

**TÜRKİYE’DE MDF (MEDIUM DENSITY FİBERBOARD) ÜRETİMİ YAPAN
BAZI FABRİKALARDAN ALINAN NUMUNELERİN FİZİKSEL VE
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

SALİH KAYA

ARALIK, 2006

ÖZET

TÜRKİYE’DE MDF (MEDIUM DENSITY FIBERBOARD) ÜRETİMİ YAPAN BAZI FABRİKALARDAN ALINAN NUMUNELERİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Kaya, Salih

Yüksek Lisans, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Cengiz GÜLER

Aralık 2006, 129 sayfa

Bu çalışmada ülkemizde değişik fabrikalarda üretilmiş ve piyasada satışa sunulmuş 18 mm kalınlıktaki MDF (Medium Density Fiberboard) levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri standartlara uygunluğu yönünden incelenmiştir. Denemler yüzey kaplama malzemesi kullanılmamış levhalar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Ülkemizde üretilen MDF (Medium Density Fiberboard) levhaların kullanım yerlerinde aranan ve fiziksel özelliklerden 2 ve 72 saat arası su alma ve kalınlık artımı, özgül kütle, rutubet miktarı, mekanik özelliklerden eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik yönde çekme direnci, levha yüzeyine dik vida tutma direnci, levha yüzeyine paralel vida tutma direnci ve sertlik direnci TS-EN

standartlarına göre incelenmiştir. Ayrıca levhaların özgül kütle profilleri çıkartılmıştır. Ülkemizde üretilen levhaların fiziksel özelliklerinden ortalama özgül kütle 0.705–0.834 g/cm³, kalınlık artımı (24h) % 3.28–5.88, rutubet miktarı % 5.8–9.2, mekanik özelliklerden eğilme direnci 35.11–42.51 N/mm², eğilmede elastikiyet modülü 3378.8–4090.79 N/mm², levha yüzeyine dik yönde çekme direnci 0.350–0.677 N/mm², levha yüzeyine dik vida tutma gücü 842.43–994.51 N, levha yüzeyine paralel vida tutma gücü 689.26–921.92 N, çizilme direnci 0.9–1.3 N, formaldehit emisyon miktarının 5.9-7.5 mg/100 g arasında olduğu tespit edilmiştir.

Her grup ayrı bir firmayı temsil ekmekte olup, özgül kütle değerleri en yüksek E grubunda, en düşük A grubunda çıktığı, 24 saat kalınlık artımı değerleri en yüksek D grubunda, en düşük A grubunda çıktığı, levha yüzeyine dik yönde çekme direnci değerlerinin en yüksek E grubunda, en düşük D grubunda çıktığı, yüzeyine dik yönde vida tutma gücünün en yüksek A grubunda, en düşük A grubunda çıktığı, levha yüzeyine paralel yönde vida tutma gücünün de en yüksek E grubunda, en düşük A grubunda elde edilmiştir.

Sonuçta genel olarak tüm levha gruplarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin TS EN standartlarına uygun olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: MDF (Orta yoğunlukta lif levha), fiziksel ve mekanik özellikler, standartlar.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES MEDIUM DENSITY FIBERBOARD SAMPLES OBTAINED FROM SAME PLANTS IN TURKEY

Kaya, Salih

Master of Science, Department of Forest Industry Engineering

Advisor: Yrd. Doç. Dr. Cengiz GÜLER

December 2006, 129 pages

In this study, Medium Density Fiberboards, produced by Turkish companies, were examined whether suitability standard that physical and mechanical properties of Medium Density Fiberboards with 18 millimeters thickness be sold to in the promenade and manufactured in different factories in our country. Experiments were carried out on boards don't use the sources cover materials.

In the addition, was examined according to essential standards that Hardness, Durability, Screw Holding Power, Specific Gravity of Source, Elasticity Modules In Bending, Bending Strength, from mechanical properties; Swelling In Water and Swelling Thickness between 2 hours -72 hours, Density, Moisture Amount from

physical properties and that desired in use place of Medium Density Fiberboards manufactured in our country. In addition, have removed density profiles of boards.

In the result, was confirmed to be between 5.9-7.5 mg/100 g of Testing of Formaldehyde. 0,9–1.3 N of Durability Opposite Drawing, 689.26–921.92 N of Screw Holding Power of Edge, 842.43–994.51 N of Screw Holding Power of Surface, 3378.8-4090.79 N/mm² of Elasticity Modules in Bending, 35.11-42.51 N/mm² of Bending Strengheit from mechanichal propertiers; % 15.79-24.49 of Swelling In Water with 24 hours, % 3,28-5,88 of Swelling Thickness with 24 hours, 0.705-0.834 g/cm³ of average density from some physical propertiers of boards in our country.

Samples collected from different firms were tested for panel density. Panel type E had the highest and type B had the lowest panel density. Regarding the thickness swelling for 24h type D was the best panel type but the worst was the panel type A. in order to compare the of panels, panels type E had the highest specific gravity on the other hand, lowest for he panel type D. Regarding the screw holding properties of the panels, panel type E was the best and panel type A was the worst for both surface and edge.

Conclusively, all tested panels in this study met the minimum value required by the standart (TS EN) regarding both physical and mechanical properties.

Key Words: Medium Density Fiberboard, Physical And Mechanical Properties, standarts.

TEŞEKKÜR

Araştırma konusunun tespitinde ve bilimsel uyarı ve önerilerinden faydalandığım Sayın Yrd. Doç. Dr. Cengiz Güler’e teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmalarım süresince önerilerinden yararlandığım Yrd. Doç. Dr. Yalçın Çöpür’e şükranlarımı sunarım.

Deneyleerin yapılması esnasında yardımlarını esirgemeyen araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında MDF levhaların temini ve laboratuara getirilmesi sırasında gerekli yardımlarını esirgemeyen Kırmızıtaş Orman Ürünleri ve Erdoğan Mobilya’ya teşekkür ederim.

Ayrıca bu günlere gelmemi sağlayan ve desteğini her zaman sürdüren aileme şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	II
ABSTRACT.....	IV
TEŞEKKÜR.....	VI
İÇİNDEKİLER.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XVI
SİMGELER DİZİNİ.....	XXI
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. MDF Üretim Teknolojisi.....	3
2.1.1. Lif Levha ve MDF Üretiminin Tarihsel Gelişimi.....	3
2.1.1.1. Türkiye’de MDF Üretimi.....	3
2.1.1.2. Dünyada MDF Üretimi.....	4
2.1.1.3. Türkiye’de MDF İthalat ve İhracatı.....	5
2.1.2. Lif Levhanın Tanımı ve Sınıflandırılması.....	6
2.1.3. MDF’nin Tanımı ve Sınıflandırılması.....	9

2.1.4. MDF'nin Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	11
2.1.5. MDF'nin Üstünlükleri.....	16
2.2. MDF Üretimi İş Akışı.....	19
2.3. MDF Üretiminde Kullanılan Hammaddeler.....	23
2.3.1. Odun veya Diğer Lignoselülozik Lifli Maddeler.....	23
2.3.2. Yapıştırıcı Maddeler.....	33
2.3.2.1. Üre- Formaldehit Tutkalı (ÜF).....	34
2.3.2.2. Fenol-Formaldehit Tutkalı (FF).....	39
2.3.2.3. Melamin- Formaldehit Tutkalı (MF).....	42
2.3.2.4. Rezorsin- Formaldehit Tutkalı (RF).....	44
2.3.2.5. İzosiyanat Tutkalı (İS).....	45
2.3.2.6. Doğal Tutkallar.....	46
2.3.3. Katkı Maddeleri.....	46
2.3.4. Sertleştirici Maddeler.....	47
2.3.5. Hidrofobik Maddeler.....	47
2.3.6. Koruyucu Maddeler.....	49
2.3.7. Yanmayı Geciktiren Maddeler.....	50
2.4. MDF'nin Özelliklerini Etkileyen Faktörler.....	52

2.5. Kalite ve Kalite Kontrol Kavramı.....	68
2.5.1. Kalite Kavramı.....	68
2.5.2. Kalite Kontrol Kavramı.....	68
2.5.2.1. ISO 9000 Standartları.....	69
2.5.2.2. ISO 9001 Standartları.....	69
2.5.2.3. ISO 9002 Standartları.....	70
2.5.2.4. ISO 9003 Standartları.....	70
2.6. MDF ile İlgili Standartlar.....	71
3. MATERYAL VE METOD.....	72
3.1. Materyal.....	72
3.2. Metod.....	73
3.2.1. Fiziksel Özellikler.....	73
3.2.1.1. Özgül Kütle.....	73
3.2.1.2. Rutubet Miktarı.....	74
3.2.1.3. Su Alma Miktarı	75
3.2.1.4. Kalınlık Artımı.....	76
3.2.2. Mekanik Özellikler.....	77
3.2.2.1. Eğilme Direnci.....	77

3.2.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	78
3.2.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	80
3.2.2.4. Vida Tutma Gücü.....	82
3.2.3. Özgül Kütle Profili.....	84
3.2.4. Çizilme Direnci.....	84
3.2.5. Formaldehit Emisyonu.....	85
4. BULGULAR.....	88
4.1. Fiziksel Özelliklere Ait Bulgular.....	88
4.1.1. Hava Kuru Özgül Kütle.....	88
4.1.2. Su Alma	89
4.1.3. Kalınlık Artımı.....	92
4.2. Mekanik Özellikleri Ait Bulgular.....	94
4.2.1. Eğilme Direnci.....	94
4.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	95
4.2.3. Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci.....	97
4.2.4. Vida Tutma Gücü.....	98
4.3. Özgül Kütle Profili.....	100
4.4. Çizilme Direnci.....	103

4.5. Formaldehit Emisyonu.....	105
5. İRDELEME.....	107
5.1. Özgöl Kütle.....	107
5.2. Su Alma.....	108
5.3. Kalınlık Artımı.....	109
5.4. Eğilme Direnci	110
5.5. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	111
5.6. Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	112
5.7. Vida Tutma Direnci.....	113
5.7.1. Levha yüzeyine Dik Vida Tutma Direnci.....	113
5.7.2. Levha Yüzeyine Paralel Vida Tutma Direnci.....	114
5.8. Özgöl Kütle Profili.....	115
5.9. Çizilme Direnci.....	117
5.10. Formaldehit Emisyonu.....	117
5.11. Deney Levhalarına Ait Ortalamalar.....	118
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	120
KAYNAKLAR	126

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil1: Odun Kökenli Levha Ürünlerinin Prosesi. Hammadde Tipi ve Yoğunluk Bakımından Sınıflandırılması.....	7
Şekil 2: MDF Üretim Şeması.....	22
Şekil 3: Selülozun Mikroskobik ve Submikroskobik Yapısı.....	25
Şekil 4: Lif Levha Üretiminde Kullanılan Lif Örnekleri, A: İğne Yapraklı Ağaç Lifleri, B: Yapraklı Ağaç Lifleri, C: Şeker Kamışı Lifleri.....	26
Şekil 5: Üre-Formaldehit Tutkalının Oluşumu.....	35
Şekil 6: Üre Formaldehit Tutkalının Sertleşmesi.....	38
Şekil 7: Fenol-Formaldehit Tutkalının Oluşumu.....	40
Şekil 8: Levha Kalınlığı ile Özgül Ağırlık Arasındaki İlişki.....	52
Şekil 9: Kuru Sistemde Uygulanan Pres Diyagramı.....	53
Şekil 10: DE Safhasında Pres Basıncının, Özgül Ağırlık Üzerine Etkisi.....	54
Şekil 11: Pres Basıncı ve Sıcaklığının Özgül Ağırlık Üzerine Etkisi.....	54
Şekil 12: Pres Sıcaklığının Su Alma ve Kalınlık Artımına Yaptığı Etki.....	55
Şekil 13: Pres Süresinin Sıcaklığa Bağlı Olarak Kalınlık Artımına Yaptığı Etki.....	55
Şekil 14: Pres Basıncının Su Alma ve Kalınlık Artımı Üzerine Etkisi.....	56

Şekil 15: Parafin İlavesinin Su Alma ve Kalınlık Artımı Üzerine Etkisi.....	57
Şekil 16: Mum İlavesinin Su Alma ve Kalınlık Artımı Üzerine Etkisi.....	57
Şekil 17: Sentetik Tutkal İlavesinin Kalınlık Artımına Etkisi.....	58
Şekil 18: Termik Muamelenin Su Alma (24 Saat) Üzerine Etkisi.....	59
Şekil 19: Termik Muamele Süresinin ve Sıcaklığın Kalınlık Artımına Yaptığı Etki..	59
Şekil 20: Termik Muamele Süresinin Kalınlık Artımına Etkisi.....	59
Şekil 21: Öğütme Derecesinin Levha Kalınlığı Artımı Üzerine Etkisi.....	60
Şekil 22: Özgöl Ağırlığın Eğilme Direncine Etkisi.....	61
Şekil 23: Özgöl Ağırlığın Çekme Direncine Etkisi.....	61
Şekil 24: Levha Neminin Eğilme Direncine Etkisi.....	62
Şekil 25: Levha Kalınlığının Eğilme Direncine Etkisi.....	62
Şekil 26: Pres Basıncının Çekme ve Eğilme Direncine Etkisi.....	63
Şekil 27: Pres Sıcaklığının Eğilme Direnci Üzerine Etkisi.....	63
Şekil 28: Yaş Sistemle Üretilmiş Levhalarda Yapıştırıcı Madde Miktarının Eğilme Direnci ve Kalınlık Artımına Yaptığı Etki.....	64
Şekil 29: Kuru Sistemle Üretilmiş Levhalarda Yapıştırıcı Maddenin Eğilme Direncine Etkisi.....	64
Şekil 30: Termik Muamele Süresinin ve Hava Hızının Eğilme Direncine Etkisi.....	65

Şekil 31: Çeşitli Üretim Sistemlerinde Termik Muamelenin Eğilme Direnci ve Su	
Almaya Etkisi.....	66
Şekil 32: Buharlama Süresinin Taze (1) ve Depoda Beklemiş (2) Kapak Tahtalarında	
Üretilen Lif Levhanın Eğilme Direncine Yaptığı Et.....	66
Şekil 33: Lif Öğütme Derecesinin Eğilme Direncine Etkisi	67
Şekil 34: Pres Süresinin Eğilme Direnci ve Kalınlık Artımı Üzerine Etkisi.....	67
Şekil 35: Yoğunluk Hesaplanmasında Deney Parçasının Kenar Uzunluklarının Ölçme	
Noktaları.....	74
Şekil 36: Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Deney Düzeneği	79
Şekil 37: Yük - Sehim Diyagramı İçerisindeki Deformasyon Sınırı	79
Şekil 38: Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımı Tayini İçin Deney Makinesi	
Düzeneği.....	81
Şekil 39: Kalınlığı 15 mm'den Fazla Olan Levhalarda, Vida Tutma Kabiliyeti	
Örneği.....	83
Şekil 40: Formaldehit Emisyonu Tayininde Kullanılan Ekstraksiyon Cihazı.....	87
Şekil 41: A Firmasına ait Yoğunluk Profilinin Ölçülen Bir Grafiği.....	101
Şekil 42: B Firmasına ait Yoğunluk Profilinin Ölçülen Bir Grafiği.....	101
Şekil 43: C Firmasına ait Yoğunluk Profilinin Ölçülen Bir Grafiği	102

Şekil 44: D Firmasına ait Yoğunluk Profiline Ölçülen Bir Grafiği	102
Şekil 45: E Firmasına ait Yoğunluk Profiline Ölçülen Bir Grafiği	103
Şekil 46: Levha Gruplarına Göre Özgül Kütle Miktarı.....	108
Şekil 47: Levha Gruplarına Göre 2, 24, 48 ve 72 Saatlik Su Alma Miktarları.....	109
Şekil 48: Levha Gruplarına Göre 2, 24, 48 ve 72 Saatlik Kalınlığına Şişme Miktarları.....	110
Şekil 49: Levha Gruplarına Göre Eğilme Direnci.....	111
Şekil 50: Levha Gruplarına Göre Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	112
Şekil 51: Levha Gruplarına Göre Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci.....	113
Şekil 52: Levha Gruplarına Göre Levha Yüzeyine Dik Vida Tutma Direnci.....	114
Şekil 53: Levha Gruplarına Göre Levha Yüzeyine Paralel Vida Tutma Direnci....	115
Şekil 54: Levha Gruplarına Göre Ortalama Yoğunluk Profili Değerleri.....	116
Şekil 55: Levha Gruplarına Göre Çizilme Direnci Değerleri.....	117
Şekil 56: Levha Gruplarına Göre Formaldehit Emisyonu Değerleri.....	118

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1: Ülkemizde MDF Üretimi Yapan Fabrikalar ve Üretim Kapasiteleri.....	4
Çizelge 2: 1998 Yılında Kıtalar İtibariyle Mevcut MDF Fabrikalarının Sayısı ve Üretim Kapasiteleri.....	5
Çizelge 3: 1998–2004 Yılları Arasında Türkiye’nin \$ Olarak MDF İthalat ve İhracatı.....	5
Çizelge 4: Standart MDF’lerin Teknolojik Özellikleri ve Üretiminde Kullanılan Hammadde Oranları.....	15
Çizelge 5: MDF ve Yonga Levhaya Ait Fiziksel ve Mekanik Özellikler.....	18
Çizelge 6: Lif levha Üretiminde Kullanılan İğne Yapraklı ve Yapraklı Ağaç Türleri.....	29
Çizelge 7: Lif Levha Üretiminde Kullanılabilecek Lif- Yonga Odunu Boyutları.....	31
Çizelge 8: Ülkemizde Endüstriyel Oduna Olan Arz ve Talep Miktarları.....	31
Çizelge 9: 18 mm Kalınlığındaki MDF’ler için TS EN Standartları.....	71
Çizelge 10: Levhaların Hava Kuru Yoğunluk Ölçümleri ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler.....	88

Çizelge 11: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhalarının Yoğunluklarına ait Varyans Analizi Sonuçları.....	89
Çizelge 12: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Üretim Yerlerinin Yoğunluk Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları.....	89
Çizelge 13: Levha Gruplarının 2, 24, 48 ve 72 Saat Su Alma Miktarları Ortalama Değerleri.....	90
Çizelge 14: Su Alma Miktarının Levha Grupları ve Bekletme Süresine Bağlı Olarak Çoğul Varyans Analizi Sonuçları.....	91
Çizelge 15: Levha Gruplarının % 95 Güven Aralığında Su Alma Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları.....	91
Çizelge 16: Suda Bekletme Sürelerinin % 95 Güven Aralığında Su Alma Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine Ait Eş Gruplar ve Ortalamaları.....	91
Çizelge 17: Levha Gruplarının Kalınlık Artımı Miktarları ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler.....	92
Çizelge 18: Kalınlık Artımı Miktarının Levha Grupları ve Bekletme Süresine Bağlı Olarak Çoğul Varyans Analizi Sonuçları.....	93

Çizelge 19: Levha Gruplarının % 95 Güven Aralığında Kalınlık Artımı Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları.....	93
Çizelge 20: Suda Bekletme Sürelerinin % 95 Güven Aralığında Kalınlık Artımı Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları.....	94
Çizelge 21: Levhaların Eğilme Direnci ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler.....	94
Çizelge 22: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhalarının Eğilme Direnci Değerlerine ait Varyans Analizi Sonuçları.....	95
Çizelge 23: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Üretim Yerlerinin Eğilme Direnci Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları.....	95
Çizelge 24: Levhaların Eğilmede Elastikiyet Modülü ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler.....	96
Çizelge 25: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhalarının Eğilmede Elastikiyet Değerlerine ait Varyans Analizi Sonuçları.....	96
Çizelge 26: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Üretim Yerlerinin Eğilmede Elastikiyet Modülü Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları.....	96

Çizelge 27: Levhaların Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler.....	97
Çizelge 28: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhalarının Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci Değerlerine ait Varyans Analizi Sonuçları.....	97
Çizelge 29: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Üretim Yerlerinin Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları.....	98
Çizelge 30: Levhaların Vida Tutma Gücü ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler.....	98
Çizelge 31: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhalarının Yüzey ve Kenar Vida Tutma Direnci Değerlerine ait Varyans Analizi Sonuçları.....	99
Çizelge 32: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Üretim Yerlerinin Kenar Vida Tutma Direnci Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları.....	99
Çizelge 33: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Üretim Yerlerinin Yüzey Vida Tutma Direnci Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları.....	100
Çizelge 34: Yoğunluk Profili ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler.....	100
Çizelge 35: Çizilme Direnci ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler.....	104

Çizelge 36: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhalarının Çizilme Direnci Değerlerine ait Varyans Analizi Sonuçları.....	104
Çizelge 37: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Levha Gruplarının Çizilme Direnci Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları.....	105
Çizelge 38: Levha Gruplarının Formaldehit Emisyonu Değerlerine ait Tanımlayıcı İstatistikler.....	105
Çizelge 39: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhalarının Formaldehit Emisyonu Değerlerine Varyans Analizi Sonuçları.....	106
Çizelge 40: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Levha Gruplarının Formaldehit Emisyonu Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları.....	106
Çizelge 41: Deney Levhalarına ait Ortalamalar.....	118

SİMGELER DİZİNİ

Eğilme Direnci (N/mm^2)	= f_m
Elastikiyet Modülü (N/mm^2)	= E_m
Hava Kurusu Yoğunluk (g/cm^3)	= ρ_{12}
Yüzeye Dik Yöndeki Çekme Direnci (N/mm^2)	= f_t
Kalınlık Artımı % (2 saat)	= K_{a2}
Kalınlık Artımı % (24 saat)	= K_{a24}
Kalınlık Artımı % (48 saat)	= K_{a48}
Kalınlık Artımı % (72 saat)	= K_{a72}
Su Alma Miktarı % (2 saat)	= S_{a2}
Su Alma Miktarı % (24 saat)	= S_{a24}
Su Alma Miktarı % (48 saat)	= S_{a48}
Su Alma Miktarı % (72 saat)	= S_{a72}
Vida Tutma Gücü (yüzey)	= V_y
Vida Tutma Gücü (kenar)	= V_k
Çizilme Direnci (N)	= I
Formaldehit Emisyonu Miktarı (mg/g)	= f_{em}

1. GİRİŞ

Dünyada endüstriyel gelişmeyle beraber ağaç malzemenin önemi ve kullanımı artmıştır. Yaşanan bu gelişme dünya’da odun hammaddesinin kıtlaşmasına neden olmuş ve sanayi kollarını harekete geçirmiştir. Bu arayışlar sonucu ağaç endüstri artıkları, bitki sapları, tarım artıkları ve kullanıma müsait olmayan ağaç dal ve gövdelerinin tekrar kazanılması yoluna gidilmiştir. Değerlendirilemeyen selüloz esaslı hücre çeperlerinin biyolojik, fiziksel ve mekanik özelliklere sahip ve yüksek değerde hammaddelerin yenilenebilir olmaları bu çalışmaların önemini artırmıştır. Farklı tekniklerle birçok ahşap esaslı levha üretilmiş, ağacın lifsel yapılı olmasından dolayı da lif levhalar geliştirilmiştir.

Lif levhalar teknolojik özellikleri itibariyle masif malzemenin önemli bir alternatifidir. Farklı yoğunluklarda üretilen lif levhalardan MDF, orta yoğunlukta lif levha olup ağaç liflerinin, sıcaklıkla reaksiyon kabiliyeti gösterebilen tutkallar vasıtasıyla sıcak preste bir araya getirilmesiyle elde edilmektedir.

Tüm dünyada ve Türkiye’de sahip olduğu avantajlar nedeniyle geniş kullanım alanı kazanan odun lifi levhalarından MDF’nin üretiminden sonra, kullanım amaçlarına uygun olup olmadığının tespiti için kalite testleri yapılır. Bunun iki amacı vardır. Birincisi: üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin standartlarda istenen minimum değerlere uygun olup olmadığının kontrol edilmesidir. Bu konuda Türk Standartları Enstitüsünce hazırlanan TS 64 “odun lifi levhaları” standardı yapılmıştır. Bu standartta boyut toleransları, odun lifi levhalarının fiziksel ve mekanik özellikleri, örnek alma, kondüsyonlama, muayene ve deneyler, birim hacim ağırlığı tayini, eğilme dayanımı konuları standartlaştırılmıştır. İkincisi ise üretilen levhaların pazarlanması ve satışında güçlüklerle karşılaşmamak için mümkün

olduğu kadar düzenli ve iyi kalite sağlamaktır.

Dünyada hızlı bir gelişme kaydeden orta yoğunlukta lif levha (MDF)'ların önemli derecede rağbet görmesinin birçok nedeni vardır. İdeal bir odun levhasında bulunması gereken özellikler; homojenlik, boyutlarının sınırlı olmaması, sertlik, eğilme direnci, iç bağlanma, yüzey sağlamlığı ve düzgünlüğü gibi fiziksel özelliklerinin yüksek olması, rutubet değişimlerinden en az etkilenmesi, işlenmesinin kolay, yüzeyinin düzgün olması, sıcak ve soğuk şartlara dayanıklı olması, böcek, mantar ve yangınlara karşı dayanıklı olması, gibi birçok özelliği üzerinde toplaması ile birlikte, kalınlık yönünde daha homojen bir özgül ağırlık dağılımına sahip olmasıdır. MDF levhaların yüzeyleri, yüzey işlemleri için uygun olup, işlem görmüş yüzeylerde zamanla pürüzlenme ve parlaklık azalması olmamaktadır. Levha kenarlarının kusursuz olması, kolayca işlenebilmesi, kaplanabilmesi, cilalanması, baskı yapılabilmesi, kolayca yapıştırılabilmesi, fiziksel özelliklerinin çok yüksek olması, yonga levha ve odundan üretilen levhalara oranla daha düşük kalitede odundan üretilmesi, rutubete dayanıklı olması, şişme oranının düşük olması, kolay kesilmesi, yarılp parçalanmaması, iyi vida tutması ve çivilenebilmesi, levha boyutlarının standartlara uygunluğu, oyma yapılp çok güzel işlenebilmesi, sağlamlık açısından her yönde aynı olduğundan, doğal oduna oranla daha geniş mobilya dizaynı yapılabilme imkanı sunması ekstra üstün özellikleridir (Eroğlu, 1994).

Bütün malzemelerde olduğu gibi orta yoğunlukta lif levhaların (MDF) teknik özelliklerinin test edilmesi, üretimden alınan verim değerini belirleyici unsur olacaktır.

Bu çalışmayla, Türkiye’de beş farklı tesisin ürettiği MDF’lerin kullanım yerlerinde aranan ve fiziksel özelliklerden özgül kütle, rutubet miktarı, su alma, kalınlık artımı; mekanik özelliklerden eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü,

yüzeye dik yönde çekme direnci, levha yüzeyine dik vida tutma direnci, levha yüzeyine paralel vida tutma direnci ve sertlik direnci özellikleri TS-EN standartlarına göre incelenmiş, levhaların standartlara uygunluğu hakkında sonuçlar ortaya konmuş, yapılan örnek deney çalışmalarının sonuçları Tukey testine göre istatistiksel olarak analiz edilerek değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. MDF Üretim Teknolojisi

2.1.1. Lif Levha ve MDF Üretiminin Tarihsel Gelişimi

2.1.1.1. Türkiye’de MDF Üretimi

Türkiye’de MDF’nin üretimine 1985 yılında kısa adı Çamsan olan özel bir firma tarafından 62.000 m³/yıl kapasite ile Ordu ilimizde kurulmuştur. Çizelge 1’de ülkemizde MDF üretimi yapan tesisler ve üretim kapasiteleri verilmiştir (Dayanıklıoğlu, 2006).

Ülkemizde bulunan 8 MDF üretim tesisinin yonga levhaya göre daha yüksek kapasiteyle çalıştığı söylenebilir. Son kurulan tesislerle birlikte ülkemiz MDF üretimini artıracak ve ihracatın artışında önemli rol oynayacaktır (Koç, 1997).

Çizelge 1: Ülkemizde MDF Üretimi Yapan Fabrikalar ve Üretim Kapasiteleri
(Dayanıklıoğlu, 2006).

Firma Adı	Tesisin yeri	Kapasite m ³ /yıl	Tesislerin Durumu	Mülkiyet	Üretim Şekli
Çamsan	Ordu	180.000	Çalışır Durumda	Özel	Kuru sistem
Çamsan (Yeni tesis)	Hendek /Adapazarı	180.000	Çalışır Durumda	Özel	Kuru sistem
Divapan	Düzce	120.000	Çalışır Durumda	Özel	Kuru sistem
Kastamonu Entegre	Gebze-İzmit	300.000	Çalışır Durumda	Özel	Kuru sistem
Yıldız Sunta MDF	İzmit	165.000	Çalışır Durumda	Özel	Kuru sistem
Yıldız Sunta MDF	İzmit	300.000	Kuruluş Aşamasında	Özel	Kuru sistem
Yıldız Entegre	İzmit	300.000	Çalışır Durumda	Özel	Kuru sistem
Yıldız Entegre(Y.tesis)	İzmit	300.000	Kuruluş Aşamasında	Özel	Kuru sistem
S.F.C.	Kastamonu	330.000	Çalışır Durumda	Özel	Kuru sistem
Teverpan	Tekirdağ	90.000	Çalışır Durumda	Özel	Kuru sistem
Teverpan (Y. tesis)	Tekirdağ	165.000	Kuruluş Aşamasında	Özel	Kuru sistem
Kuruoğlu	İzmit	90.000	Kuruluş Aşamasında	Özel	Kuru sistem
Serdar Ağaç	Bursa	195.000	Çalışır Durumda	Özel	Kuru sistem

Türkiye Toplamı: 2.715.000 m³/yıl (20.06.2006 itibariyle 1.860.000 m³/yıl kurulu,
855.000 m³/yıl kuruluş aşamasında).

2.1.1.2. Dünyada MDF üretimi

Çeşitli bölgelere göre Dünya’da MDF üretimi yapan tesisler ve üretim kapasiteleri çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2 : 1998 Yılında Kıtalar İtibariyle Mevcut MDF Fabrikalarının Sayısı ve Üretim Kapasiteleri (MDF Industry Update Mill Directories, 1997).

Kıta Adı	Fabrika Sayısı	Üretim Kapasitesi (m ³ /Yıl)
Avrupa-Orta doğu	71	7.600.000
Kuzey Amerika	33	4.319.000
Güney Amerika	7	755.000
Asya-Pasifik	99	7.521.000
Afrika	3	155.000
Dünya Toplamı	213	20.350.000

Çizelgeden görüleceği gibi Dünya MDF üretiminin büyük bir bölümü Avrupa- Ortadoğu ve Asya-Pasifik kıtalarında gerçekleşmektedir.

2.1.1.3. Türkiye’de MDF İthalat ve İhracat Durumu

Çizelge 3’de 1998–2004 yılları arasında Türkiye’nin ithalat ve ihracat rakamları görülmektedir (DİE, 2005).

Çizelge 3: 1998-2004 Yılları Arasında Türkiye’nin \$ Olarak MDF İthalat ve İhracatı

Yıllar	İthalat \$	İhracat \$
1998	35.437.748	2.428.443
1999	20.623.426	2.662.580
2000	32.777.313	1.376.322
2001	9.825.469	6.525.699
2002	22.379.245	11.075.692
2003	38.938.338	21.139.022
2004	57.959.968	31.370.345
Toplam	217.941.507	76.578.103

Son yıllarda MDF ithalatında ciddi artışlar olmuş, özellikle 2001 ekonomik krizinde ithalatın büyük oranda düşmesine rağmen 2002 yılından itibaren tekrar hızlı bir şekilde artmış 2004 yılında şu ana kadarki en yüksek ithalat gerçekleşmiştir. 1998 yılında 35 milyon ABD doları tutarında MDF ithal edilirken bu 2001 yılında ekonomik krizle birlikte 9,8 milyon dolara kadar düşmüştür. 2002’den itibaren

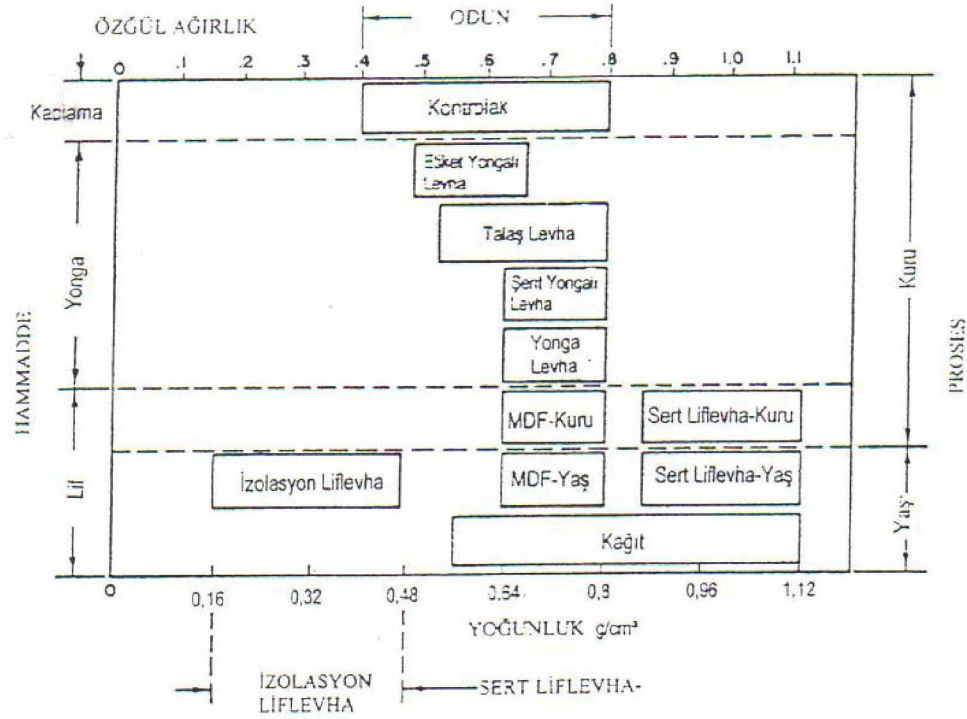
ekonomik yönden toparlanma sürecine girilmiş ve 2004 yılında 57,9 milyon dolarla şu ana kadarki en yüksek ithalat gerçekleşmiştir.

Ülkemiz MDF ihracatında 1998 yılından 2004 yılına kadar genelde sürekli bir artı görülmüş, 2000 yılında bir önceki yıla nazaran düşüş olsa da bu tarihten itibaren artış meydana gelmiş ve 2004 yılında MDF ihracatı 31 milyon ABD doları olmuştur.

1998 yılında ihracat/ithalat oranı % 6,85 iken bu oran 2004 yılında % 54,12'ye yükselmiştir. Bu oran ülkemiz açısından olumlu bir gelişmedir. Önümüzdeki 6 yıl içerisinde bu oranın 1/1 olacağı söylenebilir.

2.1.2. Lif Levhanın Tanımı ve Sınıflandırılması

Lif levha, bitkisel lif ve lif demetlerinin doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerinde yararlanılarak veya ilave tutkal konularak oluşturulan levha taslağının kurutulması veya preslenmesi sonucu meydana gelen bir üründür. Kısaca, ligno-selülozik maddelerin liflendirilmesiyle oluşan, lif ve lif demetlerinin yeniden şekillenmesiyle elde edilen bir levhadır (Eroğlu, 1994). Şekil 1'de odun kökenli levha ürünlerinin prosesi, hammadde tipi ve yoğunluk bakımından sınıflandırılması görülmektedir.



Şekil 1: Odun Kökenli Levha Ürünlerinin Prosesi. Hammadde Tipi ve Yoğunluk Bakımından Sınıflandırılması (Suchland ve Woodson, 1991).

Lif levhalar çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilirler;

A. Yoğunluklarına Göre Lif Levhalar

1. Düşük yoğunlukta lif levhalar-izolasyon lif levhası (LDF-Light Density Fiberboard): $0,35 \text{ g/cm}^3$ 'ten daha düşük yoğunlukta olan lif levhalar.

2.Orta yoğunlukta lif levhalar (MDF-Medium Density Fiberboard): $0,35\text{-}0,80 \text{ g/cm}^3$ arasında yoğunluğa sahip lif levhalar.

3.Yüksek yoğunlukta lif levhalar-Sert lif levha (HDF-High Density Fiberboard): $0,80\text{-}1,1 \text{ g/cm}^3$ arasında yoğunluğa sahip lif levhalar (Eroğlu, 1994)

Amerika'da lif levhalar yoğunluklarına göre şu şekilde sınıflandırılmaktadır (Forest Products Laboratory, 1989);

1. Düşük yoğunlukta lif levhalar-izolasyon lif levha (LDF-Light Density Fiberboard): $0,16\text{-}0,5 \text{ g/cm}^3$ arasında yoğunluğa sahip lif levhalar.

2.Orta yoğunlukta lif levhalar (MDF-Medium Density Fiberboard) :0,5-0,88 g/cm³ arasında yoğunluğa sahip lif levhalar.

3. Sert lif levhalar (HDF-High Density Fiberboard): 0,5 g/cm³ – 1,45 g/cm³ arasında yoğunluğa sahip lif levhalar:

a) Orta yoğunlukta sert lif levhalar: 0,5 g/cm³-0,8 g/cm³ arasında yoğunluğa sahip lif levhalar.

b) Yüksek yoğunlukta sert lif levhalar:0,8 g/cm³-1,28 g/cm³ arasında yoğunluğa sahip lif levhalar.

c) Özel yoğunlaştırılmış sert lif levhalar: 1,35 g/cm³-1,45 g/cm³ arasında yoğunluğa sahip lif levhalar.

B. Üretim Yöntemlerine Göre Lif Levhalar

1.Yaş yöntemle üretilen lif levhalar: Bu yöntemde levha taslağının oluşturulması, tutkal ve diğer katkı maddelerinin katılarak ön prese taşınması sulu bir ortamda yapılmaktadır. Taslak rutubeti % 100'den fazladır. Bu yöntemde üretilen lif levhaların % 90 veya daha fazlasını odun veya diğer ligno-selülozik maddeler oluşturmaktadır. Yaş yöntemle lif levha üretiminde genelde yapışmayı sağlayan orta lameldeki lignin olup, levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini artırmak amacıyla isteğe bağlı olarak sentetik tutkal (üre veya fenol formaldehit) katılabilmektedir. Levhanın rutubetli ortamda çalışmasını önlemek amacıyla da tam kuru lif ağırlığına oranla % 1-2 arasında parafin kullanılmaktadır (Eroğlu, 1994).

2.Yarı kuru yöntemle üretilen lif levhalar : Bu yöntemde levha taslağı su yerine hava veya mekanik araçlar ile oluşturulmaktadır. Taslağın tutkal veya diğer katkı maddeleri katıldıktan sonraki rutubeti % 12-45 arasındadır.

3. Kuru yöntemle üretilen lif levhalar: Bu yöntemde de yarı kuru yöntemde olduğu gibi taslak hava veya mekanik araçlarla oluşturulmaktadır. Taslağın tutkal ve

diğer katkı maddeleri katıldıktan sonraki rutubeti % 9-11 arasındadır. Yarı kuru ve kuru yöntemde tutkal olarak tam kuru lif ağırlığına oranla % 10 oranında sentetik tutkal katılmaktadır. Levhanın yaklaşık % 80-90'ını odun hammaddesi oluşturmaktadır. Yarı kuru yöntem ve kuru yöntem üretim akışı bakımından odunun yongalanmasından defibratörde liflendirmeye kadar olan bölüm yaş yöntemle lif levhada olduğu gibidir. Liflendirmeden levhanın zımparalanmasına kadar olan bölüm ise yonga levhada olduğu gibidir. Kuru yöntemle, liflerin levha içersindeki yönlerine göre iki değişik tipte lif levha üretilmektedir (Eroğlu, 1994). Bunlar;

a) Lifleri yönlendirilmeden üretilen lif levhalar: Bu yöntemde taslak oluşturulurken lifler rasgele serme bandının üzerine düşmektedir. Lifler taslağın her bölgesinde dağıldığından homojen yapıda levha üretilmekte ve lifler levha yüzeyine paralel olarak uzanmaktadır.

b) Liflerin yönlendirilmesiyle üretilen lif levhalar (Oriented Fiberboard): Bu yöntemde ise, serme bölümünde taslak oluşturulurken lifler bant üzerine mekanik araçlar veya elektrostatik yükleme ile belirli bir açı altında düşmektedir. Yönlendirilmiş lif levhaların en önemli özelliği yönlendirme yönünde gerek fiziksel özelliklerinin ve gerekse mekanik özelliklerinin yönlendirilmeden üretilmiş lif levhalardan yüksek olmasıdır. Bu ürünün en fazla kullanıldığı alan yapı sektörüdür (Maloney, 1993).

2.1.3. MDF'nin Tanımı ve MDF'lerin Sınıflandırılması

MDF kelime anlamı ile orta yoğunlukta lif levha anlamına gelmekte ve İngilizce karşılığı olan Medium Density Fiberboard kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. MDF yaş yöntemle, yarı kuru yöntemle ve kuru yöntemle

üretilebilmektedir. Bugün Dünya’da % 90 oranında Kuru yöntemle üretilmektedir. Aşağıda kuru ve yaş yöntemle üretilen MDF’nin tanımı verilmiştir.

MDF orta sertlikte bir lif levha olup, termomekanik olarak odun veya diğer ligno-selülozik maddelerden elde edilen liflerin belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra yaklaşık % 9-11 oranında termosetting (sıcaklıkla katılan) karakterli bir tutkalla tutkallanarak sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle oluşan homojen yapıda levhadır. MDF’nin kalınlığı 1,8- 60 mm, yoğunluk ise genelde 0,55– 0,8 g/cm³ arasında değişmekte olup, çoğunlukla 0,7-0,8 g/cm³ arasındadır (Akbulut, 1999).

Yaş yöntemle üretilen MDF; odun veya diğer ligno-selülozik hammaddelerden elde edilen liflerden sulu ortamda taslak hazırlanarak, belli bir rutubete (% 1-5) kadar kurutulduktan sonra sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen her iki yüzü düzgün homojen yapıda elde edilen levhalardır. Tutkal olarak odunun doğal yapıştırıcısı olan ligninden faydalanılır. Levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini artırmak amacıyla isteğe bağlı olarak termoplastik tutkal (% 0,5-1,5) katılabilmektedir. Yaş yöntemle üretilen MDF’lerin kalınlığı kuru yöntemle üretilen MDF’den daha az olup, 6.35 mm-12.7 mm arasındadır. Mobilya üretiminde taşıyıcı elaman olarak MDF-Kuru kullanılırken, MDF-Yaş ise genellikle yan ve üst yüzeylerde kaplama elamanı olarak değerlendirilmektedir (Suchland ve Woodson, 1991).

Üç değişik yöntemle üretilebilen MDF’ler yoğunluklarına göre aşağıdaki gibi 3 sınıfa ayrılmaktadır (Akbulut, 1999).

1. Standart MDF (Standart MDF): Yoğunluğu 0,65-0,80 g/cm³ arasında değişen levhalardır.

2. Hafif MDF (Light MDF): Yoğunluğu 0.55-0.65 g/cm³ arasında değişen

levhalardır.

3. Çok Hafif MDF (Ultra Light MDF): Yoğunluğu 0,45-0,5 g/cm³ arasında değişen levhalardır.

2.1.4. MDF'nin Özellikleri ve Kullanım Alanları

Levha endüstrileri içinde kaplama ve kontrplak endüstrileri yüksek kaliteli ve değerli odun isterler. Kaliteli odunların azalması ile birlikte bu ürünlerin fiyatı da artmaktadır. Oysa, MDF'nin yonga levhadan daha düşük kalitede odunlardan üretilebilmesi, fiziksel ve mekanik özelliklerinin masif ağaç malzemeye yakın olması pek çok kullanım yerinde masif ağaç malzemeye alternatif olarak kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı birçok kullanım yerinde bu ürünlerin yerini almıştır (Eroğlu, 1994).

MDF aslında sert lif levha ile yonga levhanın üstün özelliklerinin kombine edildiği bir levha türüdür. Zira sert lif levhada olduğu gibi lifler, yonga levhada olduğu gibi de tutkal kullanılmaktadır. Böylece liflerin kullanılmasıyla sert lif levha gibi yüzeyleri düzgün ve yeknesak, tutkal kullanılmasıyla da yonga levha gibi yapışma dayanımı yüksek olmaktadır (Akbulut, 1999).

MDF'nin yaş yöntemle üretilen lif levhalara göre de bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır (Suchland ve Woodson, 1991). Bunlar;

Avantajları:

1. Verimin daha yüksek olması,
2. Çok katlı levha yapma imkanı,
3. Yapışma dayanımının yüksek olması,
4. Levhanın enine ve boyuna yöndeki özellikleri arasında fark bulunmaması,

5. Üretimde kullanılan ağaç türlerinin geniş sınırlar içinde bulunması ve kısmen mantar tahribatına uğramış odunların değerlendirilmesi,
6. Otomatik kalınlık ve yoğunluk kontrol araçları kullanma imkanı,
7. Levhanın kalınlık ölçülerinin daha geniş sınırlar içinde değişmesi (1,8-60 mm),
8. Suyun az olduğu bölgelerde yonga levha, kontrplak ve kereste fabrikalarıyla bir arada bulunabilmesi,
9. Taslak rutubetinin düşük olması nedeniyle presleme süresinin daha kısa olması,
10. Atık suların temizlenmesi gibi bir sorun olmadığından bu işlem için herhangi bir gider söz konusu olmaması,
11. Tesis masrafları yaş sisteme göre daha az olmasıdır.

Dezavantajları ise:

1. Yaş yöntemde olduğu gibi hidrojen bağlarının bulunmayışı,
2. İlave bir tutkalın gerekli olması,
3. Fabrika içersinde yangın tehlikesinin daha fazla oluşu,
4. Hava kirliliği problemi olması,
5. Levhanın yüzey kalitesinin sert lif levhaya göre daha düşük oluşu,
6. Rutubet değişimleri sonucu daha yüksek oranda boyuna uzama,
7. Liflerin yoğunluğunun düşük olması nedeniyle kullanma ve depolama zorluklarıdır.

Standart MDF'ler daha çok mobilya üretiminde, hafif MDF'ler mobilyanın yanı sıra bölme ve tavan yapımında, çok hafif MDF'ler ise kalıp ve resim çerçevesi olarak kullanılmasının yanında ısı izolasyonu amacıyla değerlendirilebilmektedir (MDF Industry Update Mill Directories, 1997).

<u>Bölge</u>	<u>Mobilya</u>	<u>Diğer Kullanım Yerleri (%)</u>
Avrupa	67	33
K.Amerika	80	80
Asya	68	32

MDF'nin özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilmektedir (Eroğlu, 1994);

1. Homojen yapıda olup doğal odun özelliğinde yapay bir üründür. Yüzeyler ile orta tabaka arasındaki yoğunluk farkı MDF' de daha azdır, dolayısıyla yapısı daha homojendir.
2. Levha yüzeyleri yüzey işlemleri için uygun olup işlem görmüş yüzeylerde zamanla pürüzlenme ve parlaklık azalması olmaz.
3. Levha kenarlarının kusursuz olması, kolayca işlenebilmesi, kaplanabilmesi, zımpara istememesi cilalanması, direkt desen baskı yapılabilmesi ve kolay yapıştırılabilmesi mümkündür.
4. Fiziksel özellikleri çok yüksektir, fakat hafif değildir.
5. Yonga levha ve odundan üretilen diğer levhalara göre daha düşük kaliteli odunlardan üretilmektedir.
6. Rutubete dayanıklıdır, kolay kesilir, yarıp parçalanmaz, çivilenip vidalanabilir.
7. Büyük boyutlu malzemedir.
8. Sağlamlık her yönde aynı olduğundan doğal oduna oranla daha geniş mobilya dizaynı imkanı verir.

MDF'lerin masif malzemelere göre bazı üstünlükleri bulunmaktadır. Masif ağaç malzemenin aksine direnç özellikleri farklı yönlerde değişik olmayıp homojen yapıdadır. Masif odunda bulunan budak, çürüklük ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar ile üç

değişik yönde farklı çalışması sonucu görülen çarpılma ve çatlaklar MDF’lerde söz konusu değildir. Bununla birlikte, MDF üretiminde uygulanan çeşitli yöntem ve tekniklerle, direnç, sertlik ve yoğunluk gibi teknolojik özelliklerin yanı sıra boyutlarının da istenildiği gibi ayarlanabilmesi mümkündür. Düzgün ve geniş yüzeyler oluşturan bu levhaların işlenmesi daha kolay olup, ısı ve ses izolasyonunda kullanılabilmektedirler. Aynı zamanda çivi, vida ile tesbit edilmekte olup, boya, cila ve çeşitli kaplama malzemeleriyle kaplanabilme özelliklerine de sahiptirler. Ayrıca, levhalara çeşitli kimyasal maddeler katılarak rutubete, mantarlara, böceklerle ve yangına karşı daha dayanıklı hale getirilebilmektedirler (Eroğlu,1994).

Masif odun mantar ve böcekler tarafından tahrip edildiğinden yapısında kusurlar meydana gelebilmektedir. Kompozit levhalarda kullanılan kimyasal maddeler, bu organizmalara karşı dayanımlı olmalarını sağlamaktadır. Biyolojik zararlılara karşı dayanma, çeşitli metotlarla geliştirilebilir. Kompozitlere katılan kimyasal tutkallar denge rutubet miktarını düşürerek mikroorganizmaların enzim substratlarını azaltır (İstek, 1998).

İnce MDF’ler özel kalıplarla bükülerek şekil verilebildiğinden kontrplak ve yongalevhanın kullanılmadığı bükme mobilya üretiminde değerlendirilebilmektedir. Günümüzde pres kapı olarak bilinen kapıların üst yüzeyleri özel kalıp preslerde çeşitli formlar verilmiş ince MDF’lerden yapılmaktadır (Ayrılmış, 2000). Mobilya üretiminde çok fazla miktarda kullanılan standart MDF’lerin teknolojik özellikleri ve kullanılan hammadde oranları çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4: Standart MDF’lerin Teknolojik Özellikleri ve Üretiminde Kullanılan
Hammadde Oranları (Eroğlu, 1994 ve Kurtoğlu, 1999)

Odun Lifleri	% 80-90
Üre- Formaldehit Tutkalı	% 9-11
Parafin	% 1-2
Rutubet Oranı	% 6-9
Kalınlık	6-19 mm
Yoğunluk	680-750 kg/m ³
Eğilme Direnci	200-400 kg/cm ²
Elastikiyet Modülü	20000-22000 kg/cm ²
Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci	7 kg/cm ²
Kalınlığına Şişme	
2 Saatte	% 3
24 Saatte	% 6
120 Saatte	% 22
Boyuna Yönde Genişleme	% 0,2-0,3
Boyuna Yönde Daralma	% 0,4

MDF’nin kullanım yerlerini aşağıda belirtilen şekilde sınıflandırarak şöyle sıralayabiliriz (Akbulut, 1999).

1. İnce MDF

1,8-2,5 mm kalınlıklardaki bu levhalar sert lif levha (HDF) ve ince kontrplağa alternatif olarak üretilmektedir. Tipik kullanım yerleri; çekmece altlıkları, mobilya ve kabin arkalıkları, kapı yüzeyleri, sergi paneli, üzerinde delikler açılarak dekoratif paneller ve kolayca bükülebildiklerinden dolayı eğik yüzeylerin oluşturulmasında kullanılır.

2. Kalın MDF

45-60 mm kalınlıklarda üretilen bu levhaların en büyük kullanım yeri binalarda sütun, plaster ve kemer gibi mimari araçlarla değerlendirilmesidir. Ayrıca, ağır döşeme ve raf, merdiven basamağı, çalışma tezgahı ve bank oturaklarıdır.

3. Rutubete dayanıklı MDF

Bu tip levhalar rutubete dayanıklı tutkallarla (fenol formaldehit v.b) ilave edilmiştir. Kapalı yerlerde % 80 bağıl neme kadar kullanılabilir. Bu levhalar banyo ve

mutfak mobilyası, döşeme, pencere, merdiven ve mimari kalıp ürünlerde kullanılır.

4. Açıkta kullanılan MDF

Rutubete dayanıklı tutkallarla üretilmiş olmasının yanı sıra, bütün yüzey ve kenarları açık havaya dayanıklı olacak şekilde kaplanmıştır. Bu levhalar; yol işaretleri, reklam panoları, mağaza vitrinleri, bahçe mobilyaları, bot kabinleri, skor board, açık depolama alanlarında, raf ve açık havada kullanılan kapı panellerinde değerlendirilir.

5. Yangına dayanıklı MDF

Standart MDF'ler, üretimden sonra yüzeylerine alev almayı geciktiren kimyasal madde sürme veya levhaların bazı tuzlarla emprenye edilmesi suretiyle yangına karşı dayanıklı hale getirilirler. Bu levhalar, duvar ve pano kaplamaları, büro bölme sistemleri, sergi panoları, gemilerde kabin ve bölme elemanları ile binalara bitişik yapılan ekipmanlarda değerlendirilir.

6. Yüksek yoğunlukta MDF

Bu tip MDF'lerin yoğunluğu $0,8 \text{ gr/cm}^3$ 'den fazla olup HDF (High Density Fiberboard) olarak adlandırılmaktadır. İşlenme özellikleri ve yüzey işlemlerine uygunluğu daha iyidir. Bu levhalar; endüstriyel raf, çalışma tezgahları, ağır döşeme, merdiven basamağı, mobilya altlığı ile mutfak ve banyo birimleri için kapı üretiminde değerlendirilir.

2.1.5. MDF'nin Üstünlükleri

Mobilya Endüstrisi başta olmak üzere birçok kullanım yerinde MDF'nin yonga levhadan daha çok tercih edilmesinin nedenlerinin başında MDF'nin masif ağaç malzeme gibi işlenebilmesi gelmektedir. Bilindiği gibi MDF'nin kullanım

yerinde üstünlük sağlayan en önemli özelliği hiç şüphesiz homojen yapısıdır. MDF'nin hem alt ve üst yüzeyinin hem de orta bölgesinin yoğunluğu yonga levhadan daha yüksektir. Dolayısıyla levhanın ortalama yoğunluğu MDF'de daha fazladır. MDF ve yonga levhanın yoğunluk profilinde levha yüzeyinden ortasına doğru yoğunlukta bir azalma görülmekle birlikte, yüzey ve orta tabaka arasındaki yoğunluk farkı MDF'de yonga levhaya göre daha az ve dolayısıyla daha homojen bir yapıya sahiptir. Bu sayede, MDF'nin yanları son derece düzgün olup, masif çıta yapıştırılmadan kullanılabilmekte, lamba-zıvana açılabilmekte ve her türlü profil verilebilmektedir. Ayrıca, levha yüzeylerine çeşitli profiller açılarak dekoratif görünüşler yapılabilmektedir. Bugün birçok mobilya üreticisi yonga levhanın yanlarını masif ağaç malzemeden hazırlanan çıtalarla kaplamak yerine MDF'den hazırlanan çıtalarla kaplamaktadır. MDF'nin yanları mobilya üretiminde kaplanmadan direk boyanmak suretiyle de kullanılabilir. Yonga levhanın orta tabakasında kaba yongalar kullanıldığından yanları poröz yapıdadır ve bu yüzden MDF'de olduğu gibi yüzeylerine ve yanlarına ağaç işleme makineleri ile iyi profil verilememektedir. Ayrıca, postforming ve softforming işlemlerinde yonga levhanın orta tabakasının poröz olması nedeniyle tutkal sarfiyatını artırmaktadır. MDF'nin yanları ise sıkı yapıda olduğundan böyle bir problemle karşılaşmamaktadır. İnce MDF'ler özel kalıp preslerde bükülerek şekil verilebildiğinden kontrplak ve yonga levhanın kullanılmadığı bükme mobilya üretiminde kullanılabilir. Günümüzde (Amerikan) pres kapı olarak bilinen kapıların üst yüzeyleri özel kalıp preslerde çeşitli formlar verilmiş ince MDF'lerden yapılmaktadır (Ayrılmış, 2000).

Levha yüzeyinin orta tabakadan daha yoğun olmasının avantajları, daha yüksek direnç, kaplama ve boyama için daha düzgün yüzey, su alma ve şişmeye karşı daha yüksek mukavemet ve tutuşmaya karşı daha yüksek direnç sağlamasıdır.

MDF'nin yüzey yoğunluğu yonga levhadan daha yüksek olduğundan aşındırıcı etkilere karşı daha fazla direnç göstermektedir.

MDF'nin yonga levhaya göre diğer bir üstün yanı ise fiziksel ve mekanik özelliklerinin yüksek olmasıdır. Bir karşılaştırma yapmak amacıyla piyasadan temin edilen ve aynı kalınlıktaki MDF ve yonga levhaların mekanik özelliklerine ait değerler çizelge 5'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere MDF'nin fiziksel ve mekanik özellikleri yonga levhadan belirgin şekilde yüksektir (Ayrılmış, 2000).

Çizelge 5: MDF ve Yonga Levhaya ait Fiziksel ve Mekanik Özellikler
(Ayrılmış, 2000).

Özellikler	Birim	MDF	Yonga Levha
Levha Kalınlığı	mm	18	18
Yoğunluk	g/cm ³	0,760	0,647
Rutubet Oranı	%	7,2	9,2
Kalınlığına Şişme (%) 2 saat	%	1,45	5,3
24 saat	%	6,71	8
Su Emme (%) 2 saat	%	3,86	-
24 saat	%	15,9	-
Eğilme Direnci	Kg/cm ²	308,04	140,9
Eğilmede Elastikiyet Modülü	Kg/cm ²	31393,2	28157
Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci	Kg/cm ²	8,5	6,53
Levha Yüzeyine Paralel Yönde Çekme Direnci	Kg/cm ²	134,33	73,11
Levha Yüzeyine Dik Vida Tutma Gücü	kp	96,23	73,1
Levha Yüzeyine Dik Yönde Janka Sertlik Değeri	Kg/cm ²	535,12	338,61
Yüzey Emiciliği (Akma Uzunluğu)	mm	235	200

2.2. MDF Üretimi İş Akışı

MDF levhaların üretimi odun parçacıklarının imali ile başlar. Üretimde hammadde olarak en az 8 cm çaplı her türlü odun kullanılabilir (Anonim, 1985). Kullanılan hammadde, yonga levhada olduğu gibi belli bir değerlikte odunlar olmayıp, son ürünün niteliği ve kalitesi açısından en az etkisi olan, düşük değerli odun ve artıkların kullanımı da mümkündür (Koçboğan, 1983).

Odunlar 20x20x3 mm boyutlarında yongalandıktan sonra uygun karışım sağlamak amacıyla farklı türlerden elde edilen yongalar ayrı ayrı depolarda toplanır. Buradan yongalar alınıp yıkama tesislerinden geçirilerek taş, kum ve kirlerinden arındırılarak silolarda depolanır. Silo içindeki rutubet % 40-45 oranında tutulur. Silolarda yongalar kaba, ince ve normal olmak üzere eleklerle gönderilir. Kaba yongalar kırıcılara, inceler yakılmak üzere enerji kazanlarına, normal yongalar ise liflendirme ünitesine sevk edilir (Çehreli, 1984).

Isıl işlem için ön ısıtıcıya gelen yongalar sıcaklık ve buhar basıncı etkisiyle yumuşamaya başlar ve şişerler. Buhar odunun bütün gözeneklerine girerek hidroliz olayının başlamasını sağlar. Isınmış ve yumuşamış olan yongalar, ön ısıtıcının alt tarafında bulunan helezon taşıyıcı ile liflendirme ünitesinin diskleri arasına iletilir. Çapları ortalama 1 m olan, biri sabit diğeri ayarlanabilen disk bıçaklarının yardımıyla, istenen incelikte yongalar liflendirilir. Parafin mumu eritme tankında eritilerek emülsiyon haline getirilip tutkal karışımı % 50 oranında liflendirme ünitesinden çıkan liflere püskürtülerek ilave edilir.

MDF üretiminde üre-formaldehit tutkalı, sertleştirici olarak amonyak veya amonyum sülfat, özel amaçlar için melamin tutkalı kullanılır.

Gerekli ilavelerden sonra levha yapımına uygun hale gelen lifler, liflendirme

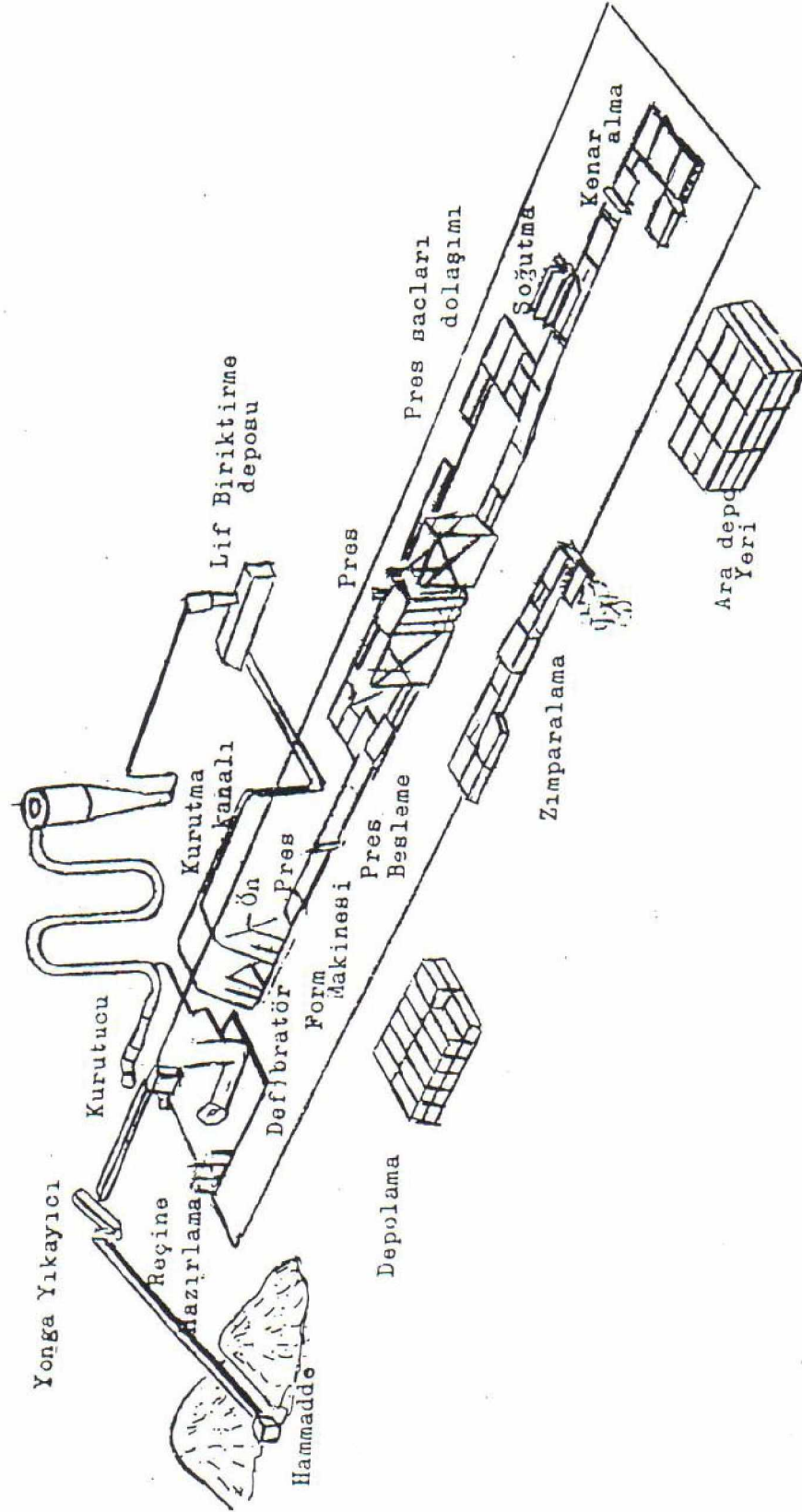
ünitesinden çıkarken rutubet oranının yüksek olması nedeniyle kurutucuya sevk edilir. Burada sıcak hava ile karşılaşan lifler siklona ulaşınca kadar kurutulur. Liflerin siklona ulaştıklarındaki rutubet oranları % 6,5-8,5 arasında olması gerekir. Daha sonra ağırlık kontrolü ve bu ağırlığa göre gereken tutkal oranının belirlenmesi amacıyla lifler kantara gelir. Gerekli tutkalı verecek olan reçine pompası bu kantara bağlıdır. Lifler taşıyıcı helezonlarla depoya, oradan serme istasyonunun kilit noktası olan giriş ağzına iletilir. Burada lif serme işlemi pnömatik olarak hava ile veya mekanik olarak elek üzerine serme ile olur. Serme istasyonunun giriş ağzına gelen liflerin rutubet oranı % 7-10 arasında bulunmaktadır. Serme makinesi yardımıyla lifler elek veya kauçuk bant üzerine dökülür. Tırnaklı silindir, liflerin bant boyunca düzenli serilmesini sağlar.

Ön preste preslenmeye girmeden önce levha taslağı, form istasyonunu terk ettiğinde, normal levha kalınlığının 20 katıdır. Ön pres uygulamasının amacı, taşıma için yeterli sağlamlığın sağlanması yan alma işleminin az kayıp ile yapılabilmesi, sıcak prese zarar görmeden girebilmesi içindir. Kalınlık 3 kat azaltılmış olur. Ön preslemede hareket eden bir bantla basınç uygulanmaktadır.

Kenarları kesilip pres boyutlarında ebatlandırılan keçe, pres yükleme asansörüne yerleştirilir. Presten çıkan levhalar boşaltma asansörüne gönderilir. Pres 150 °C'deki sıcak su, buhar veya kızgın yağ ile ısıtılır. Levha taslağına uygulanan basınç 50 kg/cm² civarındadır. Presleme süresi 19-20 mm kalınlığındaki levhalar için 8 dakika kadardır. Preslemenin amacı levhaları istenen kalınlığa kadar sıkıştırmak, yapışma için gerekli basıncı sağlamak, tutkalın sertleşmesi için gerekli ısıyı vermektir.

Presten çıkan levhalar normal hava şartlarında yıldız şeklindeki soğutma düzeninde soğutulduktan sonra, dairesel testere yardımıyla kenarları biçilerek

düzeltilir. Presten çıkan her iki levhanın yüzeyinde yumuşak materyalden oluşan uzaklaştırılması gereken, 0,5- 1 mm kalınlığında bir tabaka vardır. Bu istenilmeyen tabaka zımparalama makinesinde 4 veya 6 zımpara başlığı ile uzaklaştırılır. Zımpara makinesine levhalar tek tek rulolar üzerinde girer, kaba ve ince olmak üzere iki tip zımparalama işleminden sonra pürüzsüz olarak çıkarlar. Üretilen levhaların boyutları piyasanın istediği ölçülerin birkaç katı büyük olduğundan zımparalamadan sonra standart boyutlara getirmek için boyutlandırma makinesine gelir. Oradan kalite sınıflarına ayrılarak sevk edilmek üzere paketlenir. Şekil 2’de MDF üretim şeması verilmiştir (Eroğlu, 1994).



Şekil 2: MDF Üretim Şeması (Eroğlu, 1994)

2.3. MDF Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

MDF endüstrisinde hammadde olarak odun veya diğer ligno-selülozik lifli hammaddeler, tutkallar ve katkı maddeleri kullanılmaktadır. Kuru yöntemle üretilen MDF'nin yaklaşık % 80-90'ını odun veya diğer ligno-selülozik maddeler oluşturmaktadır. MDF endüstrisinin en önemli hammaddesini odun oluşturmaktadır.

2.3.1. Odun veya Diğer Ligno-Selülozik Lifli Maddeler

MDF, yonga levha ve diğer odun kökenli levhalara oranla daha düşük kaliteli odunlardan üretilir. Kısmen mantar tahribatına uğramış odunlar, lif levha endüstrisinde değerlendirilebilmektedir. MDF üretiminde kullanılan ağaç cinsleri geniş sınırlar içinde bulunmakta ve şeker kamışı, buğday sapları vb. yeterli lif uzunluğuna sahip yıllık bitkiler de bugün dünyanın bazı bölgelerinde bu kaynaklara yakın olana MDF fabrikalarında değerlendirilebilmektedir. Hatta yapılan araştırmalar atık kağıtların bile MDF üretiminde kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Bu avantajlardan dolayı MDF'nin, hammadde isteği yonga levhadan daha geniş sınırlar içindedir. Odun kalitesi bakımından isteklerin örneğin, dolgun gövde, düzgün liflilik, boy, çap, budak vb. gibi özellikler, bu endüstri için pek önemli bulunmamaktadır. Yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunlarının büyük bir kısmı, bu endüstride kullanılmaktadır (Eroğlu, 1988).

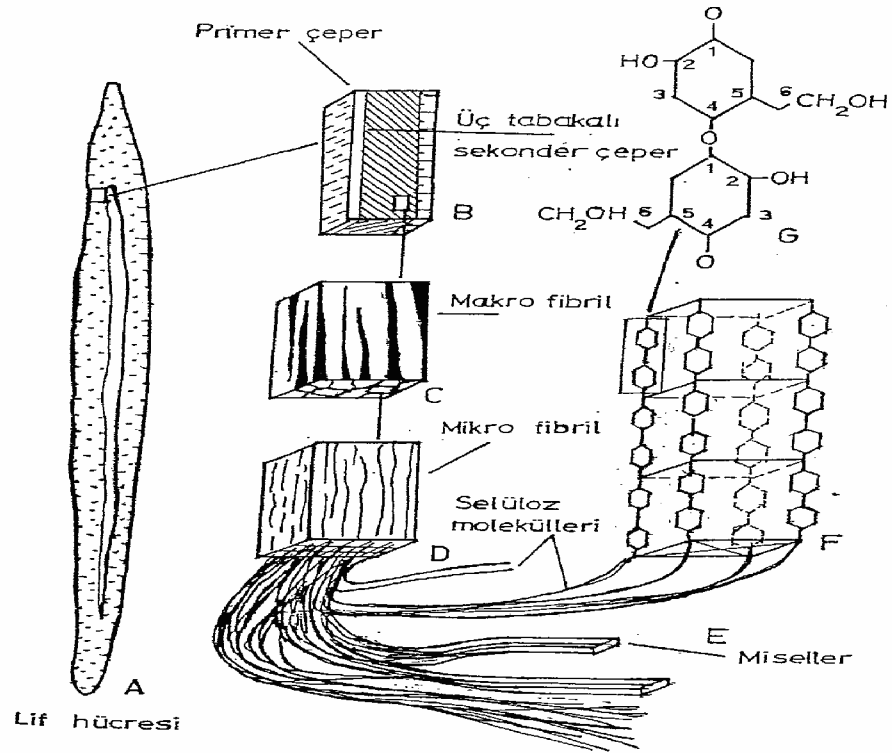
MDF üretiminde, orta yoğunlukta, fazla budak ihtiva etmeyen, reçine ve tanen gibi ekstraktif madde oranı yüksek olmayan, pH değeri 4- civarında, rutubet oranı % 40-60 olan ve kabuk oranı % 15-20'yi geçmeyen kısmen mantar tahribatına uğramış her türlü odunsu materyal kullanılabilmektedir. TS 1351 (1974)'de budaklar ve kabuk

konusunda bir sınırlama getirilmemiş olmasına karşın, budaklar yongalama makinesi bıçaklarının daha kısa sürede körelmesine ve makine kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır. Kabuk ise yoğunluğu düşük, kısa lifli ve lif üretimi bakımından düşük değerde olduğundan yongalar içersindeki oranı ortalama % 20'yi aştığında levhanın fiziksel ve mekaniksel özelliklerini düşürmekte, yüzey görünümünü ve kalitesini bozmakta, tutkal sarfiyatını artırmakta, kum, ufak taş parçaları gibi defibratör segmentlerini aşındıran maddeler içermekte ve pişirme kazanında çok önemli olan hacmi kaplayarak ısı ve buhar enerjisi kayıplarına neden olmaktadır. Bu yüzden, fiziksel ve mekanik özellikleri yüksek olan kaliteli MDF üretimde kullanılacak odunlar, kabuklarından soyulmuş olmalıdır (Suchland ve Woodson, 1991). MDF üretiminde genelde düşük yoğunluğa sahip ağaç türleri tercih edilir. Yoğunluğu 0,35-0,65 g/cm³ arasında değişen ağaç türleri lif levha üretimine uygundur (Anonim, 1999).

Kestane ağacı gibi asiditesi yüksek olan ağaç türlerinin yongaları pişirme kazanına Kayın, Kavak gibi pH değeri biraz daha yüksek olan (4-5 civarında) ağaç türlerinin yongaları ile birlikte verilmemelidir. Aksi taktirde, pişirme kazanına farklı pH değerlerine sahip yongalar alındığı için liflerinin pH değerleri de farklı olacak ve özellikle sıcak preste istenmeyen problemler ortaya çıkaracaktır. Kestane yongalarının ve buna dayalı olarak liflerinin pH değeri Kayın ve Kavak liflerinden daha düşük olduğundan (asiditesi yüksek) taslakta kestane liflerinin olduğu yerler sıcak preste daha önce sertleşecek ve levhanın bazı yerlerinde fiziksel ve mekanik özellikler farklı olacaktır (Anonim, 1999).

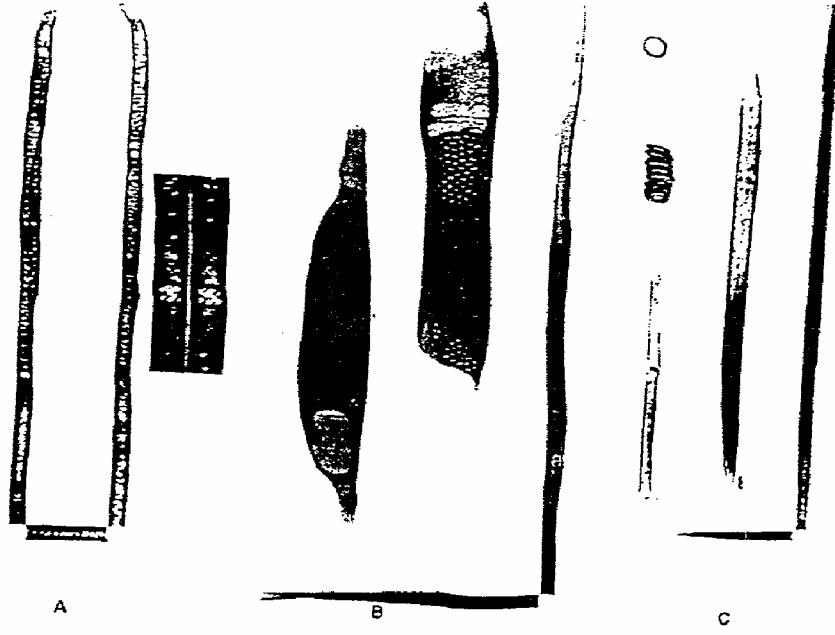
Lif levha endüstrisinde kullanılan odunların lif boyutları liflerin keçeleşme kabiliyetleri açısından önemli bulunmaktadır. Yapraklı ağaçlar 0,8-2 mm kısa lif veren hücrelere sahiptirler. Buna karşılık iğne yapraklılar 3-7 mm'ye varan lif

uzunluklarına sahip cinslerdir (Ayrılmış, 1999). Lif levha endüstrisinde uzun lifli odunlar kısa lifli odunlardan daha fazla tercih edilir. Bilindiği gibi yaş yöntemle levha üretiminde keçeleşme özellikleri iyi olması dolayısıyla iğne yapraklı ağaçlar (% 70 iğne yapraklı + % 30 yapraklı ağaç) tercih edilmektedir. Böylece elde edilen levhanın başta eğilme, levha yüzeyine paralel ve dik yönde çekme dirençleri olmak üzere bazı fiziksel ve mekanik özellikleri yüksek olmaktadır. Kuru yöntemle lif levha üretiminde tutkal olarak termosetting (sıcakla katılaştan) tutkallar kullanılmakta, böylece kısa lifli yapraklı ağaçlarda büyük oranda üretimde değerlendirilebilmektedir (Eroğlu,1988). Şekil 3’de odun lifi hücrelerini oluşturan selülozun mikroskobik ve submikroskobik yapısı görülmektedir.



Şekil 3 : Selülozun Mikroskobik ve Submikroskobik Yapısı (Tank, 1980).

Şekil 4’de lif levha üretiminde kullanılan iğne yapraklı ve yapraklı ağaç lifleri ile yıllık bitkilerden şeker kamışı lifleri görülmektedir.



Şekil 4: Lif Levha Üretiminde Kullanılan Lif Örnekleri, A: İğne Yapraklı Ağaç Lifleri, B: Yapraklı Ağaç Lifleri, C: Şeker Kamışı Lifleri, (Suchland ve Woodson, 1991).

Herhangi bir ağacın lif üretimine elverişlilik durumunun saptanmasında yardımcı olacak faktörler arasında (Tank, 1980);

1. Ağaç türü
2. Yetiştirme yerinin coğrafi durumu
3. Yetiştirmeye etkisi bulunan meşcere şartları (yüksekti, toprak ve iklim)
4. Meşcere tipi (bakir orman, koru, dikim veya sürgünden yetiştirme gibi)
5. Tomruğun kesildiği ağaç kısmı (gövde, kütük, tepe, dal)
6. Odunun durumu (çürüklük, mantar veya yangın etkisinde kalmış olması)
7. Hammaddenin tipi (kabuklu, kabuksuz, yuvarlak veya yarma odun, budaklı tomruk veya endüstri artığı gibi)

8. Anormal oluşumlar (lif kıvrıklığı, reaksiyon odunu vb.) yer almaktadır.

Yapraklı ağaçların iğne yapraklı ağaçlardan yaş yöntemle lif levha üretiminde önemli bir avantajı, liflerinin kısa oluşu nedeniyle levha yüzeyinde daha seyrek yüksek yoğunlukta bölgeler (Cockle: Yaş yöntemle lif levha üretiminde taslak oluşturma bölümünde lif dağılımındaki düzensizlikler nedeniyle oluşan yer yer yüksek yoğunluktaki bölgelerdir.) oluşturmaktadır. Buna karşılık çok kısa lifler de levha yüzeyinde yüksek yoğunlukta bölgeler oluşturmaktadır. Çünkü, bu kısa lifler suyun drenajını azaltmaktadırlar. İzolasyon lif levhası üretiminde daha uzun ve yumuşak olan iğne yapraklı ağaç lifleri daha iyi bir drenaj sağladığından bu türlerde ‘cockle’ problemi yaşanmamakta ve daha sağlam bir levha taslağı elde edilmektedir (Suchland ve Woodson, 1991).

İğne yapraklı ağaç odunlarını liflendirmek için gerekli enerji yapraklı ağaçlardan daha fazladır. Ayrıca iğne yapraklı ağaç odunlarının pişirme süreleri yapraklı ağaç yongalarından daha fazladır. Odunun yoğunluğu ne kadar fazla ise yongalara gerekli olan pişirme süresi de o kadar az olmaktadır. Bu yüzden iğne yapraklı ve yapraklı ağaç yongaları pişirme kazanında ayrı ayrı işlem görmelidirler. MDF üretiminde kullanılan ağaç türleri çok değişiktir. Başlangıçta uzun lifli ve yapraklı ağaçlara göre hafif olmaları, kolay sıkıştırılabilmeleri ve pH değerlerinin MDF üretimi için uygun olmalarından (4–5 civarı) dolayı iğne yapraklı ağaçlar kullanılmıştır (Anonim, 1999; Ayrılmış, 1999). Dünya’da lif levha üretiminde kullanılan iğne yapraklı ve yapraklı ağaçlar çizelge 6’da verilmiştir.

Ülkemizde MDF üretimi yapan fabrikalarda önceleri Çam, Gökmar, Ladin gibi iğne yapraklı ağaç türleri kullanılırken daha sonraları ekonomik ve kolay temin edilebilmesinden dolayı başta Kayın, Meşe, Kavak, Kestane, Gürgen olmak üzere Kızılağaç, İhlamur, Söğüt, Huş ve Akçağaç gibi yapraklı ağaç türleri de büyük

oranda üretimde kullanılmaya başlanmıştır (Anonim, 1999). Ayrıca ülkemiz ormanlarında yaygın olarak çalı formunda bulunan Orman gülünün (*Rhododendron ponticum L.*) de lif levha üretiminde kullanılabileceği tesbit edilmiştir (Taşkın,1977).

MDF üretiminde kullanılan çeşitli iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerine ait lif uzunlukları aşağıda verilmiştir (Tank, 1980).

<u>Ağaç türü</u>	<u>Lif uzunluğu (mm)</u>
<i>Abies alba</i>	3,4-4,6
<i>Acer pceudoplatanus</i>	0,67-1,08
<i>Betula verrucosa</i>	0,34-1,7
<i>Fagus orientalis</i>	0,5-1,7
<i>Picea abies</i>	1,3-4,3
<i>Pinus sylvestris</i>	1,8-4,5
<i>Populus nigra</i>	0,3-2,0
<i>Quercus robur L.</i>	0,28-1,6
<i>Tilia platyphylla</i>	0,5-1,4

Çizelge 6 : Lif Levha Üretiminde Kullanılan İğne Yapraklı ve Yapraklı Ağaç Türleri
(FAO, 1958)

Botanik Adı(İğne yapraklı)	Ticari Adı	Botanik Adı (Yapraklı)	Ticari Adı
Abies alba	Silver fir	Acacia mollissima	Black wattle
Abies balsama	Balsam fir	Acer macrophyllum	Bigleaf maple
Abies concolor	White fir	Acer rubrum	Red maple
Abies magnifica	California red fir	Acer saccharinum	Silver maple
Abies procera	Noble fir	Acer saccharum	Sugar maple
Abies grandis	Grand fir	Acer pseudoplatanus	
Abies nordmanniana		Alnus incana	Alder
Abies bornmülleriana		Aucoumea klaineana	Okume
Abies equitrojani		Betula alba	Birch
Abies cilicica		Betula alleghaniensis	
Araucaria australis		Betula lenta	
Araucaria imbricata		Betula papyrifera	
Cedrus libani		Betula platyphylla japonica	
Cedrus atlantica		Betula pubescens	
Cedrus deodora		Betula verrucosa	
Chamaecyparis spp.	Cypress	Carpinus caroliniana	American hornbeam
Cryptomeria spp.	Cedar	Castanea sativa	Chesnut
Picea ağabeyes	European cedar	Eucalyptus eucalyptoides	Eucalypts
Picea glauca	White spruce	Eucalyptus gigantea	
Picea mariana	Black spruce	Eucalyptus globulus	
Picea rubens	Red spruce	Eucalyptus gummiifera	
Picea sitchensis	Sitka spruce	Eucalyptus maculata	
Picea engelmannii	Engelmann spruce	Eucalyptus obliqua	
Pinus banksiana	Jack pine	Eucalyptus ovata	
Pinus contorta	Lodgepole pine	Eucalyptus pilularis	
Pinus densiflora	Red pine	Eucalyptus resinifera	
Picea ochinata	Shortleaf pine	Eucalyptus rostrata	
Picea elliotii	Slash pine	Eucalyptus saligna	
Picea palustris	Longleaf pine	Fagus crenata	
Picea patula	Patula pine	Fagus grandifolia	
Picea pinaster	Maritime pine	Fagus sylvatica	
Pinus pinea	Stone pine	Fagus orientalis	
Pinus ponderosa	Ponderosa pine	Liquidambar styraciflua	Sweetgum
Pinus radiata	Monterey pine	Liquidambar orientalis	
Picea resinosa	Red pine	Liriodendron tulipifera	Yellow poplar
Picea strobus	East white pine	Nothofagus cunninghamii	Tasmanian oak
Picea sylvestris	Scots pine	Pentacme spp.	White lauan
Picea taeda	Loblolly pine	Populus alba	Poplar
Picea rigida	Pitch pine	Populus grandidentata	Apsen
Picea jeffreyi	Jeffrey pine	Populus nigra	Poplar
Picea virginiana	Virginia pine	Populus tremula	Poplar
Picea clausa	Sand pine	Populus tremuloides	Aspen
Picea glabra	Spruce pine	Robinea pseudoacacia	Black lacust
Picea lambertiana	Sugar pine	Quercus robur	Oak
Pseudotsuga men.var.Glauca	Douglas fir	Quercus rubra	
Sequoia sempervirens	Redwood	Quercus ithaburensis	
Podocarpus dactyloides		Salix alba	Willow
Taxus baccata		Salix nigra	Black willow
Thuja plicata	West, Red cedar	Shorea spp.	Red lauan
Thuja occidentalis	North. White- cedar	Tabebuia cassinoides	Caixeta
Tsuga heterophylla	West.hemlock	Tabebuia obtusifolia	
Tsuga canadensis	Eastern hemlock	Tilia americana	Basswood
Larix occidentalis	Western larch	Tilia heterophylla	
Juniperus virginiana	Eastern redcedar	Tilia platyphylla	
Juniperus osteosperma	Utah juniper	Tilia argentina	

Lif levha üretiminde odun hammaddesinin önemi büyüktür. Yongalama sırasında enerji sarfiyatını azaltmak, düzgün yüzeyli yongalar elde etmek ve hammadde kayıplarını asgariye indirmek için % 40–60 arasında rutubette odun kullanmak idealdir. Pratikte yongalanacak odunun rutubeti % 80-90'a kadar çıkabilmektedir. Odunun rutubet değeri lif doygunluğu noktasından düşük olduğu takdirde yongalama makinesinde istenilen boyut ve kalitede yonga alınamaz. Kuru odunlar yongalanırken toz miktarı artar.

MDF üretiminde, ince çaplı yuvarlak veya yarılmış gövde kısımları, aralama kesimlerinden elde edilen dal odunları, tepe odunları ve yakacak odunlar gibi işlenmemiş orman artıkları ile kereste endüstrisi artıkları, soyma kaplama atık silindiri, kesme kaplama artık tahtası, soyma ve kesme artık kaplamaları, testere ve planya talaşı, çeşitli odun işleyen ve mobilya tipi üretimi yapan fabrika artıkları kullanılabilir. Planya ve testere talaşı gibi endüstriyel artıklar lif levha endüstrisinde odun yongasından sonra ikinci derecede arzu edilen hammaddelerdir. Çünkü bu endüstriyel artıklar düşük rutubetli olmalarının yanı sıra daha kısa lif vermektedirler (Ayrılmış, 1999).

TS 1351 (1971)'e göre; lif levha üretiminde kullanılabilecek lif-yonga odunun boyutları çizelge 7'deki gibi belirlenmiştir. Fabrikalar üretimde kullanılacak odunların kabuklu çaplarının 6 cm'den küçük, 40 cm'den büyük ve boylarının da 2 m²'den uzun olmamasını tercih etmektedirler (Anonim, 1999).

Çizelge 7: Lif Levha Üretiminde Kullanılabilecek Lif- Yonga Odunu Boyutları
(TS 1351, 1974)

Ham madde Şekli	Boy (cm)	İnce uç çapı (cm)	Kalınlık en çok (cm)
Yuvarlak Odun	50-100-150-200	4-20	-
Yarma Odun	100-200	-	20
Endüstri Artığı	-	-	20
Testere Tozu	Tane büyüklüğü 2 mm'den büyük olamaz		

Bu hammaddelerde; dış ve iç kabuk, budak, % 10 eğrilik, lif kıvrıklığı, olukluluk, ikiz özlülük, eksantrik büyüme yaralar bulunabilir. Ancak, çürüklülük, kovuk ve urlar bulunmamalıdır.

Ülkemizde verimli koru ormanlarının yıllık etası iğne yapraklı ağaç türlerinde 12.115.378 m³, yapraklı ağaç türlerinde 4.704.500 m³ olmak üzere toplam 16.819.878 m³ olarak belirlenmiştir. Ayrıca baltalık ormanlarda eta miktarı ise 7.946.743 ster olarak tesbit edilmiştir. Ülkemizde 1995-1998 yılları arasında endüstriyel oduna (tomruk, sanayi odunu, maden direği, tel direği ve lif-yonga) olan talep ve üretilmesi (arz) hedeflenen toplam miktarları çizelge 8'de görülmektedir. Çizelgedeki verilere özel sektör tarafından üretilen endüstriyel odun miktarı da eklenmiştir (İstek, 1998).

Çizelge 8: Ülkemizde Endüstriyel Oduna Olan Arz ve Talep Miktarları (İstek, 1998)

Endüstriyel Odun	1995	1996	1997	1998
Talep Miktarı (milyon m ³)	15.289.796	15.777.182	16.286.419	16.701.222
Arz Miktarı	11.656.325	11.923.215	12.169.663	12.487.174

Bu verilerden anlaşılabileceği üzere, gelecek yıllarda odun hammaddesi açığının büyüyeceği ve oduna olan talebin artacağı göz önünde bulundurulursa kısa vadede çözüm getirilmesinin olanaksızlığı açıktır. Ayrıca, artan nüfusun odun hammaddesine olan talebi zamanla daha da artacaktır. Bu talebi karşılamak için yakacak olarak kullanılan odunun, odunu hammadde olarak kullanan endüstri kollarına kaydırılması

ve talep fazlalığının ithalatla karşılanması mümkün görülüyorsa da sözü edilen çözümlerin kısa ve uzun vadede birtakım sıkıntılar yaratması kaçınılmazdır. Bu nedenlerden dolayı, yıllık bitkiler giderek önem kazanmakta ve odun kökenli levha üreten fabrikalarda kullanımı giderek artmaktadır.

Yıllık Bitkiler

Yonga ve lif odunu bulmakta ortaya çıkan güçlükler ve buna bağlı olarak artan fiyatlar, yıllık bitkilerin ligno-selülozik kısımlarının MDF üretiminde kullanılmasına yol açmıştır. Özellikle yeteri kadar odun hammaddesine sahip olmayan ülkelerin bu yöndeki gayretleri fazladır. Yapılan araştırmalar, birçok yıllık bitki artığının başarı ile kullanılabileceğini ortaya koymuştur. *Valmet corporation* tarafından yapılan bir araştırmaya göre Dünya’da 1998 yılında MDF üretimi yapan fabrikaların % 7’si yıllık bitkiler kullanmaktadır (MDF Industry Update Mill Directories, 1997). Yıllık bitkilerin levha üretimine uygun olması yeterli değildir. Aynı zamanda; miktarının yeterli, toplanması, taşınması, depolanması ve işlenmesinin kolay, ucuz ve tehlikesiz olması gerekir. MDF üretiminde kullanılabilen çeşitli yıllık bitkilere ait lif uzunlukları aşağıdaki cetvelde verilmiştir (Tank, 1980).

<u>Yıllık bitki</u>	<u>Lif uzunluğu</u>
Şeker kamışı	1-4 mm
Keten	9-70 mm
Kenevir	5-55 mm
Saman	0,5-2 mm

Atık Kağıtlar

Atık kağıtların en iyi kullanılabildiği alan lif levha endüstrisidir. Çünkü atık kağıtlar bünyesinde tutkal, boya, mürekkep ihtiva ettikleri gibi plastik, metal folyolar ve ev atıkları gibi yabancı maddelerle de beraber bulunmaktadır. Bu yabancı maddeler, kağıt üretiminde atık kağıtlardan temizlenmelidirler. Bu da, üretime artı bir maliyet getirmektedir. Atık kağıtların lif levha üretiminde kullanılmasında böyle bir ihtiyaç yoktur. Atık kağıtların liflendirme enerjisi çok düşük olduğundan işlenme maliyeti daha azdır ve ayrıca, hammadde maliyeti daha düşük olduğundan lif levha endüstrisine uygun bir hammaddedir. Atık kağıtların MDF endüstrisinde değerlendirilmesi ile ilgili bir çalışmada atık kağıtlar ile MDF üretilmiş ve yapılan çalışmalar sonucunda, atık kağıtların ve düşük kaliteli mekanik hamur atık kağıtların MDF üretimi için pratik ve uygun olduğu belirtilmiştir (İstek, 1998)

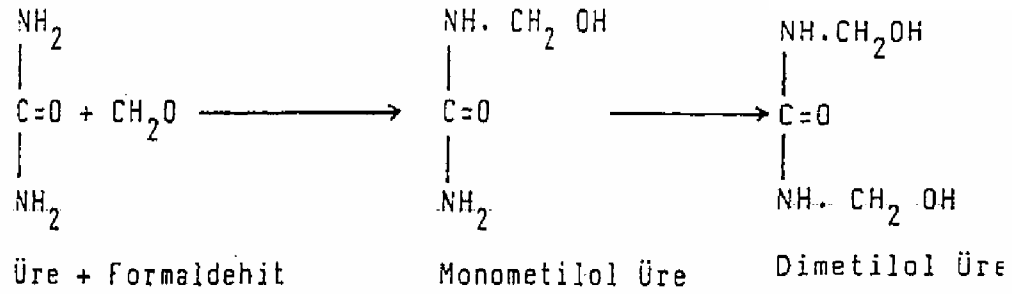
2.3.2. Yapıştırıcı Maddeler

MDF endüstrisinde genel olarak sentetik tutkal kullanılmaktadır. En çok kullanılan sentetik tutkallar; başta üre-formaldehit tutkalı olmak üzere bunu fenol-formaldehit tutkalı, melamin-formaldehit tutkalı ve resorsin-formaldehit tutkalı takip etmektedir. Sentetik tutkallar, bir katalizör veya ısı yardımı ile belirli bir sürede katı, yanmaz ve çözünmez bir duruma gelmektedir. Bir defa sertleştikten sonra da reaksiyonun geri dönüşü olmamaktadır. Tanen ve sülfat atık suyundan uygun tutkallar üretmek mümkündür. Fakat, bu tutkalların kullanımı günümüzde son derece önemsizdir. Diğer bir tutkal olan polyizosiyanat MDF üretiminde az miktarda kullanılmaktadır (Akbulut, 1991)

2.3.2.1. Üre-Formaldehit Tutkalı (ÜF)

Dünya’da MDF üretiminde yaklaşık % 90 veya daha yüksek oranda üre-formaldehit tutkalı kullanılmaktadır. Üre-formaldehit tutkalının odun kökenli levha üretiminde en fazla kullanılmasının nedenleri; kullanımın kolay, sıcak presleme sırasında sertleşme süresinin kısa, fiyatının ucuz ve bu tutkaldan üretilen levhaların kalitesinin bugünkü mevcut kullanım yerlerinin çoğu için yeterli olmasıdır. Bunun yanı sıra, rengi beyaz veya renksizdir. Üre-formaldehit tutkalının sahip olduğu bu avantajlardan ayrı olarak bazı dezavantajları da vardır. Bu tutkal, dış hava şartlarına dayanıklı levhaların üretiminde kullanılmamakta ve zamanla ham levhalardan formaldehit ayrılması meydana gelmektedir.

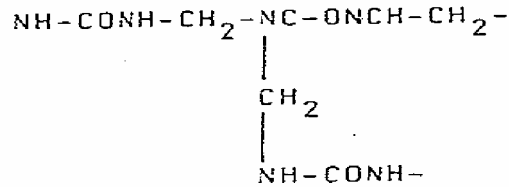
Üre-formaldehit tutkalı üre ve formaldehitin sulu çözeltilerinin kademeli bir şekilde asit katalizörler kullanılarak sıcaklık etkisi altında kondanase olmasıyla elde edilir (Şekil 5). Elde edilecek tutkalın özelliklerini; sıcaklık, reaksiyon süresi, pH değeri, Katalizör konsantrasyonu ve üre ile formaldehitin mol oranı etkilemektedir. Daha önceleri ürenin formaldehite mol oranı 1/1,5-2 iken, günümüzde bu oran 1/1,25-1,15’e kadar düşürülmüştür. Formaldehit oranının azaltılması, sert formaldehit ayrışmasını düşürmekte fakat, sertleşme süresinin uzamasına neden olmaktadır. Amaca uygun olarak alkali ortamda başlatılan kondenzasyon reaksiyonu ile Monometilol-Üre, daha sonra dimetilol üreye dönüşmektedir.



Şekil 5: Üre-Formaldehit Tutkalının Oluşumu (Akbulut, 1991).

Bu ön kondenzasyon ürünleri, henüz suda çözülen bileşiklerdir. Bu safhada iken pH 7-8'e yükseltilerek reaksiyon durdurulur ve bunu takiben soğutulur. Yarıda kesilmiş olan kondenzasyon sıcak presleme sırasında tekrar başlar ve sonuna kadar devam eder.

Buna göre üre-formaldehit tutkalı,



biçiminde polimerize olarak sertleşmektedir. Üre-formaldehit reçineleri, termosetting bir yapıya sahiptir. Yani sadece bir kere sertleşir. Sertleştikten sonra ısıtarak veya kimyasal bir çözücü kullanılarak yumuşatılamaz. Yavaş yavaş ilerlemesine rağmen kondenzasyon olayı, asit ortamda reçine oluşmasıyla sonuçlanmaktadır. Kondenzasyon süresinde üre ve formaldehitin molar oranları, sıcaklık ve ortamın pH'sı temel oluşturmaktadır. Reçinenin suda iyi çözünür halde kalabilmesi için kondenzasyon olayı belli bir zamanda durdurulmalıdır. Genel olarak suda çözünebilirliğe kadar ¼ oranında kondanse olması, süt görünümü alarak daha yüksek kondenzasyon için temel teşkil etmelidir. Sulu üretim reaksiyonu tamamlandığında,

normal tutkal çözeltisindeki katı madde miktarı % 40-50 civarındadır. Daha yüksek yoğunluk için, düşük sıcaklıklarda vakum altında su buharlaştırılarak katı madde miktarı % 60-70'e çıkartılabilir. Bu şekilde fabrikalarca reçinenin yarım bırakılan reaksiyonu daha sonra lif levha, yonga levha ya da kontrplak üretimi sırasında sıcak preslerde basınç altında sıcaklık ve katalizör yardımı ile tamamlanır. Böylece tutkalın tam olarak sertleşmesi sağlanarak, yapışma fonksiyonu gerçekleştirilmiş olur (Akbulut, 1991).

Sıvı üre tutkalı, nötr veya hafif alkali (pH =7,5-8) olan bir ortamda depolanır. Reaksiyon yarıda kesilmekle beraber, yavaş da olsa kendi kendine devam eder. Bu nedenle üre-formaldehit reçinelerinin depolama ömürleri sınırlıdır. Sıcaklığa bağlı olarak sertleşme hızlanmakta olduğundan tutkalın saklama süresi soğuk muhafaza ederek uzatılabilmektedir. Ancak 15 °C'nin altına düşürülmemesi de zorunlu olmaktadır. Sıvı üre tutkalının depolama ömrü ya da saklama süresi 3-6 ay kadardır. Elde edilen tutkalın viskozitesi 200-300 sentipoiz'dir. Kapalı saklanma koşulu ile toz halindeki tutkal, çok daha uzun bir süre dayanmaktadır. Bu süre en çok 2 yıl kadardır. Depolama ömrü olan reçineler koyulaşır ve kullanılmaz hale gelir. Bu bakımdan kullanım tarihinin, üretim tarihine bağlı olarak takibi önemlidir (Tank, 1998).

Üre-formaldehit tutkalının sertleşmesi için mutlaka bir sertleştirici gereklidir. Aynı zamanda ısı etkisi de olursa sertleşme çok hızlanmaktadır. Ancak ısı, tek başına sertleştirme ve suda çözünmezlik için yeterli olmamaktadır. Levha üretiminde kullanılan ağaç türlerinin pH değerlerine göre tutkal içindeki sertleştirici oranı belirlenmektedir. Eğer ağaç türünün pH değeri düşük (asidik) ise sertleştirici oranı azaltılır. Aksi takdirde tutkal preslemeye gelmeden ön sertleşmeye uğrar. Üre-formaldehit tutkalı kullanıldığı takdirde son sertleşme için taslak orta kısmının 100 °C olması gerekmektedir (Anonim, 1999).

Yonga levha, lif levha ve kontrplaklarda bulunan formaldehitin asıl kaynağı, bağlayıcı olarak kullanılan üre-formaldehit reçinesidir. Bunun yanında odunun cinsi ve rutubeti, pres sıcaklığı ve katkı maddeleri de etkili olan faktörlerdir. Formaldehiti düşürmenin en etkili yolu, serbest formaldehit miktarı düşük olan özel reçineler kullanmaktır. Bunun için F/U oranı düşük reçineler kullanılmalıdır. E-1 MDF'ler için F/U=1,1 ve E-2 MDF'ler için F/U=1,2-1,3 civarında olmalıdır. Bu tip reçineler önceleri az reaktif oldukları için kapasite kaybına neden olmakta olup, son zamanlarda üre-formaldehit reçinesi kalitesinde yapılan iyileştirmelerle, pres zamanının uzatılması ve buna bağlı olarak meydana gelen kapasite kayıpları problemi ortadan kalkmıştır. Biraz daha hassas ve dikkatli bir çalışma ile iyi kalite elde edilmektedir (Akbulut, 1991).

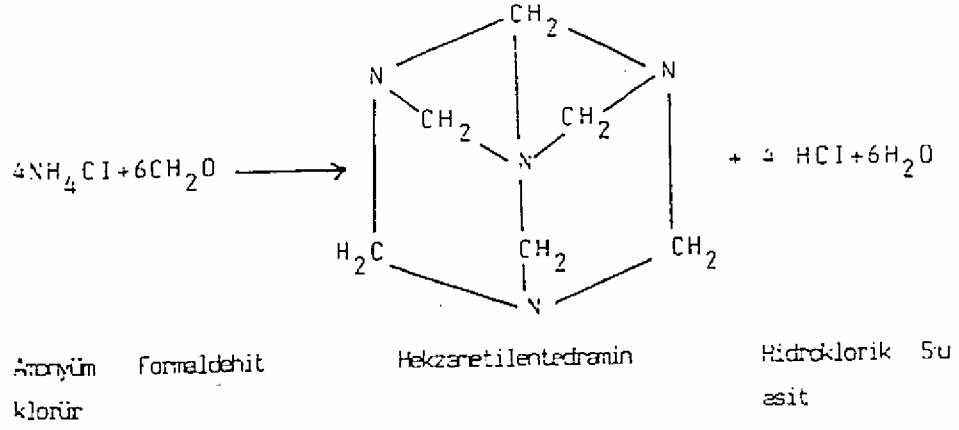
EMB (Euro MDF Board, EN 120-1) MDF'leri formaldehit emisyonlarına göre 2 sınıfa ayırmaktadır. Bunlar sırasıyla;

- a) E-1 Sınıfı MDF'ler : (Class A) ≤ 9 mg/100 gr tam kuru levha
- b) E-2 Sınıfı MDF'ler: (Class B) $\leq (30\text{mg}/100 \text{ gr tam kuru levha}$

Üre-Formaldehit Tutkalının Sertleştirilmesi

Üre-formaldehit tutkalı çapraz bağlanma oranı yüksek sert bir ürünle sonuçlanan kondenzasyon polimerizasyonu ile sertleşmektedir.

Buna göre üre-formaldehit reçinesi;



Şekil 6: Üre-Formaldehit Tutkalının Sertleşmesi (Akbulut, 1991).

olarak sertleşmektedir. Bu sertleşme ile geri dönüşü olmayan termosetting tipi bir reçine oluşmaktadır.

Tutkalın sertleşmesi için mutlaka bir sertleştirici gereklidir. Aynı zamanda ısı etkisi de olursa sertleşme çok hızlanmaktadır. Ancak ısı, tek başına sertleştirme ve suda çözünmezlik için yeterli olmamaktadır. Sonuç olarak ister soğuk ister sıcak tutkallama yapılsın mutlaka bir sertleştirici lüzumlu olmaktadır. Pratikte bütün asitler ve tuzları sertleştirici olarak kullanılabilir. Çok kullanılmamakla beraber fazla tepki gösteren sertleştiricilerle 80-110 °C gibi düşük sıcaklıklarda bir polykondenzasyonu geciktirirken çok yüksek sıcaklıklarda da başarısızlığa sebep olur. Çünkü 160-170 °C ‘den yüksek sıcaklıklarda odunun hidroksil grupları sertleşir ve reçine ile iyi bağ oluşturmaz, daha yüksek sıcaklıklarda ise karbonlaşma eğilimi gösterir (Anonim, 1999).

Günümüzde sertleştirici olarak en çok amonyum klorür ve amonyum sülfat tercih edilmektedir. Sertleştirici olarak sadece asit kullanma durumunda sertleşme o kadar çabuk olmaktadır ki MDF taslağı sıcak prese gelmeden sertleşmektedir. Bu yüzden daima tamponlanmış karışımlar kullanılır. Amonyum oranının artırılması

sertleşmeyi hızlandırıcı, amonyak oranının arttırılması ise yavaşlatıcı etkiye sahip bulunmaktadır. Sertleştiricideki amonyum klorür oranının % 15, % 25'lik amonyak oranının ise % 30'u geçmemesi istenir (Tank, 1998).

Amonyak, düşük sıcaklıklarda yani sıcak prese gelmeden önce oluşan asidi nötralize etmek suretiyle tutkalın sertleşmesini durdurmaktadır. Sıcak preste ise amonyak, hızlı bir şekilde dışarı ve böylece çözeltideki amonyak kalmayınca oluşan asit tutkalın sertleşmesini gerçekleştirir. Sertleştirici olarak hegzametilentedramin de kullanılabilir. Az miktardaki amonyum klorür ile kombinasyonu ise daha iyi sonuçlar vermektedir. Hegzametilentedramin sıcak preste sıcaklığın etkisi ile amonyak ve formaldehite dönüşür. Amonyak buharlaşarak levhayı terk eder, formaldehit ise amonyum klorür ile reaksiyona girerek sertleştirici asidi oluşturur. Hegzametilentedraminin dezavantajı oldukça pahalı olmasıdır.

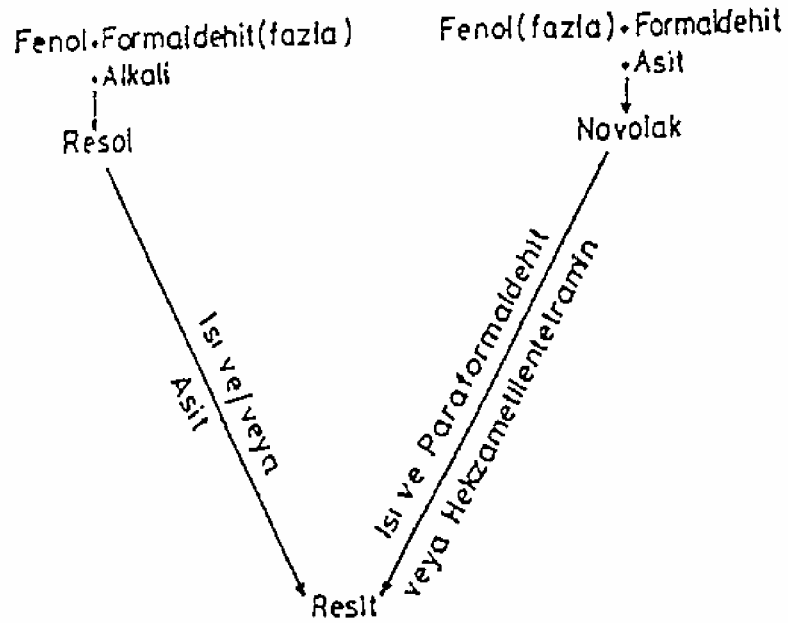
Yonga levha ve lif levha üretiminde sertleştirici olarak amonyum klorürün kullanımı, amonyum sülfattan daha yaygındır. Çünkü amonyum klorür kullanıldığında meydana gelen tuz asidi (HCl) uçucu olmasından dolayı levha taslağını her tarafına homojen bir şekilde yayılır. Amonyum sülfat kullanılması halinde meydana gelen sülfürik asit (H_2SO_4) uçucu olmadığı için levhaya homojen olarak yayılmaz ve sertleşmede düzensizlikler olur. Üre pahalı olduğundan tampon maddesi olarak çoğunlukla amonyak tek başına kullanılmaktadır (Akbulut, 1991).

2.3.2.2. Fenol-Formaldehit Tutkalı (FF)

MDF üretiminde üre-formaldehit tutkalından sonra en çok kullanılan tutkal fenol-formaldehit tutkalıdır. Fenol-formaldehit tutkalı fenol ve formaldehit

maddelerinin, paslanmaz çelikten yapılan reaktörlerde sıcaklık etkisi ve katalizör yardımı ile yaptıkları bir kondenzasyon ürünü olarak elde edilmektedir.

Formaldehit dışındaki ana hammadde olan fenol, renksiz ve son derece zehirli bir sıvıdır. Üretim reaktörlerine gelinceye kadar tamamen kapalı sistem içinde bulunmalıdır. FF tutkalı rutubete ve kaynatmaya karşı dayanıklıdır. Bu yüzden, dış hava şartlarına maruz kalan yerlerde kullanılmaktadır. Ancak, sertleşmesi yavaş olduğu için presleme sırasında daha yüksek sıcaklık ve daha uzun süre uygulanmaktadır. FF tutkalı ile MDF üretiminde taslak rutubeti önem taşımaktadır. Çünkü rutubet miktarı fazla olduğu takdirde sıcak presleme sırasında ortaya çıkan buhar, tutkalın sertleşmesini engellemekte ve levha yüzeyinde şişkinlikler oluşturmakta ya da levha presten çıkarıldıktan sonra patlamaktadır. FF tutkalının rengi koyudur ve levha yüzeyini koyulaşmasına neden olur. FF tutkalı, Fenol ile Formaldehitin katalizörler yardımıyla kondenzasyonundan elde edilmektedir. Novalak ve Resol olmak üzere iki tip FF tutkalı üretilir (Şekil 7), (Anonim, 1999).



Şekil 7: Fenol-Formaldehit Tutkalının Oluşumu (Akbulut, 1991).

Fenol-formaldehit reçineleri tiplerine göre iki ana gruba ayrılır.

1- Resol: Fenol reçinesinin kondanse olmamış sıvı haline resol denir. Kırmızı renkli bir sıvı olup bazik ortamda oluşan düşük kondenzasyon derecesine sahip bir reçinedir. Bu, fenol alkolünün kristalleşebilir durumunun aksine reçinemsî karakteri ifade etmektedir. Bazı tipleri suda, bazı tipleri organik çözücülerde çözülebilir. Sıvı halde iken ısı ya da asit etkisi ile sertleşen reçine bu defa resit olarak adlandırılmaktadır. Ağ dokusunu oluşturan bu makro molekülünün üç boyutlu yapısı artık bozulmaz durum almaktadır. Bu duruma gelen reçine artık sıcaklığın yükselmesi ile yumuşamaz, erimez bir durum alır ve nihayet kömürleşir. Resol ve resit durumları arasındaki bir aşamada reçine resitol adını alır, yumuşak ve termoplastik bir durum kazanır. Ancak organik çözücülerde çözünemez. Sertleşmenin bu kademeleri arasında kesin bir sınır koymak mümkün değildir, zira kondenzasyon olayı sürekli dir.

2-Novalak: Novalak tipi FF tutkalları, asidik ortamda ve molar olarak Fenol'ün formaldehite göre fazla olduğu kondenzasyon içerisinde üretilirler. Katalizör olarak; paratoluen, sülfonik asit, oksalik asit ve sülfürik asitler gibi kuvvetli asitler kullanılır. Novalak tutkallar termoplastiktir. Organik çözücülerde çözülebilir ve eriyebilir. Bu özelliğini, kullanılmadan önce uzun süre koruyabilir. Kullanılacağı zaman paraformaldehit veya hegzametilentetramin katılır (Akbulut, 1991).

Sıvı haldeki fenol reçinesi sarı, kahve, kırmızı-kahve veya koyu kırmızı renklere olabilir. Fenol-formaldehit tutkalı katılmış durumda kaynar suya hudutsuz derecede dayanıklıdır. Kaynar su dışında asit, seyreltik alkali, yağ ve organik çözücülere dayanan fenolik tutkallar hayvansal ve mantar etkilerine de karşı koyabilmektedir. Sertlik ve organik çözücülere karşı dayanıklı olmasından dolayı dış

hava şartlarına dayanan kontrplak, yonga levha ve lif levha üretiminde tutkal olarak kullanılmaktadır (Tank, 1998).

Fenol- Formaldehit Tutkalının Sertleştirilmesi

Suda çözünen alkali fenol-formaldehit tutkalı, herhangi bir sertleştiriciye gerek kalmaksızın sadece ısı etkisi ile sertleştirilir. Sıcak presteki sıcaklık derecesi FF tutkalının reaktifliğine bağlı olup, 135-155 °C arasında bulunmaktadır. Doğru olarak katılmış FF tutkalı sınırsız derecede kaynatmaya dayanıklı olmaktadır. Ancak sertleştirici kullanmak suretiyle, hem sıcaklığın düşürülmesi hem de sertleşmenin hızlandırılabilmesi sağlanmaktadır. Paraformaldehit kullanılması ile sertleşme sıcaklığı 110-125 °C'ye indirilebilmektedir. Daha düşük sıcaklıklara resorsin kullanmak suretiyle ulaşılabilir. Sertleşme için paraformaldehit ile birlikte resorsin kullanılması halinde 90-110 °C'de gayet iyi bir sertleşme elde edilebilir. Ancak resorsin oldukça pahalıdır. Sertleştirici olarak ayrıca potasyum karbonat da katılabilir. Bunun miktarı, tutkal katı maddesinin % 5'i kadar alınmaktadır. Potasyum karbonat daha sonra levha yüzeylerinde lekeler oluşmasına neden olabilir (Akbulut, 1991).

2.3.2.3. Melamin- Formaldehit Tutkalı (MF)

Kısaca Melamin reçinesi de denilen bu tutkallar da tıpkı üre-formaldehit reçinesi gibi bir kondenzasyon ürünüdür. Reaksiyon, pH değeri 5-6 olan bir çözeltide Melaminin Formaldehite mol oranı $\frac{1}{2}$ - 4 olacak şekilde karıştırılmasıyla başlar ve kademeli olarak ilerler. Reaksiyon, üre ve formaldehit tutkallarında olduğu gibi sonuna kadar devam ettirilmeden, oluşan kondenzasyon ürünleri suda çözünebilir durumda iken, çözeltinin nötrleştirilmesi ve soğutulmasıyla durdurulur. Ancak,

karışımında bulunan reaksiyon aktivitesini artırıcı maddeler oda sıcaklığındaki kondenzasyonun ilerlemesine ve dolayısıyla depolama ömrünün kısılmasına neden olurlar. Bu kusuru gidermek üzere de melamin tutkalları toz halinde üretilmektedirler. Bu durumda tutkalı serin yerde 1 yıl saklamak mümkündür. Toz halindeki tutkal 1/0,5 oranında suda çözülerek (% 66'lık) sıvı tutkal haline getirilebilir. Melamin tutkalı üre-formaldehit tutkalından daha pahalı olduğu için nadiren saf halde kullanılabilir. Sıcak presleme sırasında, yarıda kalan reaksiyon sıcaklık ve katalizörlerin etkisiyle yeniden başlar ve sonuna kadar devam eder. Sonuçta, suda çözünmeyen ve erimeyen bir madde oluşur. MF tutkalının renginin beyaz olması ve suya dayanıklı oluşu, yonga levha, lif levha ve kontrplak gibi levha ürünlerinin yüzeyinin kaplanmasında kullanılan çeşitli kağıt türlerinin emprenye edilmesinde ve film tutkallarının üretiminde kullanılır (Akbulut, 1991).

Sertleşmiş melamin tutkalı suda çözünmezlikten de ileri olarak kaynatmaya dayanıklı hale gelmektedir. Bunda melaminin halka yapısının sonunda kuvvetli bir ağ dokusu oluşturması rol oynamaktadır. Bu özelliği ile Melamin tutkalı kontrplak tutkallama işleminde renginin de beyaz olması nedeniyle fenol tutkallarından üstün tutulmaktadır. Pahalılığı kısmen üre tutkalı ile karıştırılarak kullanılmakla giderilmektedir. Melamin tutkalının yüksek derecede suya dayanıklı kalabilmesi için üre-formaldehit tutkalı ile karıştırılarak kullanıldığında bu oranın % 25 ile % 75 arasında kalması gerekmektedir. Ayrıca, ısı stabilitesinin ÜF tutkalından daha yüksek olması, düşük sıcaklıklarda ve sertleştirici katılmaksızın sertleşebilmesi MF tutkalının diğer önemli avantajlarıdır.

MF tutkalı, ÜF tutkalından daha kolay ve çabuk sertleşebilmesi triasin iskelet yapısının üç yönde reaksiyon verme yeteneğinin faal gruplarla sonlanmış bulunması ile açıklanabilir. 90-100 °C 'de sertleştirici olmaksızın sertleşebilir. 100 °C

sıcaklıktaki tutkallamalar için kullanma süresini uzatabilmek amacı ile tamponlanmış sertleştirici karışımı olarak Amonyum klorür/Amonyak kullanılmaktadır. 40 °C civarında ise sertleşme reaksiyonu asit etkili sertleştirici ile yapılabilir. Soğukta sertleşen Melamin tutkalını kullanmak iyi sonuç vermemektedir (Tank, 1998).

Melamin- Formaldehit Tutkalının Sertleştirilmesi

Melamin- Formaldehit Tutkalı 90-100 °C sıcaklıkta sertleştirici olmaksızın sertleşebilir. Sertleştiricinin asit karakterli tuzlardan olması gerekmektedir. Amonyum tuzları, kuvvetli organik asitlerin tuzları, potasyum persülfat vb. tuzlar bu maksat için uygun bulunmaktadır. % 0,1-1 oranında Amonyum klorür uygun sıcaklıkta olumlu sonuçlar vermektedir (Akbulut, 1991).

2.3.2.4. Rezorsin- Formaldehit Tutkalı (RF)

Rezorsin-Formaldehit tutkalı, rezorsinin formaldehit ile reaksiyonu sonucu elde edilen sentetik tutkaldır. Üretim sırasında katılan formaldehit miktarı reaksiyonun sonuna kadar gitmesini sağlayacak miktarda değildir. Kullanımdan önce tutkalın karıştırılması basitçe reaksiyonu tamamlayacak olan formaldehitin ilave edilmesinden ibarettir (Tank, 1998)

2.3.2.5. İzosiyanat Tutkalı (İS)

İzosiyanat Tutkalı diğer sentetik tutkallar gibi odun kökenli levha ürünleri için uygun bir tutkal olmasına rağmen günümüzde MDF üretiminde pek rağbet görmemektedir. İzosiyanat alışılmış bir tutkal olmayıp odunun hidroksil grupları ile bağlanmaktadır. İS tutkalını üretan zincirleri oluşturmaktadır. İyi bir yapışma sağladığı taktirde; suya, sulandırılmış asitlere ve alkolik sıvılara karşı iyi bir dirence sahiptir.

İzosiyanat tutkalı su ihtiva etmez. Böylece tutkalın tümü yapıştırma yapar. İyi bir yapıştırma sağladığı için levhanın yoğunluğu fenolik tutkallarla üretilen levhalardan daha düşüktür. İS tutkalı, ÜF tutkalında olduğu gibi kısa sürede sertleşmektedir. İS tutkalı formaldehit içermediğinden diğer tutkalların aksine formaldehit emisyonu olmamaktadır. ÜF tutkalının içerdiği üretan zincirleri hidrofobik olup, levha üretimi sırasında çok az miktarda mum katılır veya hiç katılmaz. İS tutkalı sulu çözelti halinde de kullanılabilir. Bu durumda tutkallama verimi önemli ölçüde artmaktadır. Ayrıca, bu tutkalın diğer önemli bir faydası da yapışma direncini düşüren ekstraktif maddelerin etkisini ortadan kaldırmasıdır (Akbulut, 1991).

İzosiyanat tutkallarının dezavantajları ise fiyatının yüksek olması ve metallere yapışmaya meyilli olduğu için transport levhalarına veya pres platenlerine yapışarak problemler çıkarmasıdır. Buna engel olmak için yağ, gliserin gibi yapışmayı önleyici maddeler kullanılmalıdır. Yakın zamanda yapışmayı önleyen özel bir sabun geliştirilmiştir. İS tutkalının insan sağlığına zararı olduğundan kullanımı sırasında dikkat etmek gerekmektedir.

2.3.2.6. Doğal Tutkallar

Doğal tutkallar büyük oranda yaş yöntemle lif levha üretiminde değerlendirilmektedir. Yaş yöntemle lif levha üretiminde, geçmişte olduğu gibi günümüzde de tutkal olarak odunun yaklaşık % 30'unu oluşturan lignin kullanılmaktadır. Yapışma direncini artırmak amacıyla bazen % 1-2 oranında sentetik tutkalda katılabilmektedir. Lignin haricinde doğal tutkal olarak Nişasta (mısır nişastası, çavdar unu, patates unu), Kuruyan yağlar, Soya tutkalı, Vinsol-Çam reçinesi, tanen ve sülfite atık suyu kullanılabilmektedir. Doğal fenol olan tanen lif levha üretimi için uygun bir tutkal oluşturmak amacıyla formaldehitte reaksiyona sokulmaktadır. Kuru yöntemle lif levha (MDF veya HDF) üretiminde ise liflerin tutkalanmasında lignin tek başına yeterli yapışma direncini sağlamamaktadır. Odunu liflendirirken elde edilen sülfite atık suyunun liflendirme etkisi ile tutkalın nitelikleri artırılabilir (Suchland ve Woodson, 1991).

Sentetik tutkalların hammaddesi büyük oranda petrol ve doğal gazı dayanmaktadır. Yakın gelecekte dünyanın petrol ve doğal gaz rezervlerinde tükenme ile karşı karşıya kalması kaçınılmazdır. Bu yüzden hammaddesini yenilenebilir kaynakların oluşturduğu doğal tutkalların bir gün sentetik tutkalların yerini alacağı veya birlikte kullanılacağı tahmin edilmektedir (Akbulut, 1991).

2.3.3. Katkı Maddeleri

MDF üretiminde, tutkalın sertleşmesini sağlamak ve levhaya bazı özellikler kazandırmak için çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Sentetik tutkala ilave edilen katkı maddelerinin görevleri sırasıyla (Kalaycıoğlu, 1991);

- a) Plastikleştirme
- b) Stabilité sağlanması
- c) Tutkal sürme niteliklerinde reçinenin yapısal olarak iyileştirilmesi
- d) Tutkalın dağılma özelliklerinin iyileştirilmesi
- e) Yanmayı geciktirmesi
- f) Koku gidermesi
- g) Malzeme yüzeyinde toz birikmesini önleme
- h) Sıcak preste tutkaldan gaz çıkışını dengeleme
- ı) Bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı koruyucu özelliklerde olabilmesidir.

2.3.4. Sertleştirici Maddeler

MDF üretiminde liflerin tutkalllanması ya yonga levha üretiminde olduğu gibi liflerin kurutulduktan sonra bir tutkallama makinesinde ya da günümüzde yaygın olarak kullanılan yöntemde, defibratör çıkışında liflerin kurutma tüpüne girerken yapılmaktadır. Lifleri yapıştırmada kullanılan sentetik tutkalların dayanma müddetlerinin mümkün olduğu kadar uzun olması istenir. Diğer taraftan sıcak presleme sırasında üretim kapasitesinin yüksek olması için sertleşmenin kısa sürede tamamlanması arzu edilir. Bu iki isteğin gerçekleştirilmesi için çoğunlukla bir sertleştiriciyle birlikte bir tamponlayıcı madde kullanılmaktadır. Sertleştirici maddeler, kullanılan tutkal türüne göre değişik tiptedirler (Akbulut, 1991).

2.3.4. Hidrofobik Maddeler

MDF üretiminde boyut stabilitesini sağlamak ve levhanın bir dereceye kadar

su alarak şişmesini önlemek amacıyla hidrofobik maddeler kullanılır. Hidrofobik maddeler levhanın su almasını tamamen önlemezler, ancak su alma hızını yavaşlatırlar. Böylece levha, kısa süreli su veya yüksek rutubet etkisinde kaldığında bundan etkilenmez. Hidrofobik madde olarak Silikon ve Metol sabunları gibi maddeler kullanılabilirse de, ön önemli hidrofobik madde parafinik mumdur. Çünkü parafinin su itici etkisi yüksek, ergime noktaları 49 °C'den 93 °C'ye kadardır. Suda çözünmezler ve polar olmadıklarından kimyasal yönden aktif değildirler.

Parafinik mum ya eritilerek sıvı halde ya da emülsiyon halinde uygulanır. MDF üretiminde parafin emülsiyonu tam kuru lif ağırlığına oranla % 1-2 oranında ya pişirme kazanı ile defibratör arasından yongalara verilmekte ya da tutkala karıştırılarak uygulanmaktadır. Tam kuru lif ağırlığına oranla % 1-2 oranını aştığı takdirde tutkalamayı engelleyici etkileri görüldüğü gibi levhanın direnç özelliklerinin azalmasına neden olurlar (Suchland ve Woodson, 1991).

Hidrofobik özellikler, mum içindeki kristal tipi ile doğrudan ilişkilidir. Parafinik mumlar, suya karşı en iyi direnci sağlayacak uzun iğne kristallere sahiptir. Kısa, yanlara dallanmış kristal yapısına sahip mumları hidrofobik madde olarak kullanmak, yeterli olamamaktadır. Kullanılacak parafin homojen olmalı, tutkal, sertleştirici, su ve koruyucu maddelerle uyum sağlamalı, pompalanabilir ve dozajının elverişli olması gerekmektedir. ÜF tutkalı kullanıldığında levhanın direnç özellikleri üzerine parafinin etkisi olmamaktadır. Bunun sebebi, ÜF tutkalı ile yapıştırılan levhalarda parafin konsantrasyonunun nisbeten düşük bulunmasından kaynaklanabilmektedir (Akbulut, 1991).

2.3.6. Koruyucu Maddeler

Odun kökenli levha ürünleri (yonga levha, lif levha, kontrplak, lamine levha) topik bölgeler gibi mantar ve böcek saldırısının yüksek olduğu yerlerde kullanılmadan önce koruyucu maddelerle korunması önem arz etmektedir. Ayrıca, kapalı yerlerde kullanılan maddeleri koruyucu maddelerle muamele etmek önemli olmamakla beraber, özellikle açık hava şartlarına maruz kalan yerlerde kullanılan levhaların, mantar ve böcek zararlılarına karşı korunması gerekmektedir. Çürümeye karşı dayanıklılık daha fazla tutkal kullanmak suretiyle artırılabilir.

Koruyucu maddeler aşağıdaki şartları gerçekleştirmelidir (Akbulut, 1991);

1. Koruyucu madde, tutkalın sertleşmesini engelleyecek ve çok hızlı sertleşmesine neden olacak kadar pH değerini düşürmemelidir.
2. Sıcak preslemede sertleşme süresi ve dolayısıyla presleme süresi uzamamalıdır.
3. Levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini düşürmemelidir.
4. Üretilen levhalar koruyucu madde nedeniyle pis kokmamalıdır. Pres daha sonra başka maksatlar için kullanılabilmelidir.

Koruyucu madde olarak en çok tercih edilen madde pentaklorfenol'dür. Pentaklorfenol'ün sodyum tuzunun çözeltisi tam kuru lif ağırlığına oranla % 0,5 oranında tutkal çözeltisine katıldığında MDF'nin mantarlara ve küflenmeye, 50,75 oranında ise termitlere karşı dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Pentaklorfenol'ün liflere ilavesiyle elyafın pH'sı % 8,5 veya daha yüksek olmalıdır. Bu yüzden alkali ilavesi gerekmektedir. Koruyucu madde olarak kullanılan diğer maddeler; Bakır Pentaklorfenol, Kromlu bakır arsenat (CCA-Tip C), Amonyaklı bakır arsenik,

Sodyum florür veya Sodyum sliksiloflorür kullanılmaktadır. Ayrıca, levhaları üretimden sonrada koruyucu maddelerle emprenye etmek mümkün olmaktadır. Fakat bu şekildeki uygulamada koruyucu maddenin basınç yoluyla levhaya emprenye edilmesi üretim sırasındaki uygulamadan daha pahalı olmaktadır (Suchland ve Woodson, 1991).

2.3.7. Yanmayı Geciktiren Maddeler

Yanmayı geciktiren maddeler günümüzde bazı levha tiplerinde uygulanmaktadır. Özellikle son yıllarda yanmayı geciktiren maddelerle işlem görmüş MDF'lerin kullanım oranı giderek artmaktadır. Özellikle çocuk bakım evleri, hastaneler ve toplu konutlar gibi insan sayısının fazla olduğu yerlerde kullanılan levhalar, emniyet sağlama bakımından yanmayı geciktiren maddelerle muamele edilmektedir. Çünkü, odun ve oduna dayalı levha ürünleri yüksek sıcaklıklara maruz kaldıkları takdirde yanıcı gazlar meydana getirmektedirler. Bu gazlar yangının büyümesine neden olduğu gibi yangın sırasında insanların etraflarını görmesine ve yangın yerinden uzaklaşmasına engel olmaktadır. Ayrıca solunum sisteminde tahrişe sebebiyet vermektedir (Maloney, 1993).

MDF, ağaç malzemedan yapılmış olduğu için yanıcıdır. MDF'nin yanma süresi levha kalınlığına, yoğunluğuna, levhanın direncine, kullanılan tutkalın türüne, odun cinsine, yanmayı önleyici kimyasal maddelerle korunmuş olup olmadığına bağlıdır. Fenolik tutkallar sıcaklıklarda değerlendirilmek bakımından ÜF tutkallarına göre daha uygundur (Akbulut, 1991).

MDF'nin yanıcılık özelliğini minimuma indirmek için kullanılan kimyasal maddeler, Çinko, Arsenik ve Bakır tuzlarıdır. Bunların yanı sıra, Boraks, Borik asit

ve Borat ihtiva eden maddeler de kullanılmaktadır. Bu maddeler levha üretimi sırasında tutkal karışımına toz veya sıvı halde katılabileceği gibi üretimden sonra da levhanın yüzeyine basınç altında emprenye edilebilmektedir. Toz haldeki yanmayı önleyici maddelerin ilavesi sıvılar kadar etkili değildir. Amerika’da bulunan Masonit Corporation Lif levha fabrikası lif levhayı iki aşamalı yanmayı önleyici maddelerle muamele etmektedir. İlk aşamada tutkal içerisine % 45-60 oranında alüminyum trihidrat katılmaktadır. İkinci aşamada ise levhanın yüzeyi ısıtılmış borat esteri ile kaplanmaktadır. Borat esterinin levha yüzeyine penetrasyonundan sonra levhalar, 150-165 °C’ler arasında 1,5-2 saat sıcak havaya maruz bırakılmakta, bu işlemleri takiben % 90 nisbi rutubette ve 90 °C sıcaklıkta nemlendirilmektedir (Suchland ve Woodson, 1991).

Levha içerisine ilave edilen yanmayı geciktiren maddelerin miktarı tam kuru lif ağırlığına oranla % 1-2 oranını aştığı takdirde, levhanın hem makinalarda işlenmesini güçleştirmesi hem de yüksek sıcaklıklarda levha renginin koyulaşması sorunlarını ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca direnç değerlerinde de azalma meydana gelmektedir. Avrupa ülkelerinde ÜF tutkalı kullanılan levhalarda Amonyum sülfat, FF tutkalı kullanılan levhalarda ise Amonyum fosfat yanmayı önleyici olarak daha uygun bulunmaktadır. Amonyum bileşikleri kullanıldığı takdirde sıcak etkisi ile Amonyum açığa çıkmakta ve koruyucu bir gaz tabakası oluşturmaktadır. Bor asitlerinin kullanılmasında ise ergime ısısı çok yüksek olduğundan yangın esnasında fazla enerji absorbe ederek sıcaklığın yükselmesi önlenmektedir (Akbulut, 1991).

2.4. MDF'nin Özelliklerini Etkileyen Faktörler

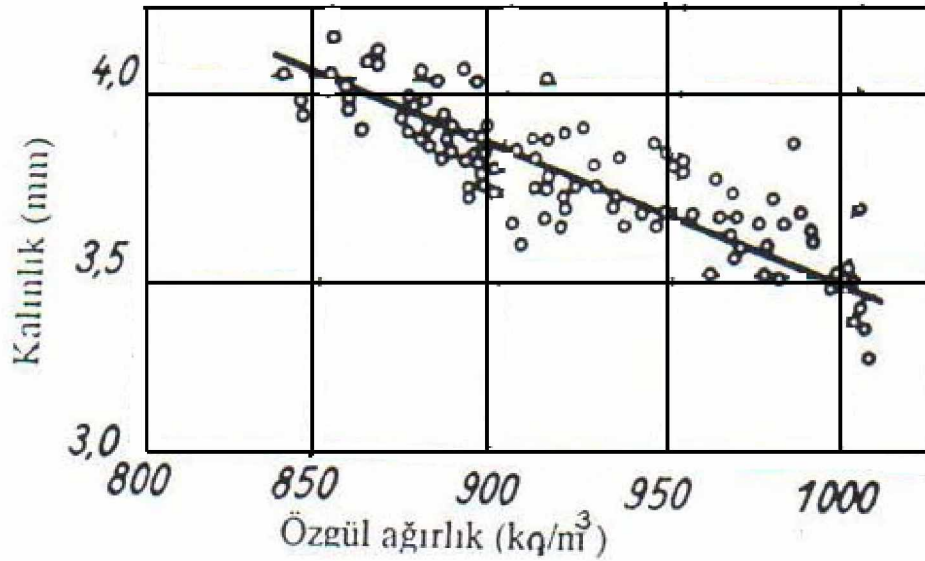
a) Levha kalınlığı:

Levha kalınlığı ile özgül ağırlık arasında doğrusal bir ilişki vardır. Kollman ve Kumar 3 mm kalınlığındaki levha ile özgül ağırlık arasında şu ampirik formülle ifade edilen bir ilişki saptamıştır.

$$Y=2,66-5,34x$$

$$Y=\text{özgül ağırlık} \times \text{levha kalınlığı}$$

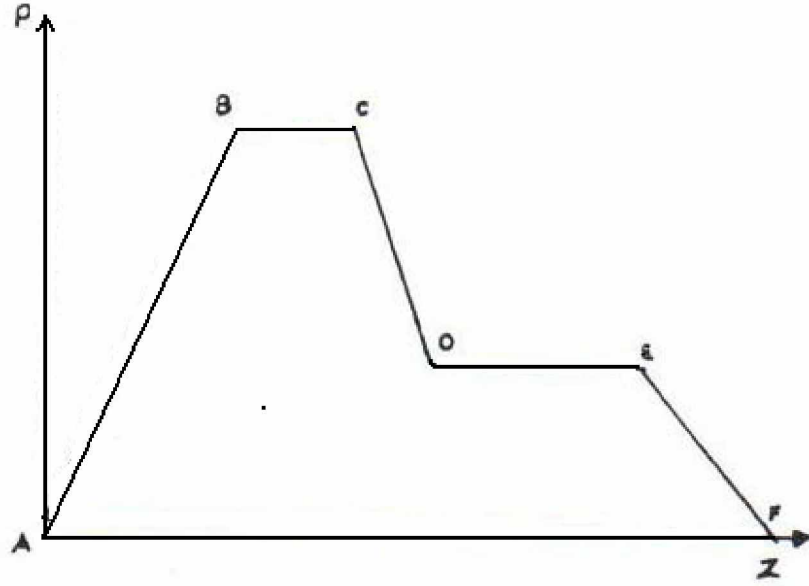
Kalınlıkla özgül ağırlık arasındaki ilişki Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8: Levha Kalınlığı ile Özgül Ağırlık Arasındaki İlişki (Özen, 1975).

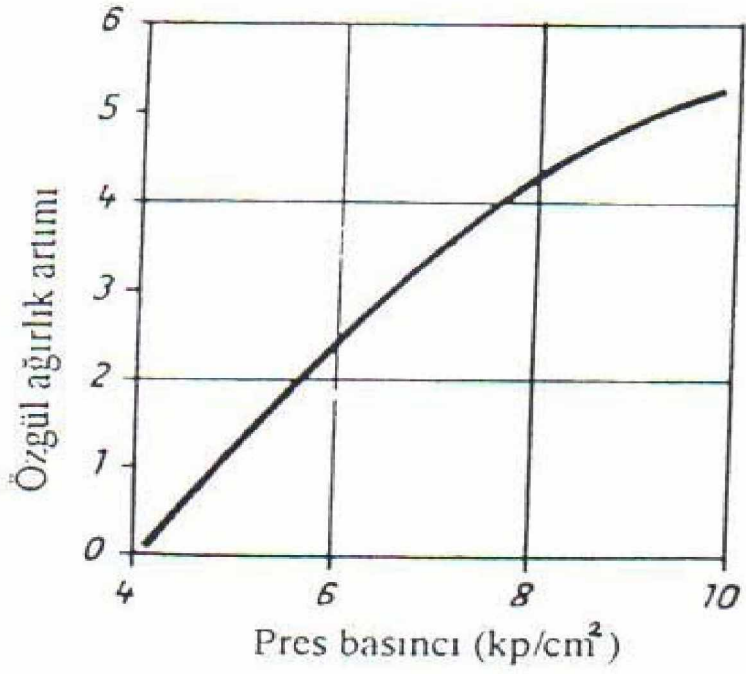
b) Pres basıncı:

Üretimde uygulanan sistemlere göre değişmek kaydıyla lif levha üretiminde kademeli basınç uygulanır. MDF levhaların üretiminde genel olarak kuru sistem kullanılmaktadır. Kuru sistemde uygulanan pres diyagramı Şekil 9'da gösterilmiştir.

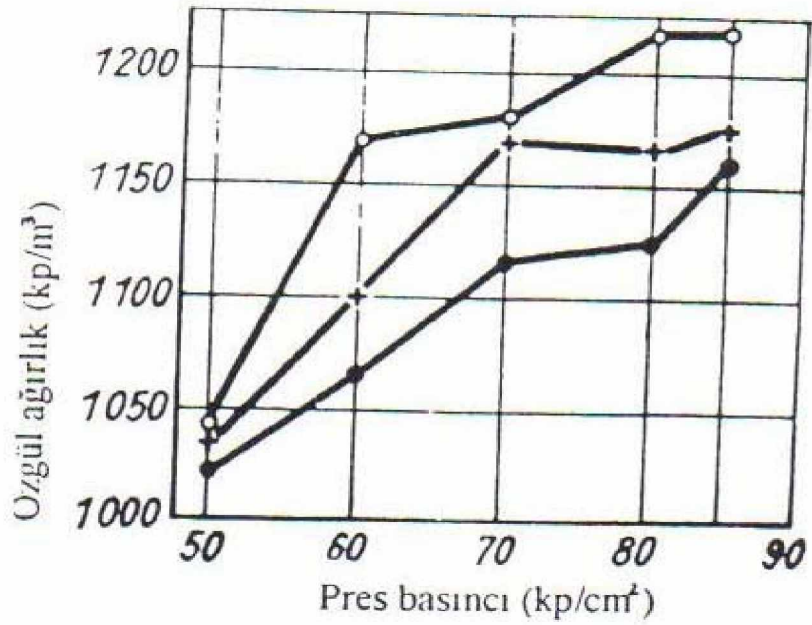


Şekil 9: Kuru Sistemde Uygulanan Pres Diyagramı (Özen, 1975).

Presin bütün kademelerinin özgül ağırlığa etkisi vardır. Pres basıncı arttıkça özgül ağırlıkta artar. Bu husus özellikle DE (Pres basıncının sabit olduğu 2. basamak) safhasında çok belirgindir. Bu safhada basıncının yüksek olması yeterli olmayıp aynı zamanda sabit olması gerekir (Özen, 1975). Şekil 10 ve Şekil 11’de pres basıncı ile özgül ağırlık arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 10: DE Safhasında Pres Basıncının Özgöl Ağırlık Üzerine Etkisi
(Minsellmann , 1962).



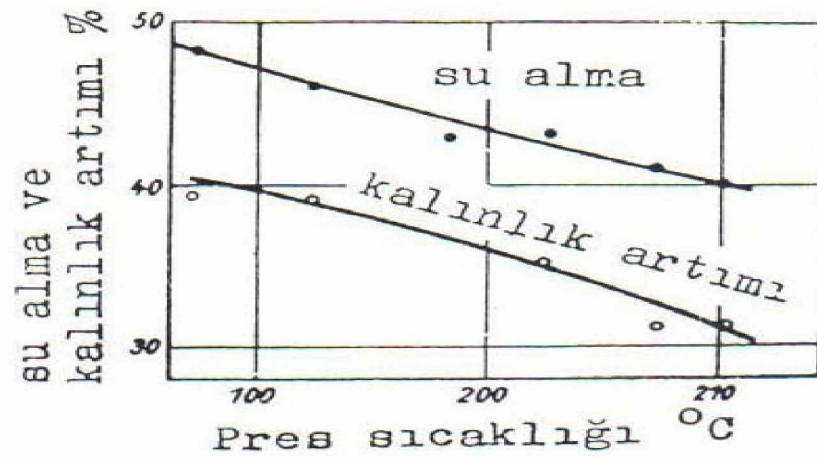
Şekil 11: Pres Basıncı ve Sıcaklığının Özgöl Ağırlık Üzerine Etkisi (Özen, 1975)

Su Alma ve Levha Çalışmasına Tesir Eden Faktörler

a) Pres sıcaklığı

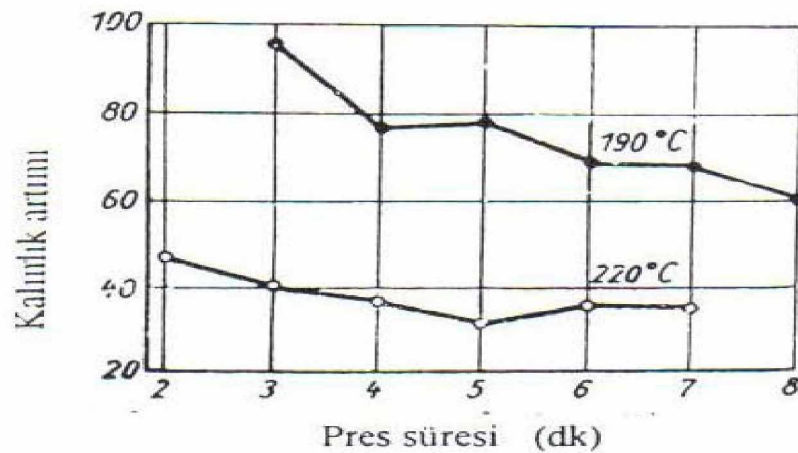
Pres sıcaklığı arttıkça hem su alma hem de kalınlık artımı azalır (Şekil 12).

Şekil 13’de ise pres sıcaklığı ve süresinin kalınlık artımına nasıl tesir ettiği görülmektedir. Pres ısısı azaldıkça pres süresinin etkisi belirginleşir.



Şekil 12: Pres Sıcaklığının Su Alma ve Kalınlık Artımına Yaptığı Etki

(Carlson, 1958).



Şekil 13: Pres Süresinin Sıcaklığa Bağlı Olarak Kalınlık Artımına Yaptığı Etki

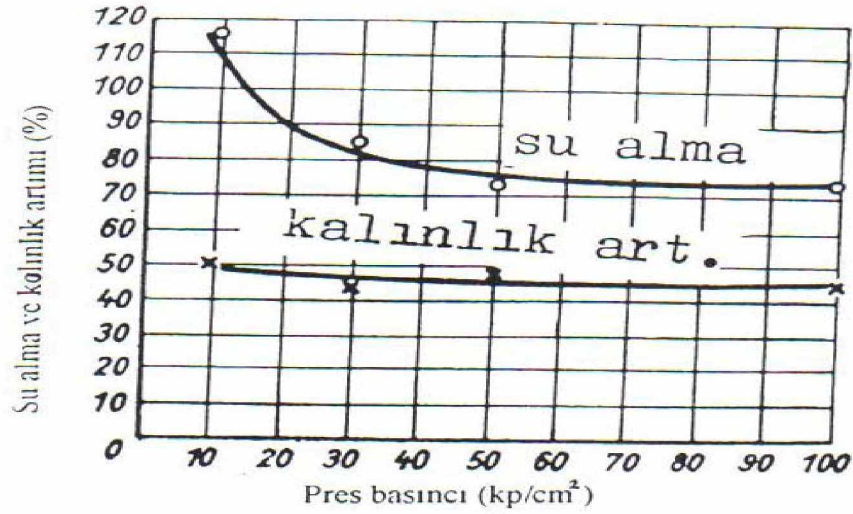
(Minsellmann, 1962).

b) Pres süresi

Pres süresi arttıkça kalınlık artımı azalır. Bu husus Şekil 13'de görülmektedir.

c) Pres basıncı

Pres basıncı arttıkça alınan su miktarı azalır, fakat kalınlık artımında önemli bir değişiklik olmaz (Şekil 14).



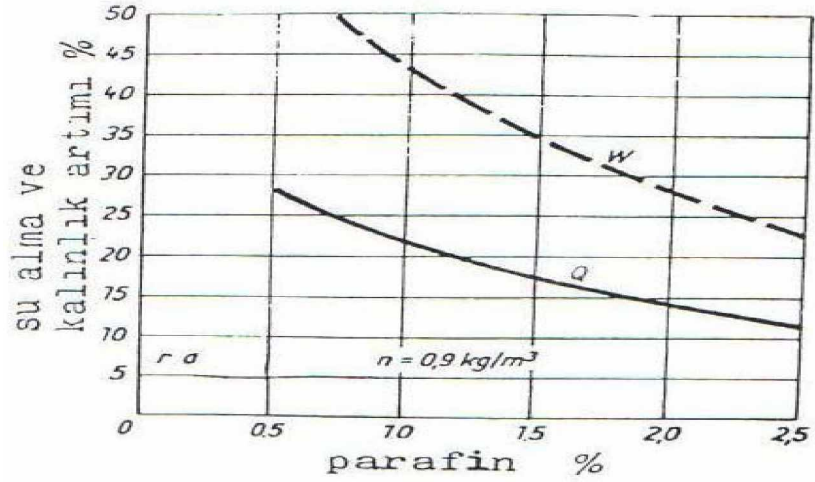
Şekil 14: Pres Basıncının Su Alma ve Kalınlık Artımı Üzerine Etkisi (Carlson, 1958)

d) Pres kapanma süresi

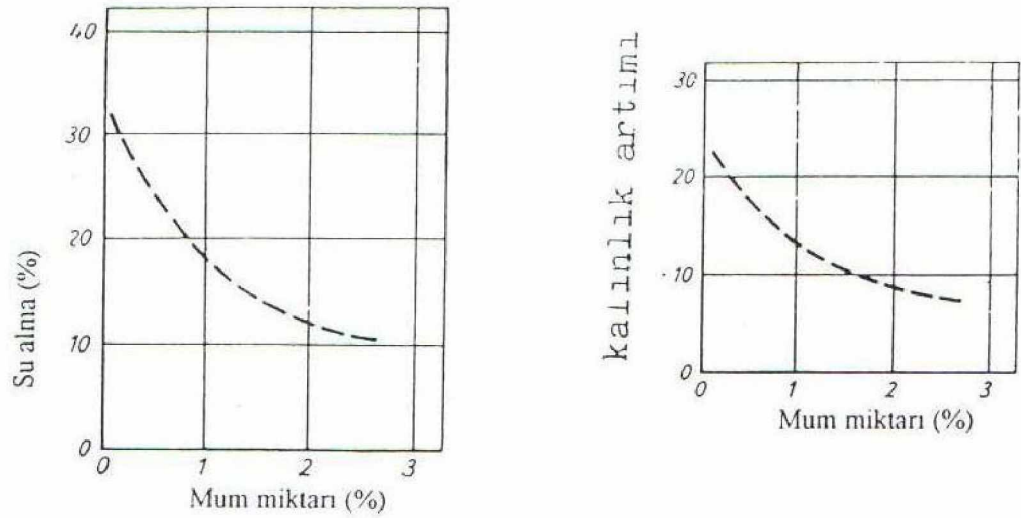
Pres kapanma süresi uzadıkça kalınlık artımı artar. Presin kapanma süresi başka özellikleri de etkilediği için kapanma süresi çok kısa olan presler kullanılır.

e) Hidrofobik maddelerin ilavesi

Lif levha üretiminde hidrofobik madde olarak parafin ve mum kullanılmaktadır. Her ikisinin de ilavesiyle hem kuru hem de yağ sistemde üretilmiş levhaların kalınlık artımı ve su almaları azalır (Şekil 15 ve Şekil 16).



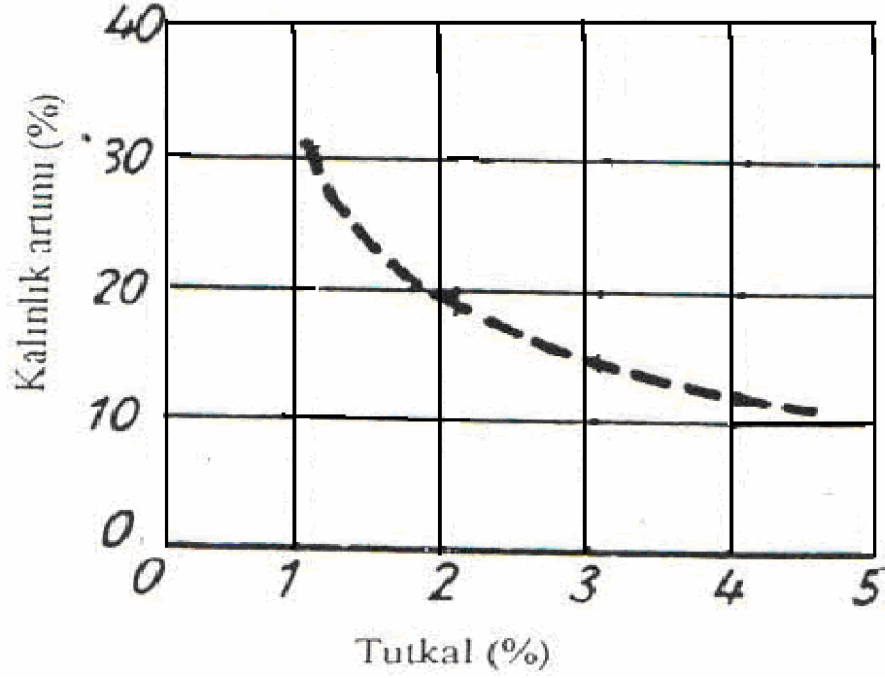
Şekil 15: Parafin İlavesinin Su Alma ve Kalınlık Artımı Üzerine Etkisi (Özen,1975).



Şekil 16: Mum İlavesinin Su Alma ve Kalınlık Artımı Üzerine Etkisi (Özen, 1975)

f) Yapıştırıcı madde

Hem kuru hem de yaş sistemde sentetik tutkal ilavesiyle kalınlık artımı azalır (Şekil 17).



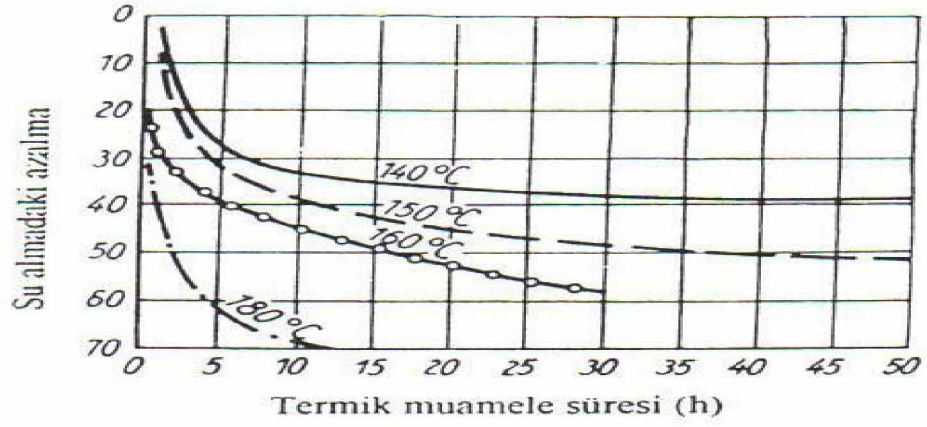
Şekil 17: Sentetik Tutkal İlavesinin Kalınlık Artımına Etkisi (Özen, 1975)

g) Suyun sıcaklığı

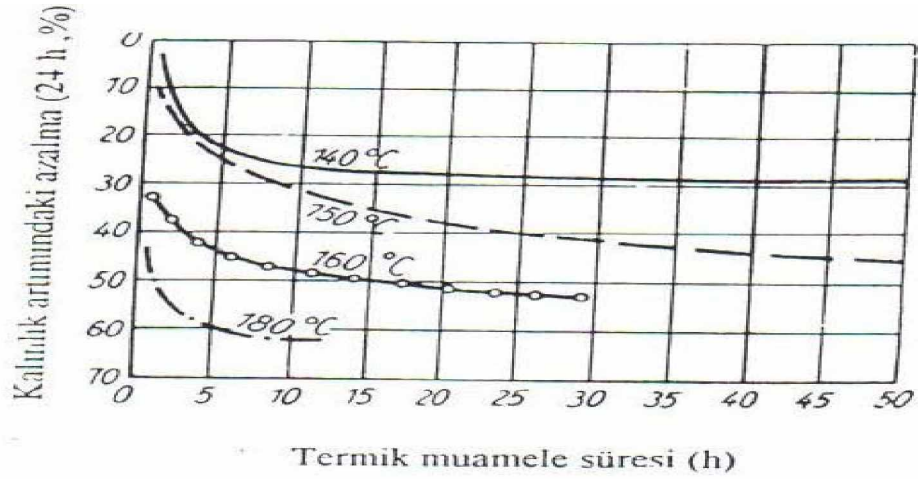
Suyun sıcaklığına bağlı olarak 45 °C 'ye kadar su emme miktarı kuvvetle artmakta, bundan sonra artış yavaşlamaktadır. 15-20 °C arasında kalınlığına şişmede yaklaşık % 2,5'lik bir fark görülmektedir (Eroğlu, 1994; Çehreli, 1984).

h) Termik muamele

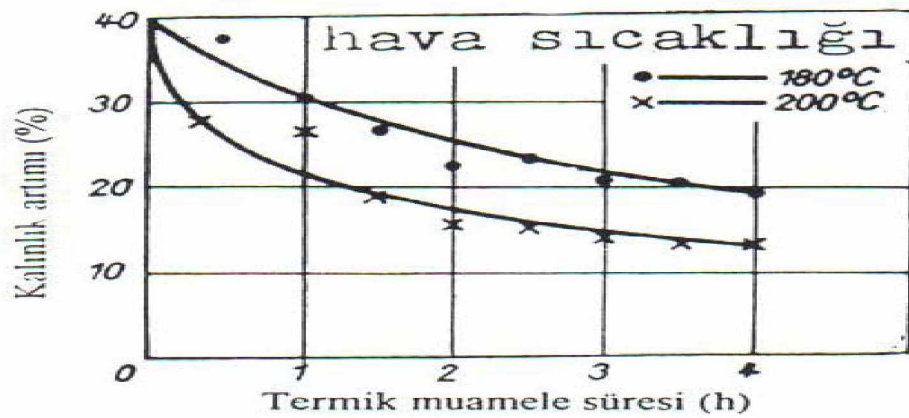
Termik muamele görmüş levhaların su alma ve kalınlık artımlarında azalma görülür (Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20).



Şekil 18: Termik Muamelenin Su Alma (24 Saat) Üzerine Etkisi (Özen, 1975).



Şekil 19: Termik Muamele Süresinin ve Sıcaklığın Kalınlık Artımına Yaptığı Etki (Özen, 1975).



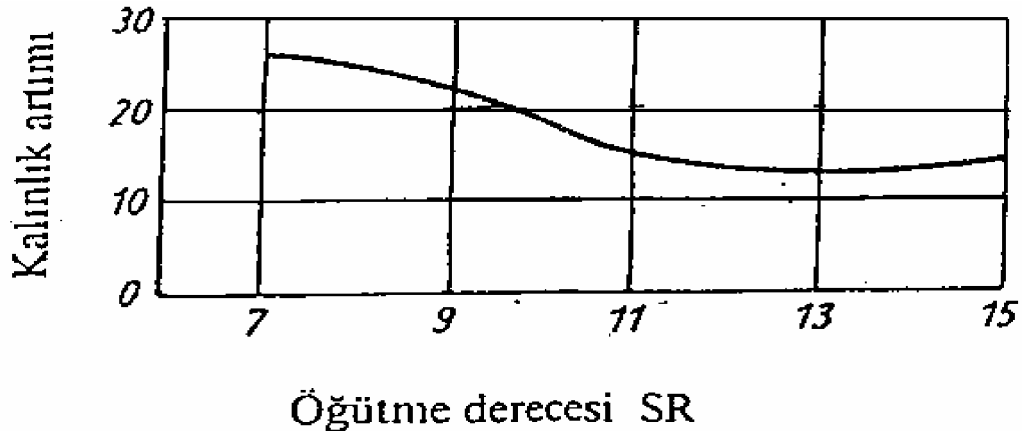
Şekil 20: Termik Muamele Süresinin Kalınlık Artımına Etkisi (Özen, 1975).

1) Öğütme derecesi

Öğütme derecesi odunun liflere ayrılması ve lif yüzeyinin durumu hakkında bilgi verir. Ölçülmesindeki prensip, lif fraksiyonunun su kaybetme esasına dayanır. Belli bir öğütme derecesine kadar kalınlık artımında bir azalma görülür. Öğütme derecesi daha fazla artırılırsa kalınlık artımı yaklaşık sabit kalır (Şekil 21), (Dosoudil, 1960; Özen, 1975).

Yapılan bu deney, levhanın yüzey işlemleri, çivileme, vidalama v.b içinde önemlidir. TS 64 lif levha standardında bu deneyin yapılmasına ilişkin açıklamalar bulunmaktadır.

Ancak deneyi yapmak için TS 180 yonga levha standardı, DIN 52365 Alman standardı ve ASTM 1037-64 Amerikan standardından yararlanılabilir (Eroğlu, 1994)

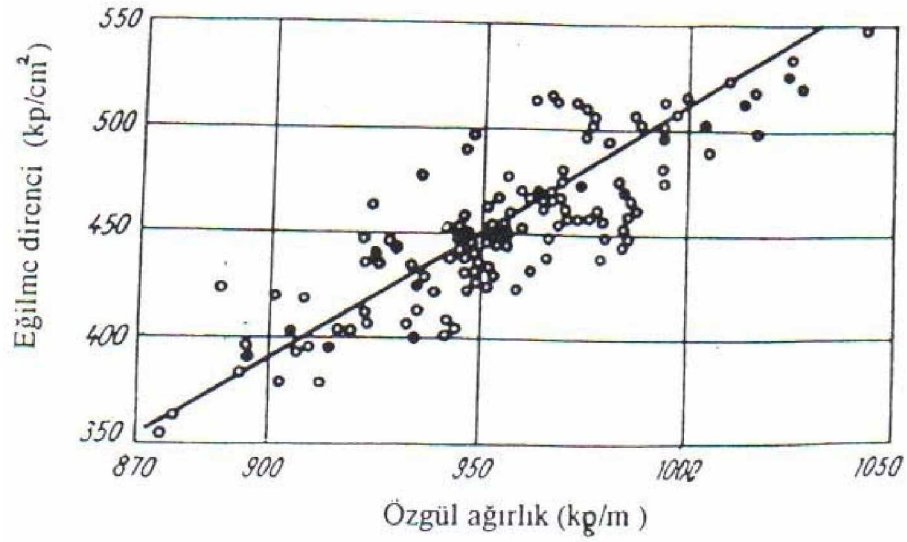


Şekil 21: Öğütme Derecesinin Levha Kalınlığı Artımı Üzerine Etkisi
(Dosoudil, 1960; Özen, 1975).

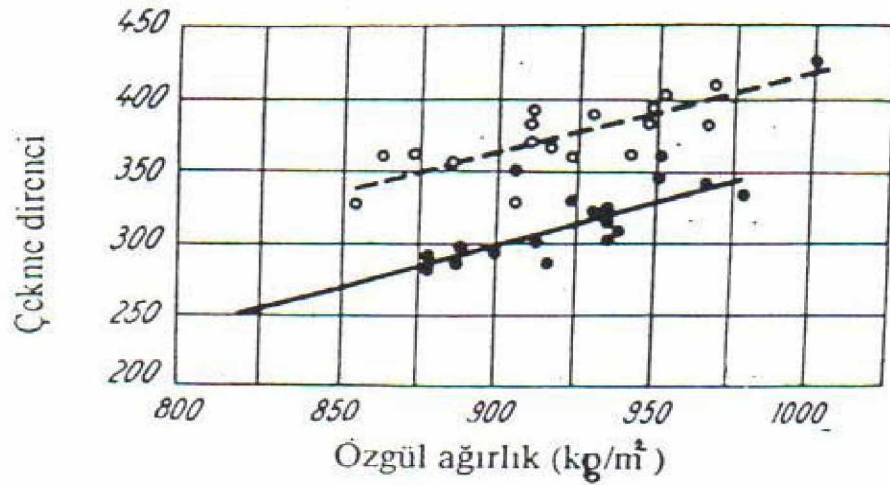
Eğilme ve Çekme Direncine Tesir Eden Faktörler

a) Özgöl ağırlık

Özgöl ağırlık arttıkça hem eğilme hem de çekme direnci artar (Şekil 22 ve Şekil 23).



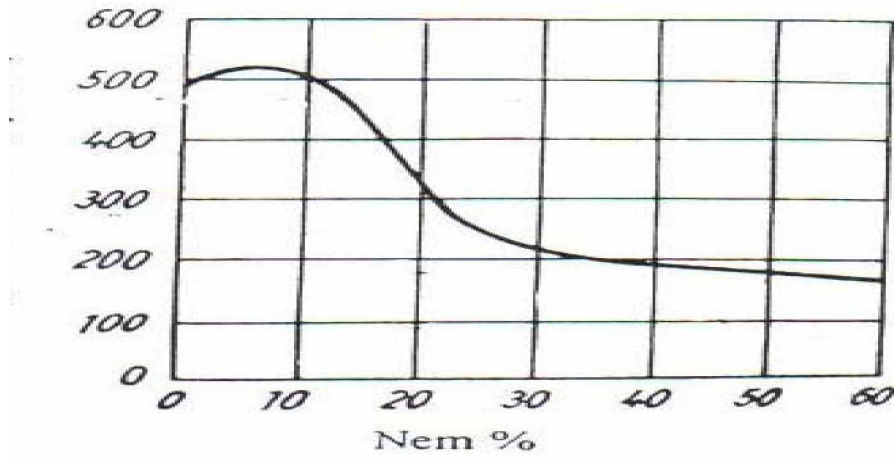
Şekil 22: Özgöl Ağırlığın Eğilme Direncine Etkisi (Lampert, 1967; Özen, 1975).



Şekil 23: Özgöl Ağırlığın Çekme Direncine Etkisi (Özen, 1975).

b) Nem

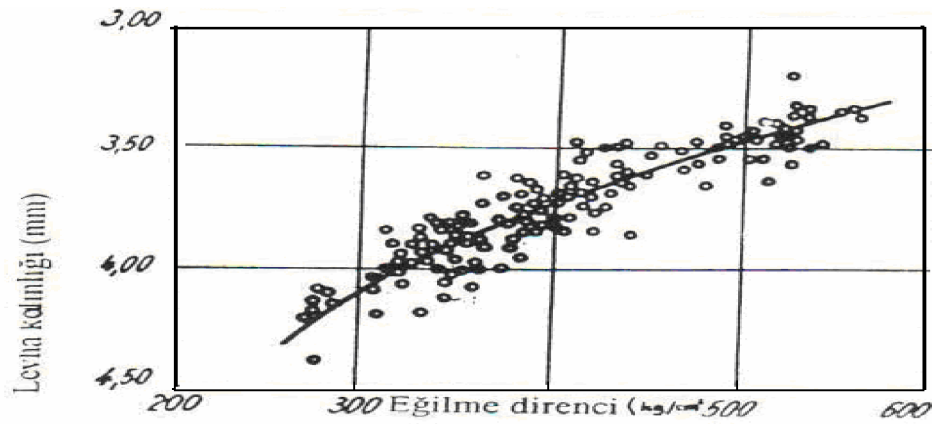
Levha nemi arttıkça eğilme direnci önce artar ve rutubeti % 6-7 olması halinde maksimum olur ve daha sonra azalır. Lif doygunluğundan sonra rutubetin eğilme direncine etkisi yoktur (Şekil 24).



Şekil 24: Levha Neminin Eğilme Direncine Etkisi (Özen, 1975).

c) Levha kalınlığı

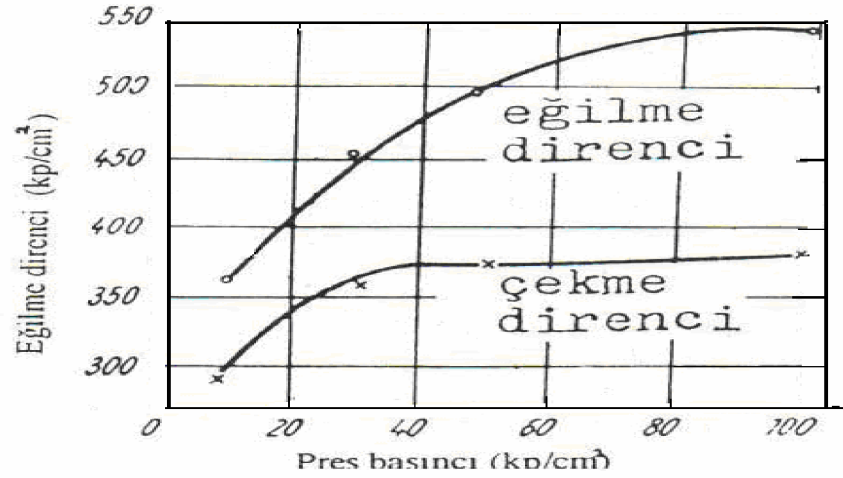
Levha inceldikçe eğilme direnci artar (Şekil 25).



Şekil 25: Levha Kalınlığının Eğilme Direncine Etkisi (Özen, 1975).

d) Pres basıncı

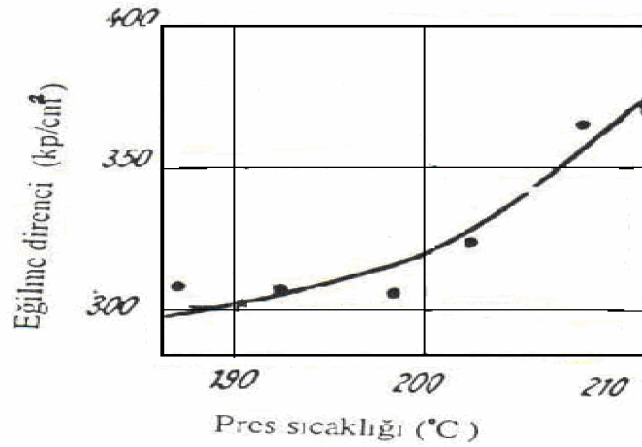
Yaş sistemle üretilmiş levhaların eğilme direnci pres basıncı arttıkça fazlalaşır. Çekme direnci ise önce artar ve belli basınçtan sonra değişmez (Şekil 26).



Şekil 26: Pres Basıncının Çekme ve Eğilme Direncine Etkisi (Carlson, 1958; Özen, 1975).

e) Pres sıcaklığı

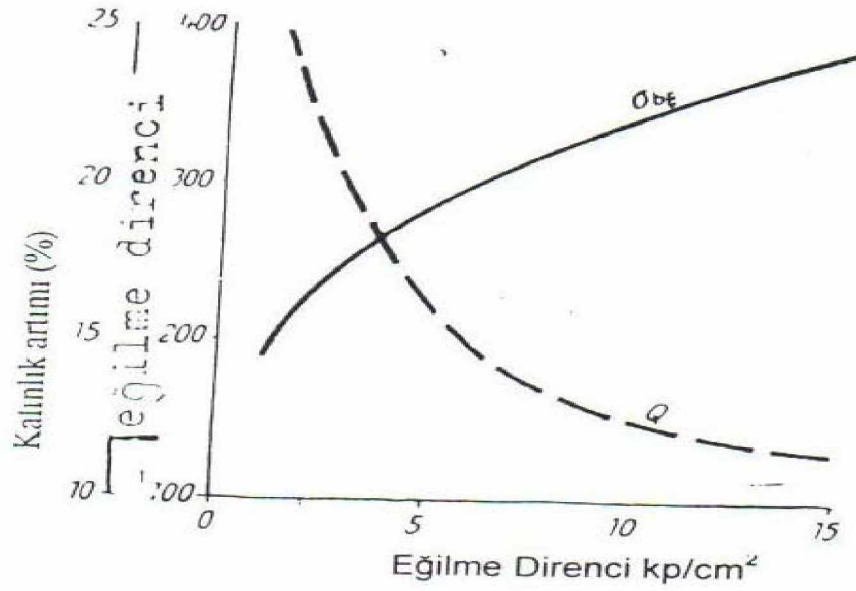
Genellikle pres sıcaklığının artmasıyla eğilme direnci artar (Şekil 27).



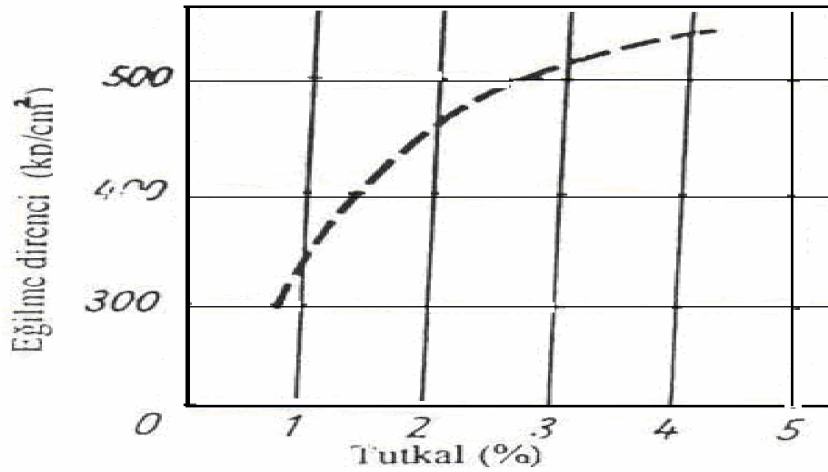
Şekil 27: Pres Sıcaklığının Eğilme Direnci Üzerine Etkisi (Carlson, 1958).

f) Sentetik tutkal ilavesi

Hem yaş hem de kuru sistemde ilave edilen sentetik tutkal miktarı arttıkça eğilme direnci artar (Şekil 28 ve Şekil 29).



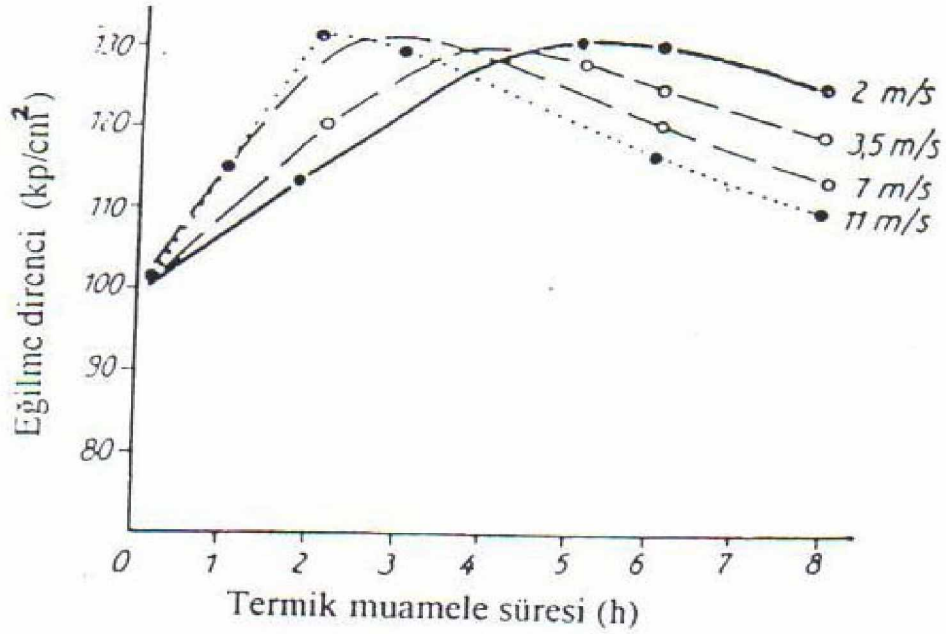
Şekil 28: Yaş Sistemle Üretilmiş Levhalarda Yapıştırıcı Madde Miktarının Eğilme Direnci ve Kalınlık Artımına Yaptığı Etki (Lampert, 1967;Özen, 1975).



Şekil 29: Kuru Sistemle Üretilmiş Levhalarda Yapıştırıcı Maddelerin Eğilme Direncine Etkisi (Özen, 1975).

g) Termik muamele

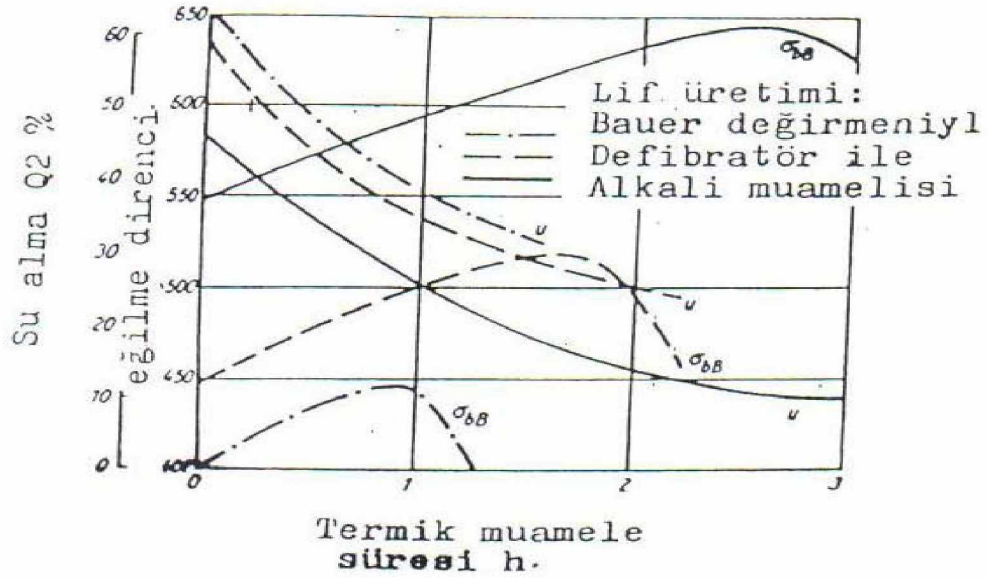
Kullanılan tüm üretim sistemlerinde, termik muamele görmüş levhaların eğilme direnci önce artar, maksimum olur ve sonra tekrar azalır. Maksimum olma süresi üzerine kurutucu havanın hızının tesiri vardır (Şekil 30).



Şekil 30: Termik Muamele Süresinin ve Hava Hızının Eğilme Direncine Etkisi (Özen, 1975).

h) Üretim sistemleri

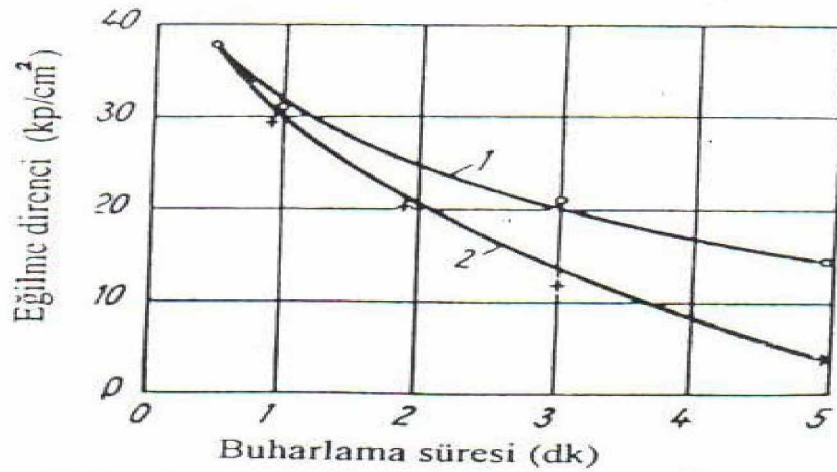
Hammaddeyi alkaliyle muamele etmek eğilme direncini artırır. Baure değirmeni ile soğuk lif üretimi eğilme direncini azaltır (Şekil 31).



Şekil 31: Çeşitli Üretim Sistemlerinde Termik Muamelenin Eğilme Direnci ve Su Almaya Etkisi (Özen, 1975).

1) Buharlama süresi

Hammadde odunun buharlama süresi arttıkça, eğilme direnci azalır (Şekil 32).



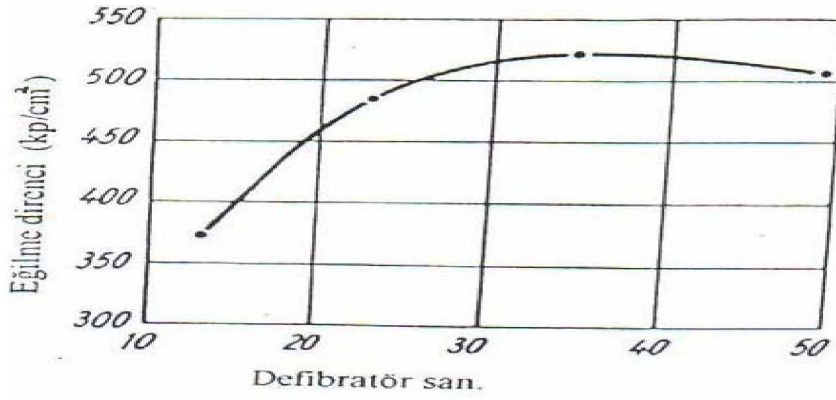
Şekil 32: Buharlama Süresinin Taze (1) ve Depoda Beklemiş (2) Kapak Tahtalarında Üretilen Lif Levhanın Eğilme Direncine Yaptığı Etki (Helge, 1960).

i) Maddenin depolama süresi

Uzun süre depolanmış hammaddeden üretilen lif levhanın eğilme direnci düşüktür.

j) Lif öğütme derecesi

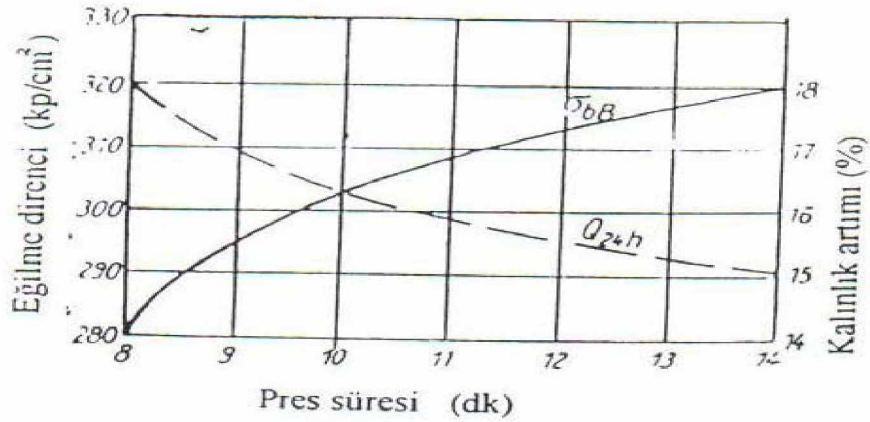
Öğütme derecesi arttıkça eğilme direnci de artar (Şekil 33).



Şekil 33: Lif Öğütme Derecesinin Eğilme Direncine Etkisi (Carlson, 1958).

k) Pres süresi

Pres süresinin artmasıyla eğilme direnci artar, kalınlık artımı azalır (Şekil 34).



Şekil 34: Pres Süresinin Eğilme Direnci ve Kalınlık Artımı Üzerine Etkisi (Lampert, 1967; Özen, 1975).

2.5. Kalite ve Kalite Kontrol Kavramı

2.5.1. Kalite Kavramı

Kalite mutlak anlamda en iyi demek değildir. İyilik ölçüsü ürünün kullanım amacına göre değişir. Bir amaç yönünden iyi sayılmayan bir ürün bir başka amaç yönünden iyi sayılabilir. Bu nedenle kalite, genel olarak, bir ürün ya da hizmetin kullanıma uygunluk derecesi, kullanıcının beklentisini karşılama derecesi olarak tanımlanabilir. Yani kalite kullanıma uygunluktur. Sadece fiyat, teknik mükemmellik ve sağlamlık deneyimleri ile anlatılmaz. Ancak, ömür ve fiyat bakımından da en uygun koşulları sağlaması gerekir (Koç, 1997).

2.5.2. Kalite Kontrol Kavramı

Bu kavram sadece bir ürünün ya da hizmetin kalite düzeyinin belirlenmesine yönelik işlem değildir. Muayene olarak adlandırılan bu faaliyet kalite kontrolün içinde önemli bir yeri olan işlemdir. Kalite kontrol, kaliteyi korumak, geliştirmek ve üretimi tüketiciyi tatmin edecek ekonomik düzeyde sürdürmek için uygulanan işlemler dizisidir.

Kalite kontrol işlemi genel olarak dört aşamada gerçekleştirilir (Koç, 1997).

a. Standartların kurulması: Tüketici istekleri ve teknolojik olanaklar dikkate alınarak ürün kalitesini ilgilendiren maliyet, güvenilirlik ve performans standartlarının saptanması.

b. Standartlardan ayrılışın ölçülmesi: Fiili durum incelenerek belirlenen standartlardan sapmalar ölçülmesi.

c. Düzeltici kararlar alınması: Standartlardan, belirlenen tolerans limitleri dışına taşan sapmaları en aza indirmek için gerekli düzeltici kararların alınması.

d. Geliştirme çalışmaları: Kalite ile ilgili maliyet, güvenilirlik ve performans standartlarının geliştirilmesi, yeni yöntem ve teknolojik olanakların araştırılması.

2.5.2.1. ISO 9000 Standartları

ISO 9000 kalite yönetimi ve kalite güvencesi standartlarının temeli 1967 yılında ABD'de savunma teknolojisindeki yüksek kalite sistemleri nedeni ile hazırlanan MIL-Q 9858'e dayanır.

Uluslararası ilişkilerin giderek artması ve daha da karmaşıklaşması ISO tarafından 1987 yılında ISO 9000 kalite yönetimi ve kalite güvencesi katılımı ile oluşturulan teknik komite (ISO ITC 1976) tarafından geliştirilmiştir.

Bu teknik komiteye 5 ISO üyesi ülke temsilcileri teknik olarak katılmış ve diğer üye ülkelerin katılımları sağlanmıştır. Bu seri daha sonra CEN (Avrupa Standartlar Komitesi) tarafından 1988 yılında EN 9000 olarak yayınlanmıştır. Günümüzde Avrupa, ABD ve Japonya dahil dünyanın hemen tüm ülkelerinde geçerli genel amaçlı kalite güvencesi standardı olan ISO 9000'i değişik kodlar ile, ilgili ülkeler kendi dillerine çevirerek İngilizcesi ile birlikte yayınlanmıştır. (Almanya'da DIN 900, Fransa'da NF 50-131-133, Türkiye'de TS ISO 9000 ve diğerleri) (Koç, 1997).

2.5.2.2. ISO 9001 Standartları

Bir işletmenin tasarım, geliştirme, imalat veya tesis kurma ile ilgili

gerekliliklerini tanımlar. Burada yer alan kalite sistem unsurlarından bir ya da bir çoğu işletmenin fonksiyonları arasında yer almıyorsa, bu durum kalite el kitabında belirtilmelidir. ISO 9001 hizmet organizasyonları içinde uygulanabilir. Standart, işletmenin büyüklüğüne değil fonksiyonlarına bağlıdır. Ürün tasarımı satış sonrası işleri olan beyaz eşya ya da otomobil üretimi yapan işletmeler ISO 9001'e göre belgelenebilir (Koç, 1997).

2.5.2.3. ISO 9002 Standartları

Özellikle daha önceden oluşturulmuş ve onaylanmış tasarımlar doğrultusunda imalat yapan işletmeler için uygundur. ISO 9002, ISO 9001'deki maddelerin ikisi dışında hepsini içerir. Bazı maddeleri ISO 9001'e göre daha az keskindir. Ürün geliştirme fonksiyonu olmayan herhangi bir imalatçı veya nakliye, ambalajlama, dağıtım ve taşıma gibi işler yapan firmalar kalite sistemlerini eğer belgelendirmek istiyorlarsa bu standardı gözden geçirebilirler (Koç, 1997).

2.5.2.4. ISO 9003 Standartları

Süreçlerin çok basit olduğu ve ürün kalitesinin nihai ürün üzerinde yapılan muayene ve testlerle belirlendiği işletmeler için uygulanabilir. Örneğin işletme bitmiş yarı mamulleri olarak bunları müşterinin tasarımı doğrultusunda monte ediyorsa bu durumda ISO 9003 en uygun kalite sistem standardı olacaktır (Koç, 1997).

2.6. MDF ile İlgili Standartlar

Aşağıdaki tabloda 18 mm kalınlığındaki MDF'ler için TS EN standartları verilmiştir (TS 64-5 EN 622-5, 1999).

Çizelge 9: 18 mm Kalınlığındaki MDF'ler için TS EN Standartları

Deney Tipi	Standart No	TS EN Standardındaki Değeri
Hava Kuru Yoğunluk	EMB Standardı	Minimum 0,650-0,800 g/cm ³
Suda Şişme	TS 64-5 (1999)	Maksimum % 12
Rutubet Miktarı	TS EN 322 (1999)	% 4-11
Eğilme Direnci	TS 64-5 (1999)	20 N/mm ²
Eğilmede Elastikiyet Modülü	TS 64-5 (1999)	2200 N/mm ²
Yüzeye Dik Çekme Direnci	TS 64-5 (1999)	0,55 N/mm ²
Levha Yüzeyine Dik Vida Tutma Gücü	EMB Standardı	Minimum 1000 N
Levha Yüzeyine Paralel Vida Tutma Gücü	EMB Standardı	Minimum 850 N
Çizilme Testi	TS 4757 (1986)	-
Formaldehit Emisyonu	EMB Standardı	A sınıfı ≤ 9mg/100g- B sınıfı ≤ 30 mg/100g

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Testler için kullanılan MDF levhalar ülkemizde üretim yapan Divapan, Yıldız, Çamsan, Yongapan ve SFC firmalarından elde edilmiş olup 5 ayrı grup oluşturulmuştur. Numune alımında Türkiye’de MDF üreten fabrikaların üretiminin önemli bir kısmını oluşturan 18 mm tercih edilmiştir. Her fabrikadan aynı zaman sürecinde üretilmiş ortalama 210cm x 280 cm ölçülerinde birer plaka örnek kullanılmıştır.

Türkiye’de üretimine devam eden 5 değişik fabrikadan örnek numune alımı 10 Aralık 2004 tarihinde temin edilmiştir. Temin edilen levhalar standartlara uygun ebatlarda atölyede kestirilip Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Düzce Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Ağaç malzeme fiziği ve mekaniği Laboratuvarına getirilmiştir.

3.2. Metod

3.2.1. Fiziksel Özellikler

3.2.1.1. Özgül Kütle

TS-EN 323 (1999)'de belirtilen esaslara göre 50x50 mm boyutlarında 30 adet örnek kullanılmıştır. TS-EN 326-1 (1999)'de belirtilen esaslara göre 20 ± 2 °C ve bağıl nemi % 65 ± 5 olan ortamda klimatize edilen örnekleri 0,01 gr hassasiyetli tartım yapabilen terazide tartılmış ve boyutları ise 0,01 hassasiyetli kumpasla ölçülmüştür. Buna göre, özgül kütle eşitlik 2.1'de gösterilmiştir;

$$\rho = \frac{m}{b_1 \times b_2 \times t} \times 10^6 \quad \text{kg/m}^3 \quad (2.1)$$

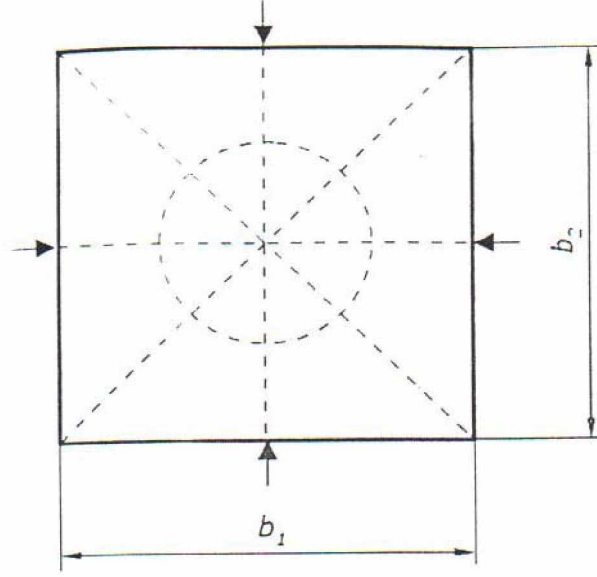
eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

ρ = Özgül kütle (kg/m^3)

m = Örnek ağırlığı (g)

b_1, b_2, t = Örnek hacmi (mm)

b_1, b_2 kenar uzunlukları deney parçasının kenarlarına paralel ve karşılıklı iki kenarın ortasından olmak üzere iki noktadan 0,1 mm hassasiyetle Şekil 35'de gösterildiği gibi ölçülmüştür.



Şekil 35:Yoğunluk Hesaplanmasında Deney Parçasının Kenar Uzunluklarının Ölçme Noktaları (TS EN 323,1999).

3.2.1.2. Rutubet Miktarı

Rutubet miktarının belirlenmesi TS-EN 322 (1999)'da belirlenen esaslara göre yapılmıştır. Levhanın rutubet miktarı, her bir levha grubu için 30 adet olmak üzere standarda uygun olarak 50x50 mm boyutlarında hazırlanan örneklerde belirlenmiştir. Örnekler 0,01 g duyarlıkta terazide tartılmıştır. Daha sonra kurutma dolabına koyulan numuneler 103 ± 2 °C'de değişmez kütleye ulaşınca kadar kurutulmuştur.

6 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki tartım arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlelerinin 0,01'inden fazla olmaması durumuna geldiğinde, bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilir.

Daha sonra deney örnekleri kurutma fırınından çıkarılarak desikatörde soğutulduktan sonra 0,01 g duyarlıkta terazide tartılmıştır.

Buna göre örneklerin rutubet miktarları eşitlik 2.2’de gösterilmiştir.

$$r = \frac{m_r - m_o}{m_o} \times 100 \quad (2.2)$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada;

m_r = Klimatize edilmiş durumdaki örnek ağırlığı (g)

m_o = Tam kuru haldeki örnek ağırlığı (g)

3.2.1.3. Su Alma Miktarı

2 saat, 24 saat, 48 saat ve 72 saat su alma miktarlarının belirlenmesinde 50x50 mm ebatlarında 30 adet numune kullanılmıştır.

Deney parçaları % 65±5 nisbi rutubet ve 20±2 °C sıcaklıkta değişmez kütleye ulaşınca kadar klimatize edilmiştir. Her deney parçası 0,01 g duyarlılıkta terazide tartıldıktan sonra içerisindeki suyun sıcaklığı 20±1 °C olan termostatlı su banyosuna numuneler birbirine değmeyecek şekilde su yüzeyinden 25 mm aşağıda olarak konulmuştur. 2 , 24, 48 ve 72 saat sonra numuneler sudan dışarı alınıp bir bez ile fazla suyu atılmış ve bu durumdaki ağırlıkları 0,01 g duyarlılıktaki terazide tartılmıştır. Kullanılan su her defasında değiştirilmiştir. Buna göre su alma miktarı eşitlik 2.3’de gösterilmiştir.

$$Gt = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \quad (2.3)$$

burada,

t_1 = Deney parçasının suya daldırmadan önceki ağırlığı (g)

t_2 = Deney parçasının suya daldırıldıktan sonraki ağırlığı (g)

3.2.1.4. Kalınlık Artımı

2 saat, 24 saat, 48 saat ve 72 saat su içerisinde bekletilen örneklerin kalınlık artımlarının belirlenmesi için su alma deneylerinde kullanılan örneklerden yararlanılmıştır. Kalınlıklar TS-EN 317 (1999)'de belirtilen esaslara uygun olarak 30 adet örnek hazırlanmıştır. Örneklerin tam ortasından 0,01 mm duyarlılıkta kumpasla ölçülmüştür. Deney örnekleri 20 ± 2 °C sıcaklıkta temiz suda 2 , 24, 48 ve 72 saatlik süre ile su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmuştur. 2 , 24, 48 ve 72 saat sonra sudan çıkarılan örneklerin fazla suları bir bezle alınmış ve kalınlıklar ilk ölçüm noktasından tekrar ölçülmüştür. Bunlara göre kalınlık artımı eşitlik 2.4'de gösterilmiştir.

$$K_a = \frac{m_y - e_k}{e_k} \times 100 \quad (2.4)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

K_a = Kalınlık artımı (%)

m_y = Suda bekletilen örneklerin kalınlığı (mm)

e_k = Klimatize edilmiş durumdaki örnek kalınlığı (mm)

3.2.2. Mekanik Özellikler

Mekanik deneyler için Düzce Orman Fakültesinde bulunan ALSA marka bilgisayarlı Üniversal Test Makinası kullanılmıştır. Bu cihazın kalibrasyonu TSE tarafından yapılarak gerekli sertifika alınmıştır.

3.2.2.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyleri TS-EN 310 (1999) standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Örnek boyutları standartlarda belirtildiği gibi destek noktaları arasındaki mesafe Kalınlık x 41 cm x 5 cm alınmıştır. Deney parçaları % 65± 5 nisbi rutubet ve 20±2 °C sıcaklık şartlarında değişmez kütleye ulaşınca kadar klimatize edildikten sonra 24 saat ara ile yapılan tartımlarda birbirini izleyen iki ölçme arasında kütle farkının, deney parçası kütlesinin % 0,1'inden fazla olmaması durumuna geldiğinde, bu kütle değişmez olarak kabul edilmiştir. 30'ar adet örneğin klimatize edilme işlemi tamamlandıktan sonra genişlik bir, kalınlıklar ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde iki noktadan 0,01 mm duyarlılıkta kumpasla ölçülerek ortalaması alınmıştır. Eğilme direnci deney düzeneği Şekil 36'da gösterilmiştir.

Deneyler Üniversal test makinesinde yapılmıştır. Buna göre eğilme direnci eşitlik 2.5'de verilmiştir.

$$f_m = \frac{3 \times F_{\max} \times l_1}{2 \times b \times t^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.5)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Burada;

f_m = Eğilme direnci (N/mm²)

$F_{\max}$ = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

l_1 = Dayanakların eksenleri arasındaki mesafe (mm)

b = Deney parçasının genişliği (mm)

t = Deney parçasının kalınlığı (mm)

3.2.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülü TS-EN 310 (1999) standartlarına uyularak belirlenmiştir. Deney parçaları, % 65 $\pm$ 5 nisbi rutubet ve 20 $\pm$ 2 °C sıcaklık şartlarında değişmez kütleye ulaşıncaya kadar kondisyonlanmıştır. Kuvvet deney boyunca sabit hızla uygulanmış ve yükleme başlığının hızı en büyük kuvvete 60 $\pm$ 30 saniyede ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Her deney parçasının elâstikiyet modülü eşitlik 2.6'daki şekilde hesaplanır.

$$E_m = \frac{l_1^3 \times (F_2 - F_1)}{4 \times b \times t^3 \times (a_2 - a_1)} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.6)$$

Burada;

l_1 = Dayanakların eksenleri arasındaki mesafe (mm)

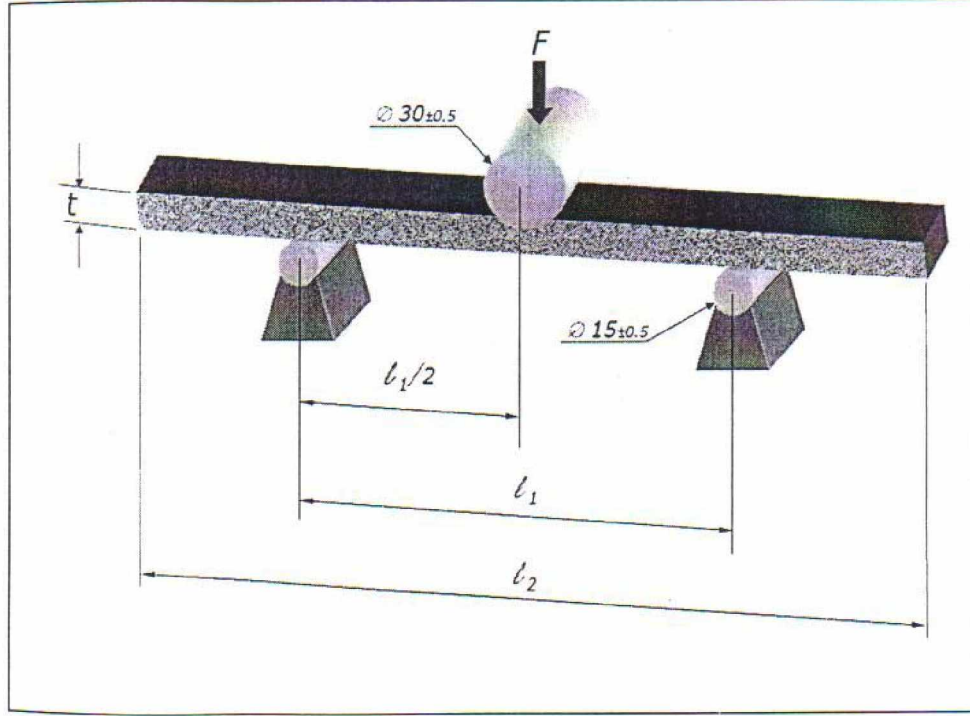
b = Deney parçasının genişliği (mm)

t = Deney parçasının kalınlığı (mm)

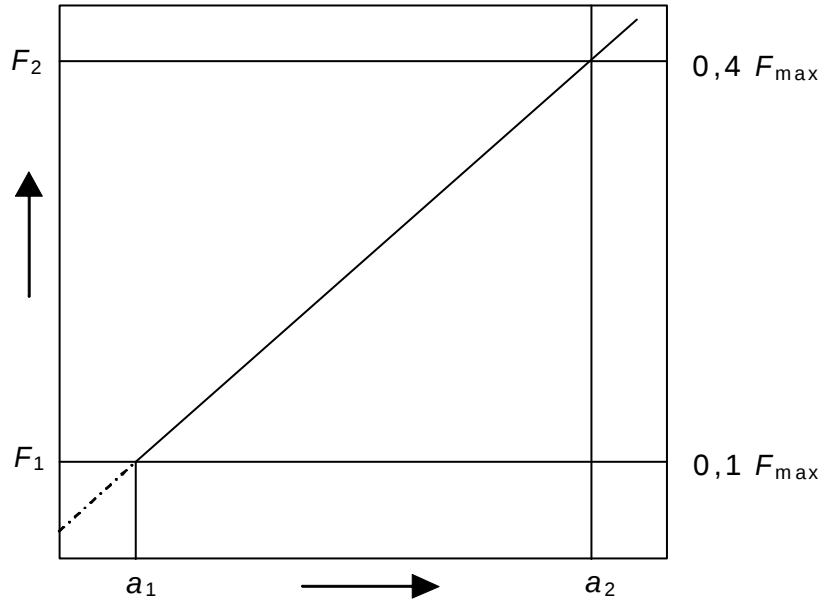
$F_2 - F_1$ = Yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (Şekil 37), Newton

F_1 = Yaklaşık olarak, en büyük kuvvetin % 10'u, F_2 maksimum yükün % 40'ı olmalıdır.

$a_2 - a_1$ = ($F_2 - F_1$) kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır.



Şekil 36: Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Deney Düzeneği (TS EN 310, 1999).



Şekil 37:Yük-Sehim Diyagramı İçerisindeki Deformasyon Sınırı (TS-EN 310, 1999).

3.2.2.3. Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci

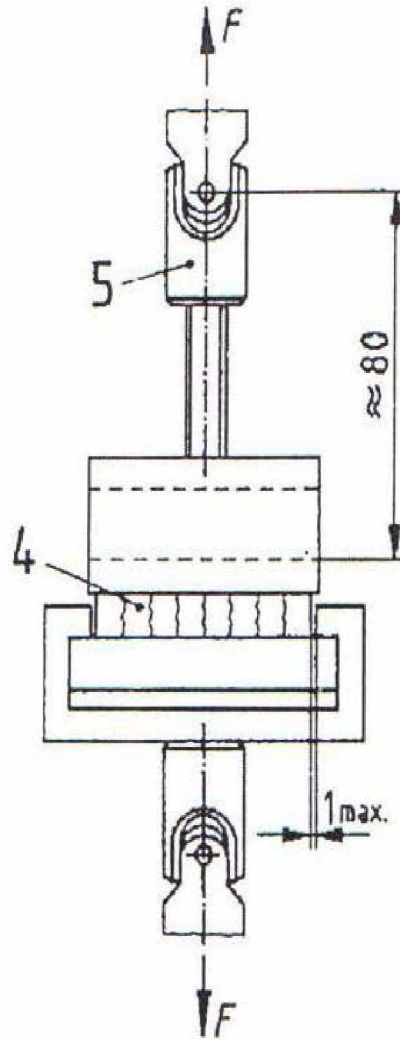
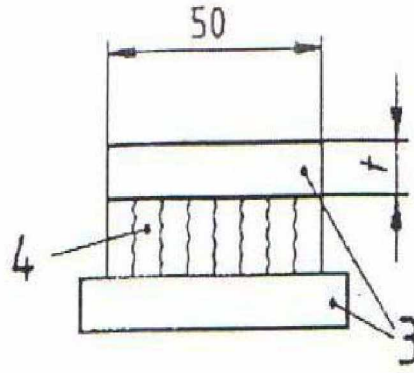
Yüzeye dik çekme direnci deneyleri TS-EN 319 (1999)'da verilen standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Her fabrika numunelerinden 30'ar adet olmak üzere 50x50 mm boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Örnekler, nisbi rutubeti % 65 ± 5 ve sıcaklığı 20 ± 2 °C olan bir ortamda değişmez kütleye gelinceye kadar kondisyonlanmıştır. Daha sonra her bir deney parçasının uzunluk ve genişliği TS-EN 325 (1999)'e uygun olarak 0,01 mm duyarlılıktaki kumpasla ölçülmüştür (Şekil 38).

- 1) Metal deney bloğu
- 2) Deney bloğu (metal, sert ahşap veya kontrplak)
- 3) Sert ahşap kontrplak deney bloğu
- 4) Deney parçası
- 5) Otomatik ayarlanan bilyalı bağlantı mafsalı

t = 10 mm (minimum) metal deney blokları için

t = 15 mm (minimum) sert ahşap veya kontrplak için

Bu işlemlerin ardından örneklerin her iki yüzeyine standartlarda belirtilen profillere sahip kayın takozları yapıştırılmıştır. Bu amaçla polivinil asetat tutkalı (PVAC) kullanılmıştır. Kayın takozlar yapıştırılmış örnekler işkencelerle sıkıştırılmış halde iki gün bekletilmiştir.



Şekil 38: Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımı Tayini için Deney Makinası Düzenegi (TS EN 319, 1999).

Yüzeye dik çekme direnci deneylerinin yapılmasında üniversal test makinası kullanılmıştır. Numune, test makinasının kavrama çeneleri arasına yerleştirilmiş ve çekme kuvveti uygulanarak kırılmıştır. Kuvveti uygulayan başlığın hareket hızı, yükü deney boyunca sabit olarak uygulamasına ve 60 ± 30 saniyede, deney parçasını koparacak maksimum kuvvete ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Deney parçasının kopmasını sağlayan maksimum kuvvet % 1 hassasiyetle ölçülerek kaydedilmiştir. Buna göre yüzeye dik çekme direnci eşitlik 2.7'ye göre hesaplanmıştır.

$$f_t = \frac{F_{\max}}{a \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.7)$$

burada;

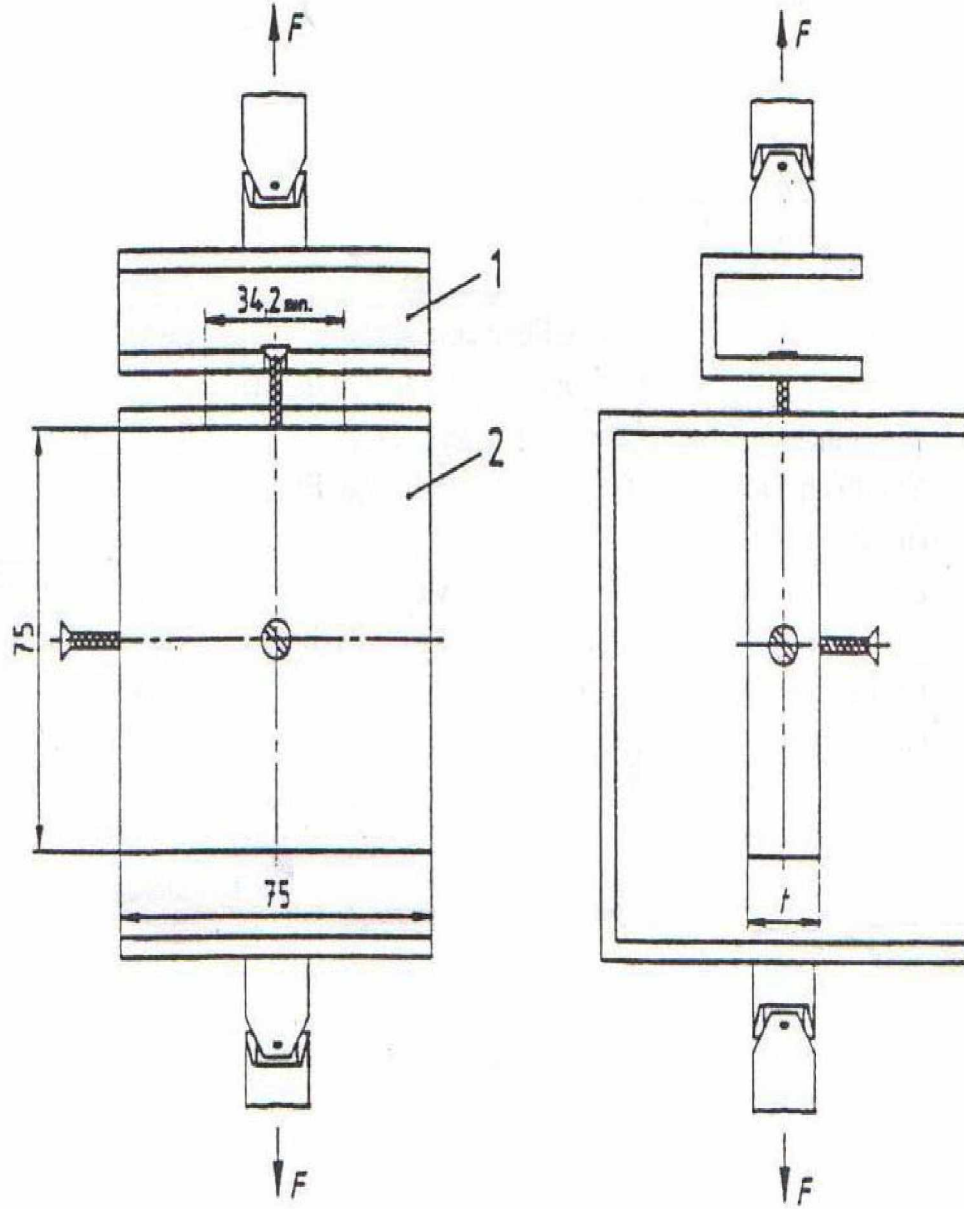
$F_{\max}$ = Kopma yükü (Newton)

a,b = Deney parçasının uzunluk ve genişliği (mm)

3.2.2.4. Vida Tutma Gücü

Vida tutma gücünün belirlenmesinde TS EN 320 (1999) standardından yararlanılmıştır. Deneyde örnek boyutları 75*75* levha kalınlığı mm olan 30 adet numune kullanılmıştır. Deney numuneleri deneyden önce değişmez kütleye ulaşınca kadar, nisbi rutubeti % 60-70 ve sıcaklığı 18-22 °C olan bir ortamda kondisyonlanmıştır. Örneklerin birer yüz kenarına köşegenler çizilerek orta noktaları belirlenmiştir. Bunu takiben çizilen köşegenlerin (yüzey ve kenar) kesişme noktalarına matkapla $2,7\pm0,1$ mm çapında, 18-20 mm derinliğinde birer delik açılarak buraya ISO 1478 standartlarında öngörülen 4,2 mm x 38 mm anma boyutlu olan iki adet vida yüzeylere dik gelecek şekilde 14,5-15,5 mm derinliğe kadar vidalanmıştır. Bunu takiben universal test makinesinde, kavrama ve çekme işlemi yeknesak bir şekilde artan ve çıkmanın 30 sn'den uzun bir sürede gerçekleştiği kuvvetle örneklerin

vida tutma gücü değerleri belirlenmiştir. Çıkma anında makine göstergesinden okunan kuvvet kg cinsinden doğrudan kaydedilmiştir. Deney aynen Şekil 39'a göre hazırlanmıştır.



Şekil 39: Kalınlığı 15 mm'den Fazla Olan Levhalarda Vida Tutma Kabiliyeti Örneği
(TS EN 320, 1999).

3.2.3. Özgöl Kütle Profili

Levhelerde özgöl kütle profili belirlemeleri, “İMAL Density Profile Analyser” cihazında yapılmıştır.

Özgöl kütle grafikleri, radyasyon dağılması ve levha tarafından ışınların absorbe edilmesine bağlı olarak hesap edilmekte olup, “X” ışınları yardımıyla ölçüm yapılmaktadır. Levhalardan alınan 50x50 mm ölçülerindeki örneklerden 3'er adet ölçüm yapılarak elde edilen özgöl kütle profil grafiklerinin ölçme süresi, levha kalınlığına bağlı olarak birkaç dakika içinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Çizilme Direnci

Çizilme direnci TS 4757'de belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir. Her grup için 5 adet 100x100xlevha kalınlığı mm boyutlarındaki örneklerin ortalarına 6,5 mm çapında delikler açılmış ve yüzeyleri temizlenerek ERİCSOON Marka Çizilme deney makinasına yerleştirilmiştir. Makinenin yatay olarak dönen diski üzerine dik gelecek şekilde elmas uç bağlanmıştır. Bu uç örnekler diskle birlikte üzerine temas ettirilerek 360'ar derecelik açılı dönüş yapmaktadır. Elmas ucun ilk turunda 5 N'luk kuvvet uygulanmıştır. Bunun sonucu kesintisiz bir çizgi meydana gelmemiş ise kuvvet 0,5 N'luk kademelerle kesintisiz bir çizgi meydana gelinceye kadar kuvvet arttırılmıştır. 5 N'luk kuvvet uygulamasında kesintisiz çizgi meydana gelmiş ise kuvvet 2 N'a kadar 0,5 N'luk, 1 N'a kadar 0,25 N'luk ve 1 N'un altında 0,1 N'luk kademelerle azaltılmıştır. Daire şeklinde meydana gelen sürekli çizgilerde kesintiler oluşmaya başlayınca denemeye son verilmiştir. Daireler arasında en az 1 mm mesafe olması gerekmektedir. Örnek yüzeyleri temizlenmiş ve yaklaşık 250 mm mesafeden

bakılarak yüzey kontrol edilmiştir. Kesintili çizgiye bitişik olan daire şeklindeki ilk çizginin kalıcı olması gerekir. Bunu belirlemek için örnekler 18-22 °C ve bağıl nemi % 60-70 olan iklim odasında 24 saat bekletilmiştir. 24 saat sonunda her bir numunenin değeri saptanmıştır.

3.2.5. Formaldehit Emisyonu

Formaldehit emisyonu deneyi TS 4894 EN 120’de belirtilen perferatör metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla her bir levha grubuna ait MDF levhalardan 25 x 25 x levha kalınlığı mm boyutlarında kesilen 5’er adet örnek deney anına kadar hava sızdırmayacak şekilde ambalajlanmıştır. Ve üretimden 1 ay sonra örnekler test edilmiştir. Öncelikle numunelerin rutubet muhtevaları, TS EN 322’ye uygun olarak tayin edilmiştir. En az 4 parçadan meydana gelen deney numunesi (25 mm x 25 mm) üzerinde rutubet muhtevası iki defa tayin edilir. Ekstrakttaki rutubet muhtevasının tayini işleminde; bir pipet ile sulu çözeltiden 10 ml, 50 ml’lik bir erlene alınır ve 10 ml asetilaseton çözeltisi ve 10 ml amonyum asetat çözeltisi ilave edilir. Erlen kapatılır, çalkalanır ve 40 °C’lik bir su banyosunda 15 dakika ısıtılır. Oluşan yeşilimsi- sarı çözelti ışığın etkisine karşı korunarak oda sıcaklığına kadar soğutulur (yaklaşık 1 saat). Bu çözeltinin absorbansı bir spektrofotometrede damıtık suya karşı 412 nm boyutunda tayin edilir. Damıtık su ile paralel olarak bir tanık değer tayin edilir ve bu perferatör değerinin tayininde göz önüne alınır. Formaldehit muhtevası aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$C (HCHO) = (V_o - V) \times 15 [C (Na_2S_2O_3)] \times 1000 / 20$$

Burada;

C (HCHO) : Formaldehitin Konsantrasyonu, mg / l,

V₀ :Tanık deneyi için kullanılan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacmi, ml

V :Deney için kullanılan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacmi,ml

C (Na₂S₂O₃) : Sodyum tiyosülfat çözeltisinin konsantrasyonu, mol / l

Ahşap esaslı panelin rutubet muhtevası H (kütlece % m / m), aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$H = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100$$

Burada;

m₁ : Deney numunelerinin kurutmadan önceki kütlesi, g

m₀ : Deney numunelerinin kurutulduktan sonraki kütlesi, gramdır.

Perferatör değeri olarak bilinen formaldehit muhtevası, her 100 g etüvde kurutulmuş levhadaki, mg formaldehit olarak ifade edilir ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\text{Perferatör değeri} = \frac{(A_s - A_B) \cdot f \cdot (100 + H) \cdot V}{M_H} \quad \text{mg/100 g etüv kurusu}$$

Burada;

A_s :Analiz edilen ekstraksiyon çözeltisinin absorbansı,

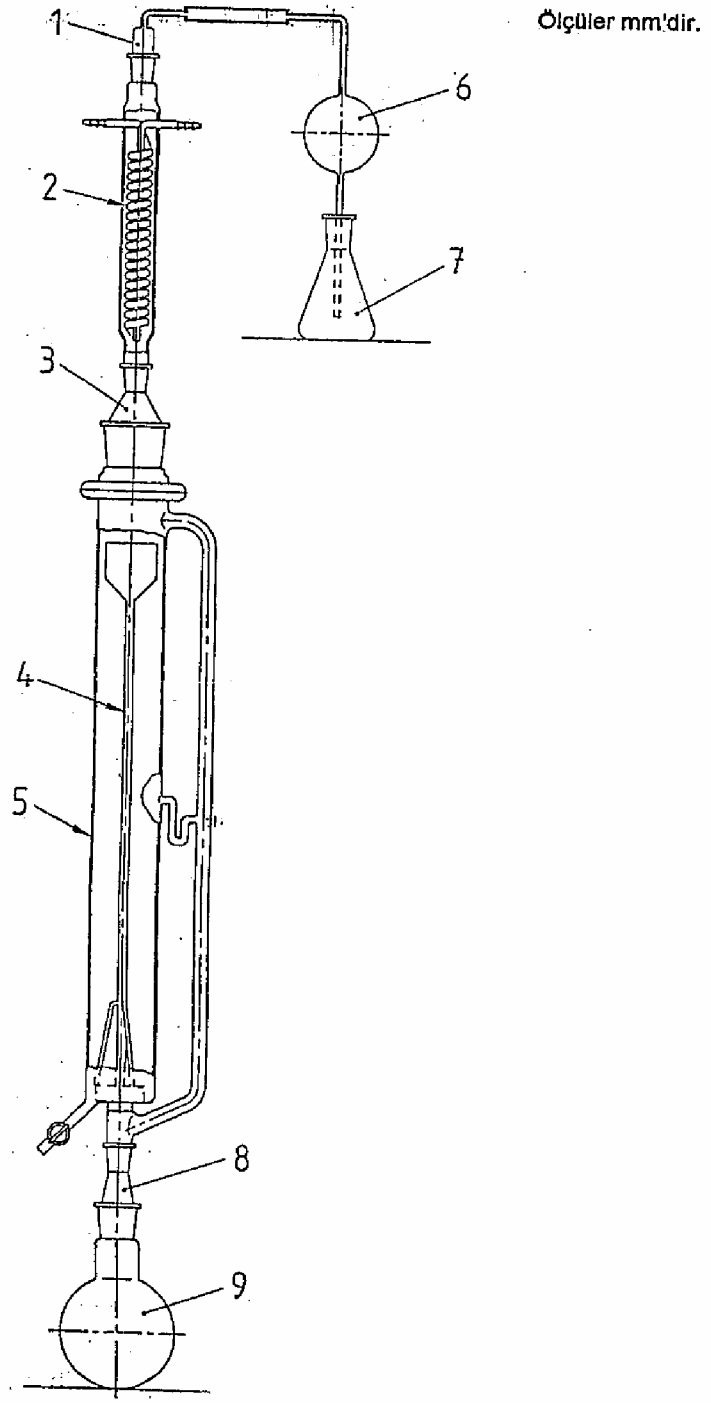
A_B : Deiyonize edilmiş veya damıtık su ile yapılan analizdeki absorbans,

f : Standart eğrinin eğimi (mg / ml),

H : Ahşap esaslı panelin rutubet muhtevası (%),

M_H :Deney numunelerinin kütlesi (g),

V : Ölçülü balonun hacmi (2000 ml).



- 1) Traşlı cam bağlantı 29 / 32
 2) Soğutucu
 3) Traşlı cam bağlantı 45 / 40 - 71 / 51
 4) Cam filtre
 5) Perforatör bağlantısı

- 6) Balon tüp (çift)
 7) Erlen 250 ml
 8) Traşlı cam bağlantı 29 / 32 - 45 / 40
 9) Yuvarlak dipli cam balon 1000 ml 45 / 40 soketli

Şekil 40: Formaldehit Emisyonu Tayininde Kullanılan Ekstraksiyon Cihazı
 (TS 4894 EN 120, 1999).

4. BULGULAR

4.1. Fiziksel Özelliklere Ait Bulgular

4.1.1. Hava Kuruğu Özgöl Kütle

Örnek deneyde 18 mm kalınlığında ve boyutları 50x50 mm olan örnek parçalardan 30'ar adet alınmış, standartlara uygun ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bulunan sonuçlar çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10: Levhaların Hava Kuruğu Yoğunluk Ölçümleri ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler

Levha Grupları	n	Ortalama g/cm ³	Standart Hata	Standart Sapma	V(%)	Xmin	Xmax
A	30	0,705	0,0018	0,009	1,402	0,686	0,729
B	30	0,747	0,0014	0,007	1,064	0,719	0,760
C	30	0,750	0,0014	0,008	1,076	0,735	0,764
D	30	0,756	0,0019	0,010	1,449	0,734	0,784
E	30	0,834	0,0032	0,017	2,068	0,796	0,858

n=Örnek sayısı, V=Varyasyon katsayısı, Xmin=Minimum değer, Xmax= Maksimum değer

Çizelge 11'de farklı yerlerde üretilen MDF levhaların hava kuruğu (% 12) özgöl kütlelerine ait varyans analizi sonuçları gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, % 0,1 önem düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi levhalardan kaynaklandığı çizelge 12'de görülmektedir.

Çizelge 11: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhalarının Yoğunluklarına ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F –oranı	P -değeri
Gruplar arası	0,257	4	0,064	511,036	0,000
Gruplar içi	0,019	150	0,000		
Toplam	0,276	154			

Çizelge 12: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Levha Gruplarının Yoğunluk Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları

Levha Grupları	n	1	2	3	4
A	30	0,7056			
B	30		0,74759		
C	30		0,75013	0,75013	
D	30			0,75641	
E	30				0,83445

4.1.2. Su Alma Miktarı

TS EN 317 (1999)’de belirtilen standartlara göre kalınlık artımı belirlenirken aynı zamanda Su alma miktarı da belirlenmiştir. 50x50 mm boyutlarında 18 mm kalınlıklarındaki deney örnekleri 30’ar adet alınmıştır. 2, 24, 48 ve 72 saat su içerisinde bırakılan örnek parçaların ağırlıkları 0.01 g duyarlılıktaki terazide tartılarak ölçülmüştür. Her firmaya ait ortalama su alma miktarları çizelge 13’de verilmiştir.

Çizelge 13: Levha Gruplarının 2, 24, 48 ve 72 Saat Su Alma Miktarları Ortalama Değerleri

Levha Grupları	n	Su alma miktarı 2h	Standart Hata	Standart Sapma	V (%)	Xmin	Xmax
A	30	6,14	0,153	0,840	13,68	5,19	9,23
B	30	5,79	0,257	1,535	26,51	4,17	8,81
C	30	4,95	0,134	0,737	14,88	3,88	6,90
D	30	9,08	0,304	1,723	18,97	6,55	11,58
E	30	5,01	0,089	0,474	9,46	4,13	5,82

24 h							
A	30	22,48	0,469	2,568	11,423	19,47	28,58
B	30	18,13	0,944	5,426	29,928	14,77	45,85
C	30	16,28	0,256	1,405	8,63	14,25	19,57
D	30	24,49	0,479	2,714	11,08	19,61	29,98
E	30	15,79	0,140	0,742	4,70	14,02	17,26

48 h							
A	30	31,90	0,518	2,837	8,89	27,85	40,33
B	30	25,67	0,493	2,832	11,03	22,33	36,43
C	30	23,38	0,314	1,722	7,36	20,66	27,61
D	30	33,94	0,505	2,857	8,41	28,69	38,97
E	30	24,05	0,316	1,675	5,72	22,07	27,70

72 h							
A	30	40,22	0,507	2,780	6,91	36,29	48,70
B	30	34,37	0,585	3,363	9,78	29,85	47,79
C	30	28,53	0,362	1,987	6,96	25,21	32,63
D	30	42,01	0,525	2,973	7,07	37,05	48,80
E	30	29,26	0,316	1,675	5,72	26,60	32,19

n=Örnek sayısı, V=Varyasyon katsayısı, Xmin=Minimum değer, Xmax=Max. Değer

Levha grubu ve suda bekletme sürelerinin su alma miktarı üzerine etkili olup olmadığını araştırmak üzere çoklu varyans analizi yapılmış ve sonuçlar çizelge 14’te verilmiştir.

Çizelge 14: Su Alma Miktarının Levha Grupları ve Bekletme Süresine Bağlı Olarak
Çoğul Varyans Analizi Sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F –oranı	P -değeri
Levha grubu=A	9291,900	4	2322,975	159,258	0,000
Süre=B	71438,937	3	23812,979	1632,568	0,000
AxB	1475,258	12	122,938	8,428	0,000
Hata	8635,034	592	14,586		
Toplam	402657,809	612			

Çizelge 14'deki varyans analizi sonuçlarına göre % 0,1 önem düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi levha grupları ve suda bekletme süresinden kaynaklandığı çizelge 15, çizelge 16'da görülmektedir.

Çizelge 15: Levha Gruplarının % 95 Güven Aralığında Su Alma Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları

Levha Grupları	1	2	3	4
C	18,2906			
E	18,6021			
B		21,7036		
A			25,3145	
D				28,3849

Çizelge 16: Suda Bekletme Sürelerinin % 95 Güven Aralığında Su Alma Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları

Suda bekletme süreleri	1	2	3	4
2 saat	6,5297			
24 saat		19,8024		
48 saat			28,4472	
72 saat				35,5095

Tukey testi sonuçlarına göre % 5 hata payı ile levha gruplarının su alma miktarı üzerine etkisi incelendiğinde C ve E firmalarına ait levha grupları arasındaki farklar önemsiz, diğer tüm firmalara ait levha grupları arasındaki farklar ise önemli çıkmıştır.

Aynı sonuçlara göre % 5 hata payı ile suda bekletme süresinin su alma üzerine etkisi incelendiğinde tüm levha grupları arasındaki farklar önemli çıkmıştır.

4.1.3. Kalınlık Artımı

Kalınlık artımı TS EN 317’de belirtildiği gibi 50x50 mm boyutlarında kesilen 18 mm kalınlıklarında 5 farklı firma için 30’ar adet örnek üzerinde kalınlık artımı tespiti yapılmıştır. 2, 24, 48 ve 72 saat su içerisinde bırakılan örnek parçaların kalınlık ölçümleri yapılmış, her firmaya ait ortalama kalınlık artımı miktarları çizelge 17’de verilmiştir.

Çizelge 17: Levha Gruplarının Kalınlık Artımı Miktarları ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler

Levha Grupları	n	Kalınlığına şişme miktarı (2h)	Standart Hata	Standart Sapma	V (%)	Xmin	Xmax
A	30	0,256	0,021	0,115	44,92	0,06	0,45
B	30	0,818	0,019	0,110	13,44	0,66	1,11
C	30	0,834	0,021	0,117	14,02	0,55	1,05
D	30	1,061	0,032	0,182	17,15	0,66	1,49
E	30	0,710	0,028	0,152	21,40	0,38	1,06
24 h							
A	30	3,282	0,061	0,338	10,29	2,69	4,27
B	30	5,340	0,069	0,401	7,51	4,79	6,53
C	30	4,566	0,056	0,311	6,81	3,98	5,25
D	30	5,885	0,113	0,639	10,85	4,88	7,48
E	30	3,778	0,051	0,271	7,17	3,24	4,28
48 h							
A	30	4,731	0,077	0,424	8,96	4,14	6,22
B	30	9,306	0,087	0,503	5,40	8,49	10,36
C	30	6,967	0,066	0,365	5,24	6,41	7,85
D	30	9,080	0,092	0,520	5,72	8,06	10,02
E	30	6,318	0,069	0,364	5,76	5,55	7,17
72 h							
A	30	6,193	0,091	0,503	8,12	5,50	7,93
B	30	12,51424	0,119	0,684	5,46	11,63	15,00
C	30	9,866667	0,084	0,461	4,67	9,12	10,74
D	30	13,16406	0,110	0,627	4,76	2,41	12,00
E	30	9,211071	0,096	0,508	5,51	8,40	10,21

n=Örnek sayısı, V=Varyasyon katsayısı, Xmin=Minimum değer, Xmax= Maksimum Değer

Levha grubu ve suda bekletme sürelerinin kalınlık artımı üzerine etkili olup olmadığını araştırmak üzere çoklu varyans analizi yapılmış ve sonuçlar çizelge 18’de verilmiştir.

Çizelge 18: Kalınlık Artımı Miktarının Levha Grupları ve Suda Bekletme Sürelerine Bağlı Olarak Çoğul Varyans Analizi Sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F –oranı	P –değeri
Levha grubu=A	1174,891	4	293,723	640,664	0,000
Süre=B	7540,976	3	2513,659	5482,754	0,000
AxB	492,965	12	41,080	89,604	0,000
Hata	271,412	592	0,458		
Toplam	30191,763	612			

Çizelge 18’de verilen varyans analizi sonuçlarına göre % 0,1 önem düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi levha grupları ve suda bekletme süresinden kaynaklandığı çizelge 19 ve çizelge 20’de görülmektedir.

Çizelge 19: Levha Gruplarının % 95 Güven Aralığında Kalınlık Artımı Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları

Levha Grupları	1	2	3	4
A	3,6391			
E		5,0043		
C			5,5592	
B				7,1172
D				7,3504

Çizelge 20: Suda Bekletme Sürelerinin % 95 Güven Aralığında Kalınlık Artımı
Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları

Suda bekletme süreleri	1	2	3	4
2 saat	0,7426			
24 saat		4,6252		
48 saat			7,4331	
72 saat				10,3664

Tukey testi sonuçlarına göre % 5 hata payı ile levha gruplarının kalınlık artımı üzerine etkisi incelendiğinde B ve D Firmalarına ait levha grupları arasındaki farklar önemsiz diğer tüm levha grupları arasındaki farklar ise önemli çıkmıştır.

Aynı sonuçlara göre % 5 hata payı ile suda bekletme süresinin kalınlık artımı üzerine etkisi incelendiğinde tüm levha grupları arasındaki farklar önemli çıkmıştır.

4.2. Mekanik Özelliklere Ait Bulgular

4.2.1. Eğilme Direnci

Eğilme dayanımı için TS EN 310’da belirtildiği gibi 18 mm kalınlıkta 410x50 mm boyutlarında her gruptan 30’ar adet örnek test edilmiştir. TS-EN 310 (1999)’daki deney metodu uygulanmış ve ortalama değerler çizelge 21’de gösterilmiştir.

Çizelge 21: Levhaların Eğilme Direnci ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler

Levha Grupları	n	Ortalama N/mm ²	Standart Hata	Standart Sapma	V (%)	Xmin	Xmax
A	30	35,11794	0,428	2,426	6,90	30,51	40,71
B	30	38,16963	0,282	1,619	4,24	35,10	41,74
C	30	42,51913	0,255	1,445	3,39	39,59	44,90
D	30	37,95207	0,387	2,087	5,49	33,67	41,12
E	30	41,84017	0,660	3,615	8,64	32,76	47,04

n=Örnek sayısı, V=Varyasyon katsayısı, Xmin=Minimum değer, Xmax=Max. Değer

Çizelge 22’de farklı yerlerde üretilen MDF levhaların Eğilme direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, % 0,1 önem düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi levhalardan kaynaklandığı çizelge 23’de görülmektedir.

Çizelge 22: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhalarının Eğilme Direnci Değerlerine ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F –oranı	P -değeri
Gruplar arası	1172,7	4	293,17	52,832	0,001
Gruplar içi	832,37	150	5,5491		
Toplam	2005	154			

Çizelge 23: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Levha Gruplarının Eğilme Direnci Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları

Levha Grupları	n	1	2	3
A	30	35,11794		
D	30		37,95207	
B	30		38,16963	
E	30			41,84017
C	30			42,51913

4.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Çizelge 24’de farklı yerlerde üretilen levhaların elastikiyet modülüne ait ortalamalar verilmiştir.

Çizelge 24: Levhaların Eğilmede Elastikiyet Modülü ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler

Levha Grupları	n	Ortalama N/mm ²	Standart Hata	Standart Sapma	V (%)	Xmin	Xmax
A	30	3378,807	19,028	107,63	3,18	3187,55	3579,59
B	30	3687,685	11,870	67,14	1,82	3478,67	3371,73
C	30	3818,004	21,949	124,16	3,25	3638,37	4041,43
D	30	3805,887	25,888	139,41	3,66	3521,22	4008,16
E	30	4090,799	138,684	759,60	18,56	3490,8	4602,35

n=Örnek sayısı, V=Varyasyon katsayısı, Xmin=Minimum değer, Xmax=Maks.değer

Çizelge 25’de farklı yerlerde üretilen MDF levhaların Eğilmede Elastikiyet Modülü değerlerine ait varyans analizi sonuçları gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, % 0,1 önem düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi levhalardan kaynaklandığı çizelge 26’da görülmektedir.

Çizelge 25: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhalarının Eğilmede Elastikiyet

Değerlerine ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F –oranı	P –değeri
Gruplar arası	8256091	4	2064023	16,96081	0,001
Gruplar içi	18254042	150	121693,6		
Toplam	26510133	154			

Çizelge 26: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Levha Gruplarının Eğilmede

Elastikiyet Modülü Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş

Gruplar ve Ortalamaları

Levha Grupları	n	1	2	3
A	30	3378,807		
B	30		3687,685	
D	30		3805,887	
C	30		3818,004	
E	30			4090,799

4.2.3. Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci

Örnek çekme dayanımı deneyinde TS EN 319'daki 50x50 mm boyutlarında 18 mm kalınlıklarındaki örnek parçalardan her gruptan 30'ar adet örnek test edilmiştir. TS EN 319'daki deney metodu tatbik edilmiş, deney sonuçları çizelge 27'de verilmiştir.

Çizelge 27: Levhaların Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler

Levha Grupları	n	Ortalama N/mm ²	Standart Hata	Standart Sapma	V (%)	Xmin	Xmax
A	30	0,391	0,014	0,072	18,41	0,26	0,56
B	30	0,460	0,009	0,055	11,95	0,37	0,62
C	30	0,516	0,014	0,076	14,72	0,40	0,71
D	30	0,350	0,008	0,044	12,57	0,25	0,42
E	30	0,677	0,025	0,123	18,16	0,35	0,89

n=Örnek sayısı, V=Varyasyon katsayısı, Xmin=Minimum değer, Xmax=Max. Değer

Çizelge 28'de farklı yerlerde üretilen MDF levhaların levha yüzeye dik yönde çekme direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, % 0,1 önem düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi levhalardan kaynaklandığı çizelge 29'da görülmektedir.

Çizelge 28: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhalarının Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci Değerlerine ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F –oranı	P -değeri
Gruplar arası	1,661106	4	0,415276	70,08142	0,001
Gruplar içi	0,788109	133	0,005926		
Toplam	2,449214	137			

Çizelge 29: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Levha Gruplarının Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları

Levha Grupları	n	1	2	3
D	30	0,350207		
A	30	0,391375		
B	30		0,460375	
C	30		0,516793	
E	30			0,6775

4.2.4. Vida Tutma Gücü

Vida tutma deneyinde TS EN 320 (1999) standardından yararlanılmıştır. Örnek numuneler her levha grubu için 75x75 mm boyutlarında olup 30’ar adet alınmıştır. Deneyler örnek parçaların levha kenarına paralel vida tutma direnci ve levha yüzeyine dik vida tutma direnci olmak üzere iki farklı şekilde yapılmıştır. Deney sonuçları çizelge 30’da verilmiştir.

Çizelge 30: Levhaların Vida tutma gücü ile ilgili tanımlayıcı istatistikler

Levha Grupları	Vida yönü	Ortalama (N)	Standart Hata	Standart Sapma	V (%)	Xmin	Xmax
A	Yüzey	842,437	16,96	88,13	10,46	695,80	970,20
	kenar	689,2667	18,03	69,93	10,14	676,20	980,00
B	Yüzey	867,3	17,83	95,44	11,01	833	1176
	kenar	747,95	18,45	99,01	13,23	656,60	999,60
C	Yüzey	958,44	13,87	97,70	10,20	872,20	1127
	kenar	798,3733	13,45	82,06	10,28	588	823,20
D	Yüzey	853,6138	18,71	99,36	11,62	588	980
	kenar	733,3103	14,98	77,65	10,59	597,80	940,80
E	Yüzey	994,5185	14,42	72,08	7,24	607,60	862,40
	kenar	921,9259	12,00	62,39	6,76	735	989,80

n= Örnek sayısı, V= Varyasyon katsayısı, Xmin= Minimum değer,

Xmax= Maksimum değer

Çizelge 31’de farklı yerlerde üretilen MDF levhaların yüzey ve kenar vida tutma gücü ile ilgili varyans analizi sonuçları gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, her iki yönde de % 0,1 önem düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi levhalardan kaynaklandığı çizelge 32 ve çizelge 33’de görülmektedir.

Çizelge 31: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhalarının Yüzey ve Kenar Vida Tutma Direnci Değerlerine ait Varyans Analizi Sonuçları

Vida yönü	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F -oranı	P - değeri
Yüzey	Gruplar arası	523767,2	4	130941,8	15,67111	0,001
	Gruplar içi	1136364	136	8355,617		
	Toplam	1660131	140			
Kenar	Gruplar arası	867528,3	4	216882,1	34,40922	0,001
	Gruplar içi	857211,1	136	6303,023		
	Toplam	1724739	140			

Çizelge 32: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Levha Gruplarının Kenar Vida Tutma Direnci Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları

Levha Grupları	n	1	2	3	4
A	30	689,2667			
D	30	733,3103	733,3103		
B	30		747,95	747,95	
C	30			798,3733	
E	30				921,9259

Çizelge 33: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Levha Gruplarının Yüzey Vida Tutma Direnci Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları

Levha Grupları	n	1	2
A	30	842,437	
D	30	853,6138	
B	30	867,3	
C	30		958,44
E	30		994,5185

4.3. Yoğunluk Profili

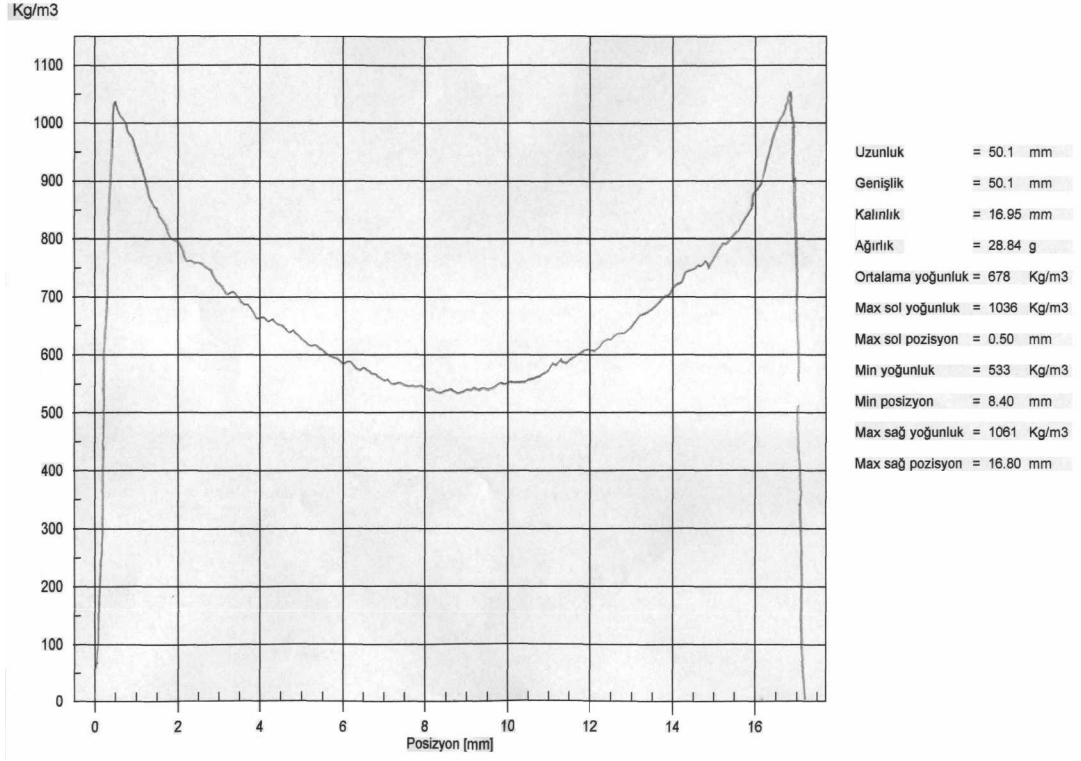
Ayrıca her bir levha grubuna ait 50x50 mm boyutlarında 18 mm kalınlığındaki örnek parçalardan 3'er adet kullanılmıştır. Levha gruplarına ait ortalama yoğunluklarının tesbiti yapılmış, yoğunluk profili ile ilgili sonuçlar çizelge 34'de verilmiştir.

Çizelge 34: Yoğunluk Profili ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler

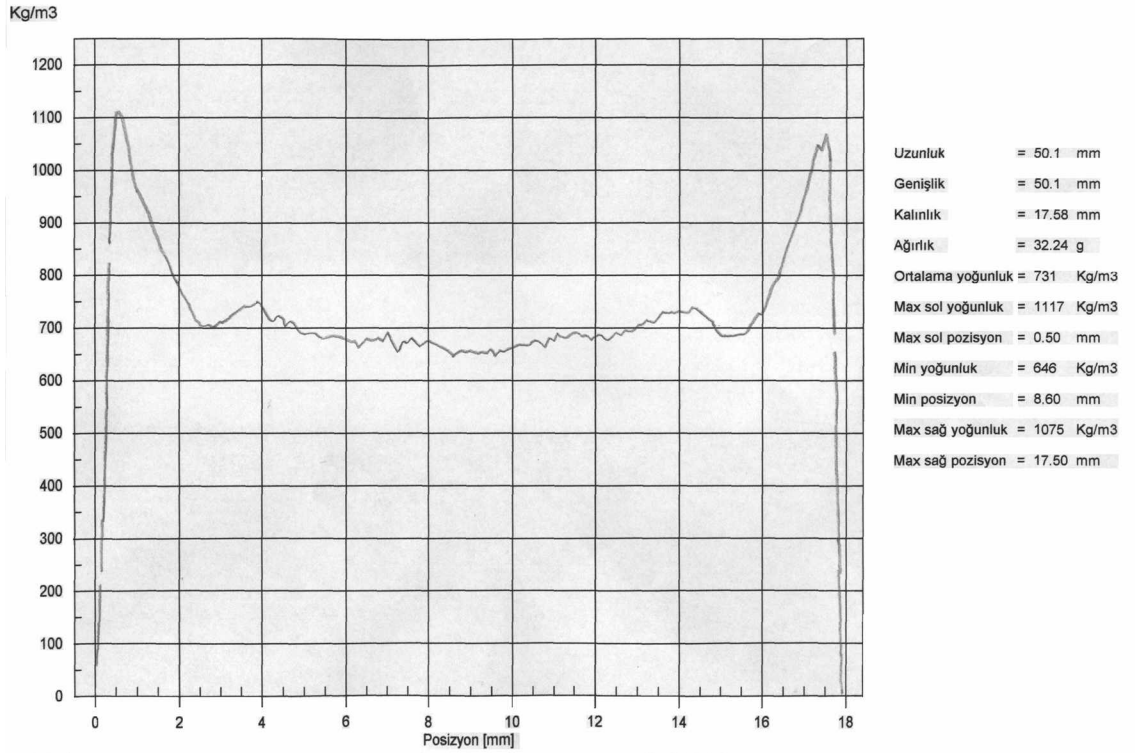
Levha Grupları	n	Ortalama yoğunluk g/cm ³	Maksimum üst tabaka yoğunluğu g/cm ³	Maksimum alt tabaka yoğunluğu g/cm ³	Minimum yoğunluk g/cm ³
A	3	0,674	1,036	1,061	0,533
B	3	0,733	1,117	1,075	0,646
C	3	0,731	1,121	1,081	0,649
D	3	0,753	1,123	1,136	0,680
E	3	0,823	1,127	1,073	0,733

n= Örnek sayısı.

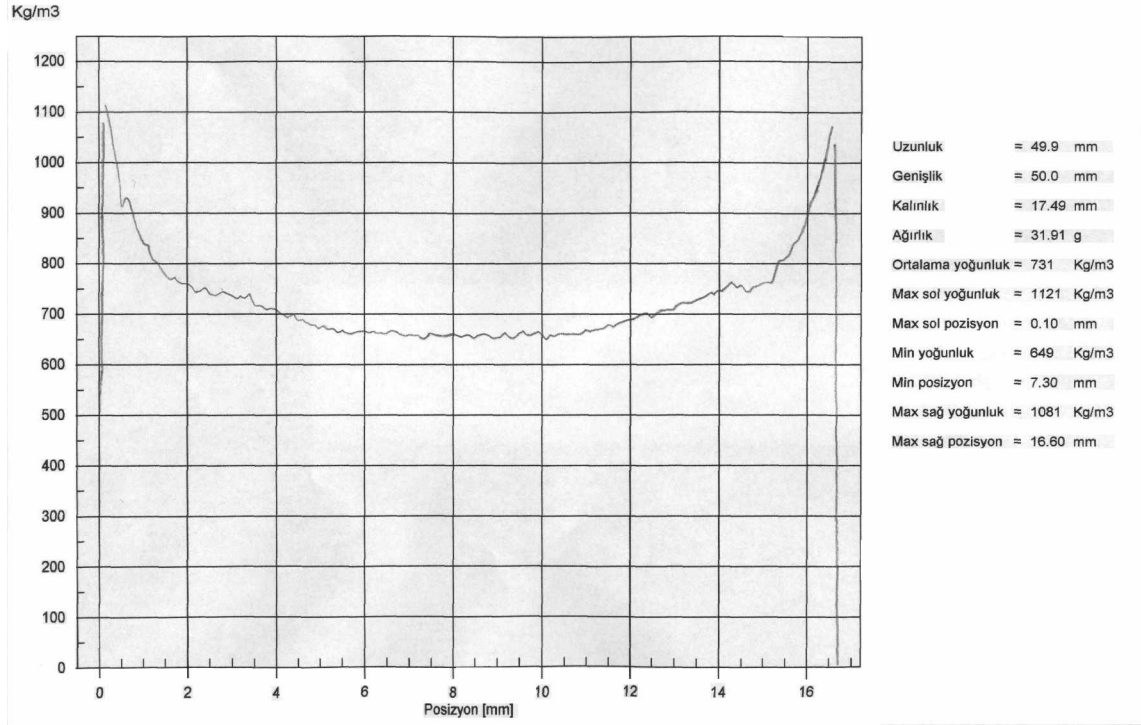
Ayrıca her bir levha grubuna ait yoğunluk profili grafikleri Şekil 41, Şekil 42, Şekil 43, Şekil 44 ve Şekil 45'de verilmiştir.



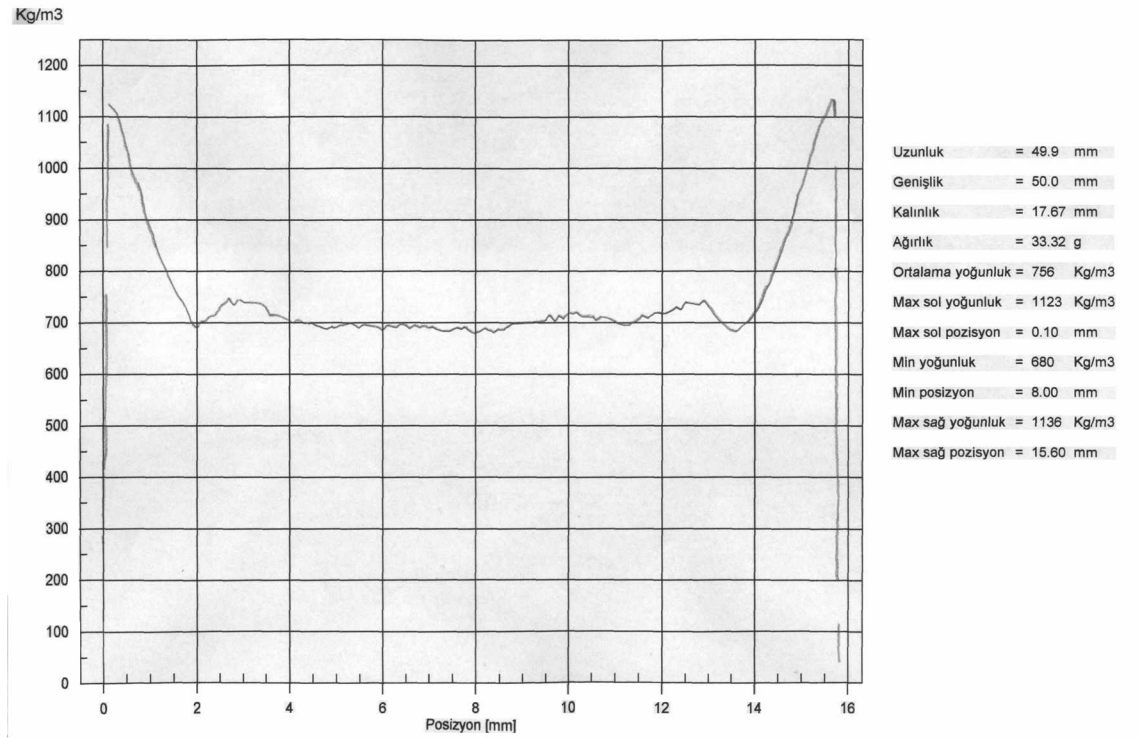
Şekil 41: A Firmasına ait Yoğunluk Profilinin Ölçülen Bir Grafiği



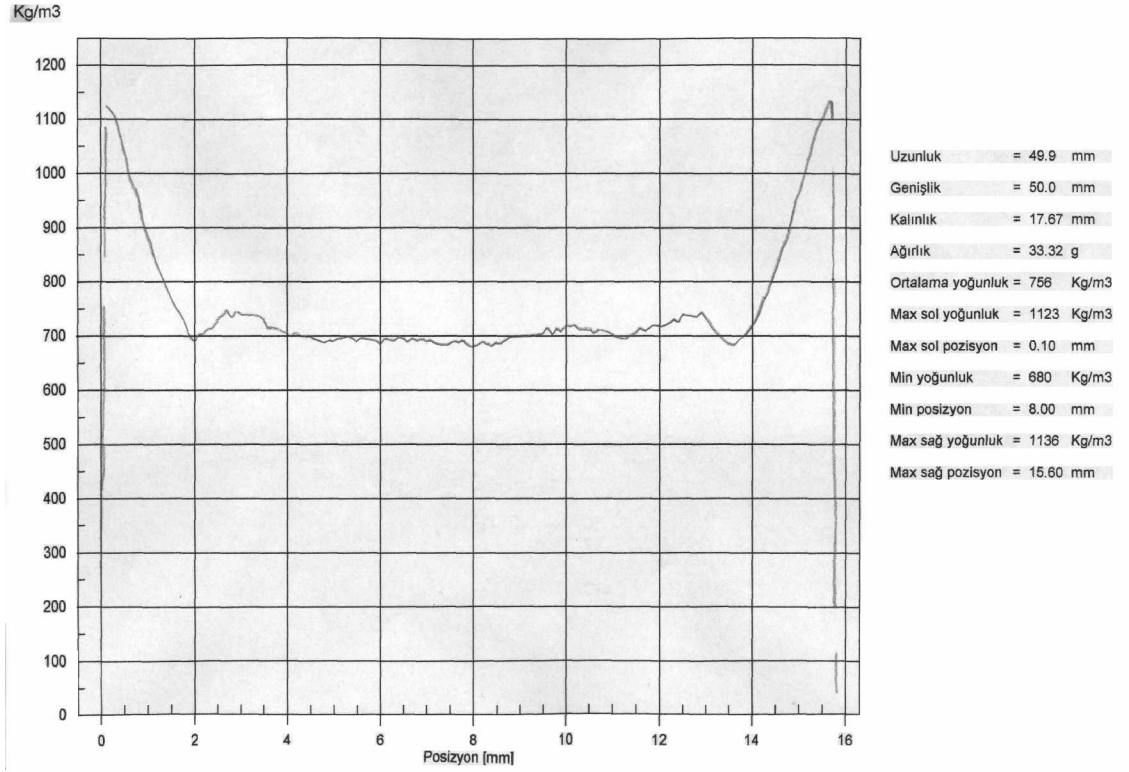
Şekil 42: B Firmasına ait Yoğunluk Profilinin Ölçülen Bir Grafiği



Şekil 43: C Firmasına ait Yoğunluk Profiline Ölçülen Bir Grafiği



Şekil 44: D Firmasına ait Yoğunluk Profiline Ölçülen Bir Grafiği



Şekil 45: E Firmasına ait Yoğunluk Profiline Ölçülen Bir Grafiğı

Özgöl kütle profili levhanın direnç özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Levhanın dış tabakalarının yoğunluğunun yüksek olması eğilme direncinin yüksek olmasının bir işaretidir. Levhanın orta kısmının yoğunluğunun düşük olması levha yüzeyine dik yönde çekme direncini düşürür. Buna parabolik bir eğrinin oluşmasında direnç özelliklerinden eğilme direnci ile çekme direncini etkilemekte olup, orta tabakanın yoğunluğunun yüksek olduğu E firmasında levha yüzeyine dik yönde çekme direnci de yüksektir.

4.4. Çizilme Direnci

Çizilme direnci TS 4757’de belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir.

Her bir levha grubu için 100x100 mm boyutlarında, 18 mm kalınlığında 5'er adet örnek parça alınmıştır. Deney sonuçları her bir levha grubu için çizelge 35'de verilmiştir.

Çizelge 35: Çizilme Direnci ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler

Levha Grupları	n	Ortalama (N)	S	V (%)	Xmin	Xmax
A	5	1,3	0,209	16,077	1	1,5
B	5	0,99	0,167	16,869	0,8	1,25
C	5	1,3	0,209	16,077	1	1,5
D	5	0,9	0,1	11,111	0,8	1
E	5	1,08	0,1605	14,861	0,9	1,25

n=Örnek sayısı, V=Varyasyon katsayısı, S=Standart sapma, Xmin= Minimum değer,

Xmax= Maksimum değer

Çizelge 36'da farklı yerlerde üretilen MDF levhaların çizilme direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, % 0,1 önem düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi levhalardan kaynaklandığı çizelge 37'de görülmektedir.

Çizelge 36: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhaların Çizilme Direnci Değerlerine
ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F –oranı	P -değeri
Gruplar arası	0.6576	4	0.1644	5.434711	0,004
Gruplar içi	0.605	20	0.03025		
Toplam	1.2626	24			

Çizelge 37: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Levha Gruplarının Çizilme Direnci Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları

Levha Grupları	n	1	2
D	5	0.9	
B	5	0.99	0.99
E	5	1.08	1.08
A	5		1.3
C	5		1.3

4.5. Formaldehit Emisyonu

Formaldehit Emisyonu TS 4894 EN 120’de belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir. Her bir levha grubu için 25x25 mm boyutlarında, 18 mm kalınlığında 5’er adet örnek parça alınmıştır. Deney sonuçları her bir levha grubu için çizelge 38’de verilmiştir.

Çizelge 38: Formaldehit Emisyonu ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler

Levha Grupları	n	Ortalama (X mg /100 g)	S	V(%)	Xmin	Xmax
A	5	7,5	0,43	5,73	6,9	7,8
B	5	6,5	0,45	6,92	5,9	7,0
C	5	6,2	0,53	8,55	5,6	7,0
D	5	6,4	0,71	11,09	5,5	7,1
E	5	5,9	0,57	9,66	5,2	6,4

n= Örnek sayısı V= Varyasyon katsayısı, S= Standart sapma, Xmin= Minimum değer, Xmax= Maksimum değer.

Çizelge 39’da farklı yerlerde üretilen MDF levhaların formaldehit emisyonu değerlerine ait varyans analizi sonuçları gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, % 0,1 önem düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Bu farklılığın hangi levhalardan kaynaklandığı çizelge 40’da görülmektedir.

Çizelge 39: Farklı Yerlerde Üretilen MDF Levhaların Formaldehit Emisyonu

Değerlerine ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F –oranı	P -değeri
Gruplar arası	7,3	4	1,825	6,12416	0,001
Gruplar içi	5,96	20	0,298		
Toplam	13,26	24			

Çizelge 40: Levhaların % 95 Güven Aralığında, Levha Gruplarının Formaldehit

Emisyonu Değerlerine Etkisini Gösteren Tukey Testine ait Eş Gruplar ve Ortalamaları

Levha Grupları	n	1	2
A	5	7,5	
B	5	6,5	6,5
C	5		6,2
D	5		6,4
E	5		5,9

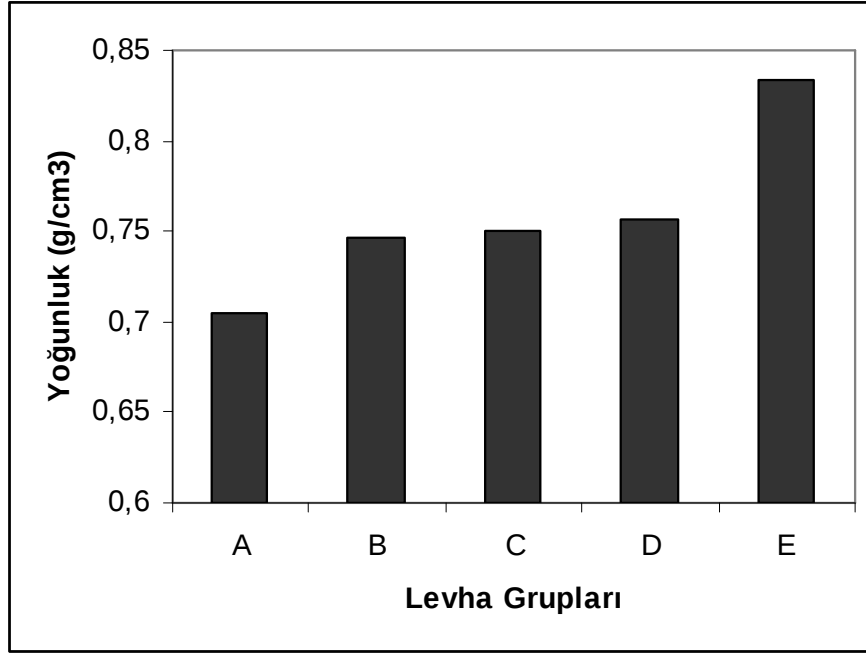
5. İRDELEME

Bu çalışmada, Türkiye’de üretilen MDF levhaların kalite standartlarına uygun olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 5 farklı firmaya ait levhalar temin edilmiştir. Fiziksel özelliklerden; özgül kütle rutubet miktarı, su alma ve kalınlık artımı , mekanik özelliklerden; eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik yönde çekme direnci, levha yüzeyine dik vida tutma gücü ve levha yüzeyine paralel vida tutma gücü ile özgül kütle profili , çizilme direnci ve formaldehit emisyonu değerleri belirlenmiştir.

5.1. Özgül Kütle

Deneme levhalarında özgül kütle olarak hava kurusu özgül kütle değeri esas alınmıştır. MDF levhalarda özgül kütlenin tayin edilmesi TS EN 323 (1999) nolu standartta belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Levhalarda gerçekleşen ve öngörülen özgül kütleler arasında fark olmamakla beraber bu farklar istatistik anlamda önemli bulunmuştur.

EMB endüstri standardına göre genel amaçlı MDF’ler için öngörülen yoğunluk değerlerinin 0,650-0,800 g/cm³ arasında olması gerektiği belirtilmektedir. Levha grupları arasında istatistiksel anlamda önemli farklar bulunmaktadır. Ancak levha yoğunlukları 0,705-0,834 g/cm³ arasında değiştiğinden standart değerlere uygun olarak kabul edilebilir. Ancak E firmasında özgül kütle miktarı bir miktar standart değerın üzerindedir. Şekil 46’da farklı yerlerde üretilen MDF levhaların ortalama özgül kütle miktarları verilmiştir.



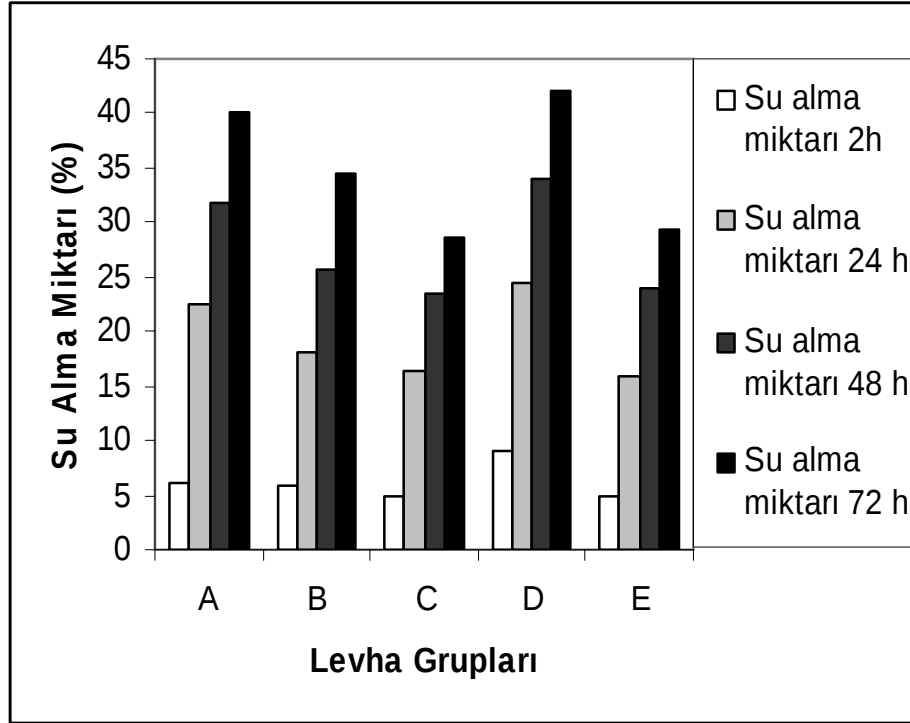
Şekil 46: Levha Gruplarına Göre Özgül Kütle Miktarı.

5.2. Su Alma Miktarı (SA)

Deneme levhalarının 2, 24, 48 ve 72 saatlik su alma miktarının hesaplanması TS EN 317 nolu standartta belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Levhalarda gerçekleşen ve öngörülen 2, 24, 48 ve 72 saatlik su alma miktarları arasında fark olmamakla beraber bu farklar istatistik anlamda % 5 güvenle önemli bulunmuştur.

Su alma miktarı ile ilgili standartlarda bilgi verilmemekle birlikte levha grupları içerisinde 2 saat su alma miktarı en yüksek % 9,08 ile D grubuna ait levhada , en düşük % 4,95 ile C grubuna ait levhada bulunmuştur. 24 saat su alma miktarı en yüksek % 24,49 ile D grubunda, en düşük % 15,79 ile E grubuna ait levhada elde edilmiştir. 48 saat su alma miktarı en yüksek % 33,94 ile D grubunda, en düşük % 23,38 ile C grubuna ait levhada bulunmuştur. 72 saat su alma miktarı en yüksek % 42,01 ile D grubuna ait levhada, en düşük % 28,53 ile C grubuna ait levhada elde

edilmiştir. Şekil 47’de levha gruplarına ait 2, 24, 48 ve 72 saatlik su alma miktarları gösterilmiştir.



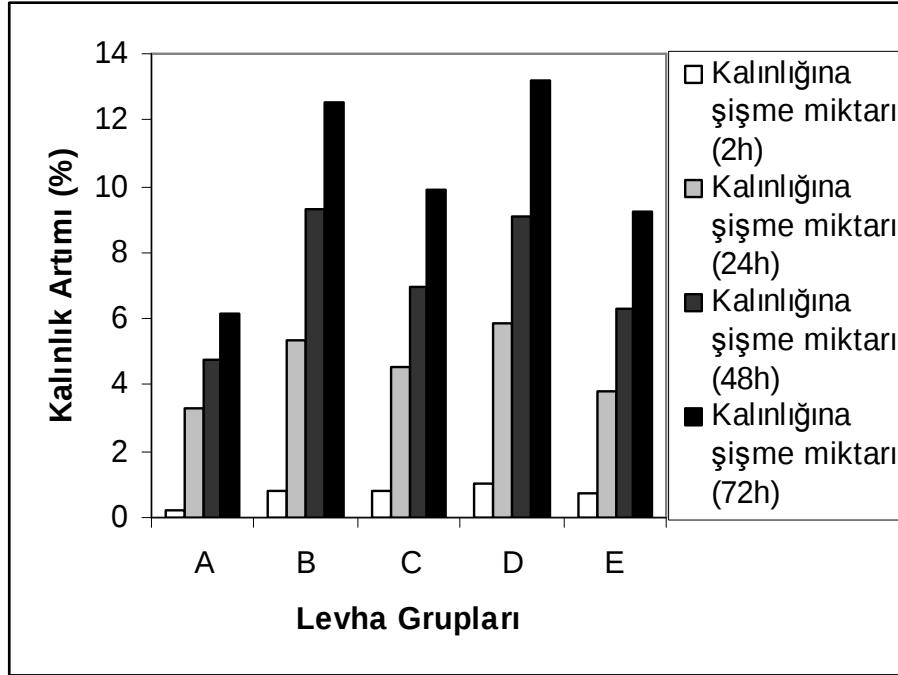
Şekil 47: Levha Gruplarına Göre 2, 24, 48 ve 72 Saatlik Su Alma Miktarları

5.3. Kalınlık Artımı (KA)

Deneme levhalarının 2, 24, 48 ve 72 saatlik kalınlığına şişme %'sinin hesaplanması TS EN 317 nolu standartta belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Levhalarda gerçekleşen ve öngörülen 2, 24, 48 ve 72 saatlik kalınlığına şişme %'leri arasında fark olmamakla beraber bu farklar istatistik anlamda % 5 güvenle önemli bulunmuştur.

Kalınlık artımı ile ilgili olarak 24 saat kalınlık artımı dışında standartlarda bilgi verilmemekle birlikte levha grupları içerisinde 2 saat kalınlık artımı miktarı en yüksek % 1,061 ile D grubuna ait levhada, en düşük 0,256 ile A grubuna ait levhada

bulunmuştur. TS-EN 64-5'e göre 24 saatlik kalınlığına şişme %'sinin maksimum % 12 olması gerektiği belirtilmektedir. Levha grupları içerisinde en yüksek kalınlık artımı %'si 5,88 ile D grubunda, en düşük % 3,28 ile A grubuna ait levhada görülmüştür. Buna göre bütün levha gruplarına ait 24 saat kalınlık artımı değerleri standartta verilen değere uygundur. 48 saat kalınlık artımı miktarı en yüksek % 9,30 ile B grubuna ait levhada, en düşük % 4,73 ile A grubuna ait levhada elde edilmiştir. 72 saat kalınlık artımı miktarı en yüksek % 13,16 ile D grubunda, en düşük % 6,19 ile A grubuna ait levhada görülmüştür. Şekil 48'de levha gruplarına ait 2, 24, 48 ve 72 saatlik kalınlığına şişme %'leri gösterilmiştir.



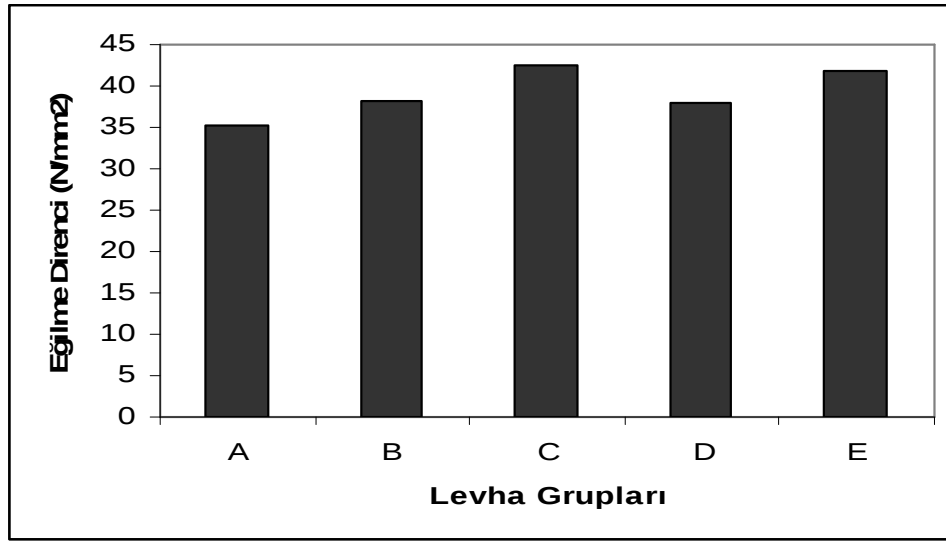
Şekil 48: Levha gruplarına Göre 2, 24, 48 ve 72 Saatlik Kalınlığına Şişme Miktarları

5.4. Eğilme Direnci

Levha gruplarına ait eğilme direnci hesaplanmaları TS EN 310 nolu standartta belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Levhalarda gerçekleşen ve öngörülen eğilme

direnci değerleri arasında fark olmamakla beraber bu farklar istatistik anlamda % 5 güvenle önemli bulunmuştur.

TS 64-5'e göre MDF levhaların eğilme direnci değerlerinin 20 N/mm²'nin üzerinde olması gerekmektedir. Levhalarda maksimum eğilme direnci değeri 42,51 N/mm², en düşük eğilme direnci değeri 35,11 N/mm² olarak bulunmuştur. Bu değerler standartlarda verilen değerlere uygundur. şekil 49'da levha gruplarına ait ortalama eğilme direnci değerleri verilmiştir.



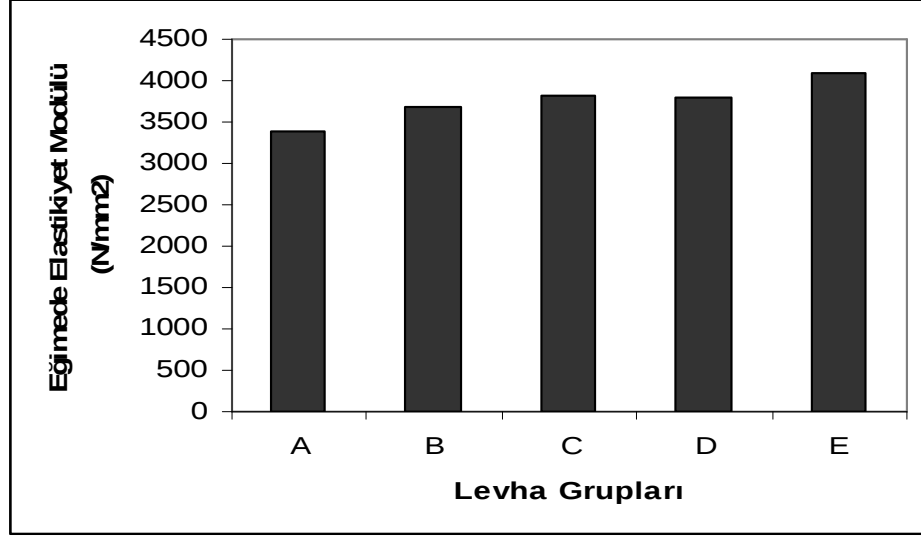
şekil 49: Levha Gruplarına Göre Eğilme Direnci Değerleri

5.5. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülü tayini TS EN 310 (1999)'da belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Levhalarda gerçekleşen ve öngörülen eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında fark bulunmamakla beraber istatistik anlamda % 5 güvenle önemli bulunmuştur.

TS 64-5'e göre levhaların sahip olması gerekli eğilmede elastikiyet modülü değerinin 2200 N/mm²'nin üzerinde olması gerekmektedir. Levhalarda maksimum

eğilmede elastikiyet modülü $4090,79 \text{ N/mm}^2$, en düşük eğilmede elastikiyet modülü $3378,8 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu değerler standartlarda belirtilen değerlere uygundur. Şekil 50’de levha gruplarına ait ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri verilmiştir.



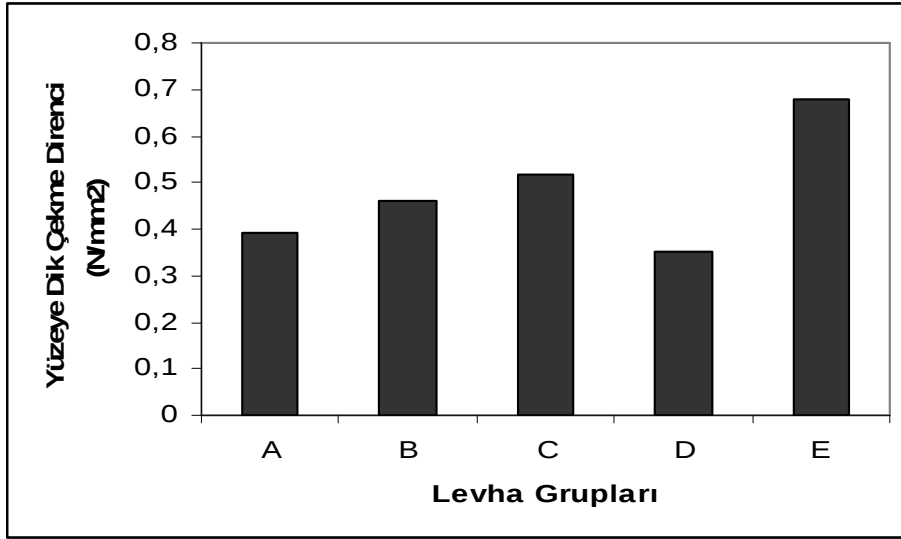
Şekil 50: Levha Gruplarına Göre Eğilmede Elastikiyet Modülü Değerleri

5.6. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Levha gruplarının yüzeye dik çekme direnci tayini TS EN 319’da belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Levhalarda gerçekleşen ve öngörülen yüzeye dik çekme direnci değerleri arasında fark bulunmamakla beraber istatistik anlamda % 5 güvenle önemli bulunmuştur.

TS 64-5’e göre levhaların sahip olması gerekli minimum ortalama yüzeye dik çekme direnci değerinin $0,55 \text{ N/mm}^2$ ’nin üzerinde olması gerekmektedir. Levhalarda maksimum yüzeye dik çekme direnci değeri $0,677 \text{ N/mm}^2$, en düşük yüzeye dik çekme direnci değeri $0,350 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu değerler E firmasına ait levha haricinde standartların altındadır. Şekil 51’de levha gruplarına ait ortalama

yüzeye dik çekme direnci değerleri gösterilmiştir.



Şekil 51: Levha Gruplarına Göre Yüzeye Dik Çekme Direnci Değerleri

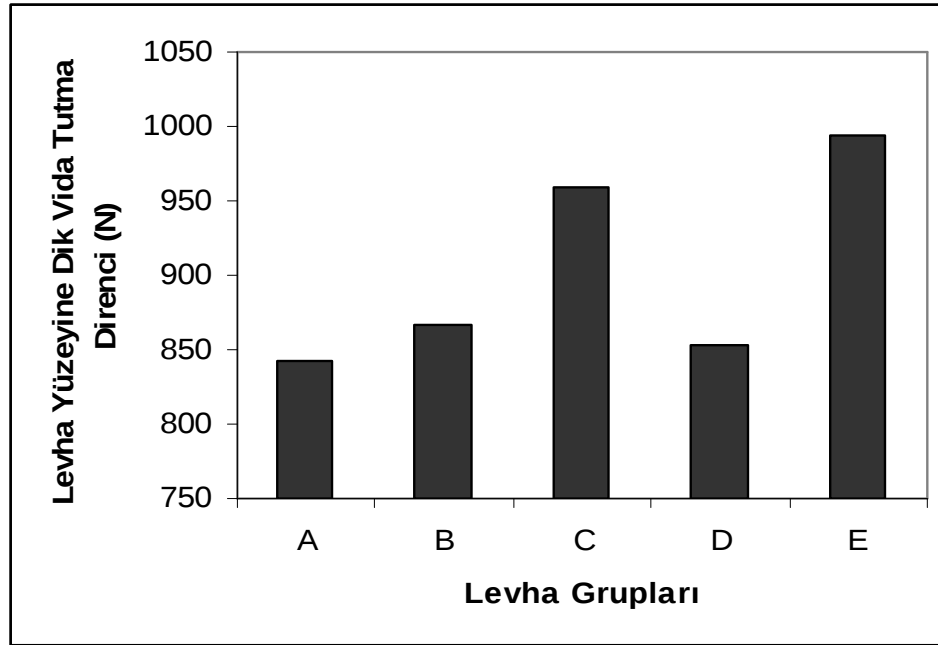
5.7. Vida Tutma Gücü

5.7.1. Levha Yüzeyine Dik Vida Tutma Direnci

Levhalarla ait yüzey vida tutma gücünün tayini TS EN 320’de belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Levhalarda gerçekleşen ve öngörülen levha yüzeyine dik vida tutma gücü değerleri arasında fark bulunmamakla beraber istatistik anlamda % 5 güvenle önemli bulunmuştur.

EMB (Euro MDF Board, 1993) endüstri standardına göre levhalarda bulunması gerekli levha yüzeyine dik vida tutma gücünün en az 1000 N olması gerekmektedir. Levhalarda maksimum levha yüzeyine dik vida tutma gücü değeri 994,51 N, en düşük vida tutma gücü değeri 842,43 N olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre bütün levha gruplarına ait levha yüzeyine dik vida tutma gücü değerleri standardın altında çıkmıştır. Şekil 52’de levha gruplarına ait vida tutma

dirençleri verilmiştir.

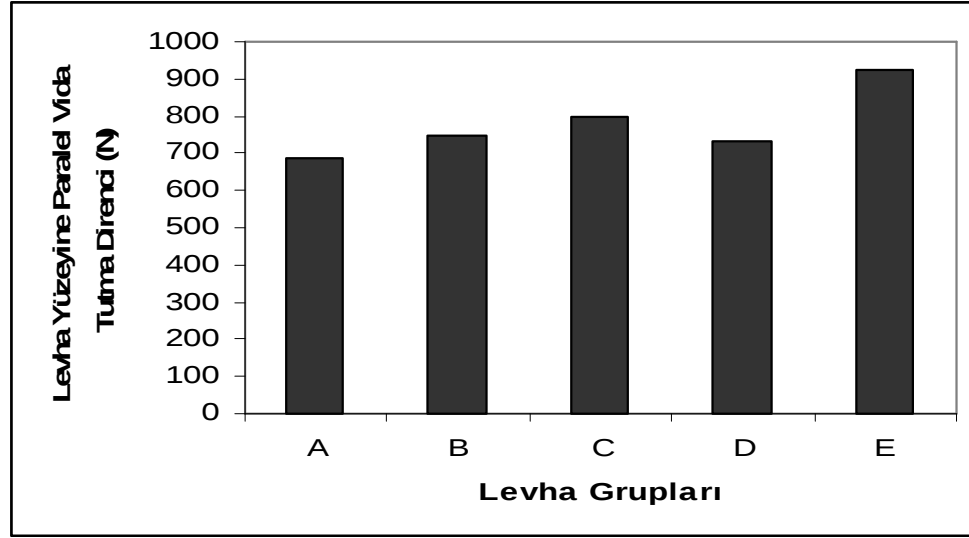


Şekil 52: Levha Gruplarına Göre Levha Yüzeyine Dik Vida Tutma Direnci Değerleri

5.7.2. Levha Yüzeyine Paralel Vida Tutma Direnci

Levhalara ait kenar vida tutma gücünün tayini TS EN 320’de belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Levhalarda gerçekleşen ve öngörülen kenar vida tutma gücü değerleri arasında fark bulunmamakla beraber istatistik anlamda % 5 güvenle önemli bulunmuştur.

EMB (Euro MDF Board, 1993) standardına göre levhalara ait ortalama levha yüzeyine paralel vida tutma gücü değerinin en az 850 N olması gerekmektedir. Levhalarda maksimum levha yüzeyine paralel vida tutma gücü değeri 921.92 N, en düşük vida tutma gücü değeri 689,26 N olarak bulunmuştur. E firmasına ait levha haricinde diğer levhalara ait değerler standartların altında çıkmıştır. Şekil 53’de levha gruplarına ait vida tutma direnci değerleri gösterilmiştir.



Şekil 53: Levha Gruplarına Göre Levha Yüzeyine Paralel Vida Tutma Direnci Değerleri

5.8. Özgül Kütle Profili

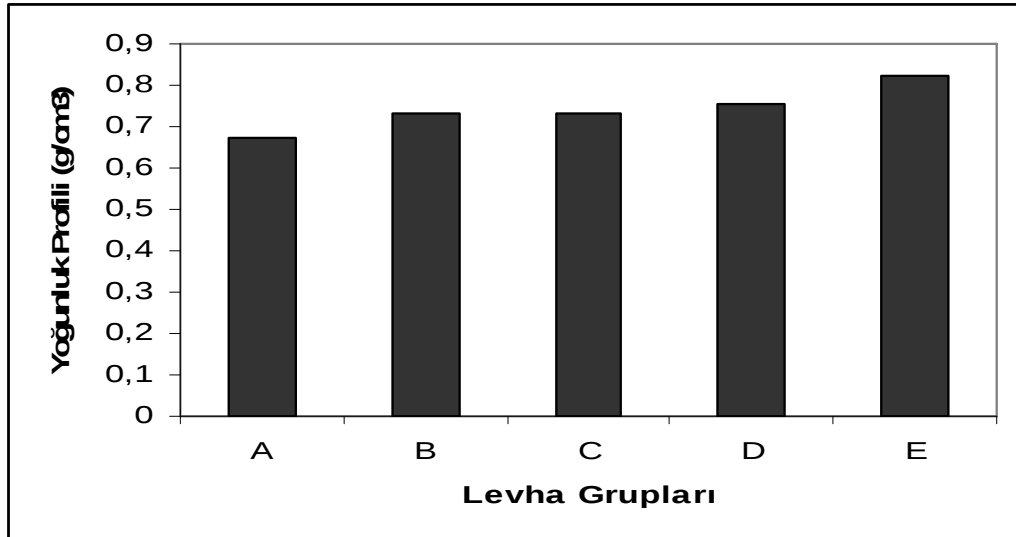
Özgül kütle profilleri, X ışınlarının (radyasyonun) levha tarafından bir iki dakika içerisinde absorbe edilmesine bağlı olarak elde edilmiştir.

Özgül kütle profilleri belirlenen levhalarda, elde edilen verilerin incelenmesinde levhaların mekanik özelliklerini etkilediği görülmüştür. Genel olarak sıcak preste, tam bir özgül kütle profilinin gerçekleştiği levhalarda eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü yüksektir. Levhanın orta kısımlarındaki özgül kütle ise yüzeye dik çekme direncini etkilemektedir.

Levhanın orta kısımlarındaki özgül kütle yüksek olması durumunda yüzeye dik çekme direnci de artmaktadır. Örneğin E grubunda levhanın orta kısmının özgül kütlesi 0.733 g/cm^3 iken yüzeye dik çekme direnci 0.677 N/mm^2 , A grubunda ise orta kısmının özgül kütlesi 0.533 g/cm^3 iken yüzeye dik çekme direnci 0.391 N/mm^2 olarak gerçekleşmiştir.

Dış tabakalarının özgül kütlelerinin yüksek olması, eğilme direncini etkilemiştir. E grubu (0.815 g/cm^3) levhaların üst tabakaların minimum ve maksimum özgül kütlesi $1.073\text{-}1.127 \text{ g/cm}^3$ olarak gerçekleşmiştir. Buna karşılık E grubu levhada eğilme direnci 41.84 N/mm^2 'dir. B ve D grubunda dış tabakaların özgül kütlesi birbirine yakın değerlerde olup, $1.075\text{-}1.123 \text{ g/cm}^3$ arasındadır. A grubunda ise $1.036\text{-}1.061 \text{ g/cm}^3$ arasındadır. Dolayısıyla eğilme direnci değerleri B ve D grubu levhada birbirine yakın değerlerde çıkmış olup A grubu levhalardan daha yüksektir. Bu durum özgül kütle profilleri verileriyle uyum sağladığını göstermektedir.

Literatürde, özgül kütle profilinin tam oluştuğu levhalarda eğilme direnci yüksek, yüzeye dik çekme direnci normal, aksi durumda eğilme direnci normal, yüzeye dik çekme direnci ise yüksek olduğu belirtilmektedir. Şekil 54'te levha gruplarına ait yoğunluk profili ortalama değerleri verilmiştir.

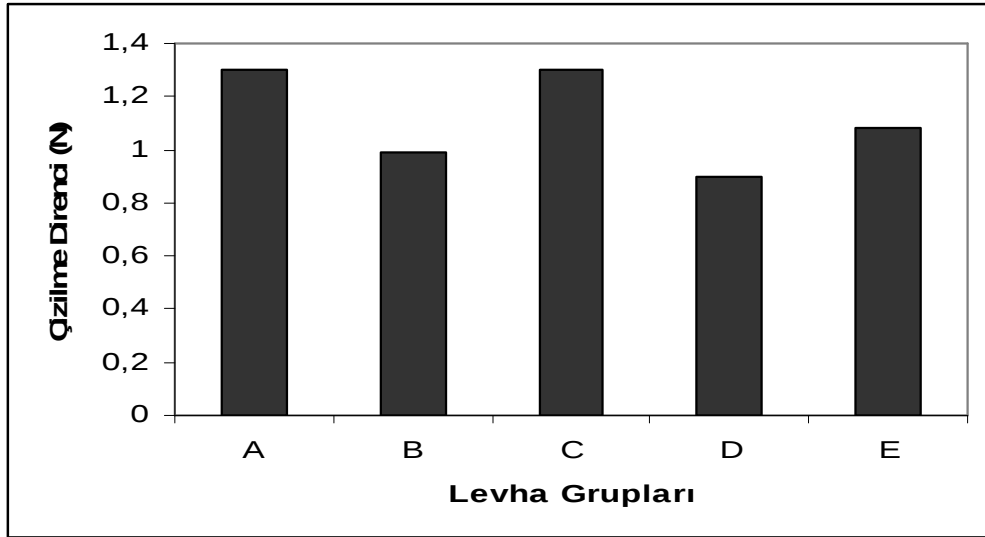


Şekil 54: Levha Gruplarına Göre Yoğunluk Profili Grafiği.

5.9. Çizilme Direnci

Levhalarla ait çizilme direncinin tayini TS 4757’de belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Levhalarda gerçekleşen ve öngörülen çizilme direnci değerleri arasında fark bulunmamakla beraber istatistik anlamda % 5 güvenle önemli bulunmuştur.

Levhalarla ilgili standartlarda bilgi verilmemekle beraber maksimum çizilme direnci değeri 1.3 N, minimum çizilme direnci değeri 0.9 N olarak bulunmuştur. Şekil 55’de levhalara ait çizilme direnci değerleri gösterilmiştir.

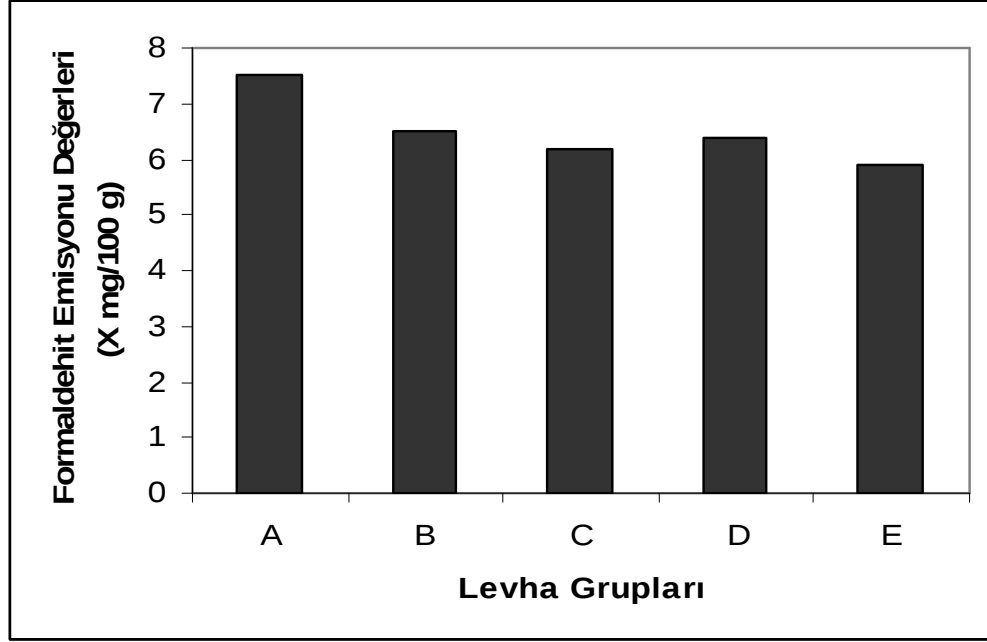


Şekil 55 : Levha Gruplarına Göre Çizilme Direnci Değerleri

5.10. Formaldehit Emisyonu

Levhalarla ait formaldehit emisyon miktarının tayini TS 4894 EN 120’de belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Levhalarda gerçekleşen ve öngörülen formaldehit emisyonu değerleri arasında fark bulunmamakla beraber istatistik anlamda % 5 güvenle önemli bulunmuştur.

EMB standardına göre levhalara ait formaldehit emisyonu değerinin E1 sınıfı levhalar için ≤ 9 mg/100 g, E2 sınıfı levhalar için ≤ 30 mg/100 g olması gerekmektedir. Levhalarda maksimum formaldehit emisyonu değeri 7.5 mg/100 g, en düşük formaldehit emisyonu değeri 5.9 mg/100 g olarak bulunmuştur. Şekil 56’da levha gruplarına ait formaldehit emisyonu değerleri gösterilmiştir.



Şekil 56: Levha Gruplarına Göre Formaldehit Emisyonu Değerleri

5.11. Deney Levhalarına ait Ortalamalar

Bu çalışmada kullanılan 5 farklı işletmeden alınan MDF’lerin fiziksel ve mekanik özellikleri ortalama olarak Çizelge 41’de verilmiştir.

Çizelge 41: Deneyde Kullanılan Levhalara Ait Ortalamalar

Levha grupları	ρ_{12} Hava kurusu özgül kütle	Sa_2 2 saat su alma	Sa_{24} 24 saat su alma	Sa_{48} 48 saat su alma	Sa_{72} 72 saat su alma	Ka_2 2saat K.Artımı	Ka_{24} 24 saat K.Artımı	Ka_{48} 48 saat K.Artımı	Ka_{72} 72 saat K.Artımı	ft Dik çekme direnci	fm Eğilme direnci	Em Elastikiyet modülü	V_Y Yüzey vida tutma gücü	V_K Kenar vida tutma gücü	I Çizilme direnci	f_{em} Formalde hit emisyon
A	0,705	6,14	22,48	31,90	40,22	0,256	3,282	4,731	6,193	0,391	35,117	3378,807	842,437	689,266	1,3	7,5
B	0,747	5,79	18,13	25,67	34,37	0,818	5,340	9,306	12,514	0,460	38,169	3687,685	867,3	747,95	0,99	6,5
C	0,750	4,95	16,28	23,38	28,53	0,834	4,566	6,967	9,866	0,516	42,519	3818,004	958,44	798,373	1,2	6,2
D	0,756	9,08	24,49	33,94	42,01	1,061	5,885	9,080	13,164	0,350	37,952	3805,887	853,614	733,310	0,9	6,4
E	0,834	5,01	15,79	24,05	29,26	0,710	3,778	6,318	9,211	0,677	41,840	4090,799	994,518	921,925	1,09	5,9

ρ_{12} = Hava Kurusu Yoğunluk (kg/m³)

Ka_{24} = Kalınlık artımı % (24 saat)

I = Çizilme direnci (N)

Sa_2 = Su alma % (2 saat)

Ka_{48} =Kalınlık artımı % (48 saat)

V_Y = Levha Yüzeyine Dik Vida Tutma Gücü (N)

Sa_{24} = Su alma % (24 saat)

Ka_{72} =Kalınlık artımı % (72 saat)

V_K = Levha Yüzeyine Paralel Vida Tutma Gücü (N)

Sa_{48} =Su alma % (48 saat)

ft =Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm²)

f_{em} = Formaldehit Emisyonu Miktarı (mg/g)

Sa_{72} = Su alma % (72 saat)

fm = Eğilme Direnci (N/mm²)

Ka_2 =Kalınlık artımı % (2 saat)

Em = Elastikiyet Modülü (N/mm²)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye’de üretilen MDF levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin standartlara uygunluğunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, 5 farklı işletmeden temin edilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri ilgili standartlara uygun olarak tespit edilmiştir.

Bilindiği üzere, MDF üretiminde levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen etkenler; kullanılan odun türlerine, levhaların özgül kütesine, yapıştırıcı cinsi ve miktarına ve diğer katkı maddelerine bağlıdır. Bununla birlikte yonga büyüklüğü, liflendirme derecesi, sermenin homojenliği, pres basıncı, pres sıcaklığı ve pres süresi de levhaların özelliklerinde etkili olan faktörlerdendir.

Standartlar dahilinde yapılan deneylerin istatistiki sonuçlarına göre;

Levhalara ait özgül kütle değerleri, A firmasında $0,705 \text{ g/cm}^3$, B firmasında $0,747 \text{ g/cm}^3$, C firmasında $0,750 \text{ g/cm}^3$, D firmasında $0,756 \text{ g/cm}^3$ ve E firmasında $0,834 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur. Bu değerlerin standartlarda istenen (TS EN 316, 1996- minimum $0,60 \text{ g/cm}^3$) değere uygun olduğu, EMB endüstri standardına göre genel amaçlı MDF levhalar için öngörülen $0,65\text{-}0,80 \text{ g/cm}^3$ aralığına uyum gösterdiği ancak E firmasına ait levhaların özgül kütesinin çok yüksek olduğu HDF özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Belirlenen üretim şartlarında yapılan laboratuvar deneyleri ve bu deneylerin istatistik analizleri sonucunda, üretilen levhalarda öngörülen ve gerçekleşen özgül kütle değerlerinde fark olmakla beraber, bu fark ihmal edilebilecek kadar önemsizdir. MDF levhanın teknolojik özellikleri için çok önemli olan özgül kütle levha içinde ve levhalar arasında ortalama değerden sapma göstermesini azaltabilmek için serme işleminin hatasız yapılması gerekmektedir.

Deneme levhalarının rutubet miktarları % 5-9 arasında değişim göstermiştir. MDF levhanın rutubet miktarı standartlarda (TS 64-5'e göre) % 4-11 olarak belirtilmiştir. Buna göre levhalara ait rutubet miktarları belirtilen değerlere uygun olarak bulunmuştur.

Su alma miktarı ile ilgili yapılan deneylerde 5 farklı levha grubuna ait su alma miktarı 2 saat için en düşük % 4.95 ile C firmasında, en yüksek % 9.08 ile D firmasında bulunmuştur. 24 saat için su alma değeri en düşük % 15,79 ile E firmasında, en yüksek % 24.49 ile D firmasında bulunmuştur. 48 saat su alma değeri en düşük % 23,38 ile C firmasında, en yüksek % 33.94 ile D firmasında bulunmuştur. 72 saat su alma değeri en düşük % 28,53 ile C firmasında, en yüksek % 42,01 ile D firmasında elde edilmiştir. Su alma miktarı ile birlikte standartlarda herhangi bir bilgi verilmemektedir.

2 saatlik kalınlığına şişme değerinin en düşük % 0.256 ile A firmasında, en yüksek % 1.061 ile D firmasında bulunmuştur. TS 64-5 EN 622-5 (1999)'da belirtilen kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar için 24 saat kalınlığına şişme değerinin 12-19 mm arasındaki levhalar için maksimum % 12 olması gerektiği belirtilmektedir. Buna göre levha gruplarında kalınlık artımı ile ilgili sonuçlar 24 saat için % 3,282-5,885 arasında bulunduğundan standart değere uygundur. 48 saat kalınlığına şişme değeri en düşük % 4.731 ile A firmasında, en yüksek 9,080 ile D firmasında elde edilmiştir. 72 saat kalınlığına şişme değeri en düşük % 6.193 ile A firmasında en yüksek % 13.164 ile D firmasında bulunmuştur.

Su alma ve kalınlığına şişmenin standartlar dahilinde olabilmesi için pres basınç ve sıcaklığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Pres kapanma süresinin kısa tutulması, hidrofobik ve yapıştırıcı maddelerin olabildiğince üst sınırlarda tutulması, termik muamele süresinin uzun olması, liflerin öğütme derecesinin uygun seviyelerde

tutulması gereklidir.

Eğilme direnci istatistiksel olarak levha grupları arasında farklı direnç özelliklerine sahip olmalarına rağmen, TS 64-5'te kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar için eğilme direncinin minimum 20 N/mm^2 olması gerektiği belirtilmiş olup, eğilme direnci en düşük 35.117 N/mm^2 ile A firmasında, en yüksek 42.519 N/mm^2 ile C firmasında elde edilmiştir. Yapılan istatistik değerlendirmeye göre, deney levhaları arasındaki eğilme dirençlerinin, levhaların özgül kütlelerine bağlı olmadığı ortaya çıkmıştır. Bunun nedeninin kullanılan odun türü, tutkal kalitesi miktarı ve presleme şartlarına bağlı olduğunu söyleyebiliriz.

Eğilmede elastikiyet modülünün istatistiksel olarak levha grupları arasında farklılık arz etmesine rağmen, TS 64-5'te kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar için eğilmede elastikiyet modülünün minimum 2200 N/mm^2 olması gerektiği belirtilmiş olup, eğilmede elastikiyet modülü en düşük 3378.807 N/mm^2 ile A firmasında, en yüksek 4090.799 N/mm^2 ile E firmasında elde edilmiştir.

Eğilmede elastikiyet modülü , levhaların dolap, kitaplık, raf gibi eğilmeye maruz kalan yerlerdeki deformasyonunda önem arz etmekte ve bu gibi yerlerde elastikiyet modülünün yüksek olması istenmektedir. Elastikiyet modülü levhanın elastik bölgesindeki direncini ifade etmekte olup, eğilme direncini etkileyen faktörler eğilmede elastikiyet modülünü de paralel şekilde etkilemektedir. Elastikiyet modülü arttıkça levhanın elastik bölgesindeki direnci de yüksek olmaktadır.

Genel olarak bakıldığında levhaların özgül kütlesi arttıkça eğilmede elastikiyet modülü değerleri de artar.

Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci istatistiksel olarak levha grupları arasında farklılık arz etmesine rağmen TS 64-5'te kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar için levha yüzeyine dik yönde çekme direncinin minimum 0.55

N/mm^2 olması gerektiği belirtilmiş olup, levha yüzeyine dik yönde çekme direnci en düşük 0.350 N/mm^2 ile D firmasında, en yüksek 0.677 N/mm^2 ile E firmasında elde edilmiştir.

Aynı ortalama yoğunluğa sahip olan levhalarda, yüzey yoğunluğunun yüksek orta tabaka yoğunluğunun düşük olması eğilme direncini ve eğilmede elastikiyet modülünü artırırken, levha yüzeyine dik yönde çekme direncini düşürmektedir. Şayet yüzey yoğunluğu ile orta tabaka yoğunluğu farkı az ise eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü biraz daha düşük olacak , fakat levha yüzeyine dik yönde çekme direnci daha yüksek çıkacaktır. Buna örnek E firmasına ait levhada görülmektedir. Yoğunluk profili incelendiğinde diğerlerine nazaran yüzey ve orta tabaka arasındaki yoğunluk farkı daha azdır. Bunun yanında pres basıncının uygun oranda artırılması da çekme direncini arttıracaktır.

Levha yüzeyine dik ve paralel yönlerde (yüzey ve kenar) vida tutma gücüne ilişkin TS 64-5 standardında kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı lif levhalar için bir değer verilmemiştir. EMB (Euro MDF Board, EN 120-1) endüstri standardında ise genel amaçlı 18 mm kalınlığındaki MDF levhalar için levha yüzeyine dik vida tutma gücünün minimum 1000 N, levha yüzeyine paralel vida tutma gücünün minimum 850 N olması gerektiği belirtilmiş olup, levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci en düşük 842.437 N ile A firmasında, 994.518 N ile E firmasında elde edilmiş, levha yüzeyine paralel vida tutma direnci en düşük 689.266 N ile A firmasında, en yüksek 921.925 N ile E firmasında elde edilmiştir. Levha yüzeyine dik vida tutma direnci bakımından bütün levhaların sahip olduğu değerler (minimum 1000 N) standart değerinin altında kalmıştır. Levha yüzeyine paralel vida tutma bakımından ise E firmasına ait levhanın ortalama değerleri standardın üzerinde bir değer verirken diğer firmalara ait levhalar standardın altında bir değer vermişlerdir.

MDF'nin levha yüzeyine paralel yönde vida tutma gücü değerine etki eden en önemli faktörlerden birisi levhanın yoğunluk profilidir. Orta tabakanın yoğunluğu arttıkça buna bağlı olarak prozite azalacağından vida tutma gücü artacaktır. Ayrıca tam kuru lif ağırlığına oranla tutkal miktarının artması hem levha yüzeyine dik vida tutma gücünü hem de levha yüzeyine paralel vida tutma gücünü yükseltmektedir.

Sıkıştırma faktörü arttırıldığında levhanın yüzey yoğunluğu artmakta ve vidayı sıkıştırmaya çalışan kuvvete karşı gösterdiği güç artmaktadır. Levhanın yüzey yoğunluğunu da arttırmakta levha yüzeyine dik vida tutma gücünü yükseltmektedir. Bu amaçla taslak yüzeyine sıcak presle girmeden önce su buharı pülverize edilerek veya uygun bir pres diyagramı kullanılarak arttırılmaktadır. MDF'nin vida tutma gücü MDF özelliklerine bağlı olduğu kadar vidayı çıkarmak için kullanılan kuvvetin hızına, yönüne, vida eksenine ile çekme kuvveti eksenine arasındaki açıya, vidanın levhaya kolayca girmesi için levhada önceden açılan deliğin çapına, derinliğine, vidanın çapına ve tipine bağlıdır.

Çizilme direnci ile ilgili olarak TS 4757 (1986)'ya göre yüzey sınıfı I. derecede olan levhalar için ortalama kuvvetin 4,0 N'dan büyük olması, yüzey sınıfı II. derecede olan levhalar için ortalama kuvvetin 2,1-2,0 N arasında olması, yüzey sınıfı III. derecede olan levhalar için 1,6-2,0 N arasında olması, yüzey sınıfı IV. derecede olan levhalar için 1,1-1,5 N arasında olması, yüzey sınıfı V. Derecede olan levhalar için 0,5-1,0 N arasında olması , yüzey sınıfı VI. derecede olan levhalar için 0,5 N'dan küçük olması gerekmektedir. Buna göre yüzeyleri kaplanmamış MDF levhalardan elde edilen çizilme direnci değerleri 0,9 N ile 1,3 N arasında değişmekte olup, IV. yüzey sınıfına girmektedir. Çizilme kuvveti yükseldikçe yüzey kaplama malzemeleri ile yapıştırılmasında daha iyi sonuçlar verecektir. Ancak MDF levhalar, yüzey kaplama malzemeleri ile kaplandıktan sonraki çizilme ve diğer direnç

özellikleri artacaktır.

Formaldehit emisyon değeri olarak EMB (Euro MDF Board, EN 120-1) endüstri standardında E1 Tutkalı için ≤ 9 mg/100 g olması gerektiği belirtilmektedir. Genel olarak bakıldığında EMB standardında belirtilen değerlere uygun olduğu görülmüştür. Formaldehit emisyon değeri en düşük 5.9 mg/100 g ile E firmasında, en yüksek 7.5 mg/100 g ile A firmasında elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre bütün levhalar A sınıfı levhalar grubuna girmektedir.

Sonuçlar genel olarak ele alındığında, Türkiye'deki bu beş firmanın çekme direnci ve vida tutma direnci haricinde diğer özelliklerinin standartlara uygun olarak üretildiğini söyleyebiliriz. Bunun için özgül ağırlık, pres basıncı, sıcaklığı ve ilave maddeler gibi değişkenlerin üretim içerisinde tecrübeye dayalı ölçümlerle ayarlanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Akbulut, T. 1991. Orüs-Vezirköprü Yonga levha Fabrikasında Üretilen Levhaların Teknolojik Özellikleri.Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Akbulut, T. 1999. Dünyada ve Türkiye’de MDF Endüstrisinin Genel Durumu. Laminart Dergisi, Ağustos-Eylül, Sayı 3.

Anonim, 1985. Çamsan, MDF,Katalog, Ordu.

Anonim, 1999. Çamsan, Yongapan, SFC ve Divapan MDF Fabrikalarına ait Üretim Raporları ve Küsters Pres Kataloğu.

Ayrılmış, N. 1999. MDF Üretim Teknolojisi, Laminart Dergisi, Ağustos-Eylül, Sayı 3.

Ayrılmış, N. 2000. MDF’nin Yonga Levhaya Göre Üstünlükleri. Laminart Dergisi, Ağustos-Eylül, Sayı 7.

Bozkurt, A.Y, ve Göker Y. 1985. Yonga Levha Endüstrisi Ders Kitabı, İ.Ü Orman Fakültesi Yayın No: 3311, Orman Fakültesi Yayın No:372, İstanbul.

Carlson, K.F. 1958. Einwirkung Einigert Fertigungstechnischer Faktöre Ouf Die Eigenschaften Harter Hultoserplatten, Stocholmi, Svensk Poperstedning 61/S, S.128

Çehreli, H.T. 1984. Orta Sert Lif Levhalar (MDF), Mpm Yayını No:302, S.330, Ankara.

Dayanıklıoğlu, S. 2006. 20.06.2006 Tarihi İtibariyle Türkiye’de Bulunan MDF Fabrikalarının Kurulu Kapasiteleri, Yonga-Lif Levha Sanayicileri Derneği, İstanbul

Devlet İstatistik Enstitüsü, 2005.’’1998-2004 Yılları Arasında Gerçekleşen MDF İthalat ve İhracat Rakamları’’, Ankara.

- Dosoudil, A. 1960.** Weitere Untersuchungen Über Die Wossseraufnahme Won Holz Faserplatten Insbesondere Hartplatten, Holz Als Roh-Und Werkstoff, S.106.
- Eroğlu, H. 1988.** Lif levha Endüstrisi. Lisans Ders Notu. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon.
- Eroğlu, H. 1994.** Lif Levha Endüstrisi, K.T.Ü Yayınları, No: 45, Trabzon.
- Euro MDF Board, 1993.** A Users Manuel, Germany.
- FAO, 1958.** Fibreboard and Particleboard, Rome Europe.
- Forest Products Laboratory, 1989.** Handbook Of Wood And Wood-Based Materials. Forest Service, US. Department Of Agriculture, USA.
- Helge, K. 1960.** Untersuchungen Über Ausbeute Und Qualitaet Bei Der Herstellung Von Daemmplatten Aus Vershiedenen, Holz Gualitaeten Norks Skagindustri 14, S.338.
- İstek, A. 1998.** Buğday Saplarından Üretilen MDF'lerin Teknolojik Özellikleri. Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Zonguldak.
- Kalaycıoğlu, H. 1991.** Sahil Çamı (Pinus pinaster ait) Odunlarının Yonga levha Üretiminde Kullanılması İmkanları. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Koç, H. 1997.** Kalite Kontrol Ders Notları, İ.Ü Orman Fakültesi, İstanbul.
- Koçboğan , O. 1983.** MDF Levhalarının Üretim Metodları, Özellikleri, Kullanım Alanları ve Pazar İmkanları, Orman Mühendisliği Dergisi, Yıl 20, Sayı 6.
- Kurtoğlu, A. 1999.** Mobilya Endüstrisi Lisans Ders Notları. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Lampert, H., 1967.** Faserplatten, VEB Fachbuch Verlag, Leipzig.

- Maloney, T.M. 1993.** Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing . Miller Freeman Publications, California, USA.
- MDF Industry Update Mill Directories, 1997.** Valmet Corporation, Sundsvall, Sweeden.
- Minsellmann, D. 1962.** Untersuchung Zur Pretechnik Bei Der Herstellung Von Zweiseitig Glotten Harten Faserplatten Nach Dem Trocken Verfohren Holztechnologie 4. S. 201.
- Özen, R. 1975.** Lif Levhanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ve Bunlara Tesir Eden Faktörler. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Cilt XXV, Sayı II, İstanbul.
- Suchland, O. and Woodson, G. 1991.** Fiberboard Manufacturing Practices In The United States, U.S. Department Of Agriculture, Forest Service No:640, Louisiana, USA.
- Tank, T. 1980.** Lif ve Selüloz Teknolojisi 1. Lisans Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Yayın No:2362, Orman Fakültesi Yayın No:272, İstanbul.
- Tank, T. 1998.** Tutkallar ve Yapıştırma Tekniği, Yüksek lisans Ders Notları, Basılmamıştır, İstanbul.
- Taşkın, O. 1977.** Ormangülü (Rhododendron Ponticum L.) Odunundan Yaş Metotla Lif levhası Yapım Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul.
- TS 1351, 1974.** Lif Levha Üretiminde Kullanılabilecek Lif- Yonga Odunu Boyutları, TSE, Ankara.
- TS EN 310, 1999.** Ahşap Esaslı Levhalar, Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülünün Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 317, 1999.** Yonga Levhalar ve Lif Levhalar Suyu Daldırma İşleminin Ardından Kalınlığına Şişme Tayini, TSE, Ankara.

TS EN 319, 1999. Yonga Levha ve Lif Levhalar, Levha Yüzeyine Dik Çekme Direncinin Tayin Edilmesi, TSE, Ankara.

TS EN 320, 1999. Lif Levhalar Vida Tutma Kabiliyetinin Tayini, TSE, Ankara.

TS EN 322 , 1999. Ahşap Levhalar ve Rutubet Miktarının Tayini, TSE, Ankara.

TS EN 323, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar, Birim Hacim Ağırlığının Tayin Edilmesi, TSE, Ankara.

TS EN 325, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar, Deney Parçalarının Boyutlarının Tayini, TSE, Ankara.

TS EN 326-1, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar, Numune Alma, Kesme ve Muayene,TSE, Ankara.

TS 64-5 EN 622-5, 1999. Lif Levhalar- Özellikler- Kuru İşlem Levhalarının (MDF) Özellikleri,TSE, Ankara.

TS 4757, 1986. Mobilya Yüzeyleri- Çizilme Mukavemetinin Tayini, TSE, Ankara.

TS 4894 EN 120, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar- Formaldehit Miktarının Tayini, TSE, Ankara.