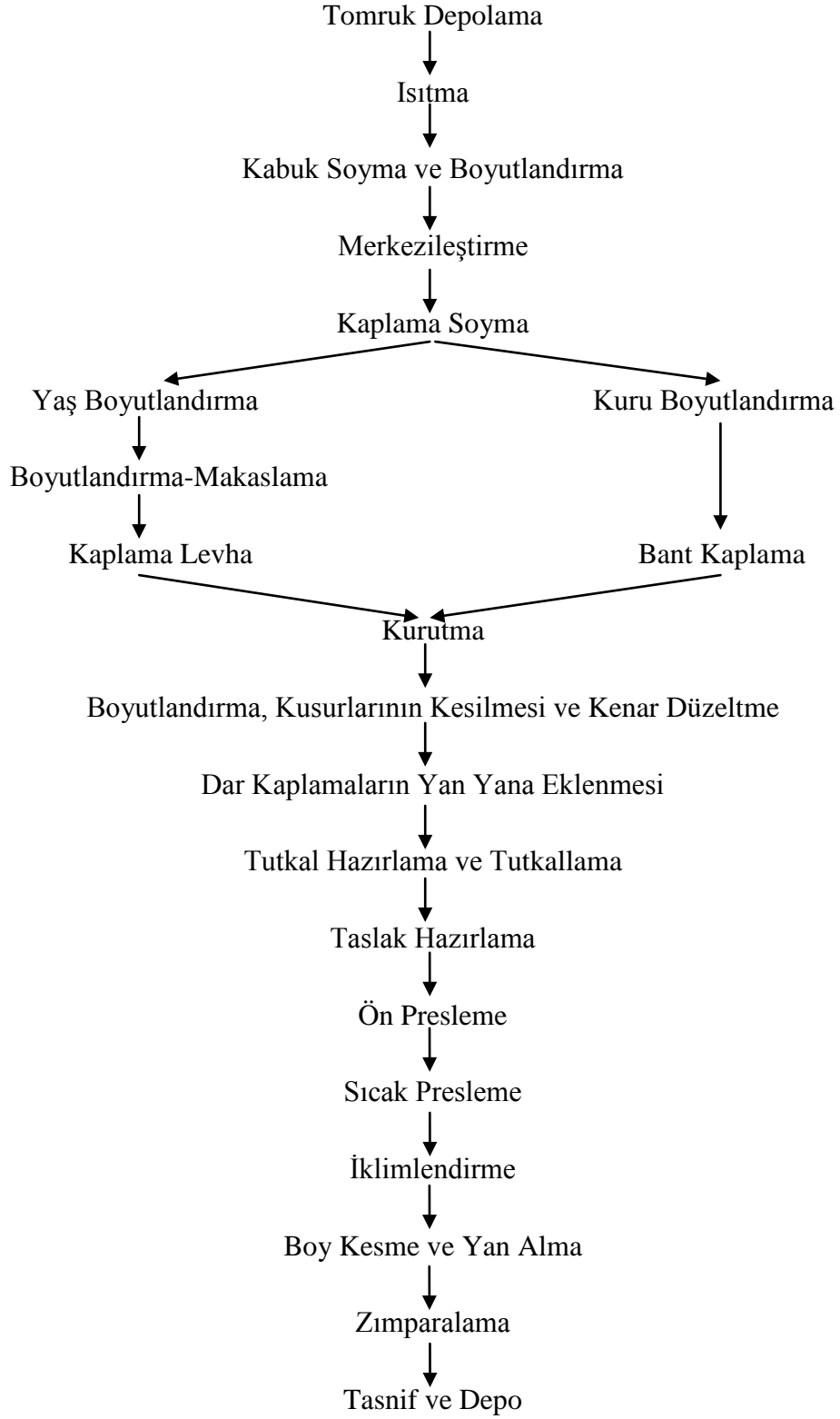
Orta tabakada yaygın olarak kullanılan ağaç türleri: çam, duglas göknarı, ladin, huş, kayın, kızılğaç, okume, kavak, melez'dir. Yüzey tabakalarında yaygın kullanılan ağaç türleri ise: duglas göknarı, melez, sekoya, porsuk, akçağaç, huş, ceviz, dişbudak, maun, gül ağacı, tik, makore, bubinga, sapelli, sipo, iroko'dur. Bazı ağaç türleri hem orta tabakalarda hem de yüzey tabakalarında kullanılabilir. Bu durum yalnızca ağaç türünün görünüm ve soyulma özelliklerine değil aynı zamanda yeterli miktarda bulunabilmesine de bağlıdır (Güler ve Çolakoğlu, 2001).

Türk standartlarında kaplama üretimi için kullanılacak ağaç cinsleri; ceviz, dişbudak, karağaç, kestane, meşe, çam, göknar, ladin, armut, ıhlamur, kavak, kayın, kızılğaç ve kiraz olarak belirtilmektedir. Ancak günümüzde bu türlerin çok az kısmından kaplama üretimi yapılmaktadır. Son yıllarda A.B.D ladin, göknar, duglas göknarı gibi iğne yapraklı ağaç türlerinden elde edilen kontrplaklar özellikle yapı kontrplağı olarak yüksek miktarda bir üretime yapılmasına rağmen ülkemizde iğne yapraklı ağaç hammadde olarak kontrplak sektöründe yeterince değerlendirilememektedir (Çolakoğlu, 2004). Ülkemizde kontrplak üretiminde; kayın, kızılğaç, kavak, meşe fazla miktarda kullanılmaktadır. Bunların dışında okume, meranti, sapelli, gül ağacı gibi tropik bölge ağaçları da son yıllarda önemli oranlarda kaplama üretiminde değerlendirilmektedir. Kullanılan ağaç türü, soyma makinelerinde kolay ve verimli işlenebilmeli, üretilecek kontrplağın özelliklerini olumsuz yönde etkilememelidir (Çolakoğlu, 2004).

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 işlenme kolaylığı ve teknolojik özellikleri bakımından kereste, mobilya vb. endüstrilerde değerlendirilmesi daha uygundur. Ülkemizde kontrplak endüstrisinde değerlendirilen kayın (*Fagus orientalis*) soyma kaplama üretimi için, Eski Bağımsız Devletler Topluluğu'ndan ithal edilenler hariç tutulursa, uygun çap ve formda yeteri kadar bulunamamaktadır. Buna rağmen bir çok kullanım alanında kayın kontrplaklar tercih edilmektedir. Genel amaçlı kontrplak üretiminde melez kavak odunu da kullanılmaktadır. Kavak her ne kadar soyma kaplama üretiminde çap bakımından uygun değilse de, ucuz ve kontrplak üretim maliyetlerinin düşük olması yanında yurt içinden sağlanabilmesi bu endüstride kullanımını artırmaktadır (Örs vd., 2002). Genel amaçlı kontrplak üretiminde huş kontrplak da kullanılmaktadır. Huş kontrplak üretiminde, hammadde ülkemiz ormanlarından ve yurt dışından karşılanabilir. İthal huş tomruğu, kayına göre daha az maliyetle birlikte ülkemize getirilmekte ve üretime alınmaktadır. Ayrıca huş ağacından elde edilen kontrplakların renk ve görüntüsü kayın kontrplağa benzemektedir. Huş ağacının kayın ağacına göre daha düşük çaplarda olduğu bilinmektedir ve bu da randımanı etkilemektedir (Çakıroğlu ve Aydın, 2011).

1.5. Kontrplak Üretim Teknolojisi

Kontrplak üretimindeki iş akışı, aşağıdaki şekildedir:



1.5.1. Kaplamalık Tomrukların Depolanması

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

Genel olarak kaplamalık tomruklar kısa süreler için depolanmalıdırlar. Depoya ilk giren tomruk ilk çıkmalıdır. İdeal depolama şartlarında tomruk enine kesitlerine koruyucu maddeler sürülmelidir. Tomrukları çatlamalara karşı korumak için; tomruklar ya suda bekletilmeli ya da su püskürtme işlemine tabi tutulmalıdır. Bu şekilde tomrukların rutubeti LDN' nin üzerinde tutularak çatlama önlenmektedir. Bunların dışında, çatlama önlemek amacıyla aşağıda belirtilen bazı araçlar ve kimyasal maddeler kullanılabilir (Çolakoğlu, 2004; Öztürk, 2012) :

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

1.5.2. Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması

Üretime başlanmadan tomrukların soyma işlemine hazırlanması için hatalı kısımlarının uzaklaştırılması, yabancı maddelerden temizlenmesi, soyma makineleri için uygun uzunlukta kesilmesi, buharlanması veya sıcak suda ısıtılması gibi bazı ön işlemlerin uygulanması gerekir. Isıtma işlemi ülkemizde su buharı ile yapılmaktadır. Buharlama işleminin amacı; önce odunu yumuşatmak, soyucu ve kesici aletlerle kolayca işlenebilecek bir hale getirmek, kontrplağı oluşturan levhaların bir biri üzerine uygunluğunu temin için eğilme kabiliyetini arttırmak, tomruk yüzeyindeki toprak ve yabancı maddeleri yıkamak ve kabuğu yumuşatarak kolayca soyulmasını sağlamaktır (Öztürk, 2012).

Ağaç cinslerinin büyük bir kısmı kaplama üretiminden önce ya su ile veya buharla ısıtılır. Bu işlemde sıcaklığın artması rutubetin artmasından daha önemlidir. Buharlama

sırasında pektin ve ligninin bir kısmı çözülür. Orta lameldeki bağlayıcı maddenin çözülmesi dokuları gevşetir. Böylece odun soyma ve kesme için daha uygun duruma gelir ve üretilen levhaların yüzeyleri düzgün olur (Çolakoğlu, 2004).

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

Tomruklar buharlandıktan sonra, makine bıçaklarının zarar görmesini önlemek amacıyla temizleme makinelerinden geçirilerek kabuk, iç kabuk ve kirlerden arındırılır (Demirkır, 2014).

1.5.3. Kabuk Soyma

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

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

1.5.3.1. Odun-Kabuk Adhezyonu

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

kabuk bağı nedeniyle kabuk tabaka halinde gövdeden ayrılabilir. Bu durum el aletleri ile kabuk soymada kolaylık sağlar (Çolakoğlu, 2004; Demirkır, 2014).

1.5.3.2. Ağaç Türü

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

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

1.5.3.3. Kabuk Soyma Makine ve Aletleri

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

1.5.4. Soyma Yöntemiyle Kaplama Üretimi

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

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

Kaplamalık ideal bir tomruk aşağıda belirtilen özelliklerde olmalıdır:

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

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

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

1.5.5. Kaplamaların Taşınması

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

Sargı bant sistemlerinde ise; sonsuz bant halindeki kaplama bir ray üzerinde hareket eden bobinlere sarılmaktadır. Soyma işleminin başlangıcında parça halinde elde edilen

kaplamalar makinenin arkasındaki bir arabada toplanır. Kaplama sonsuz bant halinde soyulmaya başlar başlamaz, parça arabası itilir ve kaplama boş bobine sarılır. Yaklaşık 70 cm' ye kadar sarma yaptıktan sonra bu dolu bobinler meyilli olan deponun rayları üzerinden boşaltma kısmına doğru kayarlar. Makas kısmında boşaltılan bobinler meyilli alt raylar üzerinden kayarak tekrar soyma makinesinin yanına gelirler. Kaplama sarma hızı, kaplama kalitesine ve kalınlığına bağlıdır (Çolakoğlu, 2004).

1.5.6. Kaplamaların Boyutlandırılması

Soyulan kaplamalar; kurutma öncesinde veya kurutma sonrasında olmak üzere iki şekilde boyutlandırılmaktadır. Kurutma öncesinde gerçekleşen yaş boyutlandırma uygulamasında kaplama bandı öngörülen uzunlukta bölünürken diğer taraftan hataları kesilip çıkarılmaktadır. Kaplama levhalarını düzeltmek, kusurlardan temizlemek ve boyutlandırmak amacıyla kaplama levha makasları kullanılmaktadır. Tahrik mekanizmalarına göre; mekanik tahrikli makaslar, hidrolik tahrikli makaslar, doğrudan elektrik motoru ile tahrik edilen makaslar ve pnömatik tahrikli makaslar olarak adlandırılmaktadır. Parça halindeki kaplamalar bir istif arabası üzerine yığılarak kurutma makinesi önüne taşınmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

1.5.7. Kaplamaların Kurutulması

Kontrplak üretimindeki kaplama kurutma işlemi, üretilen levhaların yapışma kalitesini, dayanıklılığını ve fiziksel ve mekanik özelliklerinin etkileyen bir ısıl işlem aşamasıdır. Kaplama kurutma işleminin amacı, kaplamanın rutubet oranını azaltarak uygun bir yapışma işleminin yapılacağı rutubet derecesine ulaşılmalarını sağlamaktır. Bu amaç için kontrplak endüstrisinde 90 - 160°C aralığındaki sıcaklıklar kullanılmaktadır. Yüksek kurutma sıcaklıkları kaplama kurutma süresini kısaltmakta ve kapasitenin artmasını sağlamaktadır. Kurutma süresi ve enerji tüketiminde meydana gelen bu azalma, ahşap endüstrisinde ekonomik bir fayda sağlama noktasında önemli bir potansiyel sunmaktadır. (Aydın ve Çolakoğlu, 2005). Çok düşük rutubet derecelerine kadar kurutma ve yüksek kurutma sıcaklıkları kaplama yüzeylerinde inaktivasyona neden olarak kaplamaların ıslanabilme yetenekleri zayıflatmakta ve bu durum yapışma kalitesinin azalmasına

sebebiyet verebilmektedir (Frihart ve Hunt, 2010). Kurutma sıcaklığı kaplamaların fiziksel, mekanik ve ısı iletkenlik özelliklerini etkilemektedir. Kaplama kurutma sıcaklığının kaplamaların yapışma kabiliyeti üzerine etkisinin araştırıldığı, ayrıca yüzey inaktivasyonu ile yapışma direnci arasındaki ilişkilerin incelendiği ve de yüzey özellikleri için optimum koşullarının ele alındığı bir çok çalışma mevcuttur (Aydın, 2004; Frihart ve Hunt, 2010).

1.5.8. Dar Soyma Levhalarının Kenarlarının Düzeltilerek Yan Yana Eklenmesi

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

1.5.9. Kaplama Levhalarının Tutkallanması

Kontrplak endüstrisinde yapıştırıcı olarak sentetik tutkallar kullanılır. Bu tutkallardan üre ve fenol formaldehit en çok kullanılan türlerdir. Tutkal sürme makinelerinin esas görevi yapıştırıcının, tutkallanacak yüzeye yeknesak bir şekilde sürülmesi ve yayılmasını sağlamaktır (Çolakoğlu, 2004; Öztürk, 2012).

Endüstriyel uygulamalarda tutkallama, silindirlerle sürme, püskürtme ve dökme sistemleriyle sağlanmaktadır. Bunlardan da en çok kullanılan silindirli tutkal sürme makineleridir. Silindirli makineler iki ve dört silindirli iki gruba ayrılırlar (Çolakoğlu, 2004; Öztürk, 2012).

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

Dört silindirli makinelerde ise; dozaj lataları yerine dozaj silindirleri kullanılır. Dozajlama ve sürme silindirleri arasında kalan boşluk tutkal içi depo görevi görür. Dozajlama ve sürme silindirlerinin birlikte dönmesi ikisi arasında bulunan tutkalın karıştırılmasına yardımcı olur. İki silindirli makinelere göre sürülen tutkal daha homojen dağılır. Bu nedenle iki silindirli makinelere göre daha yüksek çalışma kapasitelerine

ulaşabilmektedirler. Tutkallama işleminden sonra makinelerin bakım ve temizliğinin yapılması gerekir (Çolakoğlu, 2004).

1.5.10. Kontrplak Taslağının Hazırlanması

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

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

1.5.11. Kontrplak Levhaların Preslenmesi

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

Ön presleme ile tutkal odun bağı kuvvetlenir, verimlilik artırılır ve kusurlar azaltılır. Ön pres basıncı sıcak pres basıncından % 20-30 oranında daha az olmalıdır, süresi ülkemizde 5-15 dk. olarak uygulanmaktadır.

Sıcak presleme ile tam olarak yapışma sağlanır. Sıcak preslerde ısı, elektrik, yüksek frekans, buhar ve yağ ile sağlanmaktadır. Pres basıncı, ağaç türüne, özgül ağırlığına, elastikiyet ve sertliğine üst yüzeylerin özelliğine ve iç tabakanın yapısına bağlıdır. Genellikle yumuşak ağaçlar için 8-12 kg/cm², sert ağaçlar için ise 12-18 kg/cm² olarak uygulanmaktadır. Pres sıcaklığı ise, tutkalın cinsine ve karışımı oluşturan diğer ilave maddelerin tür ve miktarına göre değişim göstermektedir. Üre formaldehit için 90-120 °C sıcaklıkta sertleşme gerçekleşir. Pres süresi, tutkalın presteki sertleşme süresi ve uygulanan sıcaklığın orta tabakaya ulaşma zamanının toplamı kadardır. Pratikte her 1 mm levha kalınlığı için 1 dakika pres süresi yeterli görülmektedir (Çolakoğlu, 2004).

1.5.12. Levhaların Boyutlandırılması

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

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

1.5.13. Zımparalama

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

1.5.14. Tasnif ve İstifleme

Üretimi tamamlanmış kontrplaklar ağaç türüne, kullanılan tutkala ve kalitesine göre standardize edilerek kapalı hangarlarda dış hava koşullarından etkilenmeyecek şekilde depolanmalıdır. Zemin düz ve kuru olmalı, istifler arasındaki latalar aynı kalınlık ve genişlikte olmalıdır. Ayrıca kontrplaklar güneş ışığından da korunmalıdır (Çolakoğlu, 2004).

1.6. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar

Önceleri kontrplak üretiminde kullanılan; hayvansal ve bitkisel esaslı tutkallar 1930'lu yılların ortalarına doğru yerini petrol veya kömür katranı esaslı sentetik tutkallara bırakmıştır (Öztürk, 2012). Günümüzde tabakalı ağaç malzeme üretiminde değerlendirilen yapıştırıcılar sentetik reçineler olarak isimlendirilen tutkallardır (Çolakoğlu, 2004).

Sentetik reçineler, fiziksel özellikler açısından doğal reçinelere benzeyen yapay polimerlerdir. Bu reçinelerin suya karşı dayanımları doğal tutkallara göre daha yüksektir.

Sentetik reçineler, termosetting (sıcaklıkta sertleşen) ve termoplastik (sıcaklıkta yumuşayan) reçineler olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır. Üre formaldehit, fenol formaldehit, melamin formaldehit, resorsin formaldehit ve fenol-resorsin formaldehit bu gruba dahil olan yapıştırıcılardır (Öztürk, 2012).

Reçine türü, karakteristik özellikleri ve kullanım alanları Tablo 2’de verilmiştir (Öztürk, 2012).

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

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

1.6.1. Üre Formaldehit Tutkalı

Üre formaldehit (ÜF) reçineleri, dünyada ağaç malzemenin yapıştırılmasında en yaygın olarak kullanılan yapıştırıcılardır (Öztürk, 2012; Ustaömer, 2008). ÜF reçineleri, üre ve formaldehit arasındaki reaksiyonun polimerik kondenzasyon ürünleridir. Üre, formaldehit ile reaksiyona girer ve bu reaksiyon sonucunda metilol bileşikleri gibi yan ürünler oluşur. Bu reaksiyondan başka suyunda uzaklaşması ile hala çözücü özelliğe sahip düşük molekül ağırlığındaki kondensatların (yoğuşku) ilave olarak yoğunlaşması ile çözünmeyen ve birleşmeyen daha yüksek molekül ağırlığındaki ürünlerin oluşumuna yol açarlar (Demirkır, 2014).

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

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

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

ÜF reçineleri normalde sıvı halde satılırlar, toz haldeki sertleştiricinin ilave edilmesiyle sıvı tutkalın sertleşmesi sağlanır. Tutkalın sertleşmesi reçine ve sertleştirici karıştırıldığında başlar. Sertleşme reaksiyonunun hızı ısı ile artar. Normal oda sıcaklığında tutkalın sertleşmesi için birkaç saat gerekirken, 80°C'de birkaç dakika ve 125°C'de 1 dakikadan daha az bir zaman gerekmektedir. Bazı ÜF tutkalları reçine ve sertleştiriciyi birlikte içeren toz halinde de satılmakta olup, su ilavesiyle reaksiyon başlatılabilmektedir (Demirkır, 2006).

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

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

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

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

Formaldehit emisyonunun en alt seviyede olmasını isteyen birçok ülke tanıtımlar yardımıyla bunun ülkelerine girmesini engelleyerek, bir kaç yıl içinde üreticileri özellikle formaldehit emisyonu sürekli olarak azalan ÜF reçineleri üretmeye zorlamıştır. Başta Almanya olmak üzere çoğu ülkelerde katı düzenlemelerin getirilmesi ÜF tutkal reçinelerinin ve düşük emisyon sistemlerinin tanınmasına, E1 sınıfı ürünlerin üretilmesine kısa sürede formaldehit denge konsantrasyonu 0,06-0,1 ppm veya daha düşük tutkalların

üretilmesine, 100 gr levhadaki formaldehitin perforatör test değerlerinin 6-10 mg veya daha aşağıya inmesine neden olmuştur (Öztürk, 2012).

1.6.2. Fenol Formaldehit Tutkalı

Fenol-formaldehit (FF) reçineleri endüstriyel olarak fenol ve formaldehitin bir katalizör varlığında reaksiyonu ile üretilmektedir. Bu reçineler dış mekânlar ve açık hava koşullarında kullanılacak kompozitler için geliştirilmiştir. Doğru bir şekilde kullanıldıklarında suya dayanıklı ve çoğunlukla odunun kendisinden daha dirençli bağlar oluştururlar. Pahalılığı, koyu rengi ve tutkallama esnasında daha düşük kaplama rutubeti gerektirmesi olumsuz özellikleridir (Çolak, 2002; Demirkır, 2006).

Novalaklar asidik koşullar altında (pH:1-6) formaldehitin aşırı miktarda fenol ile reaksiyonu sonucunda elde edilirler. Tipik fenol/formaldehit oranları yaklaşık olarak 1:0,70-0,85'tir. En yaygın olan endüstriyel katalizörler; okzalik, hidroklorik, sülfürik, fosforik ve toluen sülfonik asitlerdir (Öztürk, 2012). Bu reçineler gerek eriyebilmekte gerekse organik çözücülerde çözülebilmekte ve bu özelliğini kullanılmadan uzun zaman muhafaza edebilmektedir (Ustaömer, 2008). Normal şartlar altında novalak reçineleri oldukça stabildir. Higroskopik olup, kuru yerlerde depolanmalıdır (Öztürk, 2012).

Formaldehitin fazla olması sertleşmiş durumda mükemmel bir rutubet direnci, düşük tutuşma kabiliyeti, yüksek çekme direnci ve iyi bir boyutsal stabilite ile sonuçlanan bir çapraz bağlama yoğunluğu sağlar (Öztürk, 2012). Buna göre; formaldehit/fenol mol oranının artmasıyla reçinenin direnç özellikleri artma gösterirken sertleşme süresi kısalmaktadır (Tan, 2011).

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

1.6.3. Melamin Formaldehit ve Melamin Üre Formaldehit Tutkalları

Melamin-formaldehit (MF) reçineleri de aminoaldehit ürünüdür, ancak üretimleri ÜF reçinelerine nazaran çok daha masraflıdır (Öztürk, 2012). Suya karşı yüksek dirençli oluşu, MF reçineleri ÜF reçinelerinden ayıran en önemli özelliktir (Ustaömer, 2008). Melamin formaldehit reçineleri, koyu rengin mahsurlu görüldüğü ve dayanıklılık bakımından fenol reçinelerinin özelliklerinin istendiği yerlerde ve az miktarda sert odun kontrplaklarının yapımında kullanılmaktadır (Ustaömer, 2008). Açık renkli mükemmel bir dayanıklılığa sahip olan melamin formaldehit tutkalı, 60-70 °C sıcaklıkta sertleşebilmektedir. Bununla birlikte, birçok uygulama için sertleşme sıcaklığı en az 115 °C'dir (Çolakoğlu vd., 2002).

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

1.6.4. Resorsin Formaldehit Tutkalı

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

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

Resorsin tutkalları iklim şartları ve kimyasal etkilere dayanıklı, sudan etkilenmeyen bir bağlama sağladığı gibi böcek ve mikroorganizmalara karşı da dayanıklı durumdadır. Bunlar, oda sıcaklığı veya vasat sıcaklıkta katılaştıkları takdirde bu performansı sağlayabilen birkaç tutkaldan biridir. Bazı tabakalı ağaç malzeme üreten fabrikalarda silindirik tutkal sürme düzeni kullanılarak tutkallama yapılmaktadır. İnşaat alanında bu tutkalı kullanmak için daha çok sık bir kıl fırça veya boyacı silindiri yeterli olmaktadır. Yapıştırılacak malzemenin rutubeti de kontrol edilmeli ve ayarlanmalıdır (Öztürk, 2012).

1.6.5. Diğer Yapıştırıcılar

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

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

1.6.5.1. Epoksi Tutkalı

Epoksi polimer bir bileşiktir. Kimyasal yapısı nedeniyle dayanıklı ve sertliği yüksek, dış etkenlere dirençli ve boyutları kararlıdır. Termoset plastik (eritildiğinde tekrar kullanılamayan ve kimyasal yapıları değişen plastikler) grubunun içerisinde yer almaktadır. Epoksi ve poliüretan esaslı kalıp reçineleri kalıpçılar ve modelciler için geliştirilmiş ürünlerdir. Çekme yüzdesi çok azdır (% 0,1). Genellikle kalıp reçineleri oda sıcaklığında sertleşir. Bazı reçinelerinse 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda fırınlanması gerekir. Epoksi ve poliüretan kalıp reçinelerinin, herhangi bir modeli ya da kalıbı kısa sürede ve çok ucuza yapabilme gibi avantajları vardır. Aynı model için naylon, PVC ya da polietilen kullanmak daha zordur. Epoksi ve poliüretan reçinelerin yapışma özelliği çok

yüksektir. Bu nedenle katlar halinde uygulanabilir. Düşük çekme özelliği nedeni ile küçük toleranslarda çalışılabilir. Bu özellik polyesterde yoktur (Tan, 2011).

Epoksi reçineleri polyester ve epoksi grubunun kimyasal bileşimidir. Epoksi reçinesi, fenol-formaldehit, üre-formaldehit, naylon, asit veya asit eriyikleriyle kimyasal bileşik teşkil ederler. Epoksi reçinelerinin özgül ağırlığı $1,11 \text{ g/cm}^3$ ile $1,80 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmektedir. İyi esneme ve çekme dayanımına sahip olan bu tür plâstikler, cam elyafı dolgu maddesiyle güçlendirildiğinde çekme dayanımı $4,6 \text{ N/mm}^2$ 'ye kadar ulaşır. Aşınmaya karşı dayanıklı, yapıştırma özelliği fazla ve çekme payı miktarı oldukça azdır. Özel dolgu maddesiyle güçlendirildiğinde $315 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklığa kadar dayanım gösterebilir (Tan, 2011).

1.6.5.2. İzosiyanat Tutkalı

İzosiyanat tutkalları odun yüzeyini kolayca ıslatabilmekte ve düşük molekül ağırlığı sayesinde ağaç malzeme içerisine iyi bir şekilde penetre olmaktadır. Fenol formaldehitten daha pahalı tutkallardır. Termal stabilitesi fenol formaldehit kadar iyi değildir, ancak daha hızlı sertleşir. Yapısındaki zehirli maddeler nedeniyle taşınmasında zorluklar olsa da, bu tutkalın en önemli avantajı, formaldehit emisyonunun olmayışıdır (Demirkır, 2006). Fiyatlarının yüksek olması, uygulanmasındaki teknik güçlükler ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkiler nedeniyle ticari uygulamalarda çok fazla yer almamıştır (Öztürk, 2012).

1.7. Dolgu ve Katkı Maddeleri

Kontrplak endüstrisinde kullanılan tutkal türüne, kullanım yeri, odun türü, tutkallama metotları ve pres şartlarına göre çeşitli miktarlarda dolgu ve katkı maddeleri ilave edilmektedir. Birçok literatürde kontrplak üretimi için, dolgu ve katkı maddelerinin tutkala ilavesiyle sağlanabilecek faydalar belirtilmiş ve genel olarak proteinli ve nişastalı maddeler katkı, lignoselülozik maddeler ise dolgu maddeleri olarak tanımlanmıştır. ASTM-D-1907-77 (ASTM-D, 1907) de katkı maddeleri, nispeten az miktarda yapıştırma özelliğine sahip, birim alana sürülen esas yapıştırıcının miktarını azaltmak için tutkala ilave edilen maddelerdir. Dolgu maddeleri ise genellikle yapıştırma özelliği olmayan ve tutkala, onun

çalışma özelliklerini, yeknesak dağılımını, direncini veya diğer özelliklerini iyileştirmek için ilave edilen maddeler olarak tanımlanmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

Katkı maddesinin (buğday, çavdar, patates, soya, mısır gibi proteinli ve nişastalı tahıl ve baklagil unları) tutkala ilavesiyle; tutkal karışımının viskozitesi ayarlanmakta, makine ile sürülmesi kolaylaşmakta, kaplama yüzeyinin ıslanabilme yeteneği artmakta, tutkalın kaplama içerisine geçişini (penetrasyonunu) engellemekte, sertleşmiş üre reçinesinin gevrekliğini ve tutkal hattında gerilimleri önemli oranda azaltmakta ve sıcak preste tutkalın viskozitesinin azalmasını engellemektedir. Ayrıca yoğunluğu fazla yapıdaki odunlarda daha güçlü adhezyon, tutkallanmış kaplamaların preslenmeden önce bekleme sürelerinde daha uzun tolerans ve ön preste odun ve tutkal arasında daha kuvvetli bir bağ oluşumu sağlamaktadır (Çolakoğlu, 2004).

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

Yapılan bir çalışmada kontrplak üretimi için yaygın bir şekilde kullanılan FF tutkalına meşe palamudu ununun (vaks) katılmasıyla; çekme-makaslama direncinin azalacağı fakat bu azalmanın kontrplakların kullanım yerinde önemli bir sorun oluşturmayacağı söylenmiştir. Mekanik özelliklerden eğilme direnci ve elastikiyet modülü dolgulu levhalarda buğday unu ile üretilen kontrplaklara kıyaslandığında artış göstermiştir. Yine FF tutkalında kullanılan meşe palamudu unu dolgusunun fiziksel özellikler olarak değerlendirildiğinde; dolgulu levhaların özgül ağırlıkları daha yüksek çıkmıştır (Tan ve Çolakoğlu, 2010).

1.7.1. Sertleştiriciler

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

1.8. Yangın Geciktirici Kimyasal Maddeler

1.8.1. Odunun Yangın Geciktirici Kimyasallarla Muamelesinin Tarihçesi

Odun, yanmasının geciktirilmesi amacı ile ilk olarak milattan sonra Romalılar zamanında sirke ve şap ile muamele edilmiştir. 1820 yılında Gay-Lussac, amonyum fosfat ve boraks maddelerinin yanmayı geciktirici maddeler olarak kullanımını savunmuştur. Günümüzde kullanılan inorganik kimyasal maddelerin çoğu 1800 ile 1870 yılları arasında tespit (Ustaömer, 2008). Amerikan Deniz Kuvvetleri'nin 1895 yılında gemilerinde yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin kullanılmasına yönelik kararından sonra, yanmayı geciktirici maddeler ile emprenye edilmiş ağaç malzemenin ticareti başlamıştır. Ayrıca 1899 yılında New York şehrinde 12 kat üzeri yapılarda yanmayı geciktiricilerle işlem görmüş odunun kullanılması kararı alınmıştır (Ustaömer, 2008; Terzi, 2008).

Odunun yanmayı geciktiriciler ile emprenyesi konusundaki ilk çalışmalar 1930-1935 yılları arasında ABD'de Orman Ürünleri Laboratuvarı'nda (USDA Forest Service, Forest Products Laboratory) yürütülmüştür. Bu çalışmalarda, tek başına ya da karışım olarak 130 adet kimyasal madde tuz formunda kullanılmıştır. Kullanılan kimyasal maddelerin özellikleri odun üzerinde meydana getirdiği alev yayılma hızı ve duman oluşumu bakımından değerlendirilmiştir. Etkinlik bakımından sırası ile diamonyum fosfat, amonyum sülfat, boraks ve çinko klorür alev yayılma hızında azalma sağlamıştır. Çinko klorür odunun alev yayılma hızını azaltmasına rağmen duman oluşumu ve kor hali yanma özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir. Kullanılan en ucuz kimyasal madde amonyum sülfat olmakla beraber belli koşullarda metaller üzerinde korozyona neden olmuştur. Kullanılan 130 adet kimyasal maddenin hiçbiri istenilen odun özellikleri üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı ideal olarak kabul görmemiştir (Ustaömer, 2008).

1943 yılında yanmayı geciktirici maddeler ile emprenye edilmiş ağaç malzeme üretimi 150.000 m³'ü aşmıştır. Fakat 1964 yılında bu rakam 73.750 m³'e gerilemiştir (Terzi, 2008). 1992 yılında dünya çapında 1.169 milyar dolar değerinde yaklaşık 358 milyon kg yanmayı geciktirici kimyasal madde tüketilmiştir. Bu kimyasal maddelerin orman ürünleri ve kâğıt endüstrisinde kullanım oranı %2'dir (Terzi, 2008).

1.8.2. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerde Yangın Geciktirici İşlemler

Odun veya odun esaslı malzemeler için yanmayı geciktirici işlemler tanımlaması; bu materyallerin çeşitli koruyucu maddelerle muamele edilerek yanma karakteristiklerinin değiştirilmesi ve yanmaya karşı dayanımlarının artırılması uygulamalarının genelini kapsamaktadır.

Günümüzde yangın geciktirici işlemleri, sanayinin her alanında birçok malzemeye yanma direnci kazandırmak amacıyla uygulanmaktadır. Bu amaçla, yanmayı geciktirici özellik gösteren çok sayıda kimyasal madde mevcut olup bu kimyasal maddeler çeşitli yöntemler kullanılarak malzemelere uygulanmaktadır. Burada amaç; yanmanın seyrini değiştirerek yanma mekanizmasına müdahale etmek ve özellikle malzemenin kullanıldığı alanlarda hayatta kalma ve kurtulma süresini artırabilmektir (URL-4, 2007). Şekil 3'te genel olarak yangın geciktirici uygulanmış ve uygulanmamış aynı malzemenin süreye bağlı olarak gösterdiği temsili seyir verilmektedir. Yangın geciktirici uygulanmaması durumunda; 2 dakika ile temsil edilen kurtulma süresi ve malzemenin yıkım periyodu, yangın geciktirici uygulanması durumunda; 20 dakika gibi oldukça yüksek bir kurtulma süresi ve geciken yıkım periyodu ile kendini göstermektedir.

Goldstein ve Dreher (1961)' e göre odun için ideal bir yangın geciktirici işlemi, kimyasal maddenin odundan yıkanabilirliğini en minimal düzeyde tutmalı, higroskopikliği artırmamalı ve mantar ve çürüklüğe karşı da dayanım kazandırmalıdır (Ustaömer, 2008). Odun ve odun esaslı materyallerde yangın geciktirici kimyasallarının uygulama yöntemleri ise genel olarak şu şekildedir.

1. Özellikle kompozit malzemelerin üretildikten sonra kimyasal maddelerle emprenye edilmesi (daldırma, batırma, basınç-vakum),
2. Levha üretimine geçilmeden önce lifin, yonganın vb, kimyasal maddelerle emprenye edilmesi,
3. Kimyasal maddelerin tutkal hattına ilave edilmesi

4. Kimyasal maddelerin yüzeye uygulanması: Odun veya odun esaslı levha yüzeylerinin yangın geciktirici içerikli malzemelerle kaplanması ya da boyanmasıdır (Ustaömer, 2008).

Özellikle; materyal yeni üretilmiş ve yapı malzemesi olarak ilk kez kullanılacaksa, kimyasal emprenye yöntemi tercih edilebilmekteyken, ahşap binalarda kullanılan eski yapı malzemelerinde ise yüzeylerin kaplanması ya da kimyasal katkılı boyalarla boyanması tercih edilmektedir. Ayrıca, yüzey kaplama işlemi oldukça kolay ve ekonomik olarak uygulanabilmekte iken emprenye işlemi oldukça pahalıya mal olabilmektedir. Ancak, yüzey kaplama yönteminin etkinliği emprenye yöntemine göre daha düşüktür. Yangın geciktirici işlemleri ile kaplanan yüzeylerdeki malzemeler, kullanıldığı ortama bağlı olarak kolaylıkla aşınabilmekte, tahribata uğrayabilmekte ve böylelikle etkinliğini kolaylıkla kaybedebilmektedir. Oysaki kimyasal emprenyede bu durum söz konusu değildir. Emprenyede yangın geciktirici kimyasalları, odunun hücre çeperlerini tamamıyla doldurduğu ve odun içerisinde kaldığı için etkinliği daha yüksektir (Terzi, 2008). Yangın geciktirici kimyasallarının tutkal hattına ilave edilmesi ise, kullanılacak kimyasal madde miktarını sınırlandırması, ilave işlemler gerektirmemesi nedeniyle ekonomik açıdan çekici görünmesine rağmen, özellikle kimyasal madde ve tutkal türünün uyumsuzluğu durumunda tutkallama problemlerine sebep olabilmektedir (Ustaömer, 2008).

Yangın geciktirici kimyasallarının oduna bağlanma mekanizması ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır.

Buna göre; yangın geciktirici kimyasalları odunun hidroksil gruplarıyla aşağıdaki Şekil 3'teki gibi bağlanma gösterir. a) epoksiler b) izosiyanatlar c) anhidritler için bağlanma şekillerini göstermektedir (Ustaömer, 2008).

yanmayı geciktirirler. Bu bariyerler yüksek sıcaklıklara karşı yanabilen maddelerin izolasyonunu sağlarlar. Yaygın olarak kullanılan bariyerler, sodyum silikat ve yüzeyde tabaka oluşturmak suretiyle alev ile teması engelleyici maddeleri içerirler.

2. Termal Teoriler: Bu teoriye göre yangın geciktirici kimyasalları, odunun ısı iletkenliğini artırmakta, ısının kimyasal olarak absorbe edilmesini sağlayarak odun yüzeyinin tutuşmasını engellemektedir.

3. Yanıcı Olmayan Gazlarla Seyreltme Teorisi: yangın geciktirici kimyasallarının bozunmasıyla salıverilen yanıcı olmayan gazlar, odunun pirolizi ile oluşan yanıcı gazları seyrelterek yanıcı olmayan bir gaz karışımı meydana getirirler.

4. Serbest Radikal Oluşturma Teorileri: Yanma mekanizmasının yayılma zincirini(döngüsünü) azaltmak amacıyla yangın geciktirici kimyasalları, pirolitik sıcaklıklarda serbest radikaller oluştururlar. Bu radikaller yanma oranını oldukça sınırlandırır.

5. Kömürleşmenin Artırılması/ Uçucu Maddelerin Azaltılması Teorileri: yangın geciktirici kimyasalları, yanma sıcaklığını pirolizin meydana geldiği sıcaklıkların altına düşürerek bozunmayı daha fazla kömür ve daha az uçucu bileşik olacak şekilde yönlendirirler.

6. Uçucu Bileşiklerin Isı Miktarını Azaltma Teorileri: yangın geciktirici kimyasalları; yanabilir gazların ısı içeriğini, kömür miktarı arttığı ve uçucu bileşiklerin miktarının azaldığı zaman düşürürler.

Bu teorilerden her biri tek başına yanmayı geciktirici maddelerin davranışlarını açıklamaya yeterli olmayıp genellikle bir arada düşünülmektedir (Terzi, 2008). Bu teorilerin özü yangın geciktirici kimyasalları odunun pirolizini değiştirmek suretiyle kömür miktarını artırıp, yanıcı gazların ve uçucu bileşiklerin miktarını azaltmasıdır (Ustaömer, 2008).

1.8.4. Yangın Geciktirici Kimyasal Maddelerin Sınıflandırılması

Berkel (1972) ve Metz (1942)'e göre ağaç malzemeyi ateşe karşı koruma da kullanılan maddeleri etki şekillerine göre şu şekilde sınıflandırmaktadır (Ayrılmış, 2006).

1. Mekanik Şekilde Etki yapan Koruyucu Maddeleri: Bu şekilde etki eden empenye maddeleri ya yüzeye fırça ile sürülmekte ya da ağaç malzeme yüzeyinin yanma esnasında

havayla temasını kesmektedir ve böylece tutuşma ve alevin yayılmasını geciktirmektedirler.

2. Eriyici Madde Meydana Getiren Koruyucu Maddeler: Eriyici madde meydana getiren emprenye maddeleri ısı etkisiyle erimekte ve bu esnada da çevrede ki ısıyı sarf ettikleri gibi, eridikten sonra da ağaç malzeme yüzeyine iyice yapışarak bir tabaka meydana getirmekte ve kömürleşmeyi de arttırmak suretiyle ısıyı kötü ileten bir yüzey oluşturmakta ve böylelikle ağaç malzemenin iç tabakalarının korunmasını sağlamaktadır.

3. Köpük Tabakası Meydana Getiren Koruyucu Maddeler: Isı ile temasta ağaç malzemenin yüzeyinde köpük şeklinde bir yalıtım tabakası meydana getirerek tutuşmayı geciktirmektedirler.

4. Söndürücü Gazlar Meydana Getiren Koruyucu Maddeler: Söndürücü gazlar meydana getiren emprenye maddeleri de ısının etkisi ile söndürücü gazlar meydana getirmektedir ve böylece, ağaç malzemenin yüzeyinden çıkan yanıcı gazların yoğunluğunu ve dolayısıyla tutuşma özelliklerini azaltırlar. Aynı zamanda da çevrede ki ısının bir kısmını kullanarak ısı etkisini düşürmekte ve böylelikle de yangının şiddetini azaltmaktadırlar.

5. Ağaç Malzemeyi Kömürleştiren Koruyucu Maddeler: Bu amaç tüm maddelerde olması aranan bir özelliktir (Ayrılmış, 2006). Emprenye maddelerinin kimyasal özelliklerini esas alan bir diğer sınıflandırma da aşağıdaki gibidir.

İnorganik maddeler: Bu grupta ki tuzlar şu gruplardan oluşmaktadır.

1. Amonyum Tuzları: Bu tuzlar ısınma sonucu amonyak oluşturmaktadır. Oluşan amonyak yanıcı gazların yoğunluğunu düşürmektedir hem de geriye kalan serbest mineral asitleri odunun kömürleşmesini hızlandırırırlar. Bunlardan en önemlileri şunlardır.

Monoamonyum fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)

Diamonyum fosfat (NH_4HPO_4)

Amonyum klorür (NH_4Cl)

Amonyum sülfat ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Amonyum tetraborat ($\text{NH}_4)_2\text{BB}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

2. Alkali Tuzları: Alkalinite derecesi arttıkça yüksek ısı derecelerinde kömürleşme oranı da artmaktadır. Bu gruptaki en önemli tuzlar aşağıda verilmiştir.

Potasyum karbonat ($2\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

Potasyum fosfat ($\text{K}_3\text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Boraks ($\text{Na}_2\text{BB}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

Sodyum asetat ($\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

3. Bazı Metal Bileşikleri: Aşağıda verilen kimyasal maddeler bu gruba giren başlıca metal bileşikleridir.

Alüminyum klorür $\text{Al}_2\text{Cl}_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Alüminyum sülfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Çinko klorür ($\text{ZnCl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

Çinko borat ($\text{ZnO} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$)

Organik Maddeler: Bu maddelerin karbon bileşimli olmaları doğal yapılarına yanıcı bir özellik verir. Ancak bunlarla oluşturulan maddelerde bol miktarda azot ve yangın geciktirici etkisi olan halojenler ve fosfatlar olduğu, için etkileri önemli bir düzeye varmaktadır. Bu maddeleri şu şekilde sınıflandırmak mümkündür. Polimerler ve reçineler, reaktif bileşimler, diğer organik koruyucular.

Ayrıca, çok sayıda yanmayı geciktirici ticari formül üretmek mümkün olmaktadır.

AWPA(P-10) standartlarında verilen bazı önemli preparatlar ise şunlardır.

Kromlandırılmış çinko klorür: Çinko klorür: %65.2, amonyum sülfat: %10, borik asit: %10, sodyum bikromat: %14.8

Minalith: Diamonyum fosfat: %10, amonyum sülfat (NH_4) 2SO_4 : %60, sodyum tetraborat: %10, Borik Asit: %20

Pyresote: Çinko klorür: %35., Amonyum Sülfat: %35, borik asit: %25 , sodyum dikromat: %5 (Ayrılmış, 2006).

Günümüzde, çeşitli sınıflandırmalara ayrılan yanmayı geciktirici kimyasal maddeleri, genel yapı itibariyle içerdikleri madde gruplarına göre de nitelendirmek mümkündür.

a) Halojen içeren kimyasal maddeler: Halojen içeren yangın geciktirici kimyasalları; özellikle de bromlu bileşikler hemen hemen her polimer için etkili bir yangın geciktirici ajanı olarak kullanılabilirler. Bu halojenli bileşikler, antimonlu kompozit bileşiklerle sinerjik etki oluşturmaktadır. Oysaki; 1980'li yıllarda halojenli bileşiklerin, çevreye olan etkileri sebebiyle, Avrupa piyasasında kullanımları geçici bir süre için durdurulmuş ve halojensiz yangın geciktirici kimyasalları özellikle de fosfor ve metal hidrat içerikli halojen olmayan kimyasal maddeler kullanılmıştır (Xiao vd., 2006). Ancak; metal hidratın kullanımı; çok fazla miktarda gerektiği ve bu sebeple de malzemelerin mekanik özelliklerinin düşmesine sebep olduğu için sınırlandırılmıştır (Terzi, 2008). Halojen içerikli yangın geciktirici kimyasallarının etkinlik sıralaması ise $\text{F} < \text{Cl} < \text{Br} < \text{I}$ şeklindedir.

Florlu ve iyotlu yangın geciktirici kimyasalları yanma prosesine pek fazla müdahale edemedikleri için pratikte pek kullanılmamaktadır (Ustaömer, 2008).

b) Fosfor içerikli kimyasal maddeler: Bunlar daha öncede yukarıdaki yanmayı geciktirici kimyasal formülasyonlarda bahsi geçen fosfor içerikli bileşiklerdir. En yaygın olarak kullanılanları fosforik asit, monoamonyum fosfat ve diamonyum fosfattır. Bu fosfatlar bilinen en eski sistemlerdir. Yeni formülasyonlar organik bir bileşiğin fosfat tuzu şeklindedir ve bu sistemler üre-fosforik asit organik tuzları gibi P-N bileşiklerini içermektedir (Ustaömer, 2008). Fosforlu bileşikler iyi bir yanma geciktiricidirler ve düşük toksik gaz emisyonu verirler (Wang, 2000).

c) Bor içerikli kimyasal bileşikler: Borlu bileşikler, eskiden beri bilinen ve günümüzde sanayinin her alanında malzemelere bir ölçüde yanmazlık kazandırmak için kullanılan yanmayı geciktirici kimyasal maddelerdir. Üstün özellikleri nedeniyle günümüzde en çok tercih edilen ve kullanılan koruyucu bileşiklerdir. Bu sebeple bu bileşikler hakkında aşağıda daha ayrıntılı bilgi verilmiştir.

Bor bileşiklerinin kullanım tarihi oldukça eski zamanlara dayanmaktadır. Hatta Babilliler ziynet eşyalarını oksitlenmeye karşı korumak amacıyla boraksı kullanmışlardır. Mısırlılarda da bor bileşiğini mumyalamada, tıpta, metalürjide kullandığı bilinmektedir. İlk boraks kaynağı Tibet Göllerinden elde edilmiştir. Eski Yunanlılar ve Romalılar boratları temizlik maddesi olarak kullanmıştır. Pers'ler ve Arap'larda boraksı 2000 yıl önce kullanmışlardır. Boraks sözcüğü Arapça kökenlidir. Doğal boraks sözcüğü ise, Sanskrit dilinde boraksın karşılığı olan "tincana" dan gelmektedir Dünyada bor cevheri olarak bilinen 50'den fazla bileşik vardır (Alma ve Acemioğlu, 2001; URL-5, 2014).

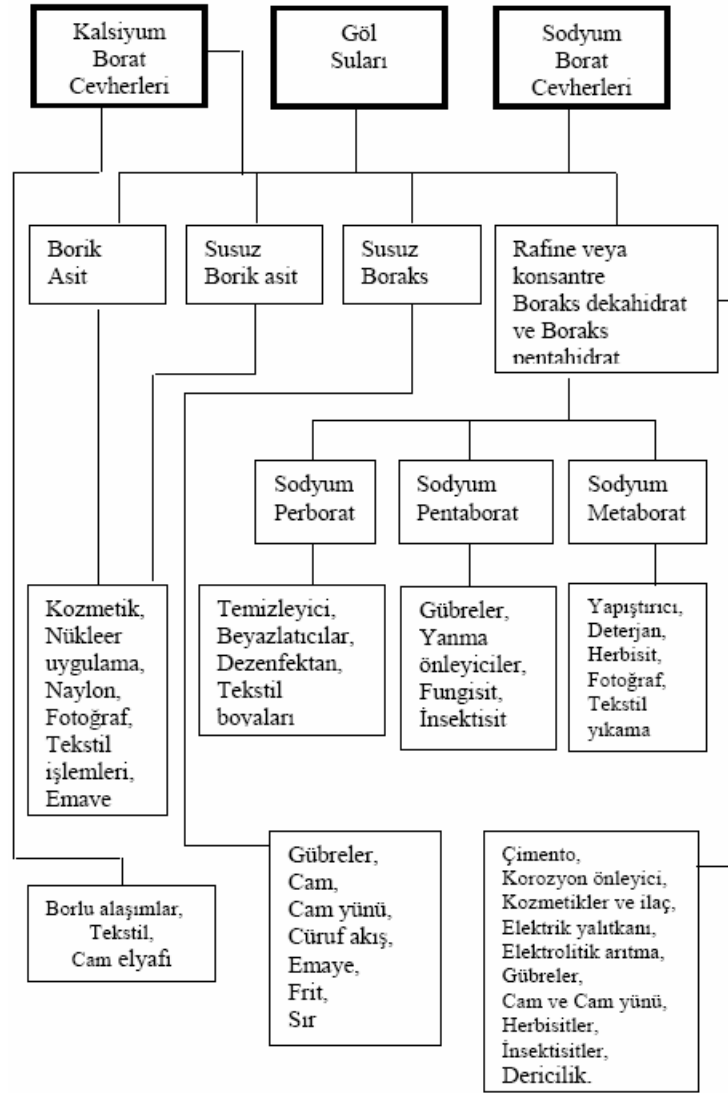
Borun, periyodik tablodaki simgesi B, atom numarası 5, atom ağırlığı 10.81' dir. Yoğunluğu 2.34 gr/cm^3 , ergime noktası $2300 \text{ }^\circ\text{C}$ ve kaynama noktası $2550 \text{ }^\circ\text{C}$ olan bor, metalle ametal arası yarı iletken özelliklere sahip bir elementtir (URL-6, 2006).

Bor elementinin en çok bulunduğu mineraller, boraks $[\text{Na}_2\text{BB}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$, kernite $\text{Na}_2\text{B}_4\text{B O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, borokalsit $(\text{CaB}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$, pandemit $(\text{Ca}_2\text{BB}_6\text{O}_{11} \cdot 3\text{H}_2\text{O})$, borasit $2\text{Mg}_3\text{B}_8\text{BO}_{15} \cdot \text{MgCl}$ tir (URL-6, 2006).

Bor, doğada serbest olarak bulunmayıp, alkali ve toprak alkali boratlar (tuzlar) veya borik asit halinde bileşikler şeklinde bulunur. Borun serbest halde kullanımına ise yeni başlanmıştır. Özellikle boraks yüzyıllardır bilindiği halde borun saf elementi ilk kez 1808 yılında Fransız kimyager Joseph Gay-Lussac ve Baron Louis Thenard ve bağımsız olarak İngiliz kimyager Sir Humphry Davy tarafından hazırlanmıştır (Alma ve Acemioğlu, 2001).

Çeşitli metal veya ametal elementlerle yaptığı bileşiklerin gösterdiği farklı özellikler, endüstride birçok bor bileşiğinin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bor, bileşiklerinde metal dışı bileşikler gibi davranır, ancak, farklı olarak saf bor, karbon gibi elektrik iletkenidir. Kristalize bor görünüm ve optik özellikleri açısından elmasa benzer ve neredeyse elmas kadar serttir (URL-5, 2014).

Günümüzde, tarımdan sanayiye, metalürjiden astronomiye, nükleer çalışmalardan askeri uygulamalara, tıptan, eczacılığa kadar sayısız alanda yaygın olarak kullanılan bor bileşiklerinin genel kullanım yerlerini gösteren diyagram Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Bor bileşiklerinin kullanım yerleri (Alma ve Acemioğlu, 2001).

Doğada geniş bir yayılım gösteren bor elementi, ülkemiz için de büyük bir stratejik öneme sahiptir. Şekil 5'ten de görüldüğü üzere, bor bileşikleri günümüzde hammadde, yarı mamul ve mamul madde olarak cam, porselen, seramik, deterjan, yanmayı geciktirici, ağartıcı, ahşap koruyucu, nükleer enerji teknolojisi gibi çok farklı sektörlerde kullanılmaktadır. Bor aynı zamanda bitki ve hayvan dokularında da bulunmakta ve bitkilerin büyümesi için önemli bir element olarak bilinmektedir (Alma ve Acemioğlu, 2001).

Günümüzde, odun ve odun esaslı materyallerin korunması amacıyla çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler kullanılmasına rağmen, borlu bileşikler çok sayıda avantajlı özelliklere sahip olmaları nedeniyle bu kimyasal maddeler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Bu bileşikler doğada bol miktarda bulunmaları, ucuz olmaları, insan sağlığına nispeten daha az olumsuz etki etmeleri, çevre dostu olmaları, renksiz ve kokusuz olmaları gibi avantajlı özelliklere sahiptir. Ayrıca, diğer yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle kıyaslandıklarında mekanik özelliklere daha az etki etmeleri sebebiyle odun ve odun esaslı materyallerin korunmasında yaygın olarak tercih edilmektedir (Ustaömer, 2008).

Bor bileşikleri, canlılar için önemli maddelerdir. Yüksek konsantrasyonlarda kullanılmaları durumunda; bakteriler, böcekler ve mantarlara karşı toksik özellik göstermektedirler. Bu bileşikler sahip oldukları bu özellikler nedeniyle antiseptik olarak bakterilere karşı kullanılırken koruyucu emprenye maddeleri olarak ta kozmetik, gıda, ilaç ve emprenye endüstrisinde kullanılmaktadır. Diğer bileşiklerle karşılaştırıldıklarında bor bileşikleri, ağaç malzemeyi tahrip eden böcekler ve mantarlara karşı hem insektisit ve hem de fungusit özellik gösteren tek emprenye maddesi olarak kabul edilmektedir (Kartal ve Imamura, 2004; Ayrılmış, 2006). Bor iyonları biyolojik olarak hücre çeperinde kolaylıkla nüfuz etmekte ve oluşturduğu komplekslerle yaşayan organizmalarda açlık hissi oluşturarak toksik özellik kazandırır (Yalınkılıç, 2000).

Günümüzde odun esaslı kompozit malzemelerin yaygınlaşması ve bu malzemelerin iç ve dış ortamlarda yoğun olarak kullanılması beraberinde dayanıklı malzemelerin üretilmesi zorunluluğunu getirmiştir. Özellikle bozunma riskinin yüksek olduğu ortamlarda, masif odun ve odun esaslı tüm levhalarda istenilen dayanım özelliklerini sağlayabilmek ve bozunma riskini azaltmak amacıyla emprenye işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Çoğu kompozit malzemeler için inorganik boratlar uygun emprenye maddeleridir. Borlu bileşikler kompozit malzemelerin üretimi sırasında katı partiküller

halinde odun yongasına, odun lifine veya tutkala karıştırmak suretiyle ya da emprenye yöntemiyle uygulanmaktadır. Bu uygulamalar neticesinde malzemeler dış ortamlarda kullanım için daha uygun hale gelmektedir (Ayrılmış vd., 2005). Borlu bileşiklerin yüksek oranda çözünebilir olması ve emprenye edilen ağaç malzemedeki kolaylıkla yıkanabilmesi, bu bileşiklerin bir dezavantajıdır (Kartal ve Green, 2002; Yalınkılıç, 2000). Yıkanmaya karşı dirençli bor bileşikleri içeren emprenye maddelerinin geliştirilmesi amacıyla, yapılan formülasyonlarda borun aktif bileşen olarak kaldığı ve bir çok elementin bulunduğu kompleks karışımlar ön plana çıkmıştır (Kartal vd., 2004). Borlu bileşikler kullanılarak üretilen malzemelerde karşılaşılabilecek problemlerden birisi de tutkala uyum problemidir. Bu, özellikle mekanik özellikleri de etkileyebilecek bir problem olarak dikkati çekmektedir. Bazı durumlarda borik asit veya sodyum boratlar fenol formaldehit tutkalı ile uyumsuzluk problemi göstermektedir. Bununla birlikte çinko boratlar fenol formaldehit tutkalı ile başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Ustaömer, 2008).

1.8.5. Yangın Geciktirici Kimyasal Maddelerin Odun ve Odun Esaslı Malzemelerin Özelliklerine Etkileri

Yangın geciktirici kimyasalları ile muamele edilerek üretilen odun ve odun esaslı kompozit malzemelerde, kullanılan kimyasal maddelerin yapısal özelliklerine bağlı olarak bazı etkiler meydana gelmektedir. Bu etkiler genel olarak, higroskopikliğinin artması, direnç özelliklerinin düşmesi, uygulanan işlemlere bağlı olarak boyutsal stabilitedeki değişimler, bozunma, metal bağlantı elemanlarında korozyon oluşumu, tutkallama problemleri, aşınmanın artması, leaching(yıkanma) problemi şeklinde özetlenebilir (Ustaömer, 2008; Yalınkılıç, 2000).

1. Direnç özelliklerine olan etkisi: yangın geciktirici kimyasallarının odunun direnç özellikleri üzerine etkileri üzerine sayısız çalışma vardır. Odunun direnci çok çeşitli faktörlerden etkilenmekle birlikte bu faktörlerin başlıcaları; yangın geciktirici kimyasalları, işlem ve muamele koşulları, yeniden kurutma sıcaklığı ve odunun kendi yapısal özellikleridir. yangın geciktirici kimyasalları ile odunun direnç özelliklerindeki etki üst seviyeye çıkmaktadır. Muamele işleminden sonra oda sıcaklığına maruz kalan odunun direnci %10 ile %20 arasında düşmektedir (Ustaömer, 2008).

Yapılan çalışmalar, yüksek asidite özelliğine sahip kimyasalların yüksek konsantrasyonlarda uygulanması durumunda, odunda hidroliz olayının meydana geldiğini

göstermiştir. Asidite arttıkça odunun direnç özellikleri azalmaktadır. Örnek olarak, kromlandırılmış çinko klorür ve alüminyum sülfat yüksek derecede asidik tuzlardır. Ancak, yine son yıllardaki çalışmalarla nötralleştirilen tuzların formülasyonlarının kullanılmasıyla direnç özelliklerindeki olumsuz etkinin minimize edilmesi sağlanmaktadır. Özellikle yapı malzemesi olarak kullanılacak yangın geciktirici kimyasalı ile muameleli odunun direncindeki düşmenin dikkate alınıp gerekli birim yükün muamele edilmemiş oduna göre daha az tutulması tavsiye edilmektedir (Ustaömer, 2008). Arsenault (1962) yaptığı çalışmada; minalith, pyresote, üre-fosfat ve çinko borat kullanmış ve çalışma sonucunda bu maddelerin örneklerin direncini düşürdüğünü tespit etmiştir (Ustaömer,2008).

2. Higroskopik özelliklere olan etkisi: yangın geciktirici formülasyonlarının çoğu kullanılan kimyasal maddelere bağlı olarak dirence etki etmelerinin yanı sıra odunun nem içeriğini de arttırmaktadırlar (Ustaömer, 2008). Bozkurt vd. (1993), yangın geciktirici kimyasallarının en önemli dezavantajının, higroskopik özellik taşımaları olduğunu bildirmiştir. Özellikle inorganik tuzlarla muamele edilen odun, yüksek bağıl nemde muamelesiz oduna kıyasla daha higroskopik karakter göstermekte ve örneklerin su alma özelliklerini büyük ölçüde arttırmaktadır (Östman vd., 2001).

3. Koroziyifliğe olan etkisi: Koroziyiflik; kimyasal maddenin yapısal etkisi ve kullanım miktarına bağlı olarak meydana gelmektedir. Ortam nem koşulları, kullanılan metal tipi de koroziyiteyi etkilemektedir. yangın geciktirici kimyasallarının çoğu koroziyif özelliğe sahiptir ancak %5 veya daha yüksek oranlarda korozyon önleyici maddelerin katılmasıyla metallere karşı korozyon etkisi minimize edilebilmektedir. Yine de yangın geciktirici kimyasallarıyla muamele edilmiş odunların özellikle yüksek bağıl nemli ortamlarda uzun süre bırakılmaması gerekmektedir (Ustaömer, 2008; Östman vd., 2001).

4. Tutkallamaya olan etkisi: Odun ve odun esaslı levha üretimlerinde tutkallama özellikleri, yangın geciktirici kimyasalları tarafından olumsuz etkilenmektedir. Bu durum; kimyasal maddelerin yapısal özelliğinden, kullanım miktarından, pH'ından, tutkallama koşullarından ve tutkalın türünden kaynaklanabilmektedir. Özellikle tutkal türü göz önüne alındığında pH uyumsuzluğu nedeniyle bazı durumlarda sıkça tutkallama problemleri yaşandığı bildirilmektedir (Ustaömer, 2008).

5. İşlenebilmeye olan etkisi: Odun ve odun esaslı malzemelerin, yangın geciktirici kimyasallarıyla muamele edildikten sonra işlenmesi sırasında kimyasal maddelerin yapısal özelliklerinden kaynaklanan etkiler bu işlemi güçleştirmektedir. Özellikle inorganik tuz kristallerinin aşındırıcı etkisiyle, kullanılan aletlerin çalışma verimliliği ve iş görme ömrü

azalmaktadır. Tungsten-karbit uçlu veya aşındırıcı etkiye dayanımlı alaşım kullanılarak bu sorun bir ölçüde giderilebilir (Ustaömer, 2008).

6. Boyanabilirlik üzerine olan etkisi: Boyanabilirlik, diğer özellikler kadar önemli bir problem teşkil etmemesine rağmen; yüksek bağıl nem içeriğinde odunun rutubetinin artması sebebiyle yangın geciktirici kimyasalları, boya yüzeyinde kimyasal kristaller oluşturabilmekte ve bazen de boya adhezyonunu etkileyebilmektedir. Genel itibariyle; yangın geciktirici ile muamele edilmiş oduna üst yüzey işlemleri uygulanmamaktadır. Çünkü yangın geciktirici kimyasal maddeleri genel olarak yapısal özellikleri nedeniyle odunun rengini değiştirebilmekte ve bazı renklenmelere sebep olabilmektedir (Ustaömer, 2008; Östman, 2001).

1.8.6. Yanma Dayanımını ve Yanma Karakteristiklerini Belirleme Yöntemleri

Odun ve odun esaslı malzemelerin yangın geciktirici kimyasallarıyla muamele edildikten sonra yapılarında meydana gelen termal değişimleri, yanma dayanımlarını ve karakteristiklerini incelemek üzere çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler genel başlıklar halinde şu şekildedir:

1. Tutuşma kabiliyetinin belirlenmesi metotları (R.Schlyter metodu, modifiye R. Schlyter metodu)
2. Alev yayma ve yanma hızının tespitine ait metotlar (Ateş Borusu metodu, Cribb metodu, Plakalı baca metodu, Meyilli levha metodu, Alev geçirme metodu)
3. Ateşin malzeme içerisine geçmesine ait metotlar (Ustaömer, 2008).

Günümüzde bu yanma metotlarının bazıları geçerliliğini yitirmiş bazıları ise modifiye edilerek kullanılmaya devam edilmektedir. Ancak, son yıllarda gelişen teknolojiyle birlikte malzemelerin yanma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla daha çok enstrümental analiz yöntemleri kullanılmaktadır.

Yangın geciktirici işlemlerine uğratılmış örneklerin yanma karakteristiklerinin belirlenmesinde en yaygın test yöntemleri arasında: termogravimetrik analiz (TGA), diferansiyel termal analiz (DTA), diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC), alev yayılma testleri, oksijen indeks metodu, cone calorimeter, ısı salınımı (Heat Release Tests) testleri gelmektedir. Diğer test yöntemleri arasında ise duman yoğunluğu testleri ve zehirlilik testleri bulunmaktadır. Ayrıca, termal bozunmada gaz ve katı ürünlerin analizi için kütle spektrofotometresi (DI-MS), piroliz-gaz kromatografisi-alev iyonize detektör (Py-GC-

FID) ve piroliz-gaz kromatografisi-kütle spektrofotometresi (Py-GC-MS) gibi enstrümental düzeyde ölçüm yapan son derece önemli ve hassas analiz yöntemleri de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Liodakis vd., 2003).

a) Termogravimetrik Analizler (TGA): TGA'da asıl prensip kontrollü atmosferik şartlar altında ısı kaynağına maruz bırakılan örneğin ağırlığında meydana gelen değişimleri belirlemektir. Yöntemin avantajları arasında katı, sıvı ve jel örneklerin kolaylıkla çalışılabilmesi ve 0,1 mg'dan 10 mg'a kadar minimal düzeyde örnek miktarı kullanılabilmesi sayılabilir. Bu yöntemde bilgisayar desteğiyle sıcaklık ve zamana bağlı olarak çok sayıda kinetik veri elde edilmekte ve materyallerin termal bozunmaları hakkında bilgi toplamak mümkün olabilmektedir (Ustaömer, 2008; Peterson, 2002).

b) Diferansiyel Termal Analiz (DTA): Bu yöntemde genel olarak, örneklerde meydana gelen değişimler belirlenmekte ve aynı zamanda meydana gelen reaksiyonların endotermik veya ekzotermik yönleri değerlendirilmektedir. DTA cihazı, bir örneğin çeşitli fiziksel hallere dönüşürken (örneğin, ergime, buharlaşma, vb.) veya herhangi bir zamanda bir kimyasal reaksiyona maruz kalırken serbest kalan veya absorbe edilen ısı miktarını ölçmektedir. Bu ısı; ölçümü yapılan materyalin bir örneği ile inert bir referans madde arasındaki sıcaklık farklarının ölçülmesiyle belirlenir. DTA; ısı kapasitesini ölçmek, kinetik veritabanı bilgilerini sağlamak, geçiş sıcaklıklarına ilişkin bilgi vermek üzere kullanılabilir (Ustaömer, 2008; Ayrılmış, 2006).

c) Diferansiyel Tarama Kalorimetresi (DSC): DSC, temelde DTA'ya benzemektedir; ancak burada örnek ve referans materyal sıcaklıkları eşit iken, materyallerden olan ısı akışı farklılığı ölçülmektedir. DSC cihazında, örnek ve referans materyaller için ayrı ayrı ısıtıcılar bulunmaktadır (Peterson, 2002).

d) Tünel Alev Yayılma Testleri: Bu test 0,6 m-2,5m ve 7,6 m'lik tünellerde gerçekleştirilmektedir. Binalarda çıkan bir yangın çok kısa bir süre içerisinde ilerlemekte ve alevler yayılım göstermektedir. Bu yüzden, bina iç kısımlarında kullanılan yüzey işlem maddelerinin tutuşabilirliği ve alev yayılma karakteristikleri oldukça önemlidir. Bu sebeple alev yayılım oranlarını tespit etmek gerekmektedir. Genelde alev yayılma oranları onaylanmış standart bir test yöntemi olan 7,6 metrelik (25-ft) tünel testi kullanılmaktadır. Tünel test yöntemleri arasındaki temel farklılıklar, yanmaya maruz bırakmanın şiddeti ve örneğin tutuşma kaynağına maruz bırakılma süresidir. En şiddetli yanmaya maruz bırakma 7,6 metrelik tünel testinde söz konusu olmakta ve bu yöntemde örnek 10 dakika süreyle

yanmaya maruz kalmaktadır. 0,6 metrelik tünel testi en düşük şiddet derecesindedir (Yıldız, 2006).

e) Kritik Oksijen İndeks Testi: Oksijen indeks testi, bir örneğin alevli olarak yanmasını sağlayabilecek minimum orandaki oksijen miktarını belirlemektedir. Buna bağlı olarak; yanma özelliği yüksek materyaller düşük oksijen indeksine, yanma özelliği düşük materyaller yüksek oksijen indeksine sahip olmaktadır. Bu test, genel olarak plastik ve tekstil sanayi için geliştirilmiş, ancak daha sonra yanma özelliği gösterebilen materyallerde de kullanımı mümkün olmuştur (Yıldız, 2006). Yanmayı geciktirici empenye maddelerinin duman üretimi, salınan ısı oranı ve zehirlilik gibi ilgili diğer fiziksel özellikler bakımından değerlendirilmesi için de test yöntemleri mevcuttur.

f) Cone Calorimeter: Bu yöntem; çeşitli ısı akış şiddetine bağlı olarak materyallerin yanma reaksiyonu özelliklerini belirlemek ve ısı salınımını tespit etmek üzere yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Isı salınım oranı belirlenirken aynı zamanda yanma ve tutuşma sıcaklığı, duman ve zehirli gaz ölçümleri de belirlenmektedir. Yöntemin avantajlı bir özelliği de 10 mm^2 boyutlarında örneklerin test için yeterli olmasıdır. Dolayısıyla çoğu araştırma için uygun bir yöntem olarak benimsenmiştir (Ustaömer, 2008). Yanmanın derecesini ölçümlemek için potansiyel bir yöntem olan bu yöntem aynı zamanda alev yayılımı ve yangının büyümesinde kritik bir faktör olarak kabul edilmekte ve son zamanlarda giderek daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Yanmaya maruz kalan herhangi bir materyalin yanma ısısı asla değişmemekte; ancak, kullanılan yangın geciktirici kimyasalları sayesinde salınan ısı oranı azalmaktadır. Yangın geciktirici kimyasalları ile muamele edilmiş ve edilmemiş materyallerdeki ısı salınım oranlarının elde edilmesiyle ayrıca, yangının gelişimini tahmin etmek üzere matematiksel modellemeler yapılmaktadır (Ustaömer, 2008).

g) Duman ve zehirlilik testleri: Yangın esnasında meydana gelen en önemli problemlerden birisi de ortamda duman ve zehirli gazların oluşumudur. Bu sebeple; yanma deneyleri arasında duman yoğunluğu tespit testleri ve zehirlilik testleri önemli bir yer tutmaktadır. Bilindiği üzere; yangın esnasında can kayıplarının çoğu orada bulunan kişilerin ortamdaki dumana, zehirli gazlara maruz kalmasıyla meydana gelmektedir. Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin, materyallerin yanmaya dayanım özelliklerini arttırmalarının yanı sıra duman yoğunluklarını ve zehirli gazların oluşumunu azaltması da istenmektedir. Bu sebeple bu testlerin kullanım oranı artış göstermiştir. Literatürde,

önerilen çeşitli zehirlilik ve duman yoğunluğu test yöntemleri bulunmakta olup, bunların her birinin bir takım avantajlı ve dezavantajlı yanları mevcuttur (Ustaömer, 2008).

1.9. Ağaç Malzemede Isıl İletkenlik ve Isıl İletkenlik Katsayısı

Isıl iletkenlik, ısı transfer hızının belirlenmesinde önemli bir faktör olmasının yanında kurutma modellerinin geliştirilmesinde, tutkal sertleşme hızının belirlenmesi gibi endüstriyel işlemlerde ve materyalin yalıtkanlık kabiliyetinin tahmin edilmesinde kullanılır (Uysal vd., 2011).

Isıl 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).

$$\lambda = \frac{Q \times e}{A \times z \times d_t} \text{ (W/mK)} \quad (1)$$

Formülde;

λ : Ağaç malzemenin ısı iletkenlik katsayısı

Q: Geçen ısı miktarı

e: Ağaç malzemenin kalınlığı

dt: t_2-t_1 iki yüzey arasındaki sıcaklık farkı

A: Ağaç malzemenin yüzey alanı

z: Zaman'dır.

Yapılan bir çalışmada çeşitli yapı ve izolasyon malzemelerinin yoğunluk ve ısı iletkenlik katsayıları araştırılmış ve sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir (Yaşar ve Erdoğan, 2008). Ayrıca bu tabloya bazı ağaç türlerine ait ısı iletkenlik katsayısı değerleri eklenmiştir (Zylkowski, 2002).

Tablo 4. Yapı ve izolasyon malzemeleri ile bazı ağaç türlerine ait termo-fiziksel özellikleri

Materyal Türü	Yoğunluk (kg/m ³)	Isıl İletkenlik (W/mK)
Kayın (% 12 rutubet)	680	0.18
Kızılçam (% 12 rutubet)	460	0.13
Ponderosa Çamı (%12rutubet)	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

Brezilya'da; kontrplak, OSB, çimentolu levha gibi yapısal levha ürünlerinin ısı iletkenlik değerlerinin araştırıldığı bir çalışmada; kontrplak (0.13 W/mK) ve OSB (0.11 W/mK)'nin ısı iletkenlik değerleri çimentolu yonga levhaninkinden (0.29 W/mK) daha düşük bulunmuştur (Krüger ve Adriaola, 2010). Yapısal ahşap malzemelerin ısı iletkenliklerinin yapılarda ahşaba eş olarak kullanılan metallerden daha düşük olduğu belirtilmektedir (Demirkır, 2014). 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 (Demirkır, 2014). Düşük ısı iletkenliği ve yüksek direnci sayesinde ahşap; yapı sektöründe, otomobil endüstrisi, fiç i imalatı ve bunun gibi birçok yerlerde tercih edilen malzemelerin başında gelmektedir (Demirkır, 2014).

Şimdiye kadar, ağaç malzemenin ısı iletkenliği birçok araştırmalara konu olmuştur (Demirkır, 2014; Rice ve Shepart, 2004; Aytaşkın, 2009). Bu çalışmalarda, ağaç malzemenin yoğunluğu, rutubet miktarı, ekstraktif madde miktarı ve sıcaklık arttıkça ağaç malzemenin ısı iletkenliğinin arttığı belirtilmektedir. Ayrıca, liflere paralel yöndeki ısı iletkenliğinin, liflere dik yönden yaklaşık 1.5-2.8 kat fazla olduğu belirtilmektedir (Demirkır, 2014).

Yoğunluk, rutubet içeriği, lif yönü, ilkbahar ve yaz odunu oranları ağaç malzemenin ısı iletkenliğini etkileyen önemli özellikleridir. Isıl iletkenlik ile ağaç malzemenin özgül ağırlığı, rutubet içeriği, sıcaklığı, ısı akış yönü ve yonga boyutu arasında bir ilişki olduğu belirtilmektedir (Demirkır, 2014; Bader vd., 2007). Isıl iletkenliğin rutubet içeriğinin, ortam sıcaklığının ve özgül ağırlığın artması ile yükseldiği, levha kalınlığının ise önemli

bir etkisinin olmadığı başka bir çalışmada da belirlenmiş, ayrıca yonga levhada yoğunluk değişimsiz yonga boyutlarının küçülmesi ile ısı iletkenliğinin azaldığı tespit edilmiştir (Sonderegger ve Niemz, 2009).

Ahşap anizotropik bir materyal olup, ısı iletkenliği de dahil olmak üzere pek çok teknolojik özellikleri yapısına bağlı olarak değişim göstermektedir. Bazı önemli ağaç türleri için literatürde belirtilen ısı iletkenlik değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Tablo 5. Bazı önemli ağaç türlerinin ısı iletkenliği katsayıları (Demirkır, 2014).

	Ağaç Türü	Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	Rutubet (%)
İğne Yapraklı	Çam	0,12	15
	Ladin	0,07	8
	Ladin	0,083	12
	Ladin	0,09	16
	Duglas	0,096	12
Yapraklı	Meşe	0,13	12
	Dişbudak	0,15	15
	Akasya	0,15	12
	Kavak	0,155	15
	Kayın (700-900 kg/m ³)	0,17-0,22	12

Tablo 5'den görüleceği üzere kontrplak üretiminde de kullanılan bazı ağaç türlerine ve rutubet oranlarına göre ısı iletkenlik değerleri değişim göstermektedir (Demirkır, 2014).

1.9.1. Emprenye ve Üstyüzey İşlemlerinin Isıl İletkenliğe Etkisi

Kontrplak, OSB, yonga levha, lif levha gibi yapısal levha ürünlerinin yapıştırılmasında kullanılan tutkalın ve koruma amacıyla gerçekleştirilen emprenye işlemlerinin de malzemenin ısı iletkenliği üzerine etkisi olduğu belirtilmektedir (Kol vd., 2008; Kol vd., 2010). Hücre lümenlerindeki havanın daha iyi bir ısı iletkenliğe sahip maddeyle yer değiştirdiğinde ısı iletkenliğinin artacağını belirtmektedir. (Aytaşkın, 2009).

Literatürde, üst yüzey malzemesi olarak sentetik vernik ve endüstriyel boya diğer malzemelere göre daha yüksek ısı iletkenlik katsayı değerleri verdiği bulunmuştur. Bunun sebebi olarak, bu malzemelerin tutunma miktarının diğer malzemelerden fazla olması gösterilmiştir. Retensiyon miktarı ve üst yüzey malzemenin tutunması ısı iletkenliğini arttırdığı ve retensiyon miktarı arttıkça üst yüzey malzemenin tutunmasının azaldığı gözlemlenmiştir (Uysal vd.,2008).

Yapılan bir çalışmada, Dişbudak ağaç malzemenin kullanım alanına göre, ısı iletkenliğini gereken alanlarda borik asit ile emprenye edilen, endüstriyel boya ile üst yüzey işlemleri yapılan ağaç malzeme, yalıtkanlık gereken alanlarda çinko klorür ile emprenye edilen, selülozik vernik ile üst yüzey işlemleri yapılan ağaç malzeme kullanılabileceği önerilmiştir (Uysal vd., 2011).

Yapılan başka bir çalışmada, ısı iletkenliğinin istendiği yerlerde, amonyum sülfatla emprenye edilen, fenol formaldehit ile tutkallanan lamine ağaç malzemeler ve izolasyonun arzulandığı yerlerde de üre formaldehit ile yapıştırılan emprenye edilmemiş lamine ağaç malzeme önerilmiştir (Kol vd., 2008).

Basınç metoduyla emprenye yapılan örneklerin ısı iletkenliği, daldırma metoduyla emprenye yapılan örneklerden daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi olarak, basınç metoduyla daldırma metoduna göre retensiyon oranının daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, amonyum sülfat ve borik asit emprenye maddelerinin yüksek değerler verdiği görülmüştür. Isı iletkenliğini gereken alanlarda borik asit ve amonyum sülfat ile basınç metoduyla emprenye edilen, endüstriyel boya ile üst yüzey işlemleri yapılan ağaç malzeme, yalıtkanlık gereken alanlarda, yapıların duvar cephelerinde çinko klorür ve boraks ile daldırma metoduyla emprenye edilen, selülozik vernik ile üst yüzey işlemleri yapılan ağaç malzeme kullanılabileceği vurgulanmıştır (Uysal vd.,2008).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Ağaç Malzeme

Bu çalışmada kullanılan soymalık tomruklar, Orman Genel Müdürlüğü'ne bağlı işletme müdürlüklerinden temin edilmiştir. Ağaç türleri olarak, kontrplak endüstrisinde yaygın olarak kullanılan türler seçilmiştir. Yapraklı ağaç türlerinden; Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Melez Kavak (*Populus deltoides* I-77/51 klonu) ve Sakallı Kızılağaç (*Alnus glutinosa subsp. barbata*) seçilmiştir. Ayrıca Sarıçam (*Pinus silvestris*) tomruklar da iğne yapraklı ağaç türü olarak çalışmada kullanılmıştır. Soyma kaplama üretiminde kullanılacak tomruklar seçilirken en az 35 cm çapında, silindirik formda, lifleri düzgün, budak, çürük ve renk bozukluğunun bulunmadığı, reaksiyon odunu ihtiva etmeyen tomruklar tercih edilmiştir.

2.1.1.1. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Odun Özellikleri

Doğu Kayınının (*Fagus orientalis* Lipsky.) en önemli coğrafi yayılış alanları, Bulgaristan, Türkiye, Kafkasya ve İran'dır. Türkiye'de en geniş yayılışını ve en iyi gelişimini Demirköy'den Hopa'ya kadar Karadeniz sahiline paralel uzanan dağların orta ve yüksek kısımlarında ve özellikle kuzey bakılarda kurduğu saf ve karışık ormanlar da yapar (Demirkır, 2014).

30-40 m boy ve 100-150 cm çapa kadar ulaşabilmektedir. Odunu kırmızımsı beyaz renktedir. 80 yaşın üzerindeki ağaçlarda kırmızımsı kahverenginde düzenli olmayan, iç kısımda dalgalı şeritli ve kırmızı yürek oluşumu adı verilen bir öz odun mevcuttur.

Geniş bir kullanım alanına sahiptir. Masif mobilya, bükme mobilya, spor aletleri ve alet sapları yapımında, tornacılıkta, kontrplak, kaplama levhası ve parke üretiminde, fiçı sanayisinde, karoser yapımında, lif, yonga ve kâğıtlık odun olarak kullanılmaktadır. Emprenye edildiği takdirde travers yapımında da kullanılır. Ayrıca odun kömürü yapımında da değerlendirilmektedir (Demirkır, 2014).

Yoğunluk sınıflarına göre, hava kurusu yoğunluk 0,50-0,69 g/cm³ arasında olup, orta yoğunluktaki ağaçlar grubuna girdiği belirtilmektedir (Demirkır, 2014).

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

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

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

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

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

2.1.1.3. Sakallı Kızılağaç (*Alnus glutinosa subsp. barbata*) Odun Özellikleri

Çok geniş bir coğrafik yayılışa sahiptir. Tüm Avrupa, Kuzey Afrika, Kafkasya, Türkiye, Gran, Sibiry ve Japonya'da yayılış gösterdiği bilinmektedir (Demirkır, 2014). Bu cinsin, Kuzey Yarımküresinin ılıman ve serin bölgelerinde yayılmış 30 kadar türü vardır. Kızılağaç genel olarak serin ve nemli yerlerin ağacıdır (Öztürk, 2012).

Gelişimi ilk 20, hatta 10 yılda çok hızlı iken sonradan yavaşlayan kızılağacın daha kısa sürelerle işlenmesi karlılığı artırabilecektir. Kaplama, kontrplak, yonga levha, kurşun kalem, kibrit, el aletleri, mobilya, kağıt hamuru, ambalaj sanayi, puro kutusu, MDF, yakacak odun ve empenye edildiğinde çit kazığı olarak kullanılabilir (Öztürk, 2014).

Kurutma ve işleme özellikleri; İyi kurutulur. Çalışması ve çatlaması azdır. Kolay ve temiz işlenir. Kesilebilir, soyulabilir. İyi yapıştırılır. Renk verme ve cilalanma özellikleri iyidir. Boyandığı zaman ceviz, maun ya da kiraza benzer. Çivi tutma kapasitesi ve stabilitesi nedeniyle döşeme iskeleti için önemlidir (Demirkır, 2014).

Ortalama özgül ağırlık değerleri ise; tam kuru özgül ağırlık değeri 0.486 g/cm^3 , hava kurusu özgül ağırlığı 0.53 g/cm^3 , hacim ağırlık değeri ise 0.407 g/cm^3 'tür (Demirkır, 2014).

2.1.1.4. Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Odun Özellikleri

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

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

direği, yapı iskelesi, travers, köprü inşaatı, deniz araçları, ambalaj sandığı, yongalevha ve kontrplak sektörü gibi kullanım alanları bulunmaktadır (Anonim, 1994).

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

2.1.2. Emprenye Maddeleri

Emprenye maddesi olarak, yangın geciktirici özelliği nedeniyle yaygın bir kullanıma sahip olan Çinko Borat ($2\text{ZnO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3.5\text{H}_2\text{O}$), Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), Monoamonyum Fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) ve Amonyum Sülfat ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kullanılmıştır.

2.1.2.1. Çinko Borat

Çinko boratlar, çinko oksit veya çinko tuzlarının belli oranlarda sodyum boratlar veya borik asitle reaksiyona girmesi sonucunda elde edilmektedir. Bu ürünler ince beyaz toz ve kristal yapıda olup birçok formülasyonda üretilebilmektedir. Çinko borat, yüksek sıcaklıklara dayanabilme imkanı sağlaması, duman ve alev bastırıcı özellik göstermesi, diğer kimyasallarla uyumlu bir etki yapması, elektrik iletkenliği ve optik özellikleri iyileştirmesi sebebiyle sanayide çeşitli sektörlerde özellikle malzemelere yanma direnci kazandırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Özellikle, son yıllarda yanmaz boyaların, anti korozif maddelerin, anti-mikrobik ve mantar öldürücü malzemelerin yapısında da katkı maddesi olarak yer almakta ve birçok alanda değerlendirilmektedir (Bilici, 2003). Denemelerde kullanılan çinko borat ile ilgili teknik bilgiler Tablo 6 da verilmiştir.

Tablo 6. Çinko borat ($2\text{ZnO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3.5\text{H}_2\text{O}$)'ın teknik özellikleri

Kimyasal Özellikler		Fiziksel Özellikler	
Safılık Derecesi (min %) :	99.90	Molekül Ağırlığı (g/mol) :	434.66
B_2O_3 (min %) :	46	Özgül Ağırlık (gr/ cc) :	2.79
ZnO (min %) :	36	Çözünürlük (20 °C da %) :	< 0.28

2.1.2.2. Boraks

Boraks, düşük erime noktasına sahip olan yüksek sıcaklıklarda şeffaf film şeklini alan en önemli yanmayı geciktirici borlu bileşiklerden biridir. Doğada maden cevheri olarak bulunmaktadır. Katı halde 60 °C'ye kadar stabil olup monoklinik kristallerden oluşmaktadır. Boraks ısı altında kendi öz suyunu (kristalizasyon suyu) kaybederek dışa doğru kabaran bir kütle halinde şişmektedir. Artan sıcaklık etkisiyle kendi öz suyunu giderek kaybetmek suretiyle beyaz bir tabaka halinde eriyerek kabarmakta ve bunu takiben malzeme yüzeyini kaplamaktadır. Boraksın sudaki çözünürlüğü oldukça düşük olup, 20 °C'de ortalama % 4.93'dür (Ayrılmış, 2006). Boraks malzeme yüzeyinde alev yayılmasını azaltmasına karşın kor şeklindeki yanmayı önlemede belirgin bir etkisi yoktur. Hatta az da olsa arttırabilmektedir (Çolak vd., 2002). Denemelerde kullanılan boraks ile ilgili teknik bilgiler Tablo 7 de verilmiştir.

Tablo 7. Boraks dekahidrat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)'ın teknik özellikleri

Kimyasal Özellikler		Fiziksel Özellikler	
Safılık Derecesi (min %) :	99.90	Molekül Ağırlığı (g/mol) :	381.37
B_2O_3 (min %) :	36.47	Özgül Ağırlık (gr/cm^3) :	1.72
Na_2O (min %) :	16.24	Hacim Yoğunluk (gr/cm^3) :	0.882

2.1.2.3. Monoamonyum Fosfat

Monoamonyum fosfat ağaç malzemeyi yanmaya karşı korumada diamonyum fosfat kadar etkili olmakla beraber suda çözünürlüğü % 36.8 daha azdır. Nispeten pahalıdır. Asit reaksiyonlu olduğundan demirde korozyon meydana getirmektedir. Bu sakıncayı gidermek için ağırlık bakımından 50 kısım monoamonyum fosfat ve 50 kısım % 2'lik jel halinde sodyum alginat katılmaktadır. Monoamonyum fosfat ağaç malzeme yüzeyinde alev yayılmasını azaltmada oldukça etkilidir. Monoamonyum fosfat termal olarak diamonyum fosfata göre daha stabil olup, 190 °C'de erimektedir (Ayrılmış, 2006). Denemelerde kullanılan monoamonyum fosfat ile ilgili teknik bilgiler Tablo 8 de verilmiştir.

Tablo 8. Monoamonyum fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)'ın teknik özellikleri

Kimyasal Özellikler		Fiziksel Özellikler	
Saflik Derecesi (min %) :	99.00	Molekül Ağırlığı (g/mol) :	115.03
N (min %) :	12	Erime sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) :	190
P_2O_5 (min %) :	61	Özgül Ağırlık (gr/cm^3) :	1.803

2.1.2.4. Amonyum Sülfat

Amonyum sülfat suda kolaylıkla çözünen, yanmayı geciktirici etkisi olan emprenye maddelerindedir. %10- 40'lık çözeltiler halinde kullanılmaktadır. Odunu örten eriyici maddeler oluşturarak etkili olmaktadır. Amonyum sülfat, yanma için gerekli olan oksijen ile odun yüzeyinin temasını keserek yanmayı geciktirmektedir (Yıldız, 2006). Genellikle alkali topraklarda suni gübre olarak kullanılmaktadır. Suda çözünürlüğü çok iyi olup % 75.4' tür. Ekonomik olup, yanmaya karşı koruyucu etkisi yüzey işlemi olarak uygulanması durumunda düşük, kazanda basınç metodu uygulanması durumunda iyidir. Metaller üzerinde korozyon etkisi vardır (Terzi, 2008). Denemelerde kullanılan amonyum sülfat ile ilgili teknik bilgiler Tablo 9 da verilmiştir.

Tablo 9. Amonyum sülfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)'ın teknik özellikleri

Kimyasal Özellikler		Fiziksel Özellikler	
Saflik Derecesi (min %) :	99.00	Molekül Ağırlığı (g/mol) :	132.14
NO_3 (min %) :	20.3	Erime sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) :	280
Serbest H_2SO_4 (mak %) :	0.03	Rutubet (mak %) :	0.2

2.1.3. Tutkal

Bu çalışma kapsamında; kontrplak endüstrisinde yaygın olarak kullanılan tutkal türlerinden üre formaldehit ve melamin formaldehit reçineleri kullanılmıştır. Kontrplak levhalarının üretiminde kullanılan sıvı haldeki üre formaldehit ve melamin formaldehit tutkalları, Polisan Kimya Sanayi A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Kullanılan ÜF ve MF tutkallarına ait bazı teknik özellikler Tablo 10' da verilmiştir.

Tablo 10. Denemelerde levhaların üretiminde kullanılan üre formaldehit ve melamin formadehit tutkal reçinelerinin bazı teknik özellikleri

Ürün Karakteristiği	Sınır Değerleri	
	ÜF Reçinesi	MF Reçinesi
Görünüş	Yarı saydam ve sıvı	Berrak, renksiz ve sıvı
Katı Madde Miktarı (%)	55±1	55±1
Yoğunluk (20 °C da, gr/cm ³)	1.220 – 1.230	1.240 – 1.250
Viskozite (20 °C da, cps.)	100 – 200	40 – 80
Akma Zamanı (20 °C da, sn.)	25 – 45	15 – 25
Jelleşme Zamanı (sn.)	15 – 25	-
pH (20 °C da)	7.8 – 8.5	9 – 9.6
Depolama Süresi (gün)	60	20

*Bilgiler üretici firmadan sağlanmıştır.

2.1.4. Sertleştirici Madde

Levhaların üretiminde; ÜF ve MF tutkal çözeltilerinde sertleştirici olarak amonyum klorür'ün %15' lik sulu çözeltisi kullanılmıştır.

2.2. Kontrplak Levhalarının Üretimi

2.2.1. Soyma Kaplama Levhalarının Hazırlanması

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

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

2.2.2. Kaplama Kurutma İşlemi

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

2.2.3. Emprenye İşlemi

Kaplamalarının emprenye edilmesinde farklı yöntemler mevcut olmakla birlikte, uygulananın kolay ve daha ekonomik olması nedeniyle bu çalışmada batırma yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla, 55x30x55 cm boyutlarında bir emprenye tankı hazırlanmış ve kaplamaların eşit miktarda çözelti ile temasını sağlamak için tankın iç kısmı eşit aralıklara bölünmüştür. Kaplama levhaları emprenye işlemine tabi tutulmadan önce bir iklimlendirme dolabında yaklaşık % 7-8 rutubete kadar klimatize edilmişlerdir. Çalışmada kullanılan her dört emprenye maddesinin (Çinko Borat, Boraks, Monoamonyum Fosfat ve Amonyum Sülfat) % 5'lik çözeltileri hazırlandıktan sonra kaplama levhaları bu çözeltilerin içerisine daldırılarak 20 dakika bekletilmişlerdir. Kaplama levhaları emprenye işleminden sonra endüstriyel koşullara uygun olarak (110°C sıcaklıkta) yeniden kurutma işlemine tabi tutulmuşlardır. Emprenye maddesi retensiyon (absorblanan net kuru madde) miktarlarının belirlenebilmesi amacıyla kaplamalar emprenye öncesi ve sonrasında tartılmışlardır. Ağaç türüne göre kaplamaların retensiyon oranları hesaplanmış ve Tablo 11'de verilmiştir.

Retensiyon miktarlarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır :

$$R = \frac{G \times C}{V} \times 10 \quad (\text{kg/m}^3) \quad (2)$$

Burada : $G = T_2 - T_1$

T_2 : Emprenye sonrası numune ağırlığı (g)

T_1 : Emprenye öncesi numune ağırlığı (g)

V : Numune hacmi (cm^3)

C : Emprenye çözeltisi konsantrasyonudur.

Tablo 11. Kayın, kavak, kızılğaç ve sarıçam kaplamalara ait emprenye maddesi retensiyon miktarları

Ağaç Türü	Emprenye Maddesi Türü	Retensiyon Miktarı (kg/m ³)			
		X*	S*	Min. Değer	Maks. Değer
KAYIN	Çinko Borat	12,58	1,27	10,37	15,93
	Boraks	13,28	1,71	10,00	17,16
	Monoamonyum Fosfat	8,71	1,18	6,91	11,73
	Amonyum Sülfat	9,10	1,44	6,94	11,11
KAVAK	Çinko Borat	13,49	1,38	10,28	15,43
	Boraks	10,51	0,47	9,63	11,48
	Monoamonyum Fosfat	10,76	0,84	9,51	11,94
	Amonyum Sülfat	11,03	0,45	10,00	11,85
KIZILAĞAÇ	Çinko Borat	15,80	1,62	12,78	18,33
	Boraks	13,75	0,91	11,73	15,00
	Monoamonyum Fosfat	10,60	0,99	8,89	12,22
	Amonyum Sülfat	10,74	0,98	9,17	12,72
SARIÇAM	Çinko Borat	18,22	1,11	15,83	20,12
	Boraks	15,97	2,53	10,28	19,14
	Monoamonyum Fosfat	9,06	1,99	7,28	13,95
	Amonyum Sülfat	17,94	1,19	16,67	20,25

* X: Aritmetik ortalama, S: Standart sapma değeridir.

2.2.4. Kaplama Levhalarının Tutkallanması

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan tutkal reçeteleri, katı madde miktarına göre Tablo 12’de verilmiştir:

Tablo 12. Deneme levhalarının üretiminde kullanılacak tutkal reçeteleri

	Tutkal Karışımını Oluşturan Maddeler	Birim Ağırlık
ÜF Tutkalı	%55’lik ÜF reçinesi	100
	Buğday Unu	30
	NH ₄ Cl (%15’ lik)	10
MF Tutkalı	%55’lik MF reçinesi	100
	Buğday Unu	30
	NH ₄ Cl (%15’ lik)	10

Kaplama levhalarının tutkallanmasında 4 silindirli tutkallama makinesi kullanılmıştır. Levhanın tek yüzüne 160 gr/m² olacak şekilde tutkal çözeltisi sürülmüştür. 3 tabakalı olarak hazırlanan taslak levhalar sıcak presleme işlemine tabi tutulmuştur.

2.2.5. Sıcak Presleme

Üç 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 13' de verilmiştir.

Tablo 13. Deneme levhalarının üretiminde kullanılan presleme koşulları

Ağaç Türü	Pres Koşulları		
	Pres Basıncı (kg/cm ²)	Pres Sıcaklığı (°C)	Pres Süresi (dak.)
Kayın	12	110	6
Kavak	8	110	6
Kızılağaç	12	110	6
Sarıçam	8	110	6

Presleme süresi, endüstride yaygın olarak kullanılan hesap yöntemine göre; levha kalınlığı esas alınarak her bir mm. kalınlık için yaklaşık 1 dakika olmak üzere 2 mm lik kaplamalardan 3 tabakalı olarak üretilen levhalar için 6 dakika olarak hesaplanmıştır.

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

Çalışma kapsamında her bir ağaç türünden elde edilen kaplamalar için 1 kurutma sıcaklığı, emprenye işleminde 4 farklı yangın geciktirici kimyasal ve tutkallama aşamasında 2 farklı tutkal türü kombinasyonlarından oluşan 10 grup olmak üzere toplamda 4 ağaç türü için 40 levha grubu oluşturulmuştur. Her bir levha grubu için bütün tabakaları aynı ağaç türünden olmak üzere belirtilen ebatlarda 3' er adet 3 tabakalı levhalar üretilmiştir.

2.3. Yöntem

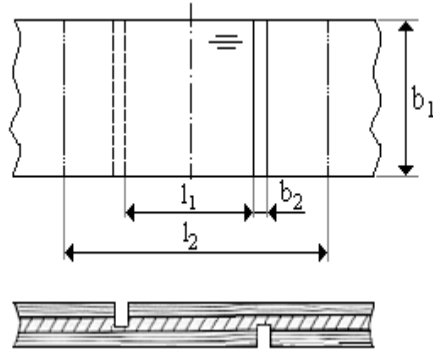
Kontrplak levhaların kalitesini üretim faktörleri önemli ölçüde etkilemektedir. Tez kapsamında istenilen amaca ulaşıp ulaşılamadığının belirlenebilmesi için levhalar üzerinde aşağıda belirtilen testler uygulanmıştır.

2.3.1. Çekme – Makaslama Direnci

Kontrplağın kalitesinin ve kullanım yerinin belirlenmesinde kullanılan en önemli test, çekme-makaslama direnci testidir. Çekme-makaslama direnci kontrplakların en önemli mekanik özelliklerinden biri olup, malzemenin diğer mekanik özellikleri hakkında yapılacak yorumlar içinde referans teşkil etmektedir. Çalışmada hangi empenye maddesinin ve tutkal türünün, hangi ağaç türleri için daha uygun olduğunu belirleyebilmek ve aralarında bir karşılaştırma yapabilmek için çekme-makaslama testi sonuçları kullanılmıştır.

Üretilen kontrplak levhalarının yapışma direncinin tespit edilmesinde kullanılan çekme – makaslama direnci testi, TS EN 314-1 (1998) standardına göre yürütülmüştür. Bu standarda göre, 3 tabakalı kontrplak levhaları için hazırlanan çekme – makaslama direnci test örneği Şekil 5’de gösterilmiştir. Örnek boyutları, 25x110xlevha kalınlığı (mm)’ dır.

Çekme – makaslama direnci test örnekleri, kullanılan tutkal türüne göre farklı bekletme ortamlarında ön işleme tabi tutulduktan sonra test edilmiştir. Üre formaldehit ve melamin formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarından hazırlanan çekme – makaslama direnci test örnekleri 20°C sıcaklıktaki su içinde 24 saat bekletildikten sonra (I. Yapışma Sınıfı) testleri yapılmıştır (TS EN 314-1, 1998). Deneme levhalarının yapışma direncinin belirlenmesinde, maksimum 50 KN kapasiteli universal test aleti kullanılmıştır. Her test grubundan 25’ er adet çekme-makaslama testi numunesi kullanılmıştır.



Şekil 5. Üç tabakalı kontrplak levhası için çekme–makaslama direnci test örneği

l_1 = Makaslama uzunluğu (25±0,5 mm)

b_1 = Makaslama genişliği (25±0,5 mm)

l_2 = Sıkıştırma çeneleri arasındaki minimum uzaklık (50 mm)

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

Örnek kalınlığı = Levha kalınlığı

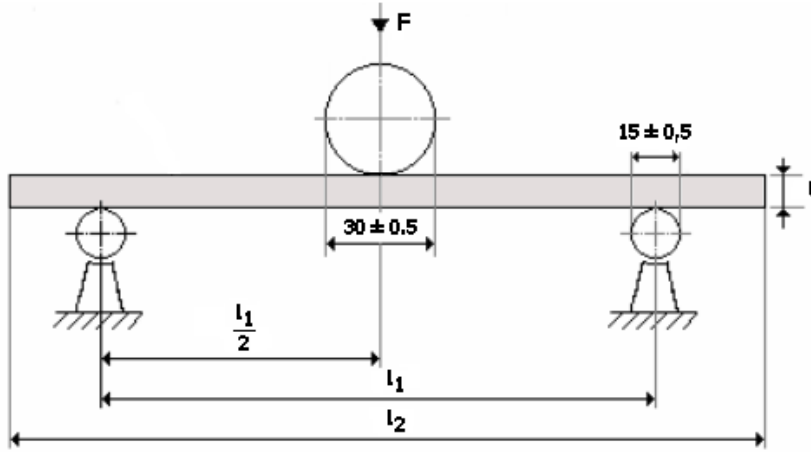
Çekme-makaslama direncinin tespitinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

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

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

2.3.2. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Üretilen kontrplak levhalarına uygulanacak eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü testleri, TS EN 310 (1998) standardına göre yürütülmüştür. Her bir test grubundan 16'şar adet eğilme direnci ve elastikiyet modülü test numunesi kullanılmıştır. Bu standarda göre hazırlanan eğilme direnci ve elastikiyet modülü test örneği ve test düzeneği Şekil 6'da gösterilmiştir. Örnek boyutları, 50x170xlevha kalınlığı (mm)' dir.



Şekil 6. Eğilme direnci test düzeneği (ölçüler mm'dir)

F: Kuvvet (N)

l₁: Dayanaklar arasındaki açıklık (mm)

t: Deney parçasının kalınlığı (mm)

l₂: Deney numunesinin uzunluğu (mm)

Eğilme direncinin tespitinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

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

Eşitlikte;

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

b= Deney parçasının genişliği (mm) dir.

Eğilmede elastikiyet modülü aşağıdaki eşitliğinden hesaplanmıştır:

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

Burada;

e= Eğilme miktarı (sehim) (mm)

F= Deformasyonu sağlayan kuvvet (N)

d= Örnek kalınlığı (mm)

b= Örnek genişliği (mm)

2.3.3. Özgül Ağırlık

Deneme kontrplakların özgül ağırlıkları TS EN 323 (1999) standardına göre belirlenmiştir. Örnek boyutları, 50x50xlevha kalınlığı (mm)' dır. Örneklerin hava kurusu ağırlıkları ± 0.01 g hassasiyetli analitik bir terazide tartıldıktan ve boyutları ± 0.01 mm duyarlıklı kumpas ve mikrometre ile ölçüldükten sonra yoğunlukları hesaplanmıştır. Her test grubundan 25'er adet test numunesi kullanılmıştır. Örneklerin özgül ağırlık değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\delta = \frac{M_r}{a_1 \times a_2 \times e} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (6)$$

Burada;

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

M_r = Ağırlık (g)

a_1 = Örnek genişliği (cm)

a_2 = Örnek uzunluğu (cm)

e = Örnek kalınlığı (cm)

2.3.4. Denge Rutubeti Miktarı

Üretilen levhaların sahip olduğu denge rutubeti miktarı değerleri, TS EN 322 (1999) standardına göre belirlenmiştir. Örnek boyutları, 50x50xlevha kalınlığı (mm)' dır. 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 grubundan 25'er adet test numunesi kullanılmıştır.

Örneklerin rutubet miktarı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$r = \frac{m_r - m_0}{m_0} \times 100 \quad (7)$$

Eşitlikte;

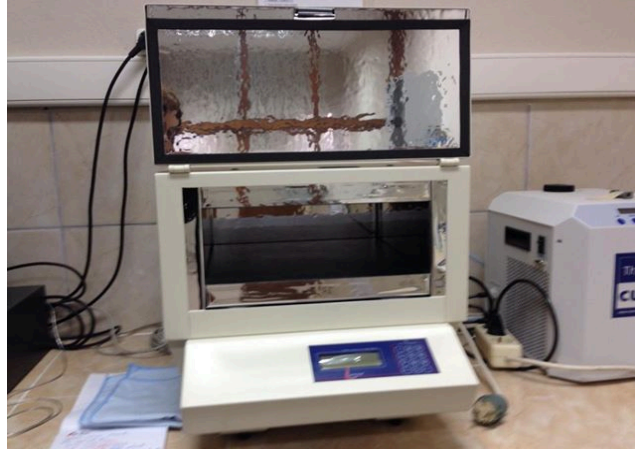
r : Deneş parçasının sahip olduğu rutubet miktarı (%)

m_r : Deneş parçasının rutubetli haldeki ağırlığı (g)

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

2.3.5. Isıl İletkenlik

Isıl iletkenlik ölçümleri her bir grup için 2 tekrarlı olarak yapılmıştır. Ölçümler Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan Lasercomp Fox-314 Isıl İletkenlik Ölçüm Cihazı'nda gerçekleştirilmiştir. Üretilen kontrplak levhaların ve kaplamaların ısıl iletkenlik katsayısı ölçümleri ASTM C 518 & ISO 8301 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan levhaların ebatları 300x300xlevha kalınlığı (mm)'dir. Isıl iletkenlik katsayılarının belirlenmesinde kullanılan Fox-314 ısıl iletkenlik cihazı Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Lasercomp Fox-314 ısıl iletkenlik cihazı

Cihaz, -20 ile 95°C arasında ölçüm yapabilen, örnek kalınlıklarına duyarlı ve 0.005 - 0.35 W/mK değerleri aralığındaki sonuçları % 1'den daha düşük bir hatayla verebilmektedir. Tez kapsamında ısıl iletkenlik ölçümleri yapılırken örneklerin kaplama ve kontrplak halindeki ısıl iletkenlik değerleri ayrı ayrı incelenmiştir.

2.3.6. TGA (Termogravimetrik Analiz) Yöntemiyle Yanma Mukavemetinin Belirlenmesi

Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin, üretilen levhalar üzerindeki etkilerini daha hassas olarak enstrümental düzeyde belirlemek amacıyla; örnekler yanma deneyine tabi tutulmuşlardır. Yöntem olarak, yanmayı belirleyici önemli bir analiz olan TGA tercih edilmiştir.

TGA testleri, bir odun örneği ısı kaynağına maruz kalırken o örnekte yapılan ağırlık ölçümlerini temel alan enstrümental yöntemlerden biridir. Mikro düzeyde örneklerle çalışılması ve katı, sıvı örneklerin kolaylıkla analiz edilmesi sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemin temel kullanımı, polimerik materyallerin termal bozulmasını araştırmak ve bozulma esnasındaki kinetik verileri toplamaktır. Örnek hassas bir dengede asılı halde tutulmakta ve bu sırada bir fırın içinde ısıya maruz bırakılmaktadır. Örnek etrafında meydana gelen tutuşabilir ürünleri uzaklaştırmak üzere hava, azot veya diğer bir gaz dolaştırılmaktadır. Ağırlık kayıpları zamanın ve sıcaklığın fonksiyonu olarak kaydedilmektedir. İzotermal TGA'de, örnekteki ağırlık değişimi, sıcaklık sabit iken zamanın fonksiyonu olarak ele alınmaktadır. Dinamik veya non-izotermal TGA'de ise, örnekteki ağırlık kayıpları, sıcaklık verilen bir ısıtma oranında artarken hem zamanın hem sıcaklığın fonksiyonu olarak kaydedilmektedir. Derivativ (Türeyimsel) TGA'da, bilgisayar desteği ile sıcaklık pik geçiş değerleri elde edilmekte ve daha fazla bilgiye ulaşılabilmektedir (Yıldız, 2006).

Tez kapsamında üretilen kontrplak levhaların TGA analizleri (Thermogravimetric Analysis), Karadeniz Teknik Üniversitesi Kimya Bölümü Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Termal analizler, TG/DTA 6300 (Seiko Instruments Inc. – SII NanoTechnology Inc., Japan) cihazında yapılmıştır. Numuneler öğütme makinasıyla toz haline getirildikten sonra hassas terazide tartılmıştır. Numunelerin ağırlığının 5-10 mgr aralığında olmasına dikkat edilmiştir. Tarama sıcaklığı 20-800 °C arasındadır. Cihazdaki sıcaklık artımı dakikada 20 °C'tır. Cihaz içinde, inert ortam hazırlayan ve diğer etkenleri elimine eden Azot (N₂) gazı kullanılmıştır. TGA testlerinde kullanılan TG/DTA 6300 cihazı Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. TG/DTA 6300 cihazı

2.3.7. İstatistiksel Analiz

Çalışma kapsamında kaplamaların ısı iletkenliği, termogravimetrik analiz, üretilen kontrplakların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine çeşitli ağaç türlerinin kontrplak üretiminde kullanılan yangın geciktirici kimyasalların ve tutkal türünün etkilerini ortaya koymak için basit varyans analizi kullanılmıştır. Varyans analizi; etkisi araştırılan faktörlerin üretilen kontrplakların ortak olan test grupları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Varyans analizi ile elde edilen farkların anlamlı bulunması durumunda, Student Newman-Keuls testi uygulanarak varyans kaynaklarının ortalamaları karşılaştırılmış ve homojenlik grupları tespit edilmiştir. İstatistik analizlerin gerçekleştirilmesinde, SPSS 16 for Windows istatistik paket programından yararlanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Fiziksel Özellikler

3.1.1. Denge Rutubeti Miktarı

Üretilen kontrplak levhalarına ait denge rutubet miktarı değerleri Tablo 14’de verilmiştir. Denge rutubet miktarı değerlerinin belirlenmesinde kontrplak levhaları için 25’er adet örnek kullanılmıştır. Yangın geciktirici kimyasalların, kontrplakların denge rutubeti üzerine etkilerini karşılaştırmak maksadı ile basit varyans analizi yapılmıştır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi maksadıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 14. Üretilen kontrplak levhaların denge rutubet miktarı ortalama değerleri ve Student-Newman-Keuls testi sonuçları

Ağaç Türü	Emprenye Maddesi	Denge Rutubeti (%)					
		ÜF			MF		
		X	S	Homojenlik Grupları*	X	S	Homojenlik Grupları*
KAYIN	Kontrol	8,274	0,281	c	10,033	0,171	b
	Çinko Borat	8,372	0,172	c	10,987	0,166	d
	Boraks	7,277	0,143	b	10,544	0,147	c
	Monoamonyum Fosfat	6,717	0,189	a	9,547	0,232	a
	Amonyum Sülfat	7,274	0,142	b	9,661	0,239	a
KAVAK	Kontrol	7,784	0,287	b	9,734	0,216	a
	Çinko Borat	8,274	0,176	c	11,021	0,307	e
	Boraks	7,535	0,169	a	10,440	0,320	c
	Monoamonyum Fosfat	7,511	0,262	a	10,804	0,282	d
	Amonyum Sülfat	7,640	0,242	ab	10,110	0,149	b
KIZILAĞAÇ	Kontrol	7,888	0,247	c	10,002	0,207	b
	Çinko Borat	8,414	0,212	d	10,177	0,311	b
	Boraks	7,411	0,186	b	9,249	0,510	a
	Monoamonyum Fosfat	6,800	0,132	a	9,499	0,221	a
	Amonyum Sülfat	7,481	0,283	b	9,434	0,188	a
SARIÇAM	Kontrol	8,366	0,346	c	10,126	0,275	a
	Çinko Borat	8,682	0,141	d	10,961	0,266	c
	Boraks	7,515	0,145	a	10,169	0,222	a
	Monoamonyum Fosfat	8,038	0,367	b	10,983	0,262	c
	Amonyum Sülfat	7,945	0,178	b	10,411	0,339	b

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Kayın kontrplaklarda ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında ve çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfatlı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir.

Kavak kontrplaklarda ÜF tutkalı için, çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve boraklı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, kontrol grubu levhalarında en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir.

Kızılağaç kontrplaklarda ÜF tutkalı için, çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfatlı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve boraklı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir.

Sarıçam kontrplaklarda ÜF tutkalı için, çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, boraklı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, çinko boratlı ve monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, kontrol grubu levhalarında ve boraklı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında, farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların denge rutubeti üzerine tutkal türünün etkisini belirlemek maksadı ile kontrol grubu ve dört yangın geciktirici kimyasal için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda, tüm gruplarda MF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubet miktarı değerleri, ÜF' ye göre daha yüksek bulunmuştur.

3.1.2. Özgül Ağırlık

Üretilen kontrplak levhalarına ait özgül ağırlık değerleri Tablo 15’de verilmiştir. Özgül ağırlık değerlerinin belirlenmesinde kontrplak levhaları için 25’er adet örnek kullanılmıştır. Yangın geciktirici kimyasalların, kontrplakların özgül ağırlık üzerine etkilerini karşılaştırmak maksadı ile basit varyans analizi yapılmıştır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi maksadıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 15’de verilmiştir

Tablo 15. Üretilen kontrplak levhalarının özgül ağırlık ortalama değerleri ve Student-Newman-Keuls testi sonuçları

Ağaç Türü	Emprenye Maddesi	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)					
		ÜF			MF		
		X	S	Homojenlik Grupları*	X	S	Homojenlik Grupları*
KAYIN	Kontrol	0,723	0,015	ab	0,720	0,015	c
	Çinko Borat	0,706	0,019	a	0,711	0,016	d
	Boraks	0,708	0,025	a	0,747	0,012	c
	Monoamonyum Fosfat	0,737	0,025	b	0,696	0,015	b
	Amonyum Sülfat	0,735	0,052	b	0,671	0,028	a
KAVAK	Kontrol	0,500	0,024	a	0,470	0,025	a
	Çinko Borat	0,513	0,023	a	0,512	0,017	bc
	Boraks	0,493	0,028	a	0,495	0,025	b
	Monoamonyum Fosfat	0,507	0,025	a	0,525	0,025	d
	Amonyum Sülfat	0,507	0,022	a	0,523	0,026	c
KIZILAĞAÇ	Kontrol	0,654	0,017	b	0,665	0,011	b
	Çinko Borat	0,639	0,011	a	0,647	0,013	a
	Boraks	0,631	0,010	a	0,650	0,018	a
	Monoamonyum Fosfat	0,654	0,021	b	0,661	0,020	ab
	Amonyum Sülfat	0,652	0,014	b	0,651	0,018	a
SARIÇAM	Kontrol	0,582	0,044	ab	0,578	0,031	a
	Çinko Borat	0,562	0,021	a	0,560	0,025	a
	Boraks	0,590	0,022	b	0,585	0,020	a
	Monoamonyum Fosfat	0,598	0,038	b	0,629	0,042	b
	Amonyum Sülfat	0,581	0,016	ab	0,586	0,036	a

X:Aritmetik Ortalama S:Standart Sapma değerleridir.

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Kayın kontrplaklarda ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken,

kontrol grubu levhalarında, çinko borat ve borakslı gruplarda en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, borakslı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, amonyum sülfatlı gruplarda en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir.

Kavak kontrplaklarda MF tutkalı için, monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, kontrol grubu levhalarında en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir. ÜF tutkalı için ise gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır.

Kızılağaç kontrplaklarda ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, çinko borat ve borakslı gruplarda en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, kontrol grubu levhalarında ve monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, çinko borat, boraks, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir.

Sarıçam kontrplaklarda ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, boraks, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, kontrol grubu levhalarında, çinko borat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, kontrol grubu levhalarında, çinko borat, boraks ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında, farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların özgül ağırlığı üzerine tutkal türünün etkisini karşılaştırmak maksadı ile kontrol gurubu ve dört yangın geciktirici kimyasal için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; kontrol grubunda; kavak, monoamonyum fosfatlı ve amonyum sülfatlı gruplarda; kayın kontrplakların ÜF tutkalı ile üretilenlerin özgül ağırlık değerleri, MF'ye göre yüksek bulunmuştur. Borakslı gruplarda; kayın ve kıızılağaç ve monoamonyum fosfatlı gruplarda; sarıçam kontrplakların MF tutkalı ile üretilenlerin özgül ağırlık değerleri, ÜF'ye göre yüksek bulunmuştur. Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır.

3.1.3. Isıl İletkenlik

Emprenye işlemi uygulanmayan ve uygulanan kaplama levhaların ve üretilen kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri kullanılan tutkal türüne göre Tablo 16’ da verilmiştir.

Tablo 16. Elde edilen kaplamalara ve kontrplaklara ait ısı iletkenlik katsayı değerleri (W/mK)

Ağaç Türü	Emprenye Maddesi	Isıl iletkenlik katsayısı W/mK		
		Kaplama	Kontrplak	
			ÜF	MF
KAYIN	Kontrol	0.02390	0.07060	0.06762
	Çinko Borat	0.02597	0.06829	0.06784
	Boraks	0.02619	0.06852	0.06800
	Monoamonyum Fosfat	0.02672	0.06777	0.06567
	Amonyum Sülfat	0.02679	0.06904	0.06956
KAVAK	Kontrol	0.02570	0.07143	0.07001
	Çinko Borat	0.02627	0.07113	0.07113
	Boraks	0.02765	0.07136	0.07016
	Monoamonyum Fosfat	0.02772	0.06956	0.07121
	Amonyum Sülfat	0.02843	0.07008	0.07009
KIZILAĞAÇ	Kontrol	0.02490	0.07052	0.07143
	Çinko Borat	0.02657	0.06963	0.07173
	Boraks	0.02551	0.07001	0.07083
	Monoamonyum Fosfat	0.02758	0.07023	0.06852
	Amonyum Sülfat	0.02630	0.07165	0.07023
SARIÇAM	Kontrol	0.02600	0.07008	0.07389
	Çinko Borat	0.02720	0.06732	0.06829
	Boraks	0.02727	0.06926	0.07158
	Monoamonyum Fosfat	0.02776	0.07046	0.07285
	Amonyum Sülfat	0.02843	0.06904	0.06986

3.1.3.1. Kaplama Levhalarının Isıl İletkenlik Katsayıları Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi

Kayın, kavak ve sarıçam kaplamalarda, yangın geciktirici kimyasal türüne göre ısı iletkenlik katsayı değerleri arasında kıyaslama yapıldığında, en yüksek değerler amonyum sülfatlı grupta bulunurken, kızılağaç kaplamalarda ise, en yüksek değerler monoamonyum fosfatlı grupta bulunmuştur. En düşük değerler de kontrol grubu kaplamalarında bulunmuştur.

Kontrol grupları arasında kıyaslama yapıldığında en yüksek ısı iletkenlik katsayıları sarıçam kaplamalarda, en düşük ısı iletkenlik katsayıları ise kayın kaplamalarda elde edilmiştir.

3.1.3.2. Kontrplak Levhalarının Isıl İletkenlik Katsayıları Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi

Kontrol grupları arasında kıyaslama yapıldığında en yüksek ısı iletkenlik katsayıları sarıçam kontrplaklarda, en düşük ısı iletkenlik katsayıları ise kayın kontrplaklarda elde edilmiştir.

Üre formaldehit tutkalı için; kayın ve kavak kontrplaklarda en yüksek ısı iletkenlik katsayıları kontrol gruplarından elde edilirken, kızılâğaç kontrplaklarda amonyum sülfat, sarıçam kontrplaklarda ise monoamonyum fosfatlı gruplardan elde edilmiştir. En düşük değerler ise; kayın ve kavak için monoamonyum fosfat; kızılâğaç ve sarıçam içinde çinko boratlı gruplardan elde edilmiştir.

Melamin formaldehit tutkalı için, en yüksek değerler, kayın kontrplaklarda; amonyum sülfat, kavak kontrplaklarda; monoamonyum fosfat, kızılâğaç kontrplaklarda; çinko borat, sarıçam kontrplaklarda; kontrol gruplarında bulunmuştur. En düşük değerler ise; kayın ve kızılâğaç için monoamonyum fosfat; kavak için amonyum sülfat; sarıçam içinde çinko boratlı gruplardan elde edilmiştir.

3.1.3.3. Kontrplak Levhalarının Isıl İletkenlik Katsayıları Üzerine Tutkal Türünün Etkisi

Kayın ve kavak ile üretilen kontrplakların kontrol grubu levhalarında ısı iletkenlik katsayı değerleri, üre formaldehit tutkalında, melamin formaldehite göre daha yüksek bulunmuştur. Kızılâğaç ve sarıçam kontrplaklarında ise, melamin formaldehit, üre formaldehite göre daha yüksek değerler vermiştir.

Çinko boratlı kayın kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, üre formaldehit tutkalında, melamin formaldehite göre daha yüksek bulunmuştur. Kızılâğaç ve sarıçam kontrplaklarında ise, melamin formaldehit, üre formaldehite göre daha yüksek değerler vermiştir. Kavak kontrplaklarda ise tutkal türüne göre herhangi bir değişim olmamıştır.

Boraksız kayın ve kavak kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, üre formaldehit tutkalında, melamin formaldehite göre daha yüksek bulunmuştur. Kızılâğaç ve sarıçam

kontrplaklarında ise, melamin formaldehit, üre formaldehite göre daha yüksek değerler vermiştir.

Monoamonyum fosfatlı kayın ve kızılğaç kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, üre formaldehit tutkalında, melamin formaldehite göre daha yüksek bulunmuştur. Kavak ve sarıçam kontrplaklarında ise, melamin formaldehit, üre formaldehite göre daha yüksek değerler vermiştir.

Amonyum sülfatlı kızılğaç kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, üre formaldehit tutkalında, melamin formaldehite göre daha yüksek bulunmuştur. Kayın, kavak ve sarıçam kontrplaklarında ise, melamin formaldehit, üre formaldehite göre daha yüksek değerler vermiştir.

3.2. Mekanik Özellikler

3.2.1. Çekme-Makaslama Direnci

Üretilen kontrplak levhalarına ait çekme-makaslama direnci değerleri Tablo 17’de verilmiştir. Çekme-makaslama direnci değerlerinin belirlenmesinde kontrplak levhaları için 25’er adet örnek kullanılmıştır. Yangın geciktirici kimyasalların, kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine etkilerini karşılaştırmak maksadı ile basit varyans analizi yapılmıştır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi maksadıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Kontrplaklara ait çekme-makaslama direnci ortalama değerleri ve Student-Newman-Keuls testi sonuçları

Ağaç Türü	Emprenye Maddesi	Çekme Makaslama Direnci (N/mm ²)					
		ÜF			MF		
		X	S	Homojenlik Grupları*	X	S	Homojenlik Grupları*
KAYIN	Kontrol	3,34	0,388	b	2,97	0,360	b
	Çinko Borat	3,17	0,251	b	2,56	0,438	a
	Boraks	2,50	0,633	a	2,77	0,286	ab
	Monoamonyum Fosfat	3,32	0,210	b	2,67	0,289	a
	Amonyum Sülfat	2,46	0,229	a	2,59	0,273	a
KAVAK	Kontrol	2,05	0,474	c	2,00	0,371	b
	Çinko Borat	1,41	0,146	ab	1,32	0,138	a
	Boraks	1,66	0,395	b	1,50	0,236	a
	Monoamonyum Fosfat	1,36	0,120	a	1,85	0,305	b
	Amonyum Sülfat	1,51	0,293	ab	1,97	0,176	b
KIZILAĞAÇ	Kontrol	2,22	0,262	a	2,08	0,372	b
	Çinko Borat	2,23	0,268	a	2,42	0,289	c
	Boraks	2,20	0,465	a	2,02	0,419	ab
	Monoamonyum Fosfat	2,14	0,433	a	1,77	0,172	a
	Amonyum Sülfat	1,93	0,199	a	1,99	0,271	ab
SARIÇAM	Kontrol	1,83	0,253	c	1,43	0,166	b
	Çinko Borat	1,16	0,199	a	1,42	0,177	b
	Boraks	1,44	0,310	b	1,32	0,215	b
	Monoamonyum Fosfat	1,15	0,280	a	0,99	0,160	a
	Amonyum Sülfat	1,17	0,245	a	1,25	0,291	b

X:Aritmetik Ortalama S:Standart Sapma değerleridir.

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Kayın kontrplaklarda ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, çinko borat ve monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken; amonyum sülfat ve boraklı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, kontrol grubu levhalarında ve boraklı gruplarda en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken, çinko borat, boraks, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir.

Kavak kontrplaklarda ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken; monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, kontrol grubu levhalarında, amonyum sülfat ve monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken, çinko borat ve boraklı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir.

Kızılağaç kontrplaklarda MF tutkalı için, çinko boratlı gruplarda en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve boraklı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir. ÜF tutkalı için ise gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır.

Sarıçam kontrplaklarda ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken; monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, kontrol grubu levhalarında, amonyum sülfat, boraks ve çinko boratlı gruplarda en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfatlı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında, farklı ağaç türlerin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine tutkal türünün etkisini belirlemek maksadı ile kontrol gurubu ve dört yangın geciktirici kimyasal için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; kontrol gruplarında; kayın ve sarıçam, monoamonyum fosfatlı gruplarda kayın ve kıızılağaç, çinko boratlı gruplarda ise; kayın kontrplakların ÜF tutkalı ile üretilenlerinin çekme-makaslama direnci değerleri, MF'den daha yüksek bulunmuştur. Amonyum sülfat ve monoamonyum fosfatlı gruplarda; kavak ve çinko boratlı gruplarda; sarıçam kontrplakların MF tutkalı ile üretilenlerinin çekme-makaslama direnci değerleri, ÜF'ye göre daha yüksek bulunmuştur. Diğer gruplar arasında ise istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır.

3.2.2. Eğilme Direnci

Üretilen kontrplak levhalarına ait eğilme direnci değerleri Tablo 18’de verilmiştir. Eğilme direnci değerlerinin belirlenmesinde kontrplak levhaları için 16’şar adet örnek kullanılmıştır. Yangın geciktirici kimyasalların, kontrplakların eğilme direnci üzerine etkilerini karşılaştırmak maksadı ile basit varyans analizi yapılmıştır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi maksadıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Kontrplaklara ait eğilme direnci ortalama değerleri ve Student-Newman-Keuls testi sonuçları

Ağaç Türü	Emprenye Maddesi	Eğilme Direnci (N/mm ²)					
		ÜF			MF		
		X	S	Homojenlik Grupları*	X	S	Homojenlik Grupları*
KAYIN	Kontrol	118,95	5,09	a	103,59	2,90	a
	Çinko Borat	119,00	6,32	a	103,55	5,07	a
	Boraks	123,44	6,31	a	104,87	4,45	a
	Monoamonyum Fosfat	121,72	9,13	a	101,24	6,64	a
	Amonyum Sülfat	122,35	9,97	a	102,30	9,54	a
KAVAK	Kontrol	78,23	6,62	a	64,02	3,91	a
	Çinko Borat	78,66	6,59	a	65,76	6,23	a
	Boraks	73,83	8,20	a	63,78	6,95	a
	Monoamonyum Fosfat	71,07	6,77	a	68,13	4,59	a
	Amonyum Sülfat	77,34	6,86	a	66,26	6,66	a
KIZILAĞAÇ	Kontrol	107,36	7,08	b	92,95	4,42	a
	Çinko Borat	107,31	7,78	b	99,21	5,99	a
	Boraks	98,40	8,34	a	105,67	5,76	b
	Monoamonyum Fosfat	107,19	7,04	b	97,85	5,52	a
	Amonyum Sülfat	105,61	6,85	b	98,92	6,89	a
SARIÇAM	Kontrol	81,85	8,43	ab	81,49	12,04	b
	Çinko Borat	76,78	9,65	a	68,25	11,18	a
	Boraks	89,76	8,06	b	76,33	11,24	ab
	Monoamonyum Fosfat	86,82	7,61	b	80,84	10,05	b
	Amonyum Sülfat	76,25	8,91	a	76,77	9,44	ab

X:Aritmetik Ortalama S:Standart Sapma değerleridir.

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Kayın ve kavak kontrplakların her iki tutkal türünde de; emprenye işlemi açısından, tüm gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

Kızılağaç kontrplaklarda ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda en yüksek eğilme direnci değerleri elde edilirken; boraklı gruplarda en düşük eğilme direnci değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, boraklı gruplarda en yüksek eğilme direnci değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda en düşük eğilme direnci değerleri elde edilmiştir.

Sarıçam kontrplaklarda ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat ve boraklı gruplarda en yüksek eğilme direnci değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda en düşük eğilme direnci değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve boraklı gruplarda en yüksek eğilme direnci değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, boraks, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda en düşük eğilme direnci değerleri elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında, farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların eğilme direnci üzerine tutkal türünün etkisini belirlemek maksadı ile kontrol grubu ve dört yangın geciktirici kimyasal için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; kontrol, çinko borat ve amonyum sülfatlı gruplarda; kayın, kavak ve kızağaç, boraklı gruplarda; kayın, kavak ve sarıçam; monoamonyum fosfatlı gruplarda ise; kayın ve kızağaç kontrplakların ÜF tutkalı ile üretilenlerinin eğilme direnci, MF'ye göre daha yüksek bulunmuştur. Sadece boraklı gruplarda kızağaç kontrplakların MF tutkalı ile üretilenlerinin eğilme direnci, ÜF' ye göre yüksek bulunmuştur. Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

3.2.3. Elastikiyet Modülü

Üretilen kontrplak levhalarına ait elastikiyet modülü değerleri Tablo 19'da verilmiştir. Elastikiyet modülü değerlerinin belirlenmesinde kontrplak levhaları için 16'şar adet örnek kullanılmıştır. Yangın geciktirici kimyasalların, kontrplakların elastikiyet modülü üzerine etkilerini karşılaştırmak maksadı ile basit varyans analizi yapılmıştır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik gruplarının tespit edilmesi maksadıyla yapılan Student-Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19. Kontrplak levhalarına ait elastikiyet modülü ortalama değerleri ve Student-Newman-Keuls testi sonuçları

Ağaç Türü	Emprenye Maddesi	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)					
		ÜF			MF		
		X	S	Homojenlik Grupları*	X	S	Homojenlik Grupları*
KAYIN	Kontrol	8541,63	407,79	a	8256,64	283,55	bc
	Çinko Borat	9178,93	447,91	b	8460,04	554,36	c
	Boraks	9234,79	539,88	b	8128,39	415,66	bc
	Monoamonyum Fosfat	8646,49	585,89	ab	7754,68	859,01	ab
	Amonyum Sülfat	8963,19	645,09	ab	7452,73	603,77	a
KAVAK	Kontrol	5333,63	411,90	c	4967,94	201,25	a
	Çinko Borat	5492,68	296,59	c	5067,02	255,04	a
	Boraks	4128,12	337,33	a	4847,63	254,41	a
	Monoamonyum Fosfat	4951,04	352,63	b	5055,35	259,96	a
	Amonyum Sülfat	5257,36	230,84	bc	5018,56	253,07	a
KIZILAĞAÇ	Kontrol	8147,13	429,77	a	7602,22	347,18	a
	Çinko Borat	8276,23	477,35	a	8107,28	378,26	b
	Boraks	7908,73	577,67	a	8117,49	364,71	b
	Monoamonyum Fosfat	8024,75	279,49	a	7917,11	578,84	ab
	Amonyum Sülfat	8176,76	494,14	a	7982,50	276,92	ab
SARIÇAM	Kontrol	5275,66	532,13	ab	5259,44	541,86	ab
	Çinko Borat	5171,61	402,45	a	5501,04	309,77	bc
	Boraks	5484,33	307,56	ab	4939,66	429,22	a
	Monoamonyum Fosfat	5671,35	416,72	c	5806,39	511,64	c
	Amonyum Sülfat	5411,29	219,31	ab	5193,85	220,06	ab

X: Aritmetik ortalama S: Standart Sapma değerleridir.

*Farklı harfler istatistiksel olarak belirgin bir fark olduğunu belirtmektedir.

Kayın kontrplaklarda ÜF tutkalı için, çinko borat, boraks, amonyum sülfat ve monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, amonyum sülfat ve monoamonyum fosfat gruplarda en düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, kontrol grubu levhalarında, çinko borat ve borakslı gruplarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir.

Kavak kontrplaklarda ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, çinko borat ve amonyum sülfatlı gruplarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilirken; borakslı gruplarda en düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır.

Kızılağaç kontrplaklarda MF tutkalı için, boraks, çinko borat, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir. ÜF tutkalı için ise gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır.

Sarıçam kontrplaklarda ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, boraks, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, boraks, çinko borat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için, çinko borat ve monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, boraks ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında, farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri üzerine tutkal türünün etkisini karşılaştırmak maksadı ile kontrol grubu ve dört yangın geciktirici kimyasal için ayrı ayrı olmak üzere basit varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; boraks ve amonyum sülfatlı gruplarda; kayın ve sarıçam, kontrol gruplarında; kavak ve kızılağaç, çinko boratlı gruplarda; kayın ve kavak, mono amonyum fosfatlı gruplarda ise; kayın kontrplakların ÜF tutkalı ile üretilenlerinin elastikiyet modülü değerleri, MF' den daha yüksek bulunmuştur. Sadece borakslı gruplarda; kavak kontrplakların MF tutkalı ile üretilenlerinin elastikiyet modülü değerleri, ÜF'ye göre daha yüksek bulunmuştur. Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

3.3. TGA Yöntemiyle Yanma Mukavemeti

Deney örneklerine yapılan TGA sonucu her bir örnek grubu 20 °C /dk hızla 800 °C' ye kadar ısıtılmıştır. Örneklerin bozulmaya başladığı sıcaklık değeri, maksimum bozulmanın olduğu sıcaklık değeri ile bu sıcaklıktaki kalan kütle miktarı ve 800 °C'deki kalan kütle miktarı % olarak Tablo 20' de verilmiştir.

Tablo 20. Ağaç türü ve emprenye maddesine göre TGA sonuçları

Ağaç Türü	Emprenye Maddesi	Bozulma Başlangıç Sıcaklığı (°C)	Maksimum Bozulma Sıcaklığı (°C)	Maksimum Bozulma Sıcaklığındaki Kalıntı Miktarı (%)	800 °C' deki Kalıntı Miktarı (%)
KAYIN	Kontrol	229,5	368,9	37,76	11,09
	Çinko Borat	231,1	368	42,21	18,13
	Boraks	228,7	351,4	42,90	16,20
	Monoamonyum Fosfat	227,9	361,8	37,55	12,03
	Amonyum Sülfat	227,6	361,7	38,60	13,56
KAVAK	Kontrol	231,4	370,4	35,37	5,02
	Çinko Borat	230,6	363,6	37,51	10,22
	Boraks	234,5	347,8	44,76	15,54
	Monoamonyum Fosfat	194,1	289,9	60,07	10,96
	Amonyum Sülfat	184,7	238,7	80,59	18,12
KIZILAĞAÇ	Kontrol	233,9	370,3	35,85	7,25
	Çinko Borat	235,5	365,3	36,77	7,36
	Boraks	233,4	349,7	45,71	16,73
	Monoamonyum Fosfat	180,1	311,1	59,51	10,44
	Amonyum Sülfat	178,7	358,2	41,25	12,47
SARIÇAM	Kontrol	180,7	376,6	37,53	9,54
	Çinko Borat	177,5	360,5	42,90	16,47
	Boraks	178,8	348,6	44,33	13,35
	Monoamonyum Fosfat	180	290,5	66,37	16,97
	Amonyum Sülfat	178,8	245,5	73,05	18,10

3.3.1. Kaplama Levhalarının Yanma Mukavemeti Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi

Kayın kaplamalardan elde edilen örneklerin TGA sonuçlarına göre; 800 °C sıcaklık sonunda kalan kütle miktarı yüzde olarak en yüksek % 18,13 ile çinko borat ile emprenye edilmiş örneklerde görülürken; en düşük % 11,09 ile emprenye edilmemiş kontrol grubunda tespit edilmiştir. Çinko borat ile emprenye edilmiş örneklerin başlangıç bozulma sıcaklığı en yüksek, amonyum sülfat ile emprenye edilmiş örneklerin ise en düşük bulunmuştur. Hızlı

pirolizin gerekleŖtiđi sıcaklık değeri ise, en yüksek 368,9 °C ile kontrol grubunda, en dŖk ise 351,4 °C ile boraks ile emprenye edilmiŖ örneklerde tespit edilmiŖtir.

Kavak kaplamalardan elde edilen örneklerin TGA sonuçlarına göre; 800 °C sıcaklık sonunda kalan kütle miktarı yüzde olarak en yüksek % 18,12 ile amonyum sülfat ile emprenye edilmiŖ örneklerde görülürken; en dŖk % 5,02 ile kontrol grubunda tespit edilmiŖtir. Boraks ile emprenye edilmiŖ örneklerin baŖlangı bozulma sıcaklığı en yüksek, amonyum sülfat ile emprenye edilmiŖ örneklerin ise en dŖk bulunmuŖtur. Hızlı pirolizin gerekleŖtiđi sıcaklık değeri ise, en yüksek 370,4 °C ile kontrol grubunda, en dŖk ise 238,7 °C ile amonyum sülfat ile emprenye edilmiŖ örneklerde tespit edilmiŖtir.

Kızılağaç kaplamalardan elde edilen örneklerin TGA sonuçlarına göre; 800 °C sıcaklık sonunda kalan kütle miktarı yüzde olarak en yüksek % 16,73 ile boraks ile emprenye edilmiŖ örneklerde görülürken; en dŖk % 7,25 ile kontrol grubunda tespit edilmiŖtir. Çinko borat ile emprenye edilmiŖ örneklerin baŖlangı bozulma sıcaklığı en yüksek, amonyum sülfat ile emprenye edilmiŖ örneklerin ise en dŖk bulunmuŖtur. Hızlı pirolizin gerekleŖtiđi sıcaklık değeri ise, en yüksek 370,3 °C ile kontrol grubunda, en dŖk ise 311,1 °C ile monoamonyum fosfat ile emprenye edilmiŖ örneklerde tespit edilmiŖtir.

Sarıçam kaplamalardan elde edilen örneklerin TGA sonuçlarına göre; 800 °C sıcaklık sonunda kalan kütle miktarı yüzde olarak en yüksek % 18,10 ile amonyum sülfat ile emprenye edilmiŖ örneklerde görülürken; en dŖk % 9,54 ile kontrol grubunda tespit edilmiŖtir. Kontrol grubu örneklerin baŖlangı bozulma sıcaklığı en yüksek, çinko borat ile emprenye edilmiŖ örneklerin ise en dŖk bulunmuŖtur. Hızlı pirolizin gerekleŖtiđi sıcaklık değeri ise, en yüksek 376,6 °C ile kontrol grubunda, en dŖk ise 245,5 °C ile amonyum sülfat ile emprenye edilmiŖ örneklerde tespit edilmiŖtir.

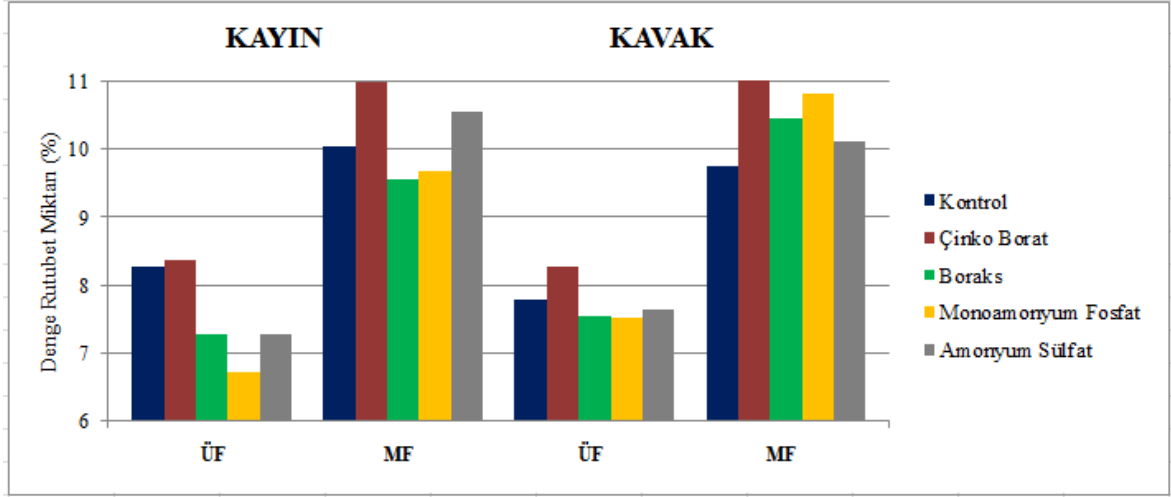
4. İRDELEME

4.1. Fiziksel Özellikler

4.1.1. Denge Rutubet Miktarı

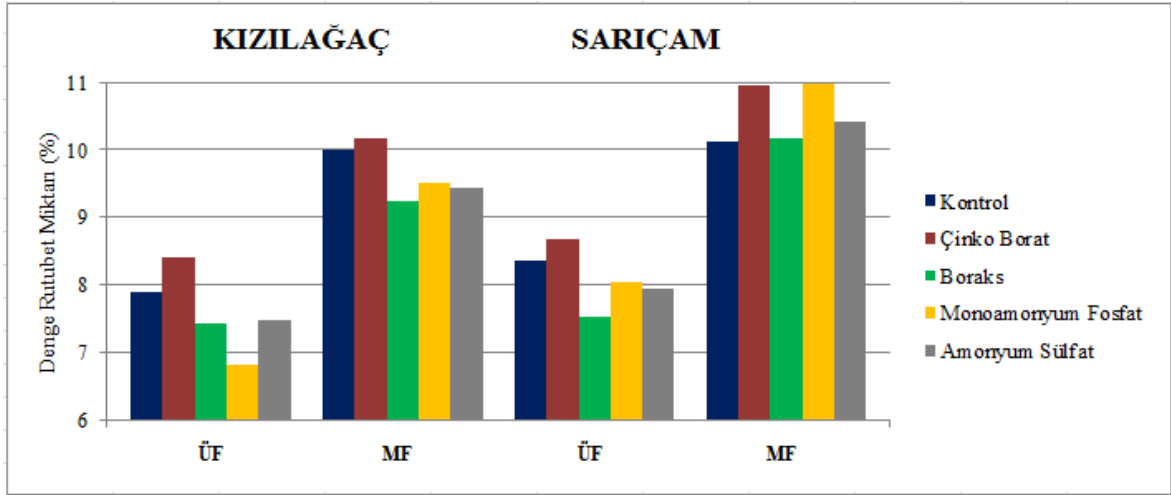
4.1.1.1. Kontrplak Levhalarının Denge Rutubeti Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi

Dört farklı ağaç türünden ÜF ve MF tutkalları kullanılarak üretilen kontrplak levhalarının denge rutubet miktarı değerleri; emprenye işleminde uygulanan yangın geciktirici kimyasallara bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen kontrplakların denge rutubeti üzerine emprenye işleminin etkisi Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. ÜF ve MF tutkalları ile üretilmiş kontrplak levhalarının denge rutubeti üzerine emprenye işleminin etkisi

Şekil 9' un devamı



Yapılan çalışmada tüm gruplar için en yüksek denge rutubeti miktarı değerlerini, çinko boratlı gruplar vermiştir. Bunun sebebi; çinko boratın suda fazla çözünmeyip kaplama yüzeylerinde birikmesi olabilir. Levha üretimi sonunda yüzeye yakın biriken çinko boratın, ortamdaki rutubeti böylece daha kolay çekebileceği literatürde belirtilmiştir (Ustaömer, 2008).

Yapılan çalışmada en yüksek retensiyon miktarları çinko borat ile emprenye edilmiş kaplamalarda görülmüştür. Bu durum, çinko boratlı grupların denge rutubet miktarlarının yüksek olmasını açıklayabilir. Çünkü, literatürde denge rutubet miktarındaki artışın, kimyasal tipi, kimyasalın retensiyon miktarı, ağaç türü ve boyutuna göre değişebileceği belirtilmiştir (Anonim, 1999).

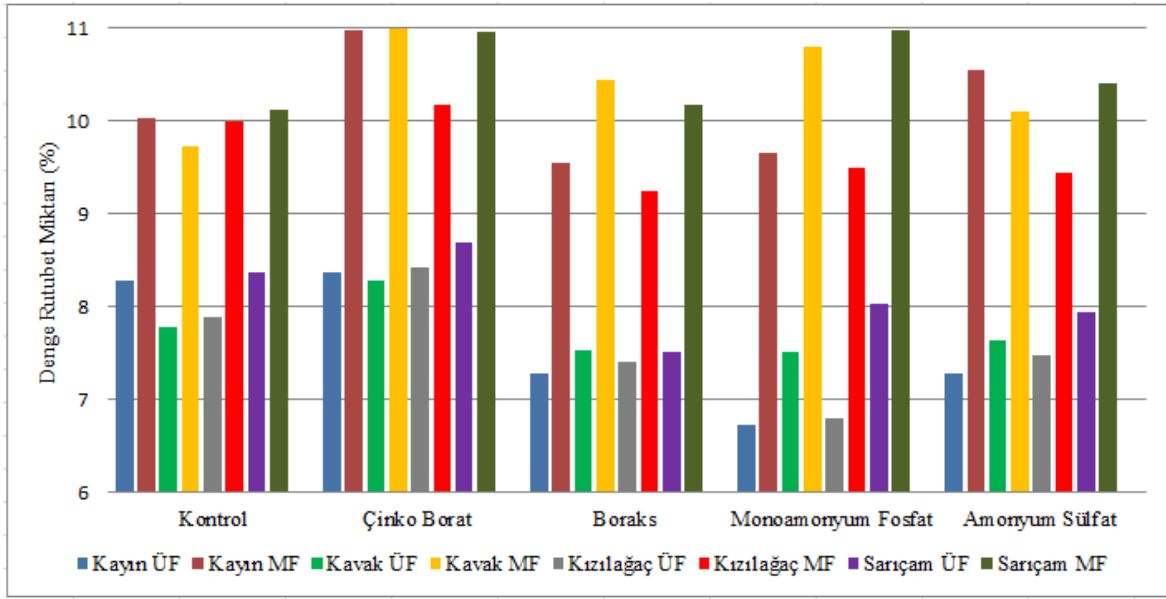
En düşük denge rutubeti miktarı değerleri ise, kayın ve kızılğaç için monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve boraklı gruplardan elde edilirken; kavak ve sarıçam kontrplakları için ise, kontrol grubu levhalarında ve boraklı gruplardan elde edilmiştir.

İnorganik yangın geciktirici tuzlar, özellikle yüksek bağıl nemdeki emprenye edilmemiş odundan daha fazla higroskopiktir. %80' nin üzerindeki bağıl nemlerde bu tuzlarla emprenye edilmiş kaplamaların denge rutubet miktarları, hızlı bir şekilde artacaktır (Kartal vd., 2007a; Candan vd. 2009). Literatürdeki bilgilerle çalışmadaki sonuçlar çinko borat dışında genel olarak benzerlik göstermemiştir.

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

4.1.1.2. Kontrplak Levhalarının Denge Rutubeti Üzerine Tutkal Türünün Etkisi

Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplak levhaların denge rutubet miktarı değerleri; üretimlerinde kullanılan tutkal türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen kontrplakların denge rutubet miktarı değerleri üzerine tutkal türünün etkisi Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10. Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal türünün denge rutubeti miktarı üzerine etkisi

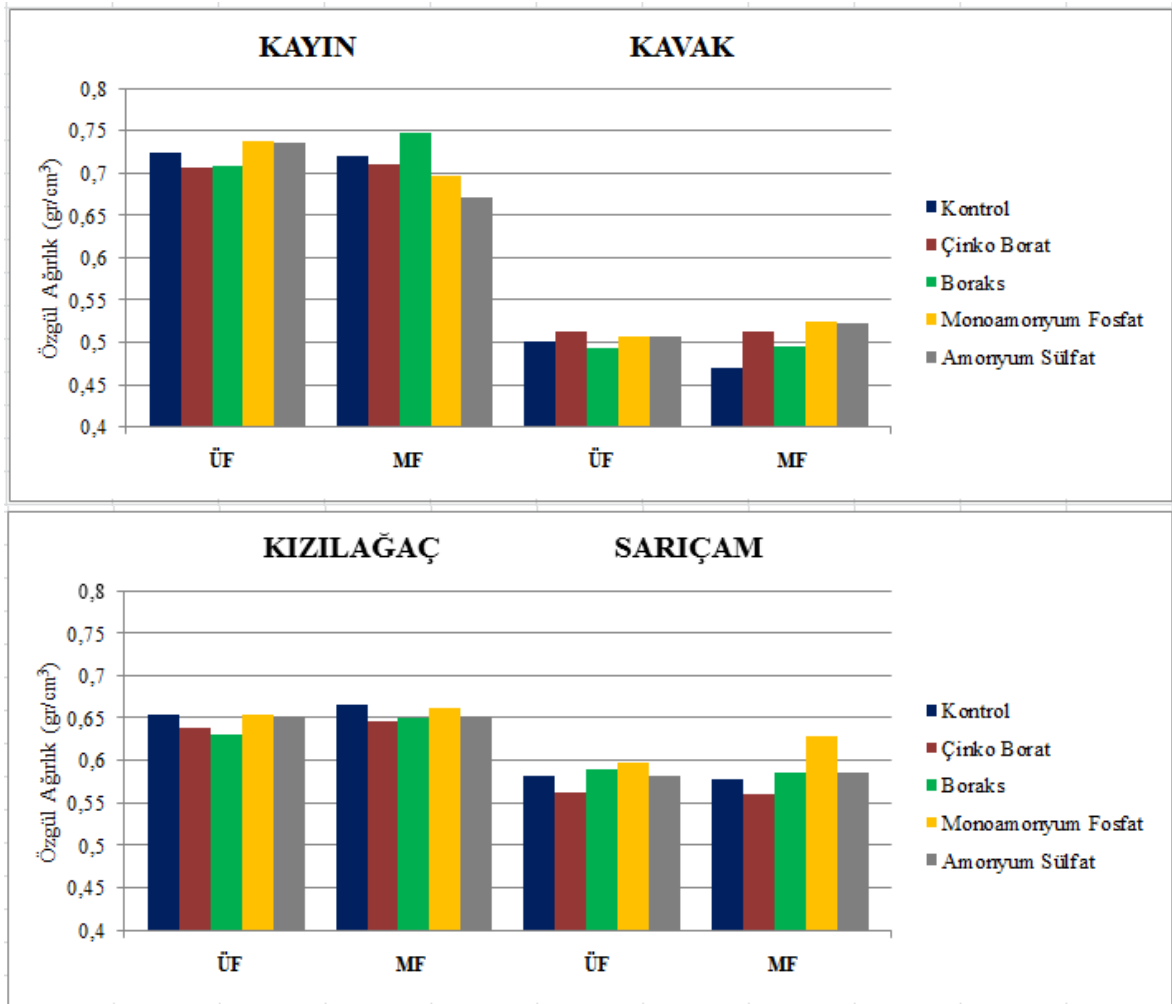
Yapılan çalışmada; tüm gruplarda, istatistiksel olarak MF tutkalı ile üretilen kontrplakların, ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubet miktarı değerlerine göre daha yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür.

Tüm gruplar için elde edilen denge rutubeti değerleri her bir ağaç grubu için yangın geciktirici kimyasal türüne göre farklı sonuçlar göstermektedir. Tutkalların sahip olduğu kimyasal içerik nedeniyle farklı presleme koşullarında farklı denge rutubeti miktarı vermesi beklenen bir sonuçtur (Mirski vd., 2009).

4.1.2. Özgül Ağırlık

4.1.2.1. Kontrplak Levhalarının Özgül Ağırlığı Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi

Dört farklı ağaç türünden ÜF ve MF tutkalları kullanılarak üretilen kontrplak levhaların özgül ağırlık değerleri; emprenye işleminde uygulanan yangın geciktirici kimyasallara bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen kontrplakların özgül ağırlığı üzerine emprenye işleminin etkisi Şekil 11’de görülmektedir.



Şekil 11. ÜF ve MF tutkalları ile üretilmiş kontrplak levhalarının özgül ağırlığı üzerine emprenye işleminin etkisi

Yapılan çalışmada en yüksek özgül ağırlık değerlerini, genel olarak monoamonyum fosfatlı gruplar vermiştir. Sadece MF tutkalı ile üretilen kayın kontrplaklarda, boraklı gruplar en yüksek değer vermiştir. Literatürde sarıçam ve doğu kayını odunlarının çeşitli emprenye maddeleri ile işlem görmesi sonucu yoğunluklarında artış olduğu bildirilmektedir (Örs vd., 1999).

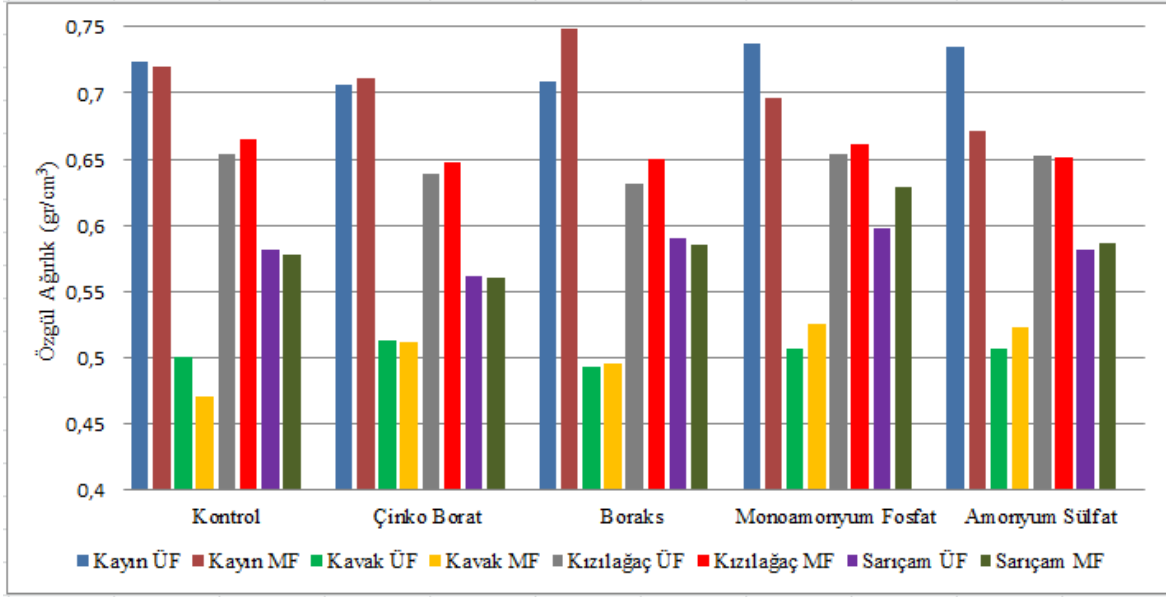
En düşük özgül ağırlık değerlerini, genel olarak çinko borat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kontrplaklar vermiştir. Bunun dışında, MF tutkalı ile üretilen kayın kontrplaklarda; amonyum sülfatlı gruplar, kavak kontrplaklarda ise kontrol grubu levhaları en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir. Çinko boratın yapısında bulunan çinko iyonunun varlığı, bu maddenin rutubet arttırıcı etkenlerin başında yer alabilir. Bilindiği üzere, elektrolitler ve iyonik metallerin selülozu şişirici bir etkisi bulunmaktadır. (Ustaömer 2008). Bu sebepten dolayı, yapılan bu çalışmada çinko boratlı kontrplak levhalarının hacimdeki artışa bağlı olarak özgül ağırlıklarının düşmesi beklenen bir sonuçtur.

Emprenye edilmiş ağaç malzemelerin tam kuru yoğunluk değerlerinin farklılık göstermesi, ağaç malzemelerin anatomik yapısına bağlı olarak hava boşluğu oranı (porozite), yıllık halka genişliği ve emprenye maddesi çeşidinden kaynaklanmış olabilir (Aytaşkın 2009).

Emprenyeli ağaç malzemenin özgül ağırlıkları kontrol örneklerine oranla bir miktar daha yüksektir. Kontrol örneklerinde porozlar hava ile doludur, ancak emprenyeli örneklerde porozlar emprenye maddeleriyle doludur. Hava boşluğunun daha az olmasından dolayı özgül ağırlıkların artması beklenen bir sonuçtur (Aytaşkın, 2009).

4.1.2.2. Kontrplak Levhalarının Özgül Ağırlığı Üzerine Tutkal Türünün Etkisi

Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplak levhaların özgül ağırlık değerleri; üretimlerinde kullanılan tutkal türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri üzerine tutkal türünün etkisi Şekil 12’de görülmektedir.



Şekil 12. Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal türünün özgül ağırlık üzerine etkisi

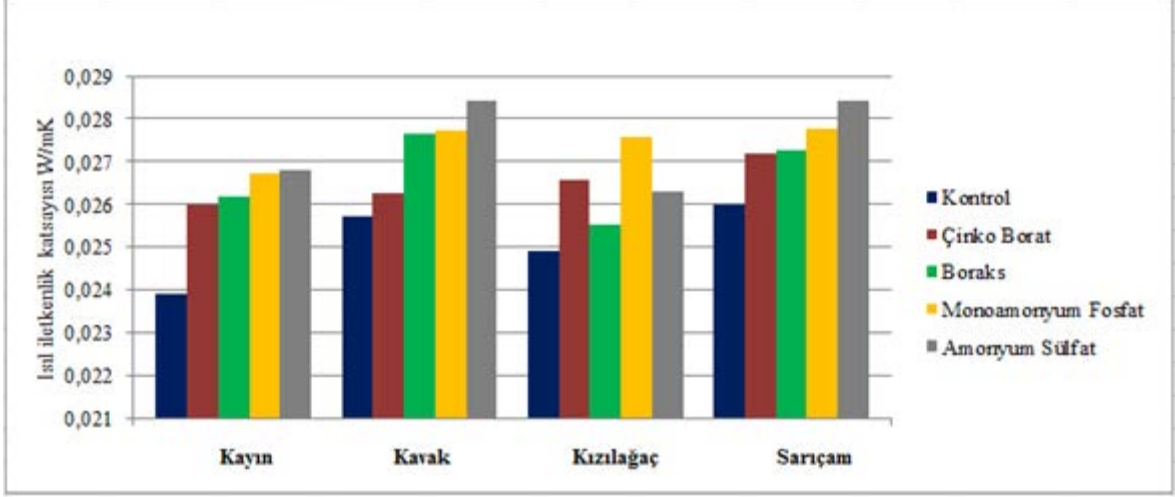
Şekil 13'e göre; kontrol grubu levhalarında sadece kavaktan, ÜF ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri, MF' den istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Borakslı kayın ve kızılbaş kontrplaklarda; MF ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri, ÜF' e göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Monoamonyum fosfatlı kayın kontrplaklarda, ÜF ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri, MF' li levhalardan; sarıçam kontrplaklarda ise, MF ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri, ÜF ile üretilen levhalardan istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Amonyum sülfatlı kayın kontrplaklarda, ÜF ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri, MF ile üretilen levhalardan istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer gruplar arasında ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

4.1.3. Isıl İletkenlik

4.1.3.1. Kaplama Levhalarının Isıl İletkenlik Katsayıları Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi

Dört farklı ağaç türünden elde edilen kaplama levhaların ısı iletkenlik katsayı değerleri; emprenye işleminde uygulanan yangın geciktirici kimyasallara bağlı olarak

değişiklik göstermiştir. Kaplama levhalarının ısı iletkenlik katsayıları üzerine emprenye işleminin etkisi Şekil 13’de görülmektedir.



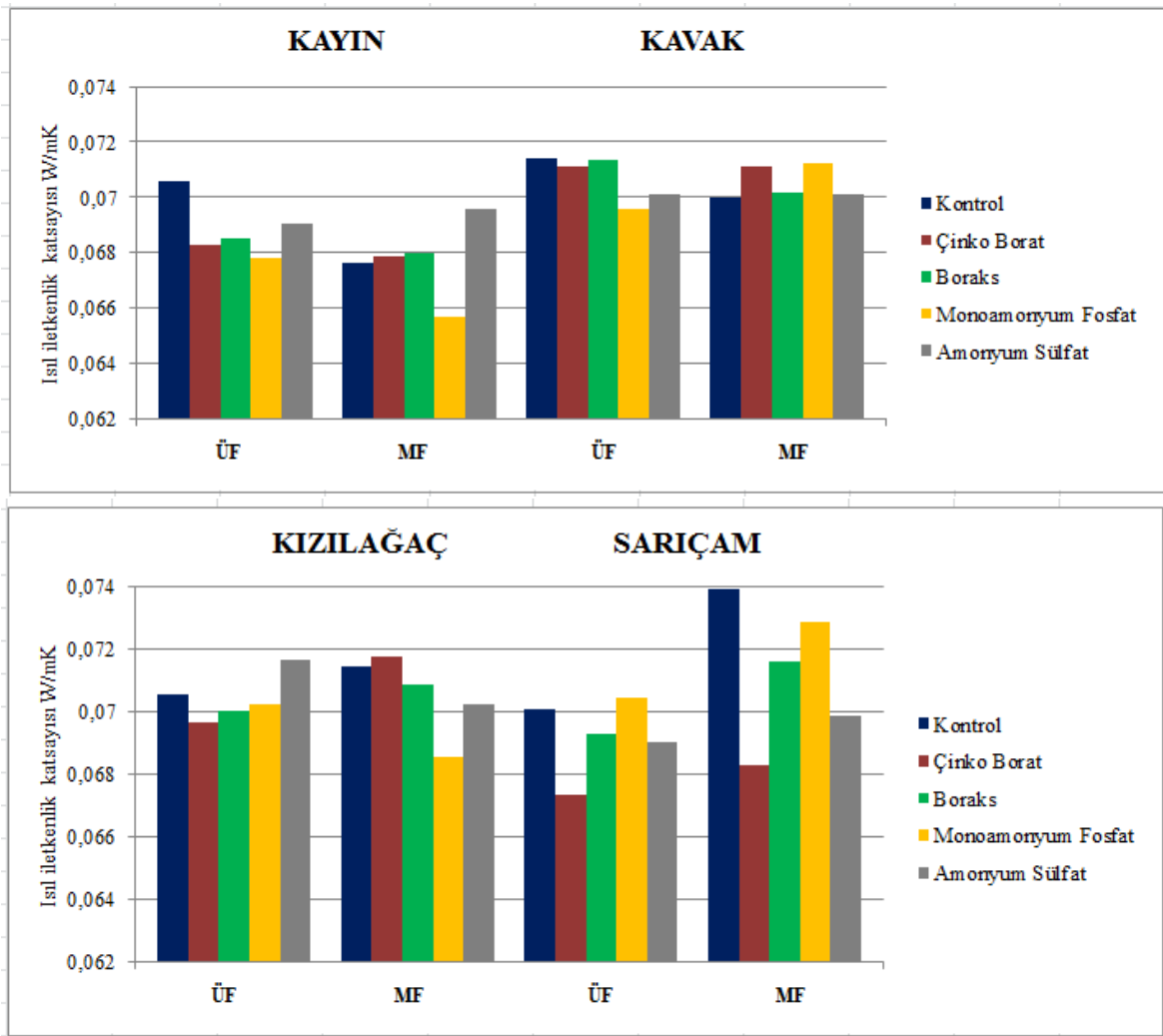
Şekil 13. Ağaç türüne göre, emprenye işleminin kaplama levhalarının ısı iletkenlik katsayıları üzerine etkisi

Şekil 13’e göre; kayın, kavak ve sarıçam kaplamalarda, yangın geciktirici kimyasal türüne göre ısı iletkenlik katsayı değerleri arasında kıyaslama yapıldığında, en yüksek değerler amonyum sülfatlı gruplarda bulunmuştur. Kızılağaç kaplamalarda ise, en yüksek ısı iletkenlik katsayısı değeri, monoamonyum fosfatlı gruplardan elde edilmiştir. Tüm test grupları ele alındığında, en düşük değerler kontrol gurubu kaplamalarında bulunmuştur. Kurt vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, çeşitli yangın geciktirici kimyasallar arasından amonyum sülfat ile emprenye edilmiş örneklerin ısı iletkenlik katsayıları en yüksek bulunmuştur. Aynı çalışmada emprenye işlemi uygulanmayan kontrol gruplarının da en düşük ısı iletkenlik katsayısı değerlerini verdiği görülmüştür. Şahin Kol vd. (2008) hücre lümenindeki havanın daha iyi bir ısı iletkenliğine sahip maddeyle yer değiştirdiğinden ısı iletkenliğinin artacağını belirtmektedirler.

Ağaç türüne göre bir kıyaslama yapıldığında (kontrol grupları), en yüksek ısı iletkenlik katsayıları sarıçam kaplamalarda, en düşük ısı iletkenlik katsayıları ise kayın kaplamalardan elde edilmiştir. Ağaç malzemede ısı iletme kabiliyeti, ağaç türlerine ve aynı ağaçta liflerin gidiş yönüne göre değiştiği gibi, ağaç malzemenin anatomik yapısı ile de doğrudan ilişkilidir (Demirkır, 2014).

4.1.3.2. Kontrplak Levhalarının Isıl İletkenlik Katsayıları Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi

Dört farklı ağaç türünden ÜF ve MF tutkalları kullanılarak üretilen kontrplak levhaların ısı iletkenlik katsayı değeri; emprenye işleminde kullanılan yangın geciktirici kimyasallara bağı olarak değışiklik göstermiştir. Üretilen kontrplakların ısı iletkenlik katsayıları üzerine emprenye işleminin etkisi Şekil 14’de görülmektedir.



Şekil 15. ÜF ve MF tutkalları ile üretilmiş kontrplak levhalarının ısı iletkenlik katsayıları üzerine emprenye işleminin etkisi

Kontrol grupları arasında kıyaslama yapıldığında en yüksek ısı iletkenlik katsayıları sarıçam kontrplaklarda, en düşük ısı iletkenlik katsayıları ise kayın kontrplaklarda elde edilmiştir. Isı iletkenlik katsayı değeri ağaç türüne göre değışim gösterdiği birçok

çalışmada vurgulanmıştır (Kol ve Sefil, 2011; Rice ve Shepard, 2004). Ağaç malzemeden üretilen levha ürünlerinde ısı iletkenlik; çeşitli bağlayıcı maddeler ve bunlara ilave edilen dolgu ve katkı maddeleri ile üretilen ahşap levhalarda bağlayıcı madde çeşidi ve katkı maddelerinin türüne göre farklılık göstermektedir (Demirkır, 2014).

ÜF tutkalı için; kayın ve kavak kontrplaklarda en yüksek ısı iletkenlik katsayıları, kontrol gruplarından elde edilirken, kızılağaç kontrplaklarda en yüksek amonyum sülfat, sarıçam kontrplaklarda ise monoamonyum fosfatlı gruplardan elde edilmiştir. En düşük değerler ise; kayın ve kavak için monoamonyum fosfat; kızılağaç ve sarıçam içinde çinko boratlı gruplardan elde edilmiştir.

MF tutkalı için en yüksek değerler, kayın kontrplaklarda; amonyum sülfat, kavak kontrplaklarda; monoamonyum fosfat, kızılağaç kontrplaklarda; çinko borat, sarıçam kontrplaklarda; kontrol gruplarında bulunmuştur. En düşük değerler ise; kayın ve kızılağaç için monoamonyum fosfat; kavak için amonyum sülfat; sarıçam için de çinko boratlı gruplardan elde edilmiştir.

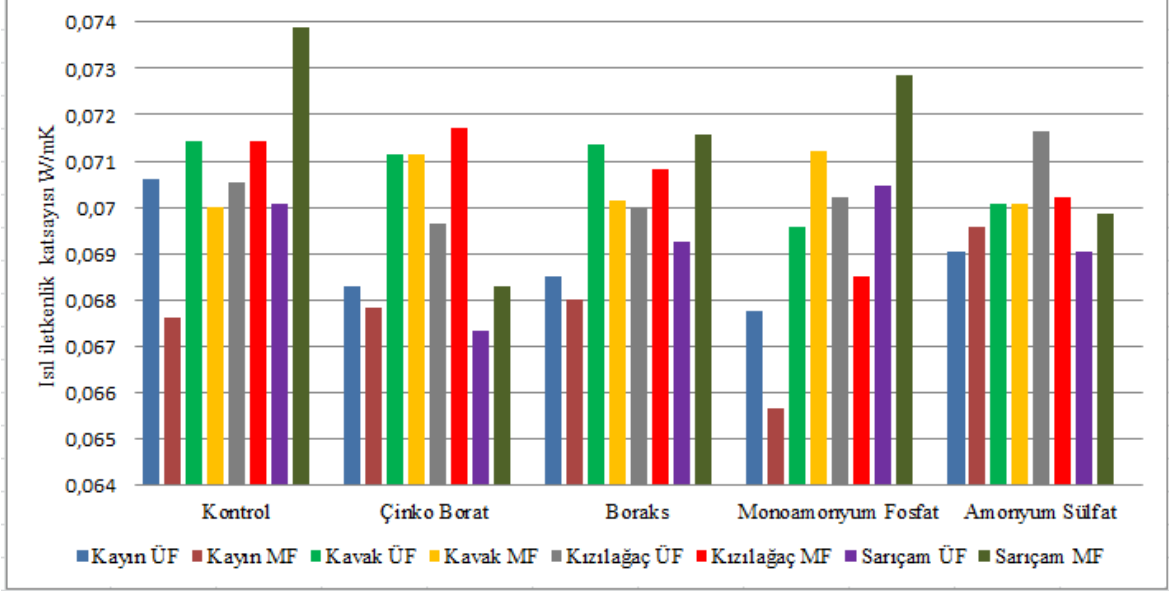
Emprenyeli ağaç malzemenin yoğunlukları kontrol örneklerine oranla bir miktar daha yüksektir. Kontrol örneklerinde porlar hava ile doludur, ancak emprenyeli örneklerde porlar emprenye maddeleriyle doludur. Sonuçta hava boşluğu daha az olacağından ısı iletkenliği yükselebilir (Aytaşkın, 2009). Bu çalışmadaki sonuçlar bazı gruplar dışında literatüre uyumlu bulunamamıştır. Bunun sebebi olarak da tutkalın ve içerisine ilave edilen katkı ve dolgu maddelerinin ağaç türüne göre ısı iletkenlik katsayısı üzerinde farklı etkiler yapabileceği düşünülmektedir.

Genel olarak, araştırılan gruplardaki ısı iletkenlik katsayısı değerleri arasında çok küçük farklılıklar vardır. Bunun sebebi düşük emprenye retensiyon miktarlarıdır. Literatürde, retensiyon miktarları arttıkça ısı iletkenlik katsayısı değerlerinin yükseldiği belirtilmektedir. Ancak, daldırma yöntemiyle emprenye işlemi diğer emprenye yöntemlerine göre daha düşük retensiyon miktarları verdiği için gruplar arasındaki farklar çok belirgin olmamaktadır (Uysal vd., 2008).

4.1.3.3. Kontrplak Levhalarının Isıl İletkenlik Katsayıları Üzerine Tutkal Türünün Etkisi

Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplak levhaların ısı iletkenlik katsayı değerleri; üretimlerinde kullanılan tutkal türüne bağlı

olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri üzerine tutkal türünün etkisi Şekil 15’de görölmektedir.



Şekil 16. Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal türünün ısı iletkenlik katsayıları üzerine etkisi

Kontrol grubu levhalarında, kayın ve kavak ile ÜF tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, MF’ ye göre daha yüksek bulunmuştur. Kızılağaç ve sarıçam kontrplaklarında ise, MF, ÜF’ ye göre daha yüksek ısı iletkenlik katsayısı değerleri vermiştir.

Çinko boratlı kayın ile ÜF tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, MF’ ye göre daha yüksek bulunmuştur. Kızılağaç ve sarıçam kontrplaklarında ise, MF, ÜF’ ye daha yüksek değerler vermiştir. Kavak kontrplaklarda ise tutkal türüne göre herhangi bir değişim olmamıştır.

Boraklı kayın ve kavak ile ÜF tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, MF’ ye göre daha yüksek bulunmuştur. Kızılağaç ve sarıçam kontrplaklarında ise, MF, ÜF’ ye göre daha yüksek değerler vermiştir.

Monoamonyum fosfatlı kayın ve kıızılağaç ile ÜF tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, MF’ ye göre daha yüksek bulunmuştur. Kavak ve sarıçam kontrplaklarında ise, MF, ÜF’ ye göre daha yüksek değerler vermiştir.

Amonyum sülfatlı kıızılağaç ile ÜF tutkalı kullanılarak üretilen kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, MF’ ye göre daha yüksek bulunmuştur. Kayın, kavak ve

sarıçam kontrplaklarında ise, MF, ÜF' ye göre daha yüksek ısı iletkenlik katsayısı değerleri vermiştir.

şahin Kol vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, ÜF ve FF tutkalları kullanarak üretilen lamine levhaların ısı iletkenlik değerleri üzerine tutkal türünün önemli bir etkisinin olduğunu belirlenmiştir.

Literatürde rutubet artışı ile birlikte ısı iletkenlik katsayı değerlerinde artış olduğu belirtilmektedir (Demirkır, 2012 ; Kurt vd., 2008; Kol, 2009; Kol ve Sefil, 2011). MF ile üretilen kontrplakların denge rutubetlerinin yüksek oluşu bazı gruplarda ısı iletkenlik katsayı değerlerini artırıcı bir etki yapabileceği düşünölmektedir.

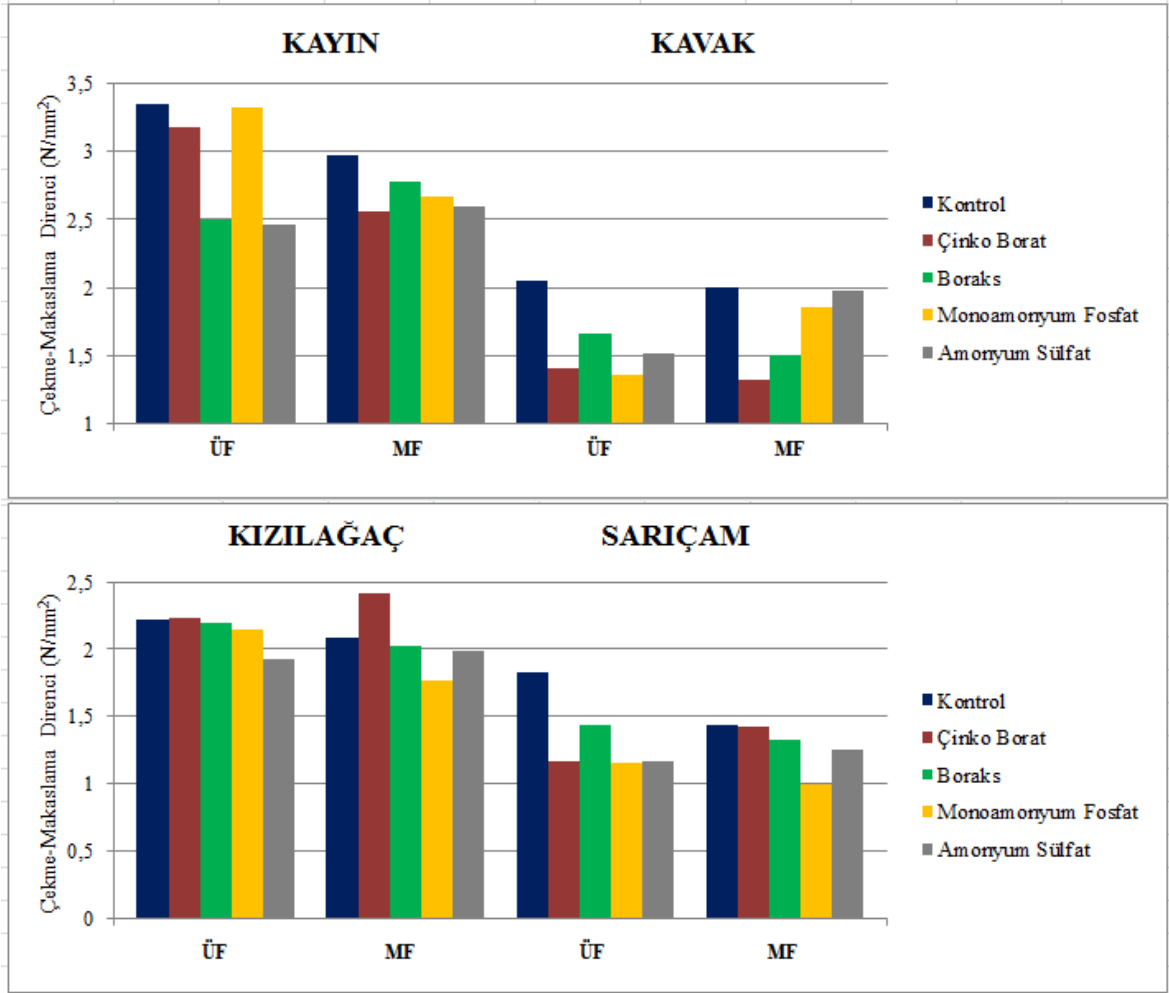
Üretilen test gruplarına ait ısı iletkenlik katsayıları, ahşap kökenli bazı levhalara ait ısı iletkenlik katsayıları ile karşılaştırıldığında literatür ile uyumlu sonuçlar göstermiştir (Kawasaki ve Kawai, 2006).

4.2. Mekanik Özellikler

4.2.1. Çekme-Makaslama Direnci

4.2.1.1. Kontrplak Levhalarının Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi

Dört farklı ağaç türünden ÜF ve MF tutkalları kullanılarak üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnç değerleri; emprenye işleminde uygulanan yangın geciktirici kimyasallara bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine emprenye işleminin etkisi Şekil 16'da görülmektedir.



Şekil 16. ÜF ve MF tutkalları ile üretilmiş kontrplak levhalarının çekme-makaslama direnci üzerine emprenye işleminin etkisi

Yapılan çalışmada kızılağaç hariç tüm gruplar için kontrol grubu levhalarının çekme-makaslama direnci değerleri en yüksek bulunmuştur. Literatürde yapılan çalışmalarda; yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin, malzemelerin direnç değerlerinde olumsuz etki yaptığı bilinmektedir (Ustaömer, 2008). Çalışmada elde edilen sonuçların genel olarak literatürle uyum içerisinde olduğu görülmüştür. En düşük değerler ise genel olarak monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplardan elde edilmiştir.

Borlu bileşikler ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda; bor iyonları ile tutkal moleküllerinde bulunan fonksiyonel metilol grupları (CH₂OH) arasında oluşan etkileşime bağlı olarak tutkalın, presleme sırasında istenilenden önce sertleştiği ve böylece kaplama ile tutkalın yüzey oluşturmasını engelleyerek çekme-makaslama direncinin düşmesine sebep olduğu bildirilmektedir (Ustaömer, 2008). Manning (2002), çinko borat ile yapılan çalışmalarda; çinko borat kullanım oranı arttıkça çekme-makaslama direnci değerlerinde azalma gerçekleştiğini, bu azalmanın özellikle kimyasalın % 5 ve % 8 konsantrasyon oranında kullanılması durumunda daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Özçifci (2006) borlu bileşiklerle emprenye edilmiş *Pinus brutia Ten.* ve *Ulmus campestris L.* odunlarında fenol formaldehit ve melamin formaldehit tutkallarını kullanarak çekme-makaslama direnci deneylerini gerçekleştirmiş ve çekme-makaslama direncinin düştüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca, Özçifçi ve Okçu (2008), emprenye maddelerinin çekme-makaslama direncini azalttığını ve bunun nedeninin emprenye maddelerinin tutkal tabakası ve yüzey arasındaki bağları zayıflatmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir (Aytaşkın 2009).

Çekme-makaslama direnci üzerine emprenye maddelerinin doğrudan etkisi yanında, emprenye işleminden sonra kaplama levhalarına uygulanan ikinci kurutma işleminin etkisi de kaplamalarda meydana gelen kimyasal değişim oranını artırıcı bir faktör olabileceği, kurutma işleminden sonra kaplama yüzeylerinde kalan kristal halindeki emprenye maddesi tabakasının da tutkal ile ıslanabilme yeteneğini olumsuz yönde etkileyerek çekme-makaslama direncinde azalmaya yol açabileceği literatürde belirtilmiştir (Aydın, 2004).

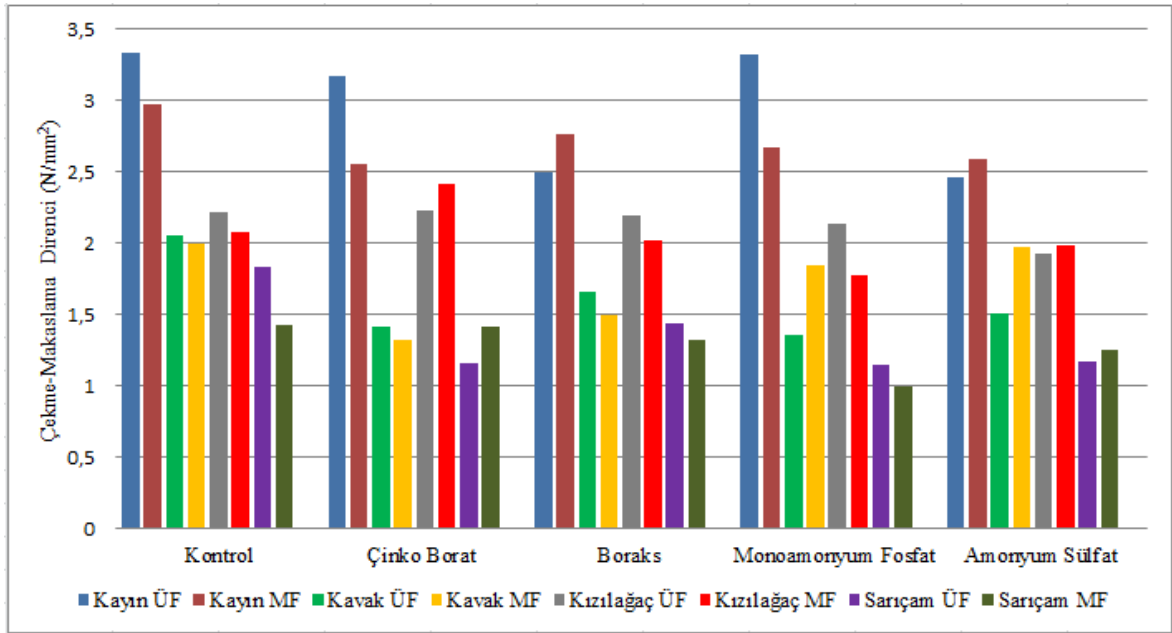
Ayrılmış (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, tetra kaplamalardan üretilen kontrplaklarda boraks ile emprenyeli grupların, monoamonyum fosfatlı gruplara göre daha yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde etmiştir. Bunun sebebi olarak da, boraksın alkali karakterli, monoamonyum fosfatında asidik karakterde olmasını göstermiştir. Alkali özellik gösteren boraks ile muamele edilen kaplamaların yapıştırılmasında, presleme esnasında tutkalın viskozitesinin azalması ve bu durumda kalma süresinin daha fazla olacağı düşünülmüştür. Böylece, viskozitesi azalmış tutkalın, kaplamanın hücreleri

içerisine kadar nüfuz edeceği ve iki kaplama levhası arasındaki tutkal tabakası daha ince olacağı belirtilmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen kontrplak yapışma direnci değerleri, EN 314-1 ve DIN 68705-3 standartlarında belirtilen 1 N/mm² değerinin üzerinde bulunmuştur. Dolayısıyla üretilen levhaların standart değerlere uygun yapışma direnci sonuçları ortaya koyduğu görülmektedir.

4.2.1.2. Kontrplak Levhalarının Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Tutkal Türünün Etkisi

Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplak levhaların çekme-makaslama direnci değerleri; üretimlerinde kullanılan tutkal türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri üzerine tutkal türünün etkisi Şekil 17’de görülmektedir.



Şekil 17. Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal türünün çekme-makaslama direnci üzerine etkisi

Yapılan çalışmada, çinko boratlı sarıçam, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı kavak kontrplaklarda, MF tutkalı ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci, ÜF’ye göre yüksek bulunmuştur. Literatürde yapılan çalışmalarda melamin katkısının tutkalın

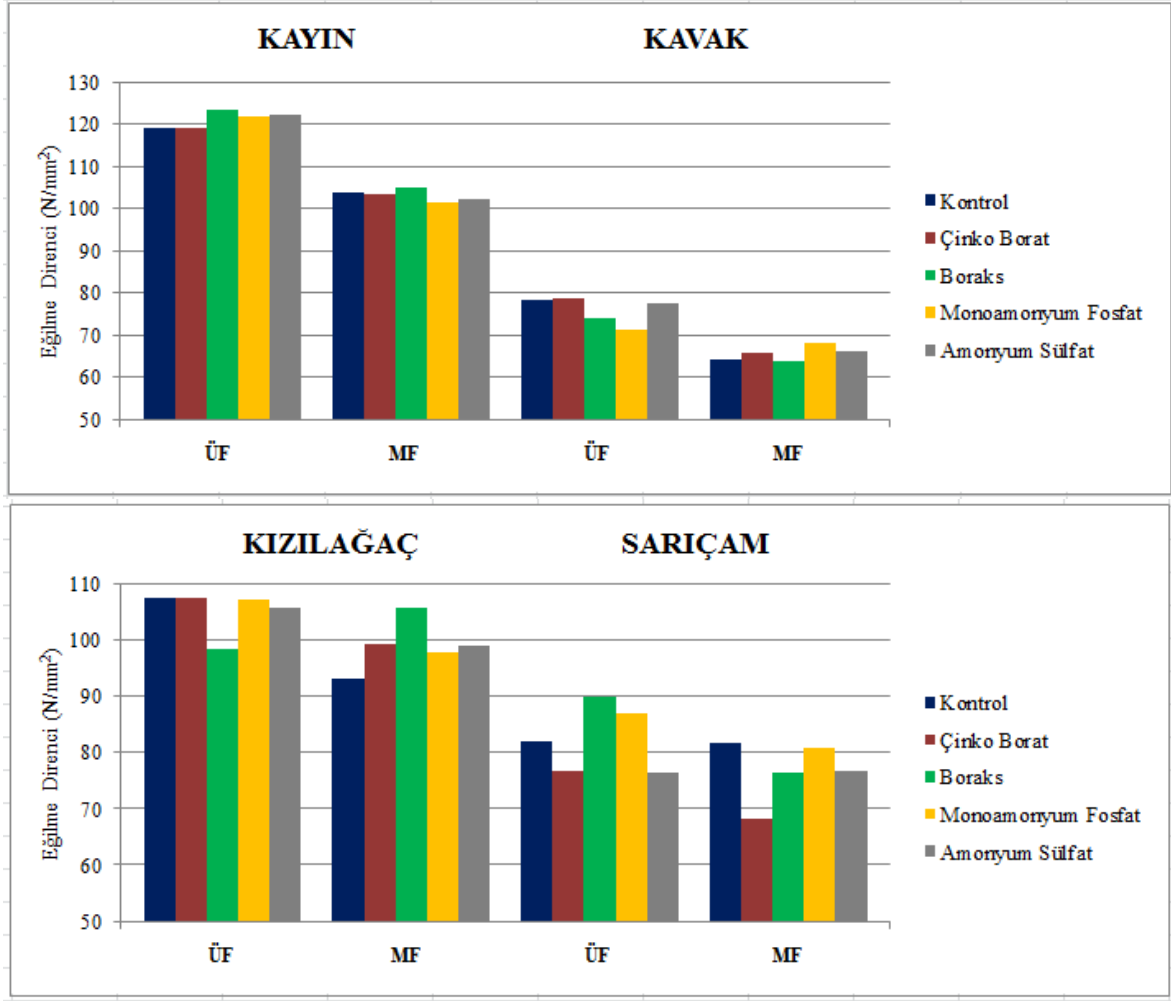
özelliklerini iyileştirdiği, ayrıca melamin katkı bileşiklerle muamele işleminin, odun esaslı malzemelerin yapısal ve direnç özelliklerini arttırdığı bildirilmiştir (Golbabaie, 2006; Gindl ve Gupta, 2002). Ancak kayının; kontrol grubu levhaları, monoamonyum fosfat ve çinko boratlı grupları, kızılağacın; monoamonyum fosfatlı grupları ve sarıçamın; kontrol grubu levhalarında ÜF tutkalı ile üretilenler MF ile üretilenlerden daha yüksek sonuçlar vermiştir. Çolak vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmaya göre denge rutubeti miktarının artması ile çekme-makaslama direncinde bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Bu çalışmada ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların, MF tutkalı ile üretilen kontrplaklardan daha düşük denge rutubetine sahip olduğu bulunmuştur. ÜF tutkalı ile üretilen levhaların daha yüksek çekme-makaslama direnci değerleri göstermesinin bu durumdan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Diğer gruplar arasında ise istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. Yapılan başka bir çalışmada, üretimde melamin formaldehit tutkalı yerine üre formaldehit tutkalı kullanımının, yongalevhaların çekme-makaslama direncinde (N/mm²) % 44'lük bir artışa sebep olduğu bulunmuştur (Ülker, 2013).

Çekme-makaslama direnci üzerine tutkal türü, içeriği, dağılımı ve sertleşmesi gibi tutkal ile ilgili faktörlerin etkili olduğu bilinmektedir (He vd., 2007; Demirkır, 2012; Demirkır, 2014).

4.2.2. Eğilme Direnci

4.2.2.1. Kontrplak Levhalarının Eğilme Direnci Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi

Dört farklı ağaç türünden ÜF ve MF tutkalları kullanılarak üretilen kontrplak levhaların eğilme direnci değerleri; emprenye işleminde uygulanan yangın geciktirici kimyasallara bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen kontrplakların eğilme direnci üzerine emprenye işleminin etkisi Şekil 18'de görülmektedir.



Şekil 18. ÜF ve MF tutkalları ile üretilmiş kontrplak levhalarının eğilme direnci üzerine emprenye işleminin etkisi

Yapılan çalışmada genel olarak kontrol grubu levhalarının eğilme direnci değerleri yüksek bulunmuştur. Kayın ve kavak kontrplaklarda ise gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. Sadece MF tutkalı ile üretilen kızılağaça, borakslı gruplar en yüksek değerleri vermiştir. Literatürde odun asiditesinin artması ya da azalmasının, direnç özellikleri ile yakından ilgili olduğu ifade edilmiştir (Kartal vd., 2007b). Alkali yapıdaki boraksın odunun asiditesini düşürerek eğilme direncini arttırdığı söylenebilir. Ayrıca, Mutlu (2013) çalışmalarında, boraks ile emprenye işleminin kontrol gruplarına göre daha fazla eğilme direnci değerleri verdiğini belirtmiştir.

Alkali özellik gösteren boraks ile emprenye edilmiş kaplamaların yapıştırılmasında presleme esnasında tutkalın viskozitesinin azalması ve bu durumda kalma süresinin daha fazla olacağı düşünülmektedir. Böylece, viskozitesi azalmış tutkal kaplama yüzeyindeki

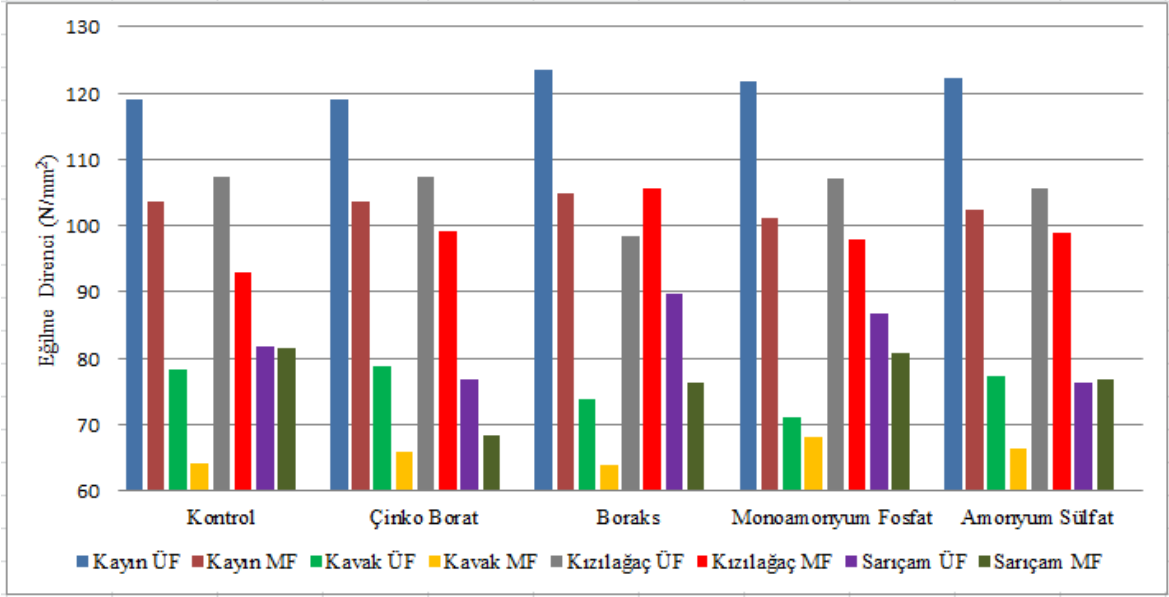
hücrelerin içerisine kadar nüfuz edecek ve iki kaplama arasındaki tutkal tabakası daha ince olacaktır (Aydm, 2004). Bu durum, MF ile üretilen kızılâğaçta ve ÜF ile üretilen sarıçamda borakslı grupların eğilme direnci değerlerinin diğer emprenye gruplarına göre daha yüksek olmasını açıklayabilir. Levan ve Winandy (1990), Gerhards (1970) ve Winandy (1988), yangın geciktirici emprenye maddeleriyle muamele edilmiş ağaç malzemenin direnç özelliklerinin etkilenebileceğini ve bunun kullanılan kimyasalların yapısına (asidik ve bazik olması), emprenye yöntemine ve emprenye sonrasındaki kurutma sıcaklığına bağlı olarak değiştiğini belirtmektedirler (Aytaşkın, 2009).

Sarıçam kontrplaklarda en düşük eğilme direnci değerleri, ÜF tutkalı için amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda bulunurken, MF tutkalı için bu iki emprenye maddesine ilaveten borakslı gruplarda da elde edilmiştir. Kızılâğaç kontrplaklarda ise ÜF tutkalı için borakslı gruplar, MF tutkalı için monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplar en düşük eğilme direnci değerlerini vermiştir. Çolakoğlu vd. (2003) yaptıkları çalışmada borlu bileşiklerin ağaç malzemenin liflere dik eğilme direncini bir miktar azalttığını belirtmektedirler. Gerhards (1970), yanmayı engelleyici bazı emprenye maddeleri ile işlem gören örneklerin eğilme direnci değerlerinin işlemsiz örneklere oranla daha düşük düzeyde olduğunu bildirmiştir (Aytaşkın, 2009).

İki tutkal türü ile üretilen kontrplaklar yapısal amaçlı kullanılacak kontrplaklar için eğilme direnci alt sınır değeri olarak DIN 68705-3' de belirtilen 40 N/mm^2 değerini sağlamıştır. Üretilen tüm gruplar APA'nın hazırladığı yapısal kontrplak levhaların mekanik özelliklerini gösteren formda eğilme direnci için belirtilen değeri (34.47 N/mm^2) sağladığı görülmektedir (APA, 2010).

4.2.2.2. Kaplamalarından Üretilen Kontrplak Levhalarının Eğilme Direnci Üzerine Tutkal Türünün Etkisi

Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplak levhaların eğilme direnci değerleri; üretimlerinde kullanılan tutkal türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri üzerine tutkal türünün etkisi Şekil 20'de görülmektedir.



Şekil 19. Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal türünün eğilme direnci üzerine etkisi

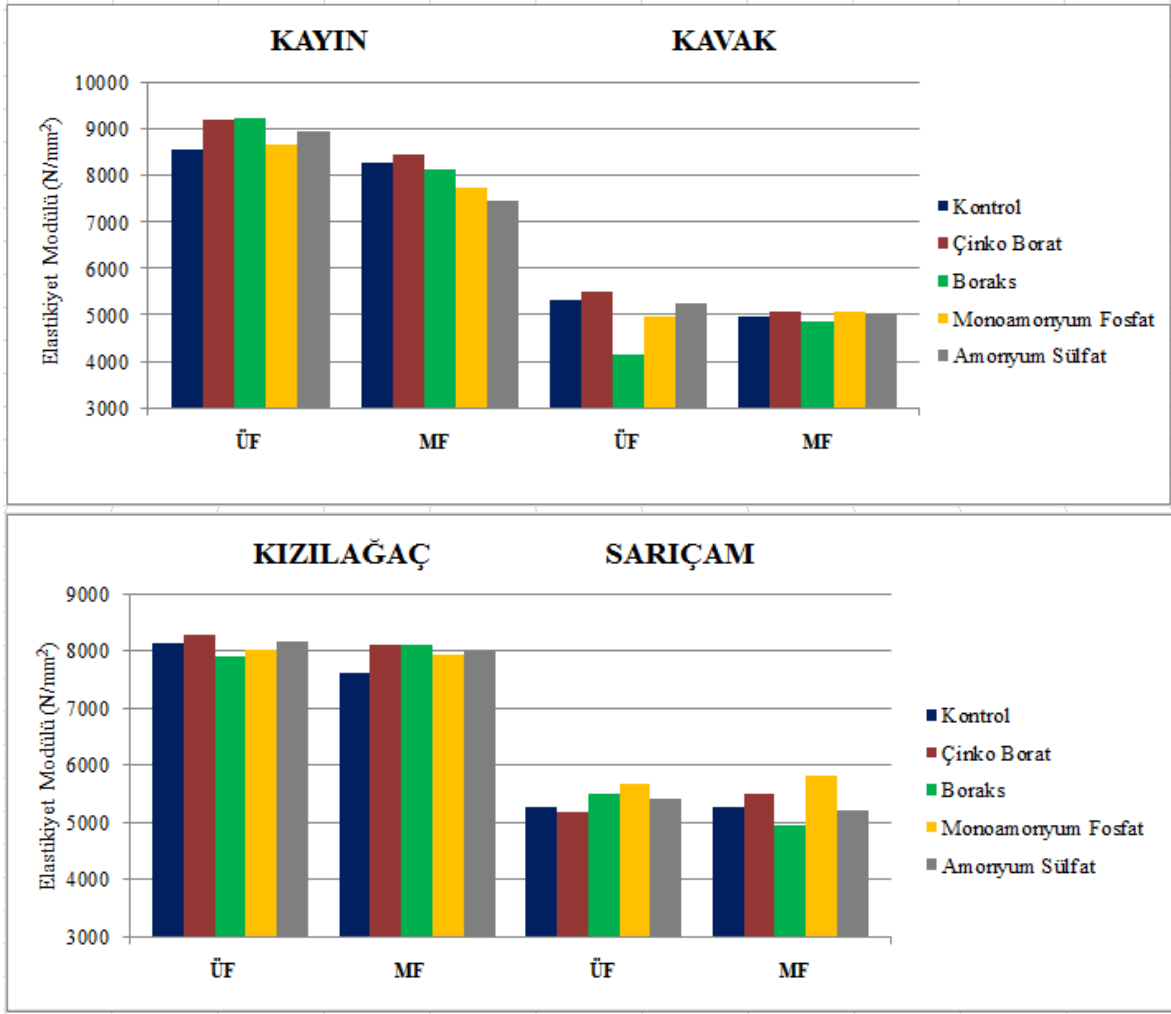
Yapılan çalışmada genel olarak ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri MF tutkalı ile üretilenlerden yüksek bulunmuştur. Çekme-makaslama direncinde de olduğu gibi, ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların MF tutkalı ile üretilen kontrplaklardan daha düşük denge rutubetine sahip olmasından dolayı, ÜF tutkalı ile üretilen levhaların daha yüksek eğilme direnci değerleri göstermesi beklenen bir sonuçtur (Çolak vd., 2004). Sadece borakslı kızılbaş kontrplaklarda, MF tutkalı daha yüksek değerler vermiştir.

Uygun bir şekilde tutkalanmamış ve iyi bir yapışma sağlanmamış levhaların düşük eğilme direnci göstereceği belirtilmektedir (Demirkır, 2012).

4.2.3. Elastikiyet Modülü

4.2.3.1. Kontrplak Levhalarının Elastikiyet Modülü Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi

Dört farklı ağaç türünden ÜF ve MF tutkalları kullanılarak üretilen kontrplak levhaların elastikiyet modülü değerleri; emprenye işleminde uygulanan yangın geciktirici kimyasallara bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen kontrplakların elastikiyet modülü üzerine emprenye işleminin etkisi Şekil 20’de görülmektedir.



Şekil 20. ÜF ve MF tutkalları ile üretilmiş kontrplak levhalarının elastikiyet modülü üzerine emprenye işleminin etkisi

Kayın ve kızılağaç kontrplakları için genel olarak en yüksek elastikiyet modülü değerlerini, boraks ve çinko boratlı gruplar verirken, en düşük elastikiyet modülü değerlerini monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplar vermiştir. Literatürde çinko borat ile emprenye işleminde, bor konsantrasyonunun artmasına paralel olarak elastikiyet modülünde artış olduğu bildirilmiştir (Ustaömer, 2008). Ayrıca, Mutlu (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, boraks ile emprenye işleminin kontrol gruplarına göre elastikiyet modülünü arttırdığı görülmüştür.

Kavak ve Sarıçam kontrplakları için en yüksek elastikiyet modülü değerleri; ÜF tutkalı ile üretilen kavakta, kontrol grubu levhalarında, çinko borat ve amonyum sülfatlı gruplardan elde edilmiştir. ÜF tutkalı ile üretilen sarıçamda, kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat, boraks ve amonyum sülfatlı gruplardan; MF tutkalı ile üretilen

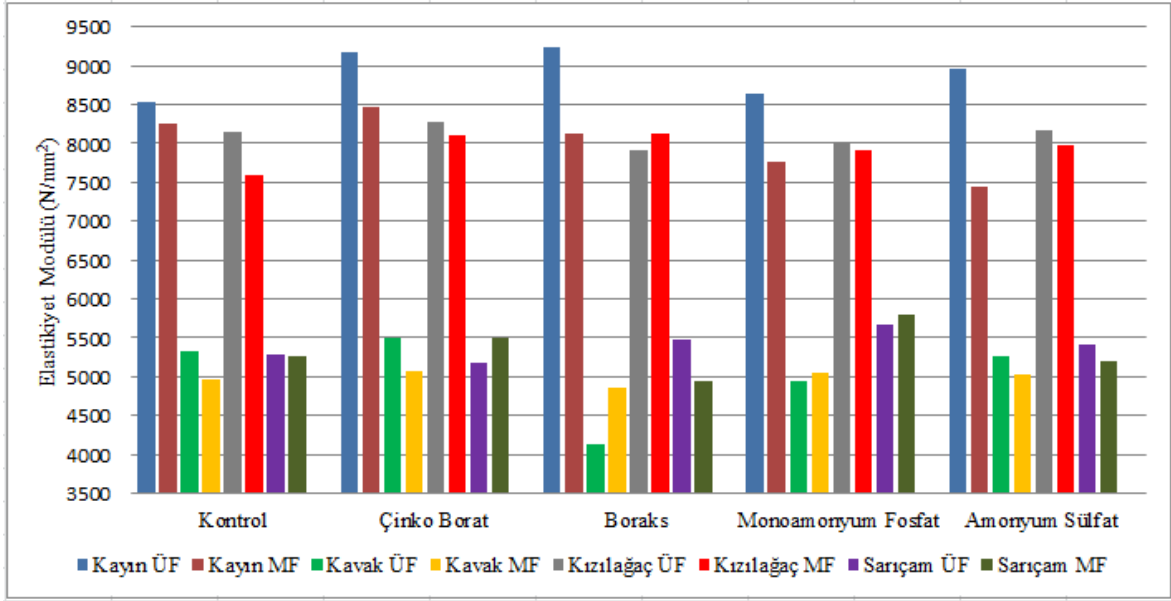
sarıçamda ise çinko borat ve monoamonyum fosfatlı gruplardan elde edilmiştir. Genel olarak en düşük elastikiyet modülü değerleri, borakslı gruplarda bulunmuştur. Gerhards (1970), çeşitli yanmayı engelleyici emprenye maddeleri ile işlem gören odunun elastiklik modülü değerlerinde ortalama % 5'lik bir azalma meydana geldiğini bildirmiştir (Aytaşkın, 2009). Genel olarak bu çalışmada elastikiyet modülü değerleri literatüre uygun sonuçlar vermiştir.

Yapılan çalışmalar, suda çözündürülerek uygulanan koruyucuların ağaç malzemenin mekanik özelliklerinde azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Bu etkinin koruyucunun kimyasal yapısı, kimyasal tipi, uygulama miktarı, uygulama sonrası kurutma sıcaklığı ve malzeme çeşidi gibi çok değişik faktöre ve bu faktörlerin de farklı seviyelerine bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir (Winandy, 1995).

Elde edilen değerlerin, 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 genel olarak sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca tüm gruplara ait levhaların EN 636 standardında yapılan sınıflandırmada belirtilen E60 (6000 N/mm^2), E70 (7000 N/mm^2) sınıfları için verilen alt değerleri kayın ve kızılağaç kontrplakların sağladığı, sarıçam ve kavak kontrplaklarının ise E40 (4000 N/mm^2) ve E50 (5000 N/mm^2) standart şartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir. Japon standartlarında belirtilen 6370 N/mm^2 elastikiyet modülü alt sınır değerini ise sadece kayın ve kızılağaçtan üretilen kontrplak levhaların sağladığı belirlenmiştir.

4.2.3.2. Kontrplak Levhalarının Elastikiyet Modülü Üzerine Tutkal Türünün Etkisi

Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplak levhaların elastikiyet modülü değerleri; üretimlerinde kullanılan tutkal türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri üzerine tutkal türünün etkisi Şekil 22'de görülmektedir.



Şekil 21. Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal türünün elastikiyet modülü üzerine etkisi

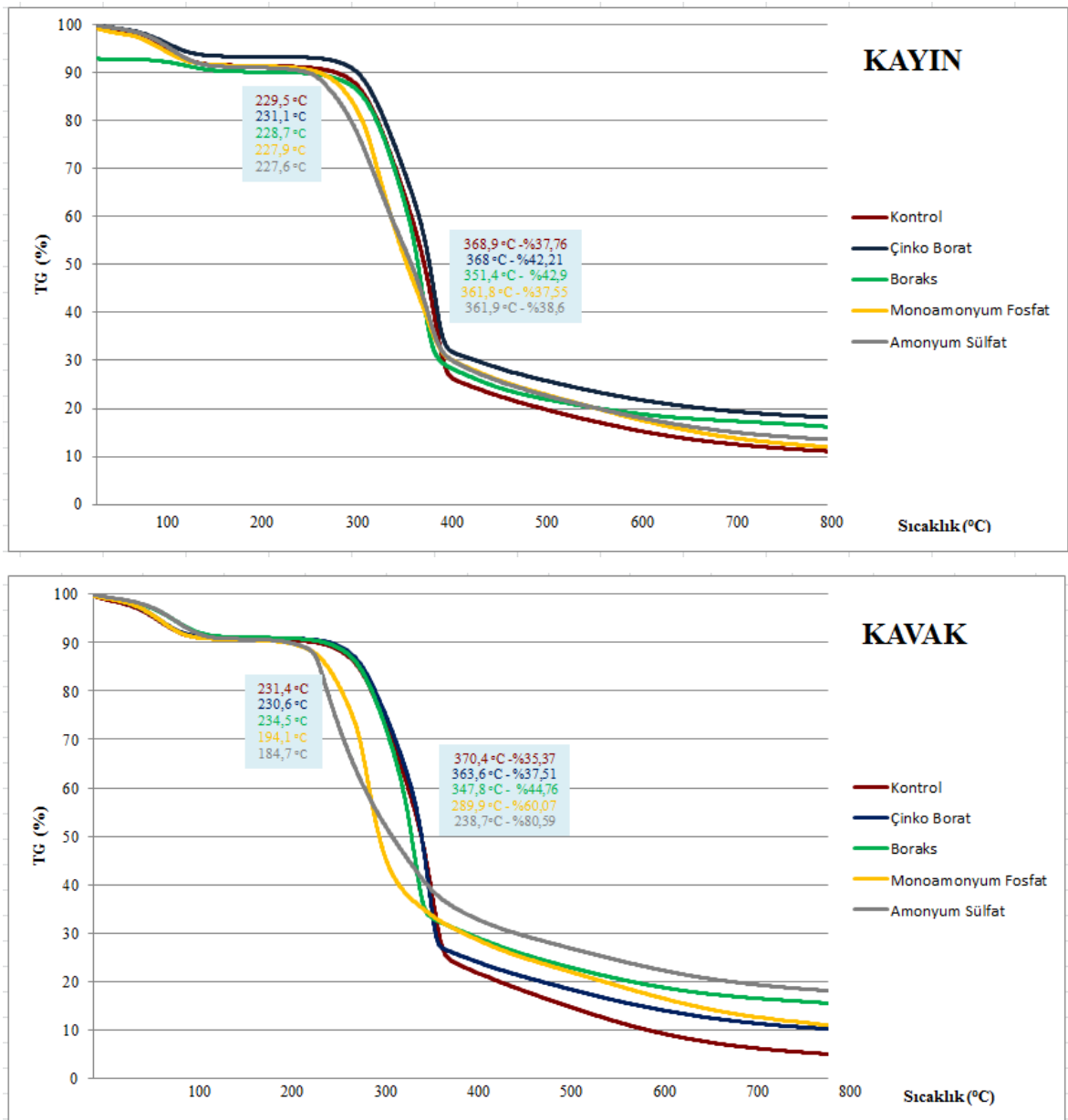
Yapılan çalışmada genel olarak ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri MF tutkalı ile üretilenlerden yüksek bulunmuştur. MF tutkalı ile üretilen kontrplaklardan daha yüksek denge rutubetine sahip olmasından dolayı, ÜF tutkalı ile üretilen levhaların daha yüksek elastikiyet modülü değerleri göstermesi beklenen bir sonuçtur. Denge rutubetinin artmasıyla birlikte direnç değerlerinde düşüş meydana gelmektedir (Çolak vd., 2004). Sadece borakslı kavak kontrplaklarda MF tutkalı daha yüksek sonuçlar vermiştir.

Halligan ve Schiewind (1974) çalışmasında da, eğilmede elastikiyet modülündeki değişimin levhanın eğilme direncindeki değişimlere orantılı sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Dönmez, 2005). Genel olarak, tutkal türünün elastikiyet modülü üzerine etkisinin incelendiği gruplarda literatüre paralel sonuçlar elde edilmiştir.

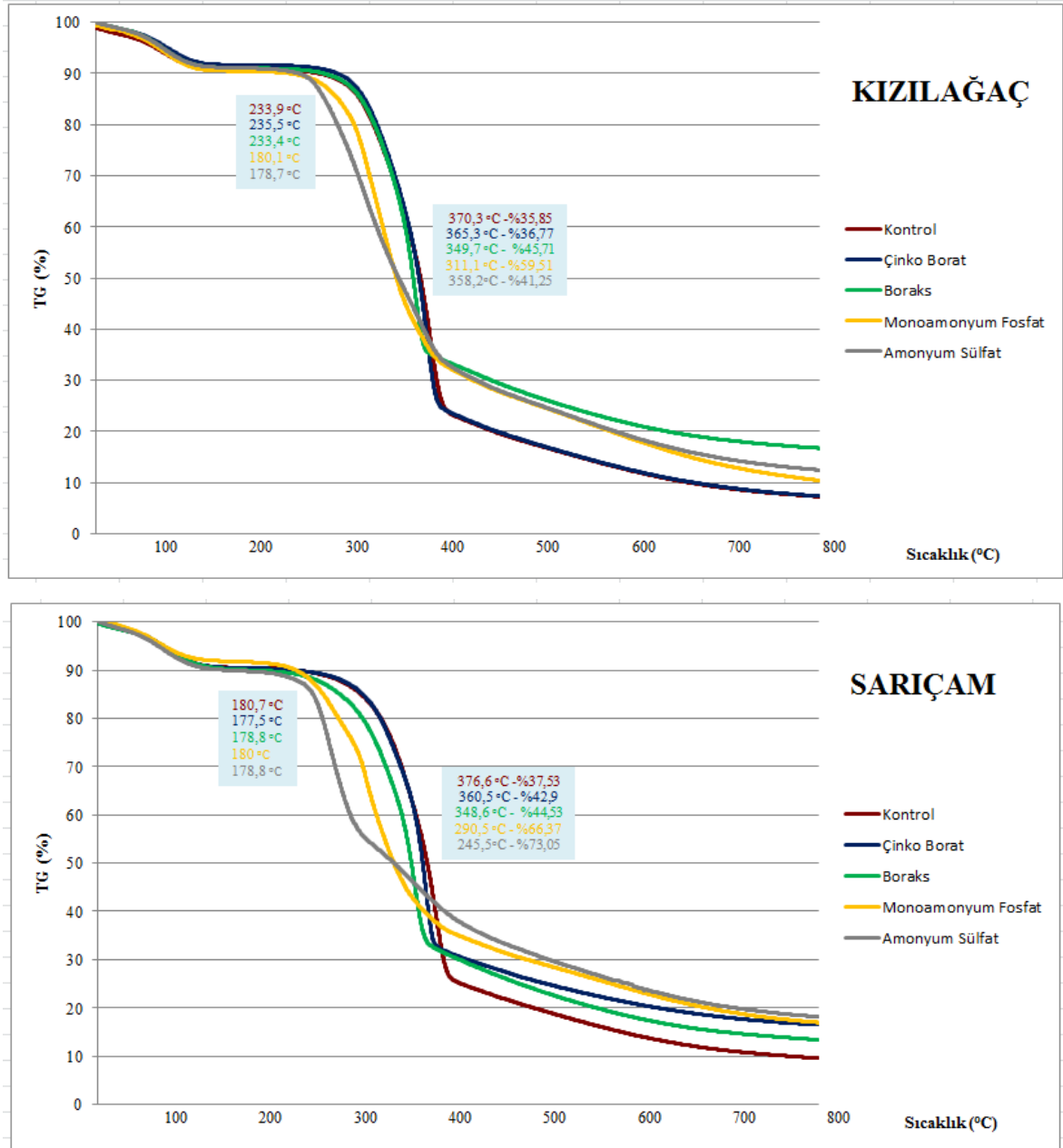
4.3. TGA Yöntemiyle Yanma Mukavemeti

4.3.1. Kaplama Levhalarının Yanma Mukavemeti Üzerine Emprenye İşleminin Etkisi

Örneklerin termogravimetrik analiz cihazında 20 °C/ dak. ısıtma hızıyla 800 °C'ye kadar ısıtılmasıyla gerçekleştirilen karbonizasyon sonucu elde edilen TGA eğrileri ağaç türüne göre Şekil 22 ve 23'de gösterilmiştir.



Şekil 22. Kayın ve kavaktan elde edilen örnekler için TGA eğrileri



Şekil 23. Kızılağaç ve sarıçamdan elde edilen örnekler için TGA eğrileri

Genel olarak literatürde yer alan çalışmalarda, lignoselülozik biyokütlenin termal bozulmasının yaklaşık 100 °C’ de nem çıkışı ile başladığı; ancak bozulma hızı ve miktarının 200 °C’ e kadar ihmal edilebilecek kadar az olduğu saptanmıştır. Biyokütlerdeki ekstraktif maddelerin (terpenler, taninler, yağ asitleri, reçineler vs.) bozulmasının 100-250 °C aralığında gerçekleştiği; hemiselüloz ve selülozun amorf kısmının 210-350 °C aralığında bozularak büyük oranda metanol, asetik asit ve furfural gibi yoğunlaşabilen uçuculara dönüştüğü belirlenmiştir. Biyokütlenin selüloz ve lignin bileşiklerinin termal

bozulmasının ise 350-500 °C aralığında gerçekleştiği ve bu bileşenlerin yanıcı gazlara ve yoğunlaşabilen sıvı katrana dönüştüğü belirlenmiştir (Köse, 2012). Yine literatürde; 100 °C’ deki ısı işlem aşamasında odun örneğinin kimyasal yapısında bir değişme olmadığı ve 150 °C’ ye kadar odundaki suya bağlı olarak %13-17 arasında ağırlık kayıpları gözlemlendiği belirtilmiştir (Qinqwen vd., 2006; Yunchu vd., 2000). 200 °C’ ye kadar yine odunda meydana gelen bozulmaların az olduğu belirlenmiştir (Qinqwen vd., 2006). Hem bozulmaya başlama sıcaklıkları hem de maksimum bozulmanın gerçekleştiği sıcaklık değerlerine bakıldığında; yapılan bu çalışmanın genel olarak literatüre uygun sonuçlar verdiği görülmüştür.

Analiz başlangıcında meydana gelen ağırlık kaybı, örneklerindeki suyun uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. Şekle göre; en belirgin kütle kaybı genel olarak 300°C – 400 °C arasında gerçekleşmektedir. Bu durum bu aralıkta karbonhidratların ve hemiselülozun bozulmasından kaynaklanmaktadır (Tomak vd., 2011).

TGA sonunda, emprenyeli örneklerde, kontrol gruplarına göre daha az ağırlık kayıpları ve daha fazla katı madde oluşumu meydana gelmiştir. Bunun nedeninin, içeriğindeki kimyasallara bağlı olduğu düşünülmüştür. Ayrıca en yüksek bozulmanın gerçekleştiği sıcaklıkların, emprenyeli gruplarda, kontrol gruplarına göre düşük olduğu bulunmuştur. Elde edilen sonuçlarla uyumlu olarak, Levan vd. (1990), özellikle alevlenmeyi geciktirici kimyasalların hızlı piroliz sıcaklığını düşürdüğünü ve kömürleşme miktarını arttırdığını belirtmiştir. Yapılan çalışmalar, TGA sonuçlarına göre artan kömürleşme miktarı ile yanıcı gaz çıkışının azaldığını göstermiştir (Altun, 2008). Sıcaklık arttıkça TGA eğrilerinde ağırlık kaybı da artmaktadır. Bu aşama odunun yanmasında ve ısı bozulmasında önemli bir rol oynamaktadır (Köse, 2012).

Song ve Rao (1999), yangın geciktirici maddeler ile muamele edilmiş kontrplağın yapısal özellikleri üzerine sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. Bunun için yapılan termogravimetrik analizi sonucunda en büyük kütle kaybının 300-380 °C arasında olduğunu belirlendiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca sarıçam odunundan (*Pinus sylvestris L.*) elde edilen yongalar kullanılarak üretilen OSB levhalarında yapılan termogravimetrik analizi sonucuna göre en büyük kütle kaybının 280-320 °C değerleri arasında olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada, TGA sonucu kütle kayıplarının en fazla olduğu sıcaklık aralığı literatür ile uyum göstermektedir.

TGA eğrileri incelendiğinde, kavak ve sarıçamdan elde edilen örneklerde amonyum sülfat ile emprenyenin diğer gruplara göre daha iyi bir sonuç verdiği; kayın ve kızılğaçta ise borlu kimyasalların daha etkili olduğu görülmüştür. Gao vd. (2006) borun malzemeyi fiziksel bir mekanizmayla koruduğunu, eriyen borun, malzemeye oksijenin ve sıcaklığın ulaşmasını engelleyen bir film tabakası oluşturduğunu belirtmiştir (Altun, 2008).

Genel olarak en hızlı pirolizin gerçekleştiği sıcaklık değerleri, kontrol gruplarında yüksek çıkarken, kontrol örneklerinin yüzdesel olarak kalan kütle miktarlarının en düşük değerler verdiği görülmektedir. Bu sonuçlar, asıl bozulma geç olsa da, emprenye işlemi uygulanmayan örneklerin daha düşük sıcaklıklarda kütleli olarak daha fazla kayıplar verdiğini göstermektedir. Literatürde, piroliz sırasında çıkan asidik bileşiklerin de bu dehidrasyon reaksiyonunda katalizör işlevi gördüğü ve düşük sıcaklıklardaki ağırlık azalışını arttırdığı belirtilmiştir (Altun, 2008). Ayrıca, düşük sıcaklıklardaki dehidrasyonun artışı yanıcı gazların oluşumunu azaltarak ve kömürleşmeyi arttırdığı belirtilmiştir (Ustaömer, 2008).

5. SONUÇLAR

5.1. Fiziksel Özellikler

5.1.1. Denge Rutubeti Miktarı

1. Üretilen kontrplakların denge rutubeti üzerine emprenye işleminin etkisi ağaç türüne göre incelendiğinde; kayından üretilen kontrplaklarda; ÜF tutkalı için, çinko boratlı gruplarda ve kontrol grubu levhalarında en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfatlı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir.

2. Kavaktan üretilen kontrplakların denge rutubet değerleri incelendiğinde; ÜF tutkalı için, çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve borakslı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, kontrol grubu levhalarında en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir.

3. Kızılağaçtan üretilen kontrplakların denge rutubet değerleri incelendiğinde; ÜF tutkalı için, çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfatlı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve borakslı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir.

4. Sarıçam kontrplakların denge rutubet değerleri incelendiğinde; ÜF tutkalı için, çinko boratlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı değerleri elde edilirken, borakslı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, çinko boratlı ve monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek denge rutubet miktarı

değerleri elde edilirken, kontrol grubu levhalarında ve borakslı gruplarda en düşük denge rutubet miktarı değerleri elde edilmiştir.

5. Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplak levhaların üretimlerinde kullanılan tutkal türünün denge rutubet miktarı üzerine etkisi incelendiğinde; tüm emprenye ve kontrol gruplarında, MF tutkalı ile üretilen kontrplakların, ÜF tutkalı ile üretilen kontrplakların denge rutubet miktarı değerlerine göre istatistiksel olarak daha yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür.

5.1.2. Özgül Ağırlık

1. Üretilen kontrplakların özgül ağırlığı üzerine emprenye işleminin etkisi ağaç türüne göre incelendiğinde; kayından üretilen kontrplaklarda; ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, kontrol grubu levhalarında, çinko borat ve borakslı gruplarda en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, borakslı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, amonyum sülfatlı gruplarda en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir.

2. Kavaktan üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri incelendiğinde; MF tutkalı için, monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, kontrol grubu levhalarında en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir.

3. Kızılağaçtan üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri incelendiğinde; ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, çinko borat ve borakslı gruplarda en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, kontrol grubu levhalarında ve monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, çinko borat, boraks, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir.

4. Sarıçamdan üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri incelendiğinde; ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, boraks, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri elde edilirken, kontrol grubu levhalarında, çinko borat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek özgül ağırlık değerleri

elde edilirken, kontrol grubu levhalarında, çinko borat, boraks ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük özgül ağırlık değerleri elde edilmiştir.

5. Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplak levhaların üretimlerinde kullanılan tutkal türünün özgül ağırlığı üzerine etkisi incelendiğinde; sadece kavağın kontrol grubunda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer üç ağaç türünde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

6. Çinko borat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen dört ağaç türü içinde tutkal türü açısından istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

7. Boraks ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kayın ve kızılğaç kontrplaklarda, melamin formaldehit ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri, üre formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer iki ağaç türünde de istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

8. Monoamonyum fosfat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kayın kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri, melamin formaldehite göre; sarıçam kontrplaklarda ise, melamin formaldehit ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri, üre formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer iki ağaç türünde ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

9. Amonyum sülfat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kayın kontrplaklarda, melamin formaldehit ile üretilen kontrplakların özgül ağırlık değerleri, üre formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer üç ağaç türünde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

5.1.3. Isıl İletkenlik

1. Farklı ağaç türünden elde edilen kaplama levhalara emprenye işleminin ısı iletkenlik katsayı değerleri üzerine etkisi incelendiğinde; kayın, kavak ve sarıçam kaplamalarda, yangın geciktirici kimyasal türüne göre ısı iletkenlik katsayı değerleri arasında kıyaslama yapıldığında, en yüksek değerler amonyum sülfat ile emprenye edilen kaplama levhalarında bulunurken, kızılğaç kaplamalarda ise monoamonyum fosfat ile emprenye edilenlerde bulunmuştur. En düşük değerler de emprenye uygulanmayan kontrol gurubu kaplamalarında bulunmuştur.

2. Kontrol grupları arasında kıyaslama yapıldığında en yüksek ısı iletkenlik katsayıları sarıçam kaplamalarda, en düşük ısı iletkenlik katsayıları ise kayın kaplamalarında elde edilmiştir.

3. Üretilen kontrplakların ısı iletkenlik katsayıları üzerine emprenye işleminin etkisi ağaç türüne göre incelendiğinde; Üre formaldehit tutkalı için; kayın ve kavak kontrplaklarda en yüksek ısı iletkenlik katsayıları, emprenye uygulanmayan kontrol gruplarından elde edilirken kızılğaç kontrplaklarda en yüksek amonyum sülfat, sarıçam kontrplaklarda ise monoamonyum fosfatlı gruplardan elde edilmiştir. En düşük değerler ise; kayın ve kavak için monoamonyum fosfat; kızılğaç ve sarıçam içinde çinko boratlı gruplardan elde edilmiştir.

4. Melamin formaldehit tutkalı için, en yüksek değerler, kayın kontrplaklarda; amonyum sülfat, kavak kontrplaklarda; monoamonyum fosfat, kızılğaç kontrplaklarda; çinko borat, sarıçam kontrplaklarda; kontrol gruplarında bulunmuştur. En düşük değerler ise; kayın ve kızılğaç için monoamonyum fosfat; kavak için amonyum sülfat; sarıçam içinde çinko boratlı gruplardan elde edilmiştir.

5. Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplak levhaların üretimlerinde kullanılan tutkal türünün ısı iletkenlik katsayıları üzerine etkisi incelendiğinde; kayın ve kavak ile üretilen kontrplakların kontrol grubu levhalarında, ısı iletkenlik katsayı değerleri, üre formaldehit tutkalında melamin formaldehite göre daha düşük bulunmuştur. Kızılğaç ve sarıçam kontrplaklarında ise, melamin formaldehit, üre formaldehite göre daha yüksek değerler vermiştir.

6. Çinko borat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen, kayın kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, üre formaldehit tutkalında melamin formaldehite göre daha düşük bulunmuştur. Kızılğaç ve sarıçam kontrplaklarında ise, melamin formaldehit, üre formaldehite göre daha yüksek değerler vermiştir. Kavak kontrplaklarda ise tutkal türüne göre herhangi bir değişim olmamıştır.

7. Boraks ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen, kayın ve kavak kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, üre formaldehit tutkalında melamin formaldehite göre daha düşük bulunmuştur. Kızılğaç ve sarıçam kontrplaklarında ise, melamin formaldehit, üre formaldehite göre daha yüksek değerler vermiştir.

8. Monoamonyum fosfat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen, kayın ve kızılğaç kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, üre formaldehit tutkalında melamin

formaldehite göre daha düşük bulunmuştur. Kavak ve sarıçam kontrplaklarında ise, melamin formaldehit, üre formaldehite göre daha yüksek değerler vermiştir.

9. Amonyum sülfat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen, kızılığaç kontrplakların ısı iletkenlik katsayı değerleri, üre formaldehit tutkalında melamin formaldehite göre daha düşük bulunmuştur. Kayın, kavak ve sarıçam kontrplaklarında ise, melamin formaldehit, üre formaldehite göre daha yüksek değerler vermiştir.

5.2. Mekanik Özellikler

5.2.1. Çekme-Makaslama Direnci

1. Üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci üzerine emprenye işleminin etkisi ağaç türüne göre incelendiğinde; kayından üretilen kontrplaklarda; ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, çinko borat ve monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken; amonyum sülfat ve borakslı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, kontrol grubu levhalarında ve borakslı gruplarda en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken, çinko borat, boraks, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir.

2. Kavaktan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri incelendiğinde; ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken; monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, kontrol grubu levhalarında, amonyum sülfat ve monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken, çinko borat ve borakslı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir.

3. Kızılığaçtan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri incelendiğinde; MF tutkalı için, çinko boratlı gruplarda en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve borakslı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir. ÜF tutkalı için istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

4. Sarıçam kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri incelendiğinde; ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde

edilirken; monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, kontrol grubu levhalarında, amonyum sülfat, boraks ve çinko boratlı gruplarda en yüksek çekme-makaslama direnci değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfatlı gruplarda en düşük çekme-makaslama direnci değerleri elde edilmiştir.

5. Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplak levhaların üretimlerinde kullanılan tutkal türünün çekme-makaslama direnci üzerine etkisi incelendiğinde; kontrol grubu levhalarında, kayın ve sarıçamdan üretilen kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer iki ağaç türünde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

6. Çinko borat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kayın kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksekken; sarıçam kontrplaklarda, melamin formaldehit, üre formaldehitten daha yüksek çekme-makaslama direnci değerleri vermiştir. Diğer iki ağaç türünde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

7. Boraks ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen dört ağaç türü içinde tutkal türü açısından istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

8. Monoamonyum fosfat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kayın ve kızılâğaç kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksekken; kavak kontrplaklarda, melamin formaldehit, üre formaldehitten daha yüksek çekme-makaslama direnci değerleri vermiştir. Sarıçam da ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

9. Amonyum sülfat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kavak kontrplaklarda, melamin formaldehit ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri, üre formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer üç ağaç türünde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

5.2.2. Eğilme Direnci

1. Üretilen kontrplakların eğilme direnci üzerine emprenye işleminin etkisi ağaç türüne göre incelendiğinde; kayın ve kavaktan üretilen kontrplaklarda; her iki tutkal

türünde de; emprenye işlemi açısından, tüm gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

2. Kızılağaçtan üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri incelendiğinde; ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda en yüksek eğilme direnci değerleri elde edilirken; borakslı gruplarda en düşük eğilme direnci değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, borakslı gruplarda en yüksek eğilme direnci değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda en düşük eğilme direnci değerleri elde edilmiştir.

3. Sarıçamdan üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri incelendiğinde; ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat ve borakslı gruplarda en yüksek eğilme direnci değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda en düşük eğilme direnci değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat, amonyum sülfat ve borakslı gruplarda en yüksek eğilme direnci değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, boraks, amonyum sülfat ve çinko boratlı gruplarda en düşük eğilme direnci değerleri elde edilmiştir.

4. Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplak levhaların üretimlerinde kullanılan tutkal türünün eğilme direnci üzerine etkisi incelendiğinde; kayın, kavak ve kızılağaçtan üretilen kontrplakların kontrol grubu levhalarında, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Sarıçamda ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

5. Çinko borat ile emprenye edilmiş kaplamalardan kayın, kavak ve kızılağaç kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Sarıçam da ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

6. Boraks ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kayın, kavak ve sarıçam kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksekken; kızılağaç kontrplaklarda, melamin formaldehit, üre formaldehitten daha yüksek değerler vermiştir.

7. Monoamonyum fosfat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kayın ve kızılağaç kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların eğilme direnci

değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer iki ağaç türünde ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

8. Amonyum sülfat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kayın, kavak ve kızılâğaç kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Sarıçam da ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

5.2.3. Elastikiyet Modülü

1. Üretilen kontrplakların elastikiyet modülü üzerine emprenye işleminin etkisi ağaç türüne göre incelendiğinde; kayından üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde; ÜF tutkalı için, çinko borat, boraks, amonyum sülfat ve monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, amonyum sülfat ve monoamonyum fosfat gruplarda en düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için ise, kontrol grubu levhalarında, çinko borat ve borakslı gruplarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilirken, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir.

2. Kavaktan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde; ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, çinko borat ve amonyum sülfatlı gruplarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilirken; borakslı gruplarda en düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

3. Kızılâğaçtan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde; MF tutkalı için, boraks, çinko borat, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir. ÜF tutkalı için istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

4. Sarıçamdan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde; ÜF tutkalı için, kontrol grubu levhalarında, boraks, monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatlı gruplarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilirken; kontrol grubu levhalarında, boraks, çinko borat ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir. MF tutkalı için, çinko borat ve monoamonyum fosfatlı gruplarda en yüksek elastikiyet modülü değerleri elde edilirken; kontrol grubu

levhalarında, boraks ve amonyum sülfatlı gruplarda en düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir.

5. Farklı ağaç türlerinin emprenye edilmiş kaplamalarından üretilen kontrplak levhaların üretimlerinde kullanılan tutkal türünün elastikiyet modülü üzerine etkisi incelendiğinde; kontrol grubu levhalarında, kavak ve kızılğaçtan üretilen kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer iki ağaç türünde ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

6. Çinko borat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kayın ve kavak kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer iki ağaç türünde ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

7. Boraks ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kayın ve sarıçam kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksekken; kavak kontrplaklarda, melamin formaldehit, üre formaldehitten daha yüksek değerler vermiştir. Kızılğaç da ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

8. Monoamonyum fosfat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kayın kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer üç ağaç türünde ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

9. Amonyum sülfat ile emprenye edilmiş kaplamalardan üretilen kayın ve sarıçam kontrplaklarda, üre formaldehit ile üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri, melamin formaldehite göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Diğer iki ağaç türünde ise istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

5.3. TGA Yöntemiyle Yanma Mukavemeti

1. Farklı ağaç türünden elde edilen kaplama levhalara emprenye işleminin yanma mukavemeti üzerine etkisi incelendiğinde; Kayın kaplamalardan elde edilen örneklerin TGA sonuçlarına göre; 800 °C sıcaklık sonunda kalan kütle miktarı yüzde olarak en yüksek % 18,13 ile çinko borat ile emprenye edilmiş örneklerde görülürken; en düşük % 11,09 ile emprenye edilmemiş kontrol grubunda tespit edilmiştir. Çinko borat ile emprenye

edilmiş örneklerin başlangıç bozulma sıcaklığı en yüksek, amonyum sülfat ile empenye edilmiş örneklerin ise en düşük bulunmuştur. Hızlı pirolizin gerçekleştiği sıcaklık değeri ise, en yüksek 368,9 °C ile empenyesiz kontrol grubunda, en düşük ise 351,4 °C ile boraks ile empenye edilmiş örneklerde tespit edilmiştir.

2. Kavak kaplamalardan elde edilen örneklerin TGA sonuçlarına göre; 800 °C sıcaklık sonunda kalan kütle miktarı yüzde olarak en yüksek % 18,12 ile amonyum sülfat ile empenye edilmiş örneklerde görülürken; en düşük % 5,02 ile empenye edilmemiş kontrol grubunda tespit edilmiştir. Boraks ile empenye edilmiş örneklerin başlangıç bozulma sıcaklığı en yüksek, amonyum sülfat ile empenye edilmiş örneklerin ise en düşük bulunmuştur. Hızlı pirolizin gerçekleştiği sıcaklık değeri ise, en yüksek 370,4 °C ile empenyesiz kontrol grubunda, en düşük ise 238,7 °C ile amonyum sülfat ile empenye edilmiş örneklerde tespit edilmiştir.

3. Kızılağaç kaplamalardan elde edilen örneklerin TGA sonuçlarına göre; 800 °C sıcaklık sonunda kalan kütle miktarı yüzde olarak en yüksek % 16,73 ile boraks ile empenye edilmiş örneklerde görülürken; en düşük % 7,25 ile empenye edilmemiş kontrol grubunda tespit edilmiştir. Çinko borat ile empenye edilmiş örneklerin başlangıç bozulma sıcaklığı en yüksek, amonyum sülfat ile empenye edilmiş örneklerin ise en düşük bulunmuştur. Hızlı pirolizin gerçekleştiği sıcaklık değeri ise, en yüksek 370,3 °C ile empenyesiz kontrol grubunda, en düşük ise 311,1 °C ile monoamonyum fosfat ile empenye edilmiş örneklerde tespit edilmiştir.

4. Sarıçam kaplamalardan elde edilen örneklerin TGA sonuçlarına göre; 800 °C sıcaklık sonunda kalan kütle miktarı yüzde olarak en yüksek % 18,10 ile amonyum sülfat ile empenye edilmiş örneklerde görülürken; en düşük % 9,54 ile empenye edilmemiş kontrol grubunda tespit edilmiştir. Empenye edilmemiş kontrol grubu örneklerin başlangıç bozulma sıcaklığı en yüksek, çinko borat ile empenye edilmiş örneklerin ise en düşük bulunmuştur. Hızlı pirolizin gerçekleştiği sıcaklık değeri ise, en yüksek 376,6 °C ile empenyesiz kontrol grubunda, en düşük ise 245,5 °C ile amonyum sülfat ile empenye edilmiş örneklerde tespit edilmiştir.

6. ÖNERİLER

Ağaç malzemenin birçok olumlu özelliği olmasına karşın, istenmeyen bazı özellikleri olduğu da bir gerçektir. Doğal halde ağaç malzeme çürüyebilir, rutubet alış verişine bağlı olarak çalışabilir ve yanabilir. Dünyada ve Türkiye’ de orman alanı çok hızlı bir şekilde azalmakta ve bununla birlikte de ağaç malzemenin verimli ve uzun ömürlü olarak kullanımı çok büyük önem kazanmaktadır. Ağaç malzemenin uzun ömürlü olarak kullanımının en önemli yöntemlerinden biri ise emprenyedir. Ancak, emprenye işleminin ağaç malzemelerin fiziksel özelliklerinin genel olarak arttırdığı, mekanik özelliklerini de düşürdüğü bu çalışmayla birlikte literatürde de belirlenmiştir. Bu yüzden emprenye işlemi uygulanmadan önce kullanılan ağaç türüne bağlı olarak direnç değerlerindeki bu değişimler dikkate alınmalıdır. Özellikle çinko boratın, denge rutubetindeki artışına daha fazla sebep olması, rutubetli alanlarda kullanılacak kontrplakların emprenyesinde göz önünde bulundurulması gereken bir durumdur. Çinko boratın bu sakıncalarının azaltılabileceği düşüncesiyle, özellikle su itici kimyasal maddelerle ve çeşitli polimerlerle bir arada kullanılacağı kombinasyonların denenmesi önerilebilir.

Yanma sonucunda oluşan ağırlık kaybı sonuçlarına göre, kayın ve sarıçam; kavak ve kızılğaca göre tercih edilebilir. Emprenye maddesi olarak ise kavak ve sarıçam odunlarında ağırlık kaybını en fazla azaltıcı etki yaptığından dolayı amonyum sülfat, kayın odununda; çinko borat, kızılğaç odununda ise boraks önerilebilir. Bu çalışma yalnızca, emprenyeli ağaç malzemenin yapılarda kullanılması durumunda kimyasal maddelere göre yanma sırasında ağırlık kaybının değişimi incelenmesi esas alındığından, daha kesin yargılara varılabilmesi için çeşitli konsantrasyon oranlarında gerçekleştirilen daha kapsamlı yanma deneylerine de ihtiyaç vardır.

Çalışma sonucunda, emprenye edilebilme özelliği en fazla olan ağaç türü olarak Sarıçam bulunmuştur. Farklı emprenye maddeleri kullanılarak yapılan emprenye işlemi sonucunda da tüm emprenye maddelerinde en yüksek retensiyon miktarı Sarıçam odunlarında bulunmuştur. Yapı maksadıyla kullanılacak kontrplakların yangın geciktirici emprenye maddeleriyle emprenyesi işlemi için sarıçam kaplamalar kullanılabilir. Ayrıca retensiyon miktarlarının artırılması gerekirse, konsantrasyon oranları arttırılabilir veya daldırma metodu yerine diğer emprenye metotları da uygulanabilir.

Çalışmada, ÜF tutkallıyla üretilen emprenyeli kontrplakların direnç değerlerinin genel olarak, MF ile üretilenlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumda yangın geciktirici emprenye maddelerinin kullanıldığı, rutubet ile temasın fazla olmayacağı kullanım yerleri için üretilen kontrplaklarda ÜF tutkalının kullanılması önerilebilir. Özellikle ÜF ve MF gibi ticari tutkallar emprenye maddeleri ile uyum sağlama bakımından geniş çapta değişiklikler gösterdiğinden, özel uygulama yerleri için tutkal seçiminde emprenye maddesi üreticilerinden tavsiyeler alınması yararlı olacaktır.

Bu çalışmanın amacı; yangın geciktirici emprenye maddelerinin farklı ağaç türlerinden üretilen kontrplakların ısı iletkenliğine etkilerini araştırmaktır. Yapılan çalışmalar neticesinde emprenye işlemine tabi tutulan kaplamaların ısı iletkenliklerinin arttıkları gözlemlenmiştir. Isı iletkenliklerin artması, özellikle iletkenlik gereken kullanım alanlarında önemli bir avantaj sağlayabilir. Kontrplak levhalarında ise ağaç türüne ve emprenye maddesine göre farklılıklar göstermektedir. Bazı grupların, kontrol levhalarına göre daha düşük ısı iletkenlik değerleri vermesi de yalıtkanlık aranan kullanım alanlarında tercih edilme sebepleri olabilir.

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

7. KAYNAKLAR

- Acar, F., C., 2006. Paulownia'nın Odun Özelliklerinin Kavak ve Okaliptus ile Karşılaştırılması, Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayınları, No:3.
- Alma, M., H. ve Acemioğlu, B., 2001. Türkiye'nin Bor Kaynakları, Kullanım Yerleri ve Orman Ürünleri Endüstrisi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 4, 2, 62-72.
- Altun, S., 2008. Yerli Ağaç Türlerinde Yangın Geciktirici Emprenye Malzemelerinin Yıkanmaya Karşı Dayanıklılığı, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 1994. El Kitabı Dizisi:7, Sarıçam. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Muhtelif Yayınlar Serisi: 67. ISBN 975-7829-17-X.
- Anonim, 1999. Wood Handbook, Wood As an Engineering Material, General Technical Report 113, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463.
- Anonim, 2006. Opportunities To Invest In The Finnish Forestry Cluster, Wood Construction, Invest in Finland, Kaivokato 8, 6th Floor, FIN-00100 Helsinki, Finland.
- APA, 1999a. The Engineered Wood Association. Sanded Plywood, APA Product Guide, Canada.
- APA, 1999b. The Engineered Wood Association. American Plywood in Roof Construction: A Design Guide published by Construction Research Communications Ltd. by permission of Building Research Establishment Ltd. UK.
- APA, 2010. The Engineered Wood Association. Technical Topics. Form No: TT-044B, March.
- ASTM 907, 1982. Standart Definitions of Terms Relation to Adhesives, ASTM, Philadelphia.
- ASTM C 518. 2004. Methods of Measuring Thermal Conductivity, Absolute and Reference Method. ASTM International: West Conshohocken, USA.
- Aydın, İ. ve Çolakoğlu, G., 2005. Borlu Bileşikler ile Emprenye İşleminin Ağaç Malzemenin Yüzey Pürüzlülüğü, Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Etkileri, I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı, Nisan, Ankara.
- Aydın, İ., 2004. Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Ayrılmış, N., 2006. Çeşitli Kimyasalların Bazı Ahşap Levha Ürünlerinde Yanma ve Teknolojik Özellikler Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ayrılmış, N., Kartal, S., N., Laufenberg, T., L., Winandy, J., E. ve White, R., H., 2005. Physical and Mechanical Properties and Fire, Decay, and Termite Resistance of Treated Oriented Strandboard, Forest Product Journal. 55, 5, 74-81.
- Aytaşkın, A., 2009. Çeşitli Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilmiş Ağaç Malzemelerin Bazı Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- 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.
- Bilici S., M., 2003. Eti Holding A.Ş. Tarafından Sürdürülen Bor ile İlgili Ar-Ge Faaliyetleri, Teknoloji, Madencilik Bülteni, Mart sayısı, 32-35.
- Bott, J., W., 2005, Horizontal Stiffness of Wood Diaphragms. Master of Science in Civil Engineering. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia.
- BS 1134, 1990. Assesment of Surface Texture, Part 1 and Part 2, British Standards Institute, BSI, Lindford, UK.
- Candan, Z., DüNDAR, T., Ayrılmış, N. ve Şahin, H., T., 2009. Dimensional Stability of Fire-Retardant-Treated Laminated Veneer Lumber, Forest Production Journal, 59, 11/12, 18-23.
- Canply, 2002. Canadian Plywood Association. Plywood Handbook. U.S. Edition, Vancouver, Canada.
- Çakıroğlu, O. ve Aydın, İ., 2011. Huş Odununun Kayın Odununa Alternatif Olarak Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, KSÜ Mühendislik Bilim Dergisi, Özel Sayı, 2012, Kahramanmaraş.
- Çalışkan, M., 2008. Kontrplak , Laminant Dergisi. 10, 59, 71.
- Çolak, S., 2002. Kontrplaklarda Emprenye İşlemlerinin Formaldehit ve Asit Emisyonu İle Teknolojik Özelliklere Etkisi, Doktora Tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çolak, S., Temiz, A., Yıldız, Ü., C. ve Çolakoğlu, G., 2002. Fire Retardant Treated Wood and Plywood: A Comparative Study, The International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 02/40236, 33rd Annual Meeting, 12-17 Mayıs, Cardiff, UK, 6.

- 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 Journal Agricultural Forestry, 28, 1, 109-113.
- 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., Çolak, S., Aydın, İ., Yıldız, Ü., C. ve Yıldız, S., 2003. Effect of Boric Acid Treatment on Mechanical Properties of Laminated Beech Veneer Lumber”, Silva Fennica, 37, 4, 505-510.
- Çolakoğlu, G., 2004. Tabakalı Ağaç Malzeme Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.
- Demirkır, C., 2006. Kontrplak Üretimi Sırasında Oluşan Odunsu Atık ve Artık Materyallerin Yongalevha Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demirkır, C., 2012. Çam Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Yapı Maksatlı Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demirkır, M., S., 2014. Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kontrplakların Teknolojik Özellikleri Üzerine Presleme Süresi ve Tutkal Türünün Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- DIN 68705-3, 2003. Yapı Kontrplakları, Alman Standartları Enstitüsü, Verlag.
- DIN 68708, 1976. Sperrholz-Begriffe, DIN, Berlin.
- Dönmez, A., 2005. Bazı borlu bileşiklerle muamele edilmiş melez kavak yongaları ve kraft lignin fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen yönlendirilmiş yongalevhaların (OSB) teknolojik özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- EN 313-1, 1996. Plywood-Classification and Terminology, CU.
- EN 313-2, 1999. Plywood-Classification and Terminology Part-2, Terminology, CU.
- Erdin, N., 2003. Ağaç malzeme kullanımı ve çevreye etkisi, İnterteks İnşaat 2003 Fuarı, Ahşap Seminerleri, İstanbul.
- FAO, 2013. FAOSTAT-FAO Statics Division - Production Quantity/Plywood. <http://faostat3.fao.org/browse/F/FO/E>. Son Erişim Tarihi 28/11/2014.

- Frihart, C., R., Hunt, C., G., 2010. Adhesives with Wood Materials: Bond Formation and Performance, Chapter 10, General Technical Report FPL–GTR–190, Wood Handbook : Wood as An Engineering Material, Forest Products Laboratory, U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Madison, WI, 10.1.
- Gindl, W. ve Gupta, H., S., 2002. Cell-wall Hardness and Young's Modulus of Melamine-Modified Spruce Wood by Nano-Indentation, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 33, 8, 1141-1145.
- Golbabaie, H., 2006. Applications of Biocomposites in Building Industry, Department of Plant Agriculture University of Guelph, http://www.plant.uoguelph.ca/courses/plnt-6250/pdf/M_Golbabaie.pdf, Son Erişim Tarihi 26/11/2014.
- 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.
- Güler, C. ve Çolakoğlu, G., 2001. Farklı Koşullarda Üretilen Kızılağaç (*Pinus brutia Ten.*) Kontrplaklarda Çekme-Makaslama Direnci Üzerine Kaplama Levhaların Yüzey Pürüzlülüğünün Etkisi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 4, 1, 118-130.
- 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.
- Kartal, S., N. ve Gren, F., 2002. Development and Application of Colorimetric Microassay for Determining Boron-Containing Compounds, Forest Products Journal, 52, 6, 75-79.
- Kartal, S., N. ve Imamura, Y., 2004. Borlu Bileşiklerin Emprenye Maddesi Olarak Ağaç Malzeme ve Kompozitlerde Kullanımı, II.Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye.
- Kartal, S., N., Hwang, W., J., Shinoda, K. ve Imamura, Y., 2004. Decay and Termite Resistance of Wood Treated with Boron-Containing Quaternary Ammonia Compound, Didecyl Dimethyl Ammonium Tetrafluoroborate (DBF) Incorporated with Acryl-Silicon Type Resin. The International Research Group on Wood Preservation 35th Annual Meeting, Ljubljana, Slovenia, 6-10.
- Kartal, S., N., Ayrılmış, N. ve Imamura, Y., 2007a. Decay and termite resistance of plywood treated with various fire retardants. Build Environment. 42, 3, 1207-1211.
- Kartal, S., N., Hwang, W., J. ve Imamura, Y., 2007b. Water Absorption of Boron-Treated and Heat-Modified Wood. Wood Science Technology, 53, 454-457.
- 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.

- Kol, H., S., Özçifçi, A. ve Altun, S., 2008. Üre Formaldehit ve Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilen Lamine Ağaç malzemelerin Isı iletkenliği katsayısı üzerine empenye maddelerinin etkileri. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 8,2, 125-130.
- Kol, H., S., 2009. The Transverse Thermal Conductivity Coefficients of Some Hardwood Species Grown in Turkey, Forest Products Journal, 10, 59, 58-63.
- Kol, H., S., Uysal, B. ve Kurt, S., 2010. Thermal Conductivity Of Oak Impregnated With Some Chemicals and Finished, Bioresources, 5, 2, 545-555.
- Kol, H., S. ve Sefil, Y., 2011. The thermal conductivity of Fir and Beech Wood Heat Treated at 170, 180, 190, 200 and 212°C, Journal of Applied Polymer Science, 121, 2473-2480.
- Köse, G., 2012. Isıl İşlem Sırasında Açığa Çıkan Katranın Odun Koruma Maddesi Olarak Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Krüger, E., L. ve Adriazola, M., 2010. Thermal Analysis of Wood-based test cells, Construction and Building Materials, 24,6, 999-1007.
- Kurt, Ş., Uysal, B. ve Özcan, C., 2008. Effect of Adhesives on thermal conductivity of laminated veneer lumber. Journal of Applied Polymer Science, 110, 3, 1822.
- Kurt, Ş., Uysal, B. ve Özcan C., 2009. Thermal conductivity of oriental beech impregnated with fire retardant, Journal of Coatings Technology and Research, 6, 4, 523- 530.
- Liodakis, S., Bakirtzis, D. ve Dimitrakopoulos P., A., 2003. Autoignition and Thermogravimetric Analysis of Forest Species Treated with Fire Retardants, Thermochimica Acta , 399, 31-42.
- Manning, M., 2002. Wood Protection Processes for Engineered Wood Products, Enhancing the Durability Lumber and Engineered Wood Products, February, 11-13, Orlando, Florida.
- Mirski, R., 2009. The effect of variable environmental conditions on dimensional changes in thin wood-based materials. Part I. Absorption changes. EJPAU Wood Technology, 12, 4.
- Mutlu, E., 2013. Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilen Bazı Ağaç Türlerinin Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- OAİB, 2011. Kontrplak Sektör Raporu, Orta Anadolu Ağaç Mamulleri ve Orman Ürünleri İhracatçıları Birliği, Ankara, Türkiye.
- Örs, Y., Atar, M. ve Peker, H., 1999. Bazı Emprenye Maddelerinin Sarıçam ve Doğu Kayını Odunlarının Yoğunluklarına Etkileri, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, (5): 1169-1179 TÜBİTAK.

- 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.
- Örs, Y. ve Keskin, H., 2008. Ağaç Malzeme Teknolojisi. Gazi Yayın Dağıtım, Gazi Üniversitesi Yayın No: 352, Ankara.
- Östman, B., Voss, A., Hughes, A., Hovde J., P. ve Grexa, O., 2001. Durability of Fire Retardant Treated Wood Products at Humid and Exterior Conditions Review of Literature, Fire and Materials, 25, 95-104.
- Özçifçi, A., 2006. Effects of boron compounds on the bonding strength of phenol formaldehyde and melamine-formaldehyde adhesives to impregnated wood materials, Journal Adhesion Science Technology, 20, 10, 1147-1153.
- Özçifçi, A., ve Okçu, O., 2008. The Influence of the Impregnating Chemicals on the Bonding Strength of Impregnated Wood Materials, Journal of Applied Polymer Science, 107, 2871-2876.
- Özkaya, K., İlce, C., A., Burdurlu, E. ve Aslan, S., 2007. The Effect of Potassium Carbonate, Borax and Wolmanit on the Burning Characteristics of Oriented Strandboard(OSB), Construction and Building Materials, 1457-1462.
- Öztürk, H., 2012. Farklı Bölgelerde Yetişen Sakallı Kızılağaç' dan Elde Edilen Kontrplakların Bazı Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Peterson, D., J., 2002. Kinetic and Thermal Analysis of Polymeric Materials, Doctor of Philosophy, the University of Utah, Department of Chemistry.
- Qingwen, W., Jian, L. ve Shujun, L., 2006. Fire-Retardant Mechanism of Fire-Retardant FRW by FTIR, Frontiers of Forestry in China, 4, 438-444.
- 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.
- Rowell, R., M., 2005. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, CRC Press.
- 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.
- Song, Y., W., ve Rao, Y., C., 1999. Structural Performance of Fire- Retardant Treated Plywood: Effect of Elevated Temperature, Holzforchung 53,5, 547-552.
- Tan, H. ve Çolakoğlu, G., 2010. Dolgu Maddesi Olarak Meşe Palamut Unu Kullanımının Kayın ve Okume Kontrplak Levhalarında Bazı Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Cilt, 5, 1819-1824.

- Tan, H., 2011. Farklı Bölgelerde Yetişen Ladin ve Gökmar Tomruklardan Üretilmiş LVL ve Kontrplakların Bazı Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Terzi, E., 2008. Amonyum Bileşikleri ile Emprenye Edilen Ağaç Malzemenin Yanma Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- TOBB, 2007. Orman Ürünleri Sanayi Meclisi Raporu, TOBB Sanayi Veri Tabanı, Türkiye.
- Tomak, E., D., Hughes, M., Yıldız, U., C. ve Viitanen, H., 2011. The Combined Effects of Boron and Oil Heat Treatment on Beech and Scots Pine Wood Properties-Part 1: Boron Leaching, Thermogravimetric Analysis and Chemical Composition, Journal of Materials Science, 46, 3, 598-607.
- TS 2128 EN 313-2, 2005. Kontrplak - Sınıflandırma ve Terimler - Bölüm 2: Terimler.
- TS 3103, 1998. Kontrplaklarda Sınıflandırma ve Terimler, Bölüm 1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 310, 1998. Ahşap Esaslı Levhalar, Eğilme Dayanımı ve Eğilmeye Elastikiyet Modülünün Tayini, 1. Baskı, TSE Ankara.
- TS EN 314-1, 1998. Kontrplak-Kaplama Yapışma Kalitesi, Bölüm:1 Deney Metodları, 1. Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 322, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini, 1. Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 323-1, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlığının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- URL-1, 2008. www.insaatmuhendisligi.net/index.php?topic=3539.0. 11 Nisan 2008.
- URL-2, 2004. [www.ahsap.com.tr/_Yapılarda Kontrplak Kullanımı](http://www.ahsap.com.tr/_Yapılarda_Kontrplak_Kullanımı). 10 Ocak 2004.
- URL-3, 2014. www.abag.ca.gov. 10 Eylül 2014.
- URL-4, 2007. www.specialchempolymers.com/tc/FlameRetardants/index.asp. 10 Mayıs 2007.
- URL-5, 2014. www.boren.gov.tr/element.htm. 20 Eylül 2014.
- URL-6, 2006. <http://bor.balikesir.edu.tr/bor.html>. 20 Ocak 2006.
- Ustaömer, D., 2008. Çeşitli Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerle Muamele Edilerek Üretilmiş Orta Yoğunluktaki Liflevhaların (MDF) Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Uysal, B., Kurt, Ş., Kol H., Ş. ve Özcan, C., 2008. Thermal Conductivity of Poplar Impregnated With Some Fire Retardant, Teknoloji, 11,4, 239-251.
- Uysal, B., Yapıcı, F., Kol H., Ş., Özcan, C., Esen, R. ve Korkmaz, M., 2011. Emprenye Yapılmış Ağaç Malzeme Üzerine Uygulanan Üstyüzey İşlemlerinin Isı İletkenliklerinin Belirlenmesi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Mayıs Bildiriler Kitabı, Elazığ.
- Ülker, O., 2013. Bazı Mineral Lifler Kullanılarak Yonga Levhaların Yanma Dayanımının Artırılması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Wang, S., 2000. Phosphorus-Containing Polymers, Their Blends and Hybrid Nanocomposites with Poly(hydroxy ether), Metal Chlorides and Silica Colloids, Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy in Chemistry, Blacksburg, Virginia.
- Winandy, J., E., 1995. Effects Of Waterborne Preservative Treatment On Mechanical Properties: A Review”, Ninety-First Annual Meeting of the American Wood-Preservers' Association Marriott Marquis Hotel New York, New York May 21-24, 1-18.
- Xiao, J., Hu, Y., Yang, L., Cai, Y., Song, L., Chen, Z. ve Fan, W., 2006. Fire Retardant Synergism Between Melamine and Triphenyl Phosphate in Poly(Butylene Terephthalate), Polymer Degredation and Stability, 91, 2093-2100.
- Yalınkılıç, K., M., 2000. Improvement of Boron Immobility in the Borate- Treated Wood and Composite Materials, PhD thesis.
- Yaşar, E. ve Erdoğan, Y., 2008. Strength and Thermal Conductivity in Light weight Building Materials, Bulletin English Geological Environment, 67, 513-519.
- Yıldız, C., Ü., 2006. Odunun Yangından Korunması, Basılmamış Ders Notları, Trabzon.
- Yoshihara, H., 2009. Poisson'sratio of plywood measured by tension test, Holzforschung, 63, 603-608.
- Youngquist, J., A., 2007. Wood-based Composites and Panel Products. The Encyclopedia of Wood. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin. ISBN-13:978-1-60239-057-7.
- Yunchu, H., Peijiang, Z. ve Songsheng, Q., 2000. TG-DTA Studies on Wood Treated with Flame-Retardants, Holz als Roh-und Werkstoff, 58, 35-38.
- 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

10.01.1988 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2006 yılında İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı, aynı bölümden 2010 yılında mezun oldu. Askerlik hizmeti ve dört aylık özel sektör tecrübesinden sonra, 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Of Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne ÖYP Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitime başlayan Aydın DEMİR, orta derecede İngilizce bilmektedir.