

SERİ
SERIES
SERIE
SÉRIE

A

CİLT
VOLUME
BAND
TOME

54

SAYI
NUMBER
HEFT
FASCICULE

1

2004

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
D E R G İ S İ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



TÜRKİYE'DE ÜRETİLEN MDF LEVHALARIN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ¹⁾

Prof.Dr. Yener GÖKER²⁾
Doç.Dr. Turgay AKBULUT²⁾
Ar.Gör. Nadir AYRILMIŞ²⁾

Kısa Özet

Bu çalışmada, ülkemizde orta yoğunlukta liflevha (MDF) üretimi yapan fabrikaların ürettiği genel amaçlı levhaların teknolojik özellikleri tespit edilerek, standardın öngördüğü değerlerle karşılaştırmak suretiyle levhaların kaliteleri ortaya konulmuş ve daha kaliteli üretim yapabilmek için öneriler sunulmuştur. Deneme levhaları üzerinde fiziksel özelliklerden hava kuruşu yoğunluk, yüzey absorpsiyonu, 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme ve su alma; mekanik özelliklerden eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü, levha yüzeyine dik yönde çekme direnci ve teknolojik özelliklerden vida tutma gücü tespit edilmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre ülkemizde MDF üretimi yapan fabrikaların ürünlerinin ilgili standartların öngördüğü değerlere uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: MDF, Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler

1.GİRİŞ

MDF orta yoğunlukta bir liflevha olup, termomekanik olarak odun veya diğer ligno-selülozik hammaddelerden elde edilen liflerin belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra yaklaşık % 9-11 oranında termosetting (sıcakta sertleşen) karakterli bir yapıştırıcı ile tutkalanarak sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle oluşan bir malzemedir. MDF'nin kalınlığı 1.80-60.0 mm, yoğunluğu ise genelde 0.55-0.80 gr/cm³ arasında değişmekte olup, genelde 0.70-0.80 gr/cm³ arasındadır (AKBULUT 1999). Yukarıdaki tanım kuru yöntemi kapsamakta olup yaş yöntemle de MDF üretilebilmektedir.

MDF ve yongalevha gibi odun kökenli levhaların üretimi orman ürünleri alanında yeni bir çığır açmıştır. Yeni makinelerin (taslak oluşturma, tutkallama ve presleme vb.) ve sentetik tutkalların (Üre-formaldehit, Fenol-formaldehit vb.) geliştirilmesiyle ilgili olarak standartların öngördüğü özelliklere sahip düşük kaliteli ve ince odunsu hammaddelerden her türlü iklim şartlarına uygun, çeşitli kalınlıklarda, kurutulmuş, düzgün yüzeyli ve büyük boyutlu levhalar üretilmeye başlanmıştır. Bu levha ürünleri yalnız mobilya üretiminde değil aynı zamanda prefabrike yapı endüstrisinde ve özellikle döşeme, duvar bölmesi, çatı kaplama, kalıp tahtası, ambalaj sandığı gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilir. Zaman içerisinde hem bu ürünlerde hem de üretim makinelerinde çeşitli gelişmeler olmuştur.

¹⁾ Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir. Proje No: 1489/28072000

²⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi Odun Mekanığı ve Teknolojisi Anabilim Dalı

Bu çalışmada, ülkemizde MDF üretimi yapan fabrikaların 2001 yılı ilk yarısında ürettiği genel amaçlı levhaların teknolojik özellikleri tespit edilerek standardın öngördüğü değerlerle karşılaştırmak suretiyle kalite düzeylerinin ortaya konulması ve kalitenin yükseltilebilmesi için alınabilecek tedbirler belirtilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Deneme Materyali

2.1.1 MDF Levhaları

Ülkemizde MDF üretiminde faaliyet gösteren toplam 5 adet MDF fabrikasının (Çamsan, SFC, Divapan, Yongapan ve Yıldız) her birinden tesadüfi olarak 3'er adet olmak üzere toplam 15 adet, 2100 mm x 2800 mm x 18 mm boyutlarında levha alınmıştır. Levhalar, taşıma esnasında meydana gelebilecek kırılma veya ıslanma gibi levhalara zarar verebilecek etkilerden uzak tutularak, denemelerin yapılacağı İ.Ü. Orman Fakültesi Odun Mekaniği ve Teknolojisi laboratuvarına getirilmiştir.

2.2 Deneme Numunelerinin Levhalardan Alınması

Demene numunelerinin levhalardan alınmasında TS EN 326-1 (1996) standardından faydalanılmıştır.

Bölüm 2.1.1'de adları verilen 5 fabrikadan tamamen tesadüfi olarak alınan 3'er adet levhaların her birinden 10'ar numune alınmak suretiyle deneyler 30'ar örnek üzerinde yapılmıştır. Deneme levhalarından numunelerin elde edilmesinde, TS EN 326-1'de belirtilen "küçük deney numuneleri için kesim planı" uygulanmıştır. Bu standarda göre aynı deney için incelenecek iki deney numunesi arasında minimum mesafenin 100 mm olması öngörülmektedir. MDF levhalarında yapılan deneylerin adları ve bu amaçla uygulanan standartların numaraları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: MDF'lerde Yapılan Testlerin Adları ve Uygulanan Standartlar
Table 1: Tests and Its Numbers Used in the Experiments

Testler Tests	Kullanılan Standartlar Used Standards
Hava Kurusu Yoğunluk Air Dry Density	TS EN 323 (1996)
Kalınlığına Şişme (24 saat) Thickness Swelling (24 hr)	TS EN 317 (1996)
Su Alma (24 saat) Water Absorption (24 hr)	ISO 819 (1975)
Yüzey Absorpsiyonu Surface Absorption	TS EN 382-1 (1999)
Eğilme Direnci Bending Strength	TS EN 310 (1996) ¹
Eğilmede Elastikiyet Modülü Modulus of Elasticity	TS EN 310 (1996)
Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci Internal Bond	TS EN 319 (1996)
Levha Yüzeyine Dik ve Paralel Yönde Vida Tutma Gücü Screw Holding	TS EN 320 (1999)

Hazırlanan numuneler TS EN 325'e göre 20 ± 2 °C derecede ve % 65 ± 5 bağıllı nemde değişmez ağırlık elde edilinceye kadar klima odasında kondisyonlanmıştır. 24 saat aralıklarla yapılan tartımlarda birbirini izleyen iki tartı arasındaki farkın % 0.1 veya daha az olduğu anda örneklerin değişmez ağırlığa ulaştığı kabul edilmiştir. Böylece, örneklerin kapsadığı rutubet miktarının yaklaşık % 12 olduğu gözlenmiştir.

Yapılan denemeler sonucunda her bir fabrikanın fiziksel ve mekanik özelliklerine ait değerler 0.001 hata ihtimaliyle Basit Varyans ile karşılaştırılmıştır. Gruplar arası varyansın gruplar içi varyansa oranıyla bulunan F_{Hesap} değeri istatistik yöntemler kitabında (KALIPSIZ, 1988)'dan alınan F_{Hesap} değeri ile karşılaştırılmak suretiyle ortalamalar arasında bir farklılık olup olmadığı tespit edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1 Fiziksel Özelliklere Ait Bulgular

3.1.1 Hava Kuru Yoğunluk Tayini

TS EN 323 standardına göre yürütülen yoğunluk denemelerinden elde edilen bulgular Tablo 2'de, fabrikalar arasında yoğunluk bakımından farklılık olup olmadığına ilişkin varyans analizi ise Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2: Hava Kuru Yoğunluk Değerleri

Table 2: Values of Air Dry Density

İstatistik Değerler Statistical Parameters	FABRİKALAR					
	Çamsan	Divapan	SFC	Yıldız	Yongapan	
Örnek Sayısı N (Adet) Number of Specimens	30	30	30	30	30	
Aritmetik Ortalama X (g/cm ³) Arithmetical Mean	0.744	0.673	0.774	0.737	0.759	
Değişim Genişliği R (g/cm ³) Range	0.053	0.606	0.066	0.073	0.024	
Standart Sapma ± S (g/cm ³) Standard Deviation	0.0149	0.0167	0.0183	0.0124	0.0053	
Varyans Variance	S ²	0.0002	0.0002	0.0003	0.0001	0.00002
Varyasyon Katsayısı V (%) Coefficient of Variation	2.0105	2.4916	2.3708	1.6862	0.7013	

Tablo 3: Hava Kuru Yoğunluk Varyans Analizi

Table 3: Results of the Analysis of Variance Regarding Air Dry Density

Varyans Kaynağı Source of Variation	Serbestlik Derecesi Degrees of Freedom	Tüm Varyans Sum of squares	Varyans Variance	F Oranı F ratio	Önem Seviyesi Level of Significance
Gruplar Arası Groups	4	13.794	3.4486	1.994 3.320	S***
Gruplar İçi Error	145	250.739	1.7292		
Toplam Total	149	264.533			

Tablonun incelenmesinden anlaşılacağı gibi, $F_{\text{Hesap}} 1.994 > F_{\text{Tablo}} 3.320$ olduğundan, 0.001 hata ihtimaliyle grupların hava kuru su yoğunluk değeri bakımından aynı ana topluma ait olduğu ve ortalamaları arasında bir farklılık olmadığı yolundaki varsayım kabul edilmiştir.

3.1.2 24 Saat Suda Bekletme Sonucu Kalınlığına Şişme Oranının Tayini

TS EN 317 standardına göre yürütülen kalınlığına şişme denemelerinden elde edilen sonuçlar Tablo 5'de, fabrikalar arasında 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme bakımından farklılık olup olmadığına ilişkin varyans analizi ise Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5: Kalınlığına Şişme Değerleri (24 Saat)

Table 5: Values of Thickness Swelling (24 hr)

İstatistik Değerler Statistical Parameters		FABRİKALAR				
		Çamsan	Divapan	SFC	Yıldız	Yongapan
Örnek Sayısı Number of Specimens	N (Adet)	30	30	30	30	30
Aritmetik Ortalama Arithmetical Mean	X (%)	4.220	2.553	2.870	6.982	3.607
Değişim Genişliği Range	R (%)	1.730	2.373	3.215	2.029	1.202
Standart Sapma Standard Deviation	$\pm S$ (%)	0.358	0.7080	0.7450	0.5524	0.2578
Varyans Variance	S^2	0.1284	0.5012	0.5550	0.3052	0.0665
Varyasyon Katsayısı Coefficient of Variation	V (%)	8.4927	27.7220	25.9512	7.9121	3.6079

Tablo 6: Kalınlığına Şişme Varyans Analizi (24 Saat)

Table 6: Analysis of Variance Regarding Thickness Swelling (24 hr)

Varyans Kaynağı Source of Variation	Serbestlik Derecesi Degrees of Freedom	Tüm Varyans Sum of squares	Varyans Variance	F Oranı F ratio	Önem Seviyesi Level of Significance
Gruplar Arası Groups	4	783.070757	195.7677	628.855 > 3.320	S****
Gruplar İçi Error	145	45.1396416	0.311308		
Toplam Total	149	828.210399			

Tablonun incelenmesinden anlaşılacağı gibi, $F_{\text{Hesap}} 628.855 > F_{\text{Tablo}} 3.320$ olduğundan, 0.001 hata ihtimaliyle kalınlığına şişme değeri bakımından fabrikaların levhaları arasında fark olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan Duncan testinde, 24 saat suda bekletme sonucunda

denemeye tabi tutulan bütün fabrikalar arasında önemli bir fark olduğu ve bunun tesadüfi nedenlere dayanmadığı kabul edilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7: Kalınlığına Şişme (24 Saat) Duncan Testi Sonuçları

Table 7: Results of Duncan Test Regarding Thickness Swelling (24 hr)

Duncan Test	Çamsan	Yongapan	SFC	Divapan
Yıldız (R _p)	2.762 (0.285)	3.375 (0.300)	4.112 (0.310)	4.428 (0.316)
Çamsan (R _p)	-	0.613 (0.285)	1.35 (0.300)	1.666 (0.310)
Yongapan (R _p)	-	-	0.737 (0.285)	1.053 (0.300)
SFC (R _p)	-	-	-	(0.316) (0.285)

3.1.3 24 Saat Suda Bekletme Sonucu Su Alma Oranının Tayini

ISO 819 standardına göre yürütülen yoğunluk denemelerinden elde edilen sonuçlar Tablo 8'de, fabrikalar arasında 24 saat suda bekletme sonucu su alma bakımından farklılık olup olmadığına ilişkin varyans analizi ise Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 8: Su Alma Oranları (24 Saat)

Table 8: Ratios of Water Absorption

İstatistik Değerler Statistical Parameters		FABRİKALAR				
		Çamsan	Divapan	SFC	Yıldız	Yongapan
Örnek Sayısı Number of Specimens	N (Adet)	30	30	30	30	30
Aritmetik Ortalama Arithmetical Mean	X (%)	7.640	17.444	10.232	27.700	11.321
Değişim Genişliği Range	R (%)	14.564	11.523	4.271	11.185	2.069
Standart Sapma Standard Deviation	± S (%)	0.9399	4.5120	1.1118	2.8741	0.5254
Varyans Variance	S ²	0.8835	20.3589	1.2361	8.2609	0.2761
Varyasyon Katsayısı Coefficient of Variation	V (%)	12.3029	25.8657	10.8661	10.3759	4.6412

Tablo 9: Su Alma Oranı (24 Saat) Varyans Analizi

Table 9: Analysis of Variance Regarding Water Absorption (24 hr)

Varyans Kaynağı Source of Variation	Serbestlik Derecesi Degrees of Freedom	Tüm Varyans Sum of squares	Varyans Variance	F Oranı F ratio	Önem Seviyesi Level of Significance
Gruplar Arası Groups	4	13254.870	3313.717	534.198 > 3.320	S***
Gruplar İçi Error	145	899.458	6.203163		
Toplam Total	149	14154.330			

Tablonun incelenmesinden anlaşılacağı gibi, $F_{11esup} 534.198 > F_{Tablo} 3.320$ olduğundan, 0.001 hata ihtimaliyle su alma değeri bakımından fabrikaların levhaları arasında fark olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan Duncan testinde, arasında 24 saat suda bekletme sonucu su alma oranı deneyi sonucunda Yongapan ve SFC fabrikaları arasındaki farklılık önemsiz, diğer fabrikalar arasındaki farklılık önemli çıkmıştır (Tablo 10).

Tablo 10: Su Alma Oranı (24 Saat) Duncan Testi Sonuçları

Table 10: Results of Duncan Test Regarding Water Absorption (24 hr)

Duncan Test	Divapan	Yongapan	SFC	Çamsan
Yıldız (R_p)	10.256 (1.095)	16.379 (1.153)	17.468 (1.192)	20.06 (1.216)
Divapan (R_p)	-	6.123 (1.095)	7.212 (1.153)	9.804 (1.192)
Yongapan (R_p)	-	-	1.089 (1.095)	3.681 (1.153)
SFC (R_p)	-	-	-	2.592 (1.095)

3.1.4 Yüzey Absorpsiyonu

TS EN 382-1 standardına göre yürütülen yüzey absorpsiyonu denemelerinden elde edilen sonuçlar Tablo 11'de, fabrikalar arasında yüzey absorpsiyonu bakımından farklılık olup olmadığına ilişkin varyans analizi ise Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 11: Yüzey Absorpsiyonu Değerleri

Table 11: Values of Surface Absorption

İstatistik Değerler Statistical Parameters	FABRİKALAR				
	Çamsan	Divapan	SFC	Yıldız	Yongapan
Örnek Sayısı N (Adet) Number of Specimens	30	30	30	30	30
Aritmetik Ortalama X (mm) Arithmetical Mean	310.216	395.033	288.700	242.566	274.183
Değişim Genişliği R (mm) Range	16.45	87	205	164	46.5
Standart Sapma $\pm S$ (mm) Standard Deviation	4.1190	20.521	58.7391	39.3776	12.7816
Varyans S^2 Variance	16.9669	421.136	3450.286	1550.599	163.3704
Varyasyon Katsayısı V (%) Coefficient of Variation	13.2781	5.1949	20.3460	16.2337	4.661714

Tablo 12: Yüzey Absorpsiyonu Varyans Analizi

Table 12: Analysis of Variance Regarding Surface Absorption

Varyans Kaynağı Source of Variation	Serbestlik Derecesi Degrees of Freedom	Tüm Varyans Sum of squares	Varyans Variance	F Oranı F ratio	Önem Seviyesi Level of Significance
Gruplar Arası Groups	4	3620349	905087.3	689.303 > 3.320	S***
Gruplar İçi Error	145	190390.10	1313.035		
Toplam Total	149	3810739			

Tablonun incelenmesinden anlaşılacağı gibi, $F_{Hesap} 689.303 > F_{Tablo} 3.320$ olduğundan, 0.001 hata ihtimaliyle yüzey absorpsiyonu değeri bakımından fabrikaların levhaları arasında fark olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan Duncan testinde, yüzey absorpsiyonu deneyi sonucunda SFC ve Yongapan fabrikaları arasındaki farklılık önemsiz, diğer fabrikalar arasındaki farklılık önemli çıkmıştır (Tablo 13).

Tablo 13: Yüzey Absorpsiyonu Duncan Testi Sonuçları

Table 13: Results of Duncan Test Regarding Surface Absorption

Duncan Test	Çamsan	SFC	Yongapan	Yıldız
Divapan (R_p)	84.817 (18.522)	106.333 (19.514)	120.850 (20.175)	152.467 (20.969)
Çamsan (R_p)	-	21.516 (18.522)	36.033 (19.514)	67.65 (20.175)
SFC (R_p)	-	-	14.517 (18.522)	46.134 (19.514)
Yongapan (R_p)	-	-	-	31.617 (18.522)

3.2 Mekanik Özelliklere Ait Bulgular

3.2.1 Eğilme Direnci

TS EN 310 standardına göre yürütülen eğilme direnci denemelerinden elde edilen sonuçlar Tablo 14'de, fabrikalar arasında eğilme direnci bakımından farklılık olup olmadığına ilişkin varyans analizi ise Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 14: Eğilme Direnci Değerleri
Table 14 Values of Bending Strength

İstatistik Değerler Statistical Parameters	FABRİKALAR				
	Çamsan	Divapan	SFC	Yıldız	Yongapan
Örnek Sayısı N (Adet) Number of Specimens	30	30	30	30	30
Aritmetik Ortalama X (N/mm ²) Arithmetical Mean	34.330	45.758	38.881	32.316	39.439
Değişim Genişliği R (N/mm ²) Range	143.561	9.1510	148.890	65.169	65.218
Standart Sapma ± S (N/mm ²) Standard Deviation	3.4683	2.0892	3.0098	1.2146	1.8164
Varyans S ² Variance	12.0291	4.3650	9.0592	1.4754	3.2996
Varyasyon Katsayısı V (%) Coefficient of Variation	10.1026	4.5659	7.7411	3.7588	4.6058

Tablo 15: Eğilme Direnci Varyans Analizi
Table 15: Analysis of Variance Regarding Bending Strength

Varyans Kaynağı Source of Variation	Serbestlik Derecesi Degrees of Freedom	Tüm Varyans Sum of squares	Varyans Variance	F Oranı F ratio	Önem Seviyesi Level of Significance
Gruplar Arası Groups	4	4624804	1156201	12502.998 > 3.320	S***
Gruplar İçi Error	145	13408.72	92.473		
Toplam Total	149	4638213			

Tablonun incelenmesinden anlaşılacağı gibi, $F_{\text{Hesap}} 12502.998 > F_{\text{Tablo}} 3.320$ olduğundan, 0.001 hata ihtimaliyle eğilme direnci değeri bakımından fabrikaların levhaları arasında fark olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan Duncan testinde, eğilme direnci deneyi sonucunda Yongapan-SFC fabrikaları, Yongapan-Çamsan fabrikaları, SFC-Çamsan fabrikaları ve Çamsan-Yıldız fabrikaları arasındaki farklılık önemsiz, diğer fabrikalar arasındaki farklılık ise önemli çıkmıştır (Tablo 16).

Tablo 16: Eğilme Direnci Duncan Testi Sonuçları

Table 16: Results of Duncan Test Regarding Bending Strength

Duncan Test	Yongapan	SFC	Çamsan	Yıldız
Divapan (R_p)	6.319 (4.915)	6.877 (5.177)	11.428 (5.352)	13.442 (5.458)
Yongapan (R_p)	-	0.558 (4.915)	5.109 (5.177)	7.123 (5.352)
SFC (R_p)	-	-	4.551 (4.915)	6.565 (5.177)
Çamsan (R_p)	-	-	-	2.014 (4.915)

3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü

TS EN 310 standardına göre yürütülen eğilmede elastikiyet modülü denemelerinden elde edilen sonuçlar Tablo 17'de, fabrikalar arasında eğilmede elastikiyet modülü bakımından farklılık olup olmadığına ilişkin varyans analizi ise Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 17: Eğilmede Elastikiyet Modülü Değerleri

Table 17: Values of Modulus of Elasticity in Bending

İstatistik Değerler Statistical Parameters	FABRİKALAR				
	Çamsan	Divapan	SFC	Yıldız	Yongapan
Örnek Sayısı N (Adet) Number of Specimens	30	30	30	30	30
Aritmetik Ortalama X (N/mm^2) Arithmetical Mean	3157.405	3796.066	3441.893	2934.033	3442.409
Değişim Genişliği R (N/mm^2) Range	615.804	1192.873	894.259	536.506	646.439
Standart Sapma $\pm S$ (N/mm^2) Standard Deviation	154.3164	332.3797	238.7627	124.1666	145.454
Varyans S^2 Variance	23813.55	110476.30	57007.61	15417.34	21156.86
Varyasyon Katsayısı V (%) Coefficient of Variation	4.8874	8.7559	6.9369	4.2319	4.2253

Tablo 18: Eğilmede Elastikiyet Modülü Varyans Analizi

Table 18: Analysis of Variance Regarding Modulus of Elasticity in Bending

Varyans Kaynağı Source of Variation	Serbestlik Derecesi Degrees of Freedom	Tüm Varyans Sum of squares	Varyans Variance	F Oranı F ratio	Önem Seviyesi Level of Significance
Gruplar Arası Groups	4	294073086	73518271	1613.139 > 3.320	S***
Gruplar İçi Error	145	6608325.21	45574.66		
Toplam Total	149	300681411			

Tablonun incelenmesinden anlaşılacağı gibi, $F_{\text{Hesap}} 1613.139 > F_{\text{Tablo}} 3.320$ olduğundan, 0.001 hata ihtimaliyle 0.001 hata ihtimaliyle eğilmede elastikiyet modülü değeri bakımından fabrikaların levhaları arasında fark olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan Duncan testinde, eğilmede elastikiyet modülü deneyi sonucunda Yongapan ve SFC fabrikaları arasındaki farklılık önemsiz, diğer fabrikalar arasındaki farklılık ise önemli çıkmıştır (Tablo 19).

Tablo 19: Eğilmede Elastikiyet Modülü Duncan Testi Sonuçları

Table 19: Results of Duncan Test Regarding Modulus of Elasticity in Bending

Duncan Test	Yongapan	SFC	Çamsan	Yıldız
Divapan (R_p)	353.657 (109.132)	354.173 (114.979)	638.661 (118.876)	862.033 (121.215)
Yongapan (R_p)	-	0.516 (109.132)	285.004 (114.979)	508.376 (118.876)
SFC (R_p)	-	-	284.488 (109.132)	507.86 (114.979)
Çamsan (R_p)	-	-	-	223.372 (109.132)

3.2.3 Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci

TS EN 319 standardına göre yürütülen levha yüzeyine dik yönde çekme direnci denemelerinden elde edilen sonuçlar Tablo 20'de, fabrikalar arasında eğilmede elastikiyet modülü bakımından farklılık olup olmadığına ilişkin varyans analizi ise Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 20: Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci Değerleri

Table 20: Values of Internal Bond Strength

İstatistik Değerler Statistical Parameters	FABRİKALAR				
	Çamsan	Divapan	SFC	Yıldız	Yongapan
Örnek Sayısı N (Adet) Number of Specimens	30	30	30	30	30
Aritmetik Ortalama \bar{X} (N/mm ²) Arithmetical Mean	0.749	0.717	0.627	0.760	0.733
Değişim Genişliği R (N/mm ²) Range	0.610	0.534	0.446	0.445	0.711
Standart Sapma $\pm S$ (N/mm ²) Standard Deviation	0.1555	0.1375	0.1253	0.1148	0.2091
Varyans S ² Variance	0.0241	0.0189	0.0157	0.0131	0.0437
Varyasyon Katsayısı V (%) Coefficient of Variation	20.7425	19.1678	19.9763	15.0931	28.5189

Tablo 21: Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci Varyans Analizi

Table 21: Analysis of Variance Regarding Internal Bond Strength

Varyans Kaynağı Source of Variation	Serbestlik Derecesi Degrees of Freedom	Tüm Varyans Sum of squares	Varyans Variance	F Oranı F ratio	Önem Seviyesi Level of Significance
Gruplar Arası Groups	4	13.2250176	3.306254	147.766 > 2.680	S****
Gruplar İçi Error	145	3.35797109	0.023158		
Toplam Total	149	16.5829887			

Tablonun incelenmesinden anlaşılacağı gibi, $F_{\text{Hesap}} 147.766 > F_{\text{Tablo}} 3.320$ olduğundan, 0.001 hata ihtimaliyle levha yüzeyine dik yönde çekme direnci değeri bakımından fabrikaların levhaları arasında fark olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan Duncan testinde, eğilme direnci deneyi sonucunda Yıldız-Çamsan, Yıldız-Yongapan, Yıldız-Divapan Çamsan-Yongapan, Çamsan-Divapan ve Yongapan-Divapan fabrikaları arasındaki farklılık önemsiz, diğer fabrikalar arasındaki farklılık ise önemli çıkmıştır (Tablo 22).

Tablo 22: Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci Duncan Testi Sonuçları
Table 22: Results of Duncan Test Regarding Internal Bond Strength

Duncan Test	Çamsan	Yongapan	Divapan	SFC
Yıldız (R_p)	0.011 (0.077)	0.027 (0.081)	0.043 (0.084)	0.133 (0.086)
Çamsan (R_p)	-	0.016 (0.077)	0.032 (0.081)	0.122 (0.084)
Yongapan (R_p)	-	-	0.016 (0.077)	0.106 (0.081)
Divapan (R_p)	-	-	-	0.090 (0.077)

3.2.4 Levha Yüzeyine Dik ve Paralel Yönlerde Vida Tutma Gücü

3.2.4.1 Levha Yüzeyine Dik Yönde Vida Tutma Gücü

TS EN 320 standardına göre yürütülen levha yüzeyine dik yönde vida tutma gücü denemelerinden elde edilen sonuçlar Tablo 23'de, fabrikalar arasında levha yüzeyine dik yönde vida tutma gücü bakımından farklılık olup olmadığına ilişkin varyans analizi ise Tablo 24'de verilmiştir.

Tablo 23: Levha Yüzeyine Dik Yönde Vida Tutma Gücü Değerleri
Table 23: Values of Screw Holding Perpendicular to the Plane of the Boards

İstatistik Değerler Statistical Parameters	FABRİKALAR				
	Çamsan	Divapan	SFC	Yıldız	Yongapan
Örnek Sayısı N (Adet) Number of Specimens	30	30	30	30	30
Aritmetik Ortalama X (N) Arithmetical Mean	868.8	1013.10	1035.51	958.36	901.8
Değişim Genişliği R (N) Range	370	181	235	628	203
Standart Sapma $\pm S$ (N) Standard Deviation	88.486	46.078	67.794	110.020	50.208
Varyans S^2 Variance	7829.7721	2123.1912	4596.0264	12104.4004	2520.8432
Varyasyon Katsayısı V (%) Coefficient of Variation	10.1844	4.5482	6.5469	11.4800	5.5675

Tablo 24: Levha Yüzeyine Dik Yönde Vida Tutma Gücü Varyans Analizi

Table 24: Analysis of Variance Regarding Screw Holding Perpendicular to the Plane of the Boards

Varyans Kaynağı Source of Variation	Serbestlik Derecesi Degrees of Freedom	Tüm Varyans Sum of squares	Varyans Variance	F Oranı F ratio	Önem Seviyesi Level of Significance
Gruplar Arası Groups	4	23453559.1	5863390	1007.420 > 3.320	S***
Gruplar İçi Error	145	843929.433	5820.203		
Toplam Total	149	24297488.6			

Tablonun incelenmesinden anlaşılacağı gibi, $F_{\text{Hesap}} 1007.420 > F_{\text{Tablo}} 3.320$ olduğundan, 0.001 hata ihtimaliyle levha yüzeyine dik yönde vida tutma gücü değeri bakımından fabrikaların levhaları arasında fark olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan Duncan testinde, levha yüzeyine dik yönde vida tutma gücü deneyi sonucunda denemelere tabi tutulan bütün fabrikalar arasında önemli bir fark olduğu ve bunun tesadüfi nedenlere dayanmadığı kabul edilmiştir (Tablo 25).

Tablo 25: Levha Yüzeyine Dik Yönde Vida Tutma Gücü Duncan Testi Sonuçları

Table 25: Results of Duncan Test Regarding Screw Holding Perpendicular to the Plane of the Boards

Duncan Test	Divapan	Yıldız	Yongapan	Çamsan
SFC (R_p)	22.41 (5.829)	77.15 (6.141)	133.71 (6.350)	166.71 (6.475)
Divapan (R_p)	-	54.74 (5.829)	111.30 (6.141)	144.30 (6.350)
Yıldız (R_p)	-	-	56.560 (5.829)	89.56 (6.141)
Yongapan (R_p)	-	-	-	33 (5.829)

3.2.4.2 Levha Yüzeyine Paralel Yönde Vida Tutma Gücü

TS EN 320 standardına göre yürütülen levha yüzeyine paralel yönde vida tutma gücü direnci denemelerinden elde edilen sonuçlar Tablo 26'da, fabrikalar arasında levha yüzeyine paralel yönde vida tutma gücü bakımından farklılık olup olmadığına ilişkin varyans analizi ise Tablo 27'de verilmiştir.

Tablo 26: Levha Yüzeyine Paralel Yönde Vida Tutma Gücü Değerleri

Table 26: Values of Screw Holding Parallel to the Plane of the Boards

İstatistik Değerler Statistical Parameters	FABRİKALAR				
	Çamsan	Divapan	SFC	Yıldız	Yongapan
Örnek Sayısı N (Adet) Number of Specimens	30	30	30	30	30
Aritmetik Ortalama X (N) Arithmetical Mean	723.86	680.633	721.50	826.86	683.66
Değişim Genişliği R (N) Range	291	178	134	520	153
Standart Sapma $\pm S$ (N) Standard Deviation	77.5900	54.4492	33.2101	90.6300	37.6400
Varyans S^2 Variance	6020.2081	2964.7153	1102.9041	8213.7969	1416.7696
Varyasyon Katsayısı V (%) Coefficient of Variation	10.7189	7.9997	4.6032	10.9618	5.5068

Tablo 27: Levha Yüzeyine Paralel Yönde Vida Tutma Gücü Varyans Analizi

Table 27: Analysis of Variance Regarding Screw Holding Parallel to the Plane of the Boards

Varyans Kaynağı Source of Variation	Serbestlik Derecesi Degrees of Freedom	Tüm Varyans Sum of squares	Varyans Variance	F Oranı F ratio	Önem Seviyesi Level of Significance
Gruplar Arası Groups	4	13645593	3411398.1	864.907 > 3.320	S***
Gruplar İçi Error	145	571914.1	3944.2349		
Toplam Total	149	14217507			

Tablonun incelenmesinden anlaşılacağı gibi, $F_{Hesap} 864.907 > F_{Tablo} 3.320$ olduğundan, 0.001 hata ihtimaliyle levha yüzeyine paralel yönde vida tutma gücü değeri bakımından fabrikaların levhaları arasında fark olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan Duncan testinde, levha yüzeyine paralel yönde vida tutma gücü deneyi sonucunda Çamsan-SFC, SFC-Yongapan ile Yongapan-Divapan fabrikaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Diğer levha grupları arasında ise anlamlı bir farklılık bulunmuştur (Tablo 28).

Tablo 28: Levha Yüzeyine Paralel Yönde Vida Tutma Gücü Duncan Testi Sonuçları
Table 28: Results of Duncan Test Regarding Screw Holding Parallel to the Plane of the Boards

Duncan Test	Çamsan	SFC	Yongapan	Divapan
Yıldız (R _p)	103 (32.104)	111.600 (33.824)	143 (34.971)	146.226 (35.659)
Çamsan (R _p)	–	8.600 (32.104)	40 (33.824)	43.220 (34.971)
SFC (R _p)	–	–	32 (32.104)	35 (33.824)
Yongapan (R _p)	–	–	–	3 (32.104)

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Liflevhaların birim hacim ağırlığı, levha kullanımını ve teknolojik özelliklerini etkileyen önemli bir faktördür. Uygulamada genel olarak, yoğunluğu düşük ancak direnç özellikleri yüksek olan levhalar tercih edilmektedir. Yoğunluğun artması ile uzun süreli suda bekletme sonucu kalınlığına şişme oranı hariç diğer bütün fiziksel ve mekanik özellikler iyileşmekte, levhanın işlenmesi ise zorlaşmaktadır.

Denemeye tabi tutulan fabrikalar arasında birim hacim ağırlık bakımından Divapan 0.673 g/cm³ ile diğer fabrikalara oranla daha düşük bir değer gösterirken bunu sırasıyla Yıldız 0.737, Çamsan 0.744, Yongapan 0.759, SFC 0.774 izlemiştir. Fabrikalar arasında birim hacim ağırlık bakımından 0.001 hata ihtimaliyle farklılık çıkmamıştır. TS EN-316 (1996)'e göre genel amaçlar için üretilmiş MDF'lerde yoğunluk değerlerinin 0.60 g/cm³'den yüksek olması ön görülmektedir. EMB (Euro MDF Board) endüstri standardına göre genel amaçlı MDF'ler için ön görülen yoğunluk değerleri 0.65-0.80 g/cm³ arasında olmalıdır. Denemeye tabi tutulan fabrikaların levhaları hava kurusu yoğunluk değerleri bakımından her iki standardın ön gördüğü sınır değerlere uyum sağlamaktadır.

24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme değerleri bakımından fabrikalar arasında 0.001 hata ihtimaliyle farklılıklar meydana gelmiştir. Denemeye tabi tutulan levhaların 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme oranı ile ilgili ortalama değerleri, en küçük güvenilir değerleri (EKGD) ve en büyük güvenilir değerleri (EBGD) Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29: 24 Saat Suda Bekletme Sonucu Kalınlığına Şişme Değerleri

Table 29: Values of Thickness Swelling (24 h)

Fabrika Adı Mills	Ortalama Değer Arithmetical Mean (%)	EKGD (%)	EBGD (%)	Standardın Ön Gördüğü Değer Standard Value TS 64-5, 1996
Çamsan	4.220	2.91	5.529	En Fazla % 12
Divapan	2.553	5.143	5.595	
SFC	2.870	1.440	5.595	
Yıldız	6.982	4.962	9.001	
Yongapan	3.607	2.666	4.547	

Tablo 29'da görüldüğü gibi en düşük şişme değerleri % 2.87 ile SFC fabrikasından elde edilirken, en yüksek şişme değerlerini % 6.98 ile Yıldız fabrikası vermiştir. TS 64-5 (1996)'e göre 24 saat 20 °C sıcaklıktaki su içerisinde bırakılmış olan 12 ila 19 mm arası kalınlıklardaki kuru yöntemle üretilmiş MDF levhaların kalınlığına şişme değerinin en fazla % 12 olması ön görülürken, EMB'ye göre ise bu değer maksimum % 7 olması gerekmektedir. Her bir fabrikaya ait levhaların 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme değerleri TS 64-5 ve EMB endüstri standardının ön gördüğü maksimum değerlerden düşük çıkmışlardır.

MDF'lerde kalınlığına şişmeyi azaltmak amacıyla hidrofobik maddeler kullanılabilir. Günümüzde bu maksatla tam kuru lif ağırlığına oranla yaklaşık % 1 oranında parafin kullanılmaktadır. Parafin oranının artırılması lifler arasındaki yapışmayı olumsuz yönde etkilediğinden belirli sınırlar içerisinde kullanılmalıdır (AKBULUT 2001).

Su içerisine daldırılan veya su ile temas eden levhaların belli süreler içerisinde aldıkları suyun minimum düzeyde olması arzu edilir. 24 saat suda bekletme sonucu su alma oranları ilgili değerler Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30: 24 Saat Suda Bekletme Sonucu Su Alma Değerleri

Table 30: Values of Water Absorption (24 h) Relating to Mills

Fabrika Adı Mills	Ortalama Değer Arithmetical Mean (%)	EKGD (%)	EBGD (%)	Standartın Ön Gördüğü Değer Standard Value TS 3640, 1981
Çamsan	7.640	4.204	11.075	En Fazla % 40
Divapan	17.444	9.345	33.953	
SFC	10.232	6.166	14.297	
Yıldız	27.700	17.184	38.215	
Yongapan	11.321	9.4	13.241	

Tablo 30'da görüldüğü üzere 24 saat suda bekletme sonucu su alma oranı ortalama değerleri Çamsan fabrikasında % 7.640 ile en düşük değeri verirken bunu sırasıyla SFC (% 10.23), Yongapan (% 11.32), Divapan (% 17.44) ve Yıldız fabrikası (% 27.70) izlemiştir. TS EN ve EMB standartlarında liflevhaların su alma oranı ile ilgili bir değer verilmemiştir. Her bir fabrikanın levhalarının 24 saat suda bekletme sonucu su alma oranları standardın ön gördüğü max % 40'ın altında çıkmıştır.

Liflevhaların su alması ve kalınlığına şişmesi doğrudan doğruya üretimdeki değişkenlerle ve kullanılan hammaddelerle ilgili bulunmaktadır. Su alma oranı genel olarak, odun türü, lif boyutları, kabuk oranı, levhanın yoğunluğu, tutkal tipi, miktarı, katkı maddelerinin tipi ve miktarı ile pres süresi, basıncı ve sıcaklığı gibi presleme şartlarına bağlıdır.

Yüzey emiciliği ile ilgili değerler Tablo 31'de verilmiştir. TS 64-5 ve EMB endüstri standardına göre genel amaçlı MDF'lerde bütün kalınlık sınıfları için yüzey emiciliği testinde akış uzunluğu minimum 150 mm olmalıdır.

Tablo 31: Yüzey Absorpsiyonu Değerleri

Table 31: Values of Surface Absorption Relating to Mills

Fabrika Adı Mills	Ortalama Değer Arithmetical Mean (mm)	EKGD (mm)	EBGD (mm)	Standartın Ön Gördüğü Değer Standard Value TS 64-5, 1996
Çamsan	310.26	295.188	325.331	En Az 150 mm
Divapan	395.033	319.946	470.119	
SFC	288.700	73.774	503.626	
Yıldız	242.566	98.485	386.646	
Yongapan	274.183	227.417	320.948	

Her bir fabrikanın test edilen levhalarının ortalama yüzey emiciliği değerleri standartın ön gördüğü minimum değerden (150 mm) yüksek çıkmıştır. Ancak, SFC ve Yıldız fabrikalarının EKGD'leri 150 mm'nin altında çıktığı ve değişim genişliğinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum üretim sırasında odun hammaddesi kullanımı bakımından iyi bir homojenlik sağlanmadığını göstermektedir. Divapan fabrikası 392.70 mm ile en uzun toluen akma mesafesine sahip olurken, Yıldız fabrikası 242.56 mm ile en kısa mesafeye sahiptir.

Yüzey emiciliği levhanın yüzey pürüzlülüğüne, ağaç türüne, presleme şartlarına (pres basıncı, sıcaklığı ve süresi) kullanılan kimyasal madde tip ve miktarlarına bağlıdır.

Tablo 32'de eğilme direnci ile ilgili değerler verilmiş olup, 12-19 mm arası kalınlıktaki MDF'ler için TS 64-5 standartının ön gördüğü minimum değer 20 N/mm²'dir. EMB'ye göre ise bu değer minimum 30 N/mm² olması gerekmektedir.

Tablo 32: Fabrikalara Ait Eğilme Direnci Değerleri

Table 32: Values of Bending Strength Relating to Mills

Fabrika Adı Mills	Ortalama Değer Arithmetical Mean (N/mm ²)	EKGD (N/mm ²)	EBGD (N/mm ²)	Standartın Ön Gördüğü Değer Standard Value TS 64-5, 1996
Çamsan	34.330	21.640	47.019	En Az 20 N/mm ²
Divapan	45.758	38.114	53.401	
SFC	38.881	27.871	49.890	
Yıldız	32.316	27.873	36.758	
Yongapan	39.439	32.794	46.083	

Tablo 32'de görüldüğü gibi eğilme direnci bakımından fabrikalar arasında Divapan fabrikası 45.75 N/mm² ile en yüksek değeri verirken, Yıldız fabrikası 32.31 N/mm² ile en düşük değeri vermiştir. Ayrıca, her bir fabrikanın ürünlerinin eğilme direnci EKGD'leri TS 64-5 standartının ön gördüğü minimum 20 N/mm²'den yüksek çıkmıştır.

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 elastiklik bölgesindeki direncini ifade etmekte olup, eğilme direncini etkileyen faktörler elastikiyet modülünü de paralel şekilde etkilemektedir. Elastikiyet modülü arttıkça levhanın elastik bölgesindeki direnci de yüksek olmaktadır.

Tablo 33'de görüldüğü üzere levhaların eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerleri, 12-19 mm arası kalınlıktaki levhalar için TS 64-5 standardının ön gördüğü minimum 2200 N/mm²den yüksek çıkmışlardır.

Tablo 33: Eğilmede Elastikiyet Modülü Değerleri

Table 33: Values of of Modulus of Elasticity Relating to Mills

Fabrika Adı Mills	Ortalama Değer Arithmetical Mean (N/mm ²)	EKGD (N/mm ²)	EBGD (N/mm ²)	Standardın Ön Gördüğü Değer Standard Value TS 64-5, 1996
Çamsan	3157.405	2592.763	3722.047	En Az 2200 N/mm ²
Divapan	3796.066	5012.243	2579.889	
SFC	3441.893	2568.263	4315.523	
Yıldız	2934.033	2479.71	3388.356	
Yongapan	3442.409	2910.193	3974.625	

Eğilmede elastikiyet modülü değerleri de eğilme direncinde olduğu gibi en yüksek Divapan fabrikasında (3796.06 N/mm²) tespit edilmiş, bunu sırasıyla Yongapan (3442.41 N/mm²), SFC (3441.89 N/mm²), Çamsan (3157.41 N/mm²) ve Yıldız (2934.03 N/mm²) fabrikaları izlemiştir. Ayrıca EMB endüstri standardına göre de genel amaçlı MDF'ler için bu direnç değeri minimum 2500 N/mm² olmalıdır. Levhaların elastikiyet modülü EKGD'leri TS 64-5'in öngördüğü minimum 2200 N/mm² değerinin üzerinde çıkmıştır.

Divapan fabrikası levhalarının yoğunluğu, Yıldız fabrikasından daha düşük olmasına karşın Tablo 32 ve 33'de görüldüğü üzere eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedenleri olarak levha üretiminde düşük yoğunluklu türlerin kullanılarak kolayca sıkıştırılabilmeleridir. Sıkıştırma faktörü (levha yoğunluğu/ağaç türünün tam kuru yoğunluğu) MDF, yongalevha, OSB gibi levha ürünleri için önemli bir değer olup, düşük olması durumunda presleme sırasında lifler birbirine yeteri kadar yaklaşmamakta, yüksek olması halinde ise odun liflerinin yapısının bozulmasına sebep olduğundan istenmemektedir. MDF üretiminde yoğunluğu yüksek olan türlerin (Örnek olarak Meşe 0.69 g/cm³ ve Gürgen 0.83 g/cm³) sıkıştırılma oranları düşük olacağı için yeterli dirençte levha elde edilemez. Sıkıştırılma oranınının 750-800 kg/m³ yoğunluklardaki levhalar için yaklaşık 1.4-1.5 olması uygun bulunmaktadır. Bu değerinin 1'den büyük olması tercih edilir. Sıkıştırma oranınının artmasıyla levhanın yüzey yoğunluğu artarak özellikle eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü yükselmektedir.

Ayrıca levhanın yoğunluk profili de onun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkiye sahiptir. Meşe, Kayın, Çam ve bunların karışımlarından aynı yoğunluklara sahip levha elde edilmek istendiğinde Çam liflerinden oluşturulan taslağa Meşe ve Kayına göre daha yüksek sıkıştırma oranı uygulandığından yüzeydeki lifler daha yoğun ve sıkı bir yüzey tabakası oluşturmakta ve eğilme direnci ile elastikiyet modülü yüksek olmaktadır.

Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci levhanın ayrılma ya da yarılmaya karşı olan direncini ifade eder. Yüksek yüzeye dik çekme direnci mobilya ve aksesuar üretimi için ve

özellikle levhaların mekanik araçlarla kenarlarının birleştirilmesinde çok önemlidir. Aynı zamanda tutkalın yapışma dayanımı hakkında bilgi verir.

Tablo 34'de levha yüzeyine dik yönde çekme direnci ile ilgili değerler verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi yüzeye dik yönde çekme direnci ortalama değerleri, 12-19 mm arası kalınlıklardaki levhalar için TS 64-5 standardının ön gördüğü minimum 0.55 N/mm²'den yüksek çıkmışlardır. EMB endüstri standardına göre ise bu direnç değeri minimum 0.60 N/mm² olmalıdır. Ancak, bütün fabrikaların levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci EKGD'leri her iki standardın ön gördüğü minimum değerlerin altında çıkmıştır. Bu durum tutkallamanın ve/veya presleme şartlarının üretim süreci içerisinde aynı şekilde sürdürülemediğini ifade etmektedir.

Tablo 34: Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci Değerleri

Table 34: Values of Internal Bond Relating to Mills

Fabrika Adı Mills	Ortalama Değer Arithmetical Mean (N/mm ²)	EKGD (N/mm ²)	EBGD (N/mm ²)	Standardın Ön Gördüğü Değer Standard Value TS 64-5, 1996
Çamsan	0.749	0.180	1.318	En Az 0.55 N/mm ²
Divapan	0.717	0.214	1.220	
SFC	0.627	0.168	1.085	
Yıldız	0.760	0.339	1.180	
Yongapan	0.733	0.321	1.498	

Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci bakımından Yıldız fabrikasının levhaları 0.760 N/mm² ile en yüksek ortalama değeri verirken, SFC fabrikası 0.627 N/mm² ile en düşük değeri vermiştir.

Denemelere tabi tutulan fabrikaların levha yüzeyine dik yönde çekme direnci değerleri birbirine yakın değerler vermişlerdir. Sıcak preste taslağın orta bölgesindeki tutkalın sertleşmesi için Üre-formaldehit tutkalı için sıcaklığın en az 100 °C olması gerekmektedir. Pres sıcaklığı yetersiz olduğu takdirde taslağın orta bölgesindeki tutkalın sertleşmesi için yeterli sıcaklık sağlanamayacak, liflerin birbirleriyle sıkı bir şekilde bağlanması gerçekleşmeyecek ve böylece yapışma dayanımı düşük olacaktır. Bu sakıncayı engellemek için pres süresini uzatmak gerekmektedir ki bu da üretime ilave bir maliyet getirmektedir.

Aynı ortalama yoğunluğa sahip olan levhalarda, yüzey yoğunluğunun yüksek orta tabaka yoğunluğunun düşük olması eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünü artırırken, levha yüzeyine dik yönde çekme direncini düşürmektedir. Şayet yüzey yoğunluğu ile orta tabaka yoğunluk farkı az ise eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü biraz düşük olacak fakat levha yüzeyine dik yönde çekme direnci daha yüksek çıkacaktır.

Tutkallama tekniğindeki gelişmelerle birlikte levhaların vida ile birleştirilmesi kısmen önemini kaybetmektedir. Fakat, marangozlukta, prefabrike konutlarda, yapı elemanlarında MDF'nin vida ile tutturulması halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. MDF'lerde vida tutma gücü vidanın boyutlarına, levhanın özelliklerine ve vidayı çıkarmak için uygulanan kuvvetin hızına bağlı bulunmaktadır.

Tablo 35 ve 36'da levha yüzeyine dik ve paralel yönlerde vida tutma güçleri ile ilgili değerler verilmiştir. TS 64-5 standardında genel amaçlı lif levhaların vida tutma gücüne ilişkin bir

değer verilmemiştir. EMB endüstri standardında ise genel amaçlı 18 mm kalınlığındaki MDF'ler için vida tutma gücü yüzeyden minimum 1000 N, kenardan ise 850 N olarak verilmiştir.

Tablo 35: Levha Yüzeyine Dik Yönde Vida Tutma Gücü Değerleri

Table 35: Values of Screw Holding Power (Surface) Relating to Mills

Fabrika Adı Mills	Ortalama Değer Arithmetical Mean (N)	EKGD (N)	EBGD (N)	Standartın Ön Gördüğü Değer Standard Value EMB, 1993
Çamsan	868.80	545.03	1192.57	En Az 1000 N
Divapan	1013.10	844.50	1181.70	
SFC	1035.51	787.45	1283.57	
Yıldız	958.36	555.80	1360.92	
Yongapan	901.80	718.09	1085.51	

Tablo 36: Levha Yüzeyine Paralel Yönde Vida Tutma Gücü Değerleri

Table 36: Values of Screw Holding Power (Edge) Relating to Mills

Fabrika Adı Mills	Ortalama Değer Arithmetical Mean (N)	EKGD (N)	EBGD (N)	Standartın Ön Gördüğü Değer Standard Value EMB, 1993
Çamsan	723.86	439.96	1007.76	En Az 850 N
Divapan	680.63	481.40	879.86	
SFC	721.50	599.98	843.02	
Yıldız	826.86	495.25	1158.48	
Yongapan	683.66	545.94	821.38	

Fabrikalar arasında yüzeye dik yönde vida tutma direnci bakımından Divapan ve SFC fabrikalarının ortalama değerleri standardın üzerinde bir değer verirken diğer fabrikaların levhaları standardın altında kalmıştır. Kenardan vida tutma gücü bakımından ise denemelere tabi tutulan bütün fabrikalara ait levhalar standardın ön gördüğü minimum değerinin altında değer vermişlerdir.

Ayrıca bütün fabrikalara ait levhaların hem levha yüzeyinden hem de kenarından vida tutma gücü EKGD'leri, EMB standardının ön gördüğü minimum değerden düşük çıkmıştır. Kenardan vida tutma gücü bakımından EMB endüstri standardına göre söz konusu fabrikalara ait levhalar standarda uygun bulunmamaktadır.

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

Sıkıştırma faktörü artırıldığında levhanın yüzey yoğunluğu artmakta ve vidayı çıkarmaya çalışan kuvvete karşı gösterdiği güç artmaktadır. Levhanın yüzey yoğunluğunu arttırmak da

yüzeyden vida tutma gücünü yükseltmektedir. Bu amaçla taslak yüzeyine sıcak prese girmeden önce su buharı pülverize ederek veya uygun bir pres diyagramı kullanılarak arttırılabilmektedir. MDF'nin vida tutma gücü MDF özelliklerine bağlı olduğu kadar vidayı çıkarmak için uygulanan kuvvetin hızına, yönüne, vida eksenini ile çekme kuvveti eksenini arasındaki açıya, vidanın levhaya kolayca girmesi için levhada önceden açılan deliğin çapına, derinliğine, vidanın çapına ve tipine bağlıdır.

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MDF BOARDS MANUFACTURED IN TURKEY

Prof.Dr. Yener GÖKER
Doç.Dr. Turgay AKBULUT
Ar.Gör. Nadir AYRILMIŞ

Abstract

This study evaluates and compares some technological properties of Medium Density Fiberboards (MDF) made of softwood and hardwood mixture furnishes manufactured in five mills located in Turkey. Tests were made on specimens conditioned at 20 ± 2 °C and 65 ± 5 percent relative humidity. Analysis of variance and multiple-range test (Duncan) were carried out to evaluate test results. According to the results of this research, except for screw holding, generally the other technological properties of panels manufactured in the five mills were more than minimum standard values of TS EN 64-5 and EMB industrial standard.

Keywords: MDF boards, Physical properties, Mechanical properties.

1.INTRODUCTION

MDF (Medium Density Fiberboard) is a dry formed panel product manufactured from lignocellulosic fibers combined with a synthetic resin or other suitable binder (WINISTORFER / YOUNG 1996). Although MDF is a relatively new product in Turkey, its production has been increasing in recent years. Today, there are six MDF plants in Turkey with a total capacity of 720.000 m³/year (YAMAN 2002).

In recent years, great changes have taken place in the MDF industry. Production of MDF products has increased dramatically. MDF is used extensively in factory-assembled and ready-to-assemble furniture, as well as cabinets, underlayment, drawer fronts, molding, and counter tops. MDF is also replacing thin plywood and wet-process hardboard in the production of molded and flush door-skins (KRZYSIK *ve ark.* 1999).

2. MATERIALS AND METHODS

Commercially MDF panels, size of 2800 by 2100 by 18 mm, made from softwood and hardwood mixtures using urea-formaldehyde resin, a total of 15 panels, 3 for each mill, were tested in Istanbul University, Forestry Faculty, Forest Products Laboratory.

Specimens were taken from experimental panels based on European Norm 326-1, 1996 (TS EN 326-1). Each panel was divided into two panel piece of bigger than 800 mm by 1600 mm. After that, test specimens were cut from this piece of panel according to the above standard.

Dimension of the specimens, number of the specimens and standard numbers used in the test are as follows;

<u>Tests</u>	<u>Dimension of Specimen</u>	<u>Number of Sample</u>	<u>Standard Number</u>
Air Dry Density	50 x 50 x 18	30	TS EN 323 (1996)
Thickness Swelling (24 hr)	50 x 50 x 18	30	TS EN 317 (1996)
Water Absorption (24 hr)	50 x 50 x 18	30	ISO 819 (1975)
Surface Absorption	10 x 300 x 18	30	TS EN 382-1 (1999)
Bending strength	50 x 410 x 18	30	TS EN 310 (1996)
Modulus of elasticity	50 x 410 x 18	30	TS EN 310 (1996)
Internal Bond Strength	50 x 50 x 18	30	TS EN 319 (1996)
Screw holding power	50 x 50 x 18	30	TS EN 320 (1999)

Tests were made on specimens conditioned at $20 \pm 2^\circ\text{C}$ and 65 ± 5 percent relative humidity. Analysis of variance and multiple-range test (Duncan) were carried out to evaluate test results.

Measuring and weighing of test specimens were done according to TS EN 325 (1996). For this purpose, thickness of specimens were measured with a digital micrometer (sensitive to 0.01 mm), lengths were measured with a digital compass (sensitive to 0.01 mm) and, weights were weighed with a digital scale (sensitive to 0.01 g.).

3. RESULTS AND CONCLUSIONS

The results (arithmetical means) of the technological properties of the panels manufactured in each mill are as follows;

Table 1: The Arithmetical Means of the Technological Properties of the Panel Manufactured in Each Mill.

Properties	Unit	Mill					Standard Value	
		Çamsan	Divapan	SFC	Yıldız	Yongapan		
Air density	g/cm ³	0.744	0.673	0.774	0.737	0.759	Min. 0.60 g/cm ³	
Thickness swelling (24hr)	%	4.220	2.553	2.870	6.982	3.607	max 12 (TS 64-5)	
Water Absorption (24 hr)	%	7.640	17.444	10.232	27.700	11.321	max 40 (TS 3640)	
Surface absorption	mm	310.216	395.033	288.700	242.566	274.183	min 150 (EMB)	
Bending strength	N/mm ²	34.330	45.758	38.881	32.316	39.439	min 20 (TS 64-5)	
Modulus of elasticity	N/mm ²	3157.405	3796.066	3441.893	2934.033	3442.409	min 2200 (TS 64-5)	
Internal Bond	N/mm ²	0.749	0.717	0.627	0.760	0.733	min 0.55 (TS 64-5)	
Screw holding power	N	868.80	1013.10	1035.51	958.36	901.80	min 1000 (EMB)	
		Surface	723.86	680.633	721.50	826.86		683.66
		Edge						

According to the results of this research, except for screw holding power, generally the other physical and mechanical properties of panels manufactured in the five mills were more than minimum standard values of TS EN 64-5 and EMB industrial standard.

Compression ratio has a strong effect on the physical and mechanical properties of MDF. It is described as ratio of the panel density to wood density. High density wood will generally

result in higher bulk density of the fiber furnish and the mat and, at a given panel density, in a lower compression ratio. High compression ratios obtained with low wood density promote more intimate contact between fibers, which increase screw holding power. Besides, density profile especially affects bending properties and screw holding power. At the same time, the amount of resin and panel density can be increased for more screw holding power.

KAYNAKLAR

- AKBULUT, T., 1999: Dünya’da ve Türkiye’de MDF Endüstrisinin Genel Durumu, Laminart, Mobilya & Dekorasyon & Sanat & Tasarım Dergisi, Ağustos-Eylül, Sayı 3.
- AKBULUT, T., 2001: Liflevha Endüstrisi, Ders Notları, İ.Ü. Orman Fakültesi, (Basılmamıştır).
- EURO MDF BOARD, 1993: A Users Manuel, Germany.
- ISO 819, 1975: Fibre building Boards- Determination of Thickness Swelling and Water Absorption, International Standardization Organization.
- KALIPSIZ, A. 1988: İstatistik Yöntemler, Fakülte No:394, Rektörlük No:3522, İstanbul.
- KRZYSIK, A.M, YOUNGQUIST, J.A., FRANCA, F.S., 1999: Medium Density Fiberboards From Plantation-Grown Eucalyptus saligna. Proceedings of International Conference on Effective Utilization of Plantation Timber-Timber and Wood Composites for Next Century, Page:156-160, Chi-Tou, Taiwan.
- TS EN-64-5, 1999: Liflevhalar-Özellikler Bölüm 5: Kuru İşlem Levhalarının (MDF) Özellikleri, Ankara.
- TS EN 310, 1996: Ahşap Esaslı Levhaların Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 316, 1996: Odun Lif Levhalar-Tarifler, Sınıflandırma ve Semboller, TSE, Ankara.
- TS EN 317, 1996: Yongalevhalar ve Liflevhalar; Suya Yatırıldıktan Sonra Kalınlığına Şişme Tayini, TSE Ankara.
- TS EN 319, 1996: Yongalevhalar ve Liflevhalar; Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Mukavemetinin Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 320, 1999: Lif-Levhalar-Vida Tutma Kabiliyetinin (Mukavemetinin) Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 323, 1996: Ahşap Esaslı Levhalar; Yoğunluk Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 325, 1996: Ahşap Esaslı Levhalar; Deneysel Numunesinin Boyutlarının Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 326-1, 1996: Ahşap Esaslı Levhalar-Deneysel Numunesi, Kesimi ve Muayenesi-Bölüm 1: Deneysel Numunesinin Kesilmesi ve Deneysel Sonuçlarının Gösterilmesi, TSE, Ankara.
- TS EN 382-1, 1999: Lif Levhalar-Yüzey Absorpsiyonu Tayini Bölüm 1: Kuru Metotla Üretilen Lif Levhalarda Deneysel Metodu, TSE, Ankara.
- WINISTORFER P.M., YOUNG, T.M., 1996: Modeling And Comparing Vertical Density Profiles, Wood and Fiber Science, Volume: 28 (1), Page: 133-141, USA.
- YAMAN, A., 2002: Laminart, Mobilya, Dekorasyon, Sanat ve Tasarım Dergisi, Şubat-Mart , Sayı 18, Sayfa 92-107, İstanbul.