

## MONTAJA HAZIR MOBİLYA BİRLEŞTİRMELERİNİN PERFORMANSLARI

Ergün GÜNTEKİN

S.D.Ü. Orman Fakültesi, Orm. End. Müh. Bölümü, Isparta  
Tel: (246) 2113134, Fax: (246) 2371810, E-mail: eguntekin@orman.sdu.edu.tr

### ÖZET

*Montaja hazır mobilyalar için çok çeşitli bağlantı elemanları geliştirilmiştir. Bu bağlantı elemanlarının çokluğuna karşı mekanik performansları hakkında herhangi bir bilgi mevcut değildir. Bu çalışmada montaja hazır mobilya birleştirmelerinin performans özellikleri araştırılmıştır. Bunun için 18 mm kalınlıktaki MDF ve yongalevhalardan mekanik bağlantı elemanları ve kavela kullanılarak köşe birleştirme örnekleri hazırlanmıştır. Herbir köşe birleştirmesi için bir bağlantı elemanı kullanılmıştır. Köşe birleştirmeleri üniversal test makinasında basınç (kapanma) testine tabi tutularak moment-rotasyon diagramları oluşturulmuştur. Moment-rotasyon diagramları kullanılarak birleştirmelerin esnekliği ve direnci hesaplanmıştır. Araştırma sonuçları mekanik bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmelerin kavela ile yapılan birleştirmelere göre daha az dirençli ve daha esnek olduklarını ve malzeme ve bağlantı elemanı tipinin esneklik ve direnci etkilediğini göstermiştir. Bu çalışma montaja hazır mobilya üreticileri ve tasarımcıları için birleştirmeler hakkında bir fikir vermesi açısından önemlidir.*

**Anahtar Kelimeler:** Montaja Hazır Mobilya, Birleştirmeler, Performans.

### PERFORMANCE OF READY-TO-ASSEMBLE (RTA) FURNITURE JOINTS

#### ABSTRACT

*A variety of fasteners have been developed for use in the construction of ready-to-assemble (RTA) furniture. Despite their widespread use, information is lacking concerning mechanical performance of these fasteners. In this study, short-term performance of mechanical fasteners for RTA furniture was evaluated. Both particleboard and medium density fiberboard (MDF) were utilized to construct joint specimens using four types of mechanical fasteners that are specifically designed for RTA furniture. Traditional wooden dowels were also included in the study. Joint specimens were tested in compression to compare and evaluate the strength and stiffness. Results indicated that most of the mechanical fasteners have less strength and stiffness properties than glued-dowels. Material and fastener types have significant effects on the stiffness and strength of the joints. The results of this study*

*can help furniture designers and manufacturers in the design phase of RTA furniture development to choose suitable types of fasteners to meet expected service requirements or conditions.*

**Keywords:** RTA-Furniture, Joints, Performance.

## 1.GİRİŞ

Montaja hazır mobilya adından da anlaşıldığı gibi özel olarak tasarlanmış ve üretilmiş, bir ambalaj içinde satılan ve alıcı tarafından montajı yapılan mobilyadır. Mobilyanın bu şekilde satılması üreticinin montaj ve nakliye masraflarını düşürmektedir. Üretiminde kullanılan malzemelerdeki gelişmeler, yeni üretim teknikleri, yeni bağlantı elemanları, güncelleştirilen sitili montaja hazır mobilyayı günümüz mobilya sektörünün bir parçası olma yolunda ilerletmektedir.

Montaja hazır mobilya sektörü özellikle 1980 li yıllarda dünya mobilya pazarının en hızlı gelişen bir kolu olduğu düşünülmüştür (Sinclair vd. 1990). Bazı avrupa ülkelerinde mobilya satışlarının % 20 ile % 40'ı arasında montaja hazır mobilya oluşturmaktadır. ABD de bu oran % 12 civarındadır (Sinclair vd. 1990). ABD de montaja hazır mobilya satışları 1998 de 2.1 milyar dolarlık bir ciroya sahiptir ve bu miktarın her geçen yıl arttığı düşünülmektedir (McGuire 1999).

Montaja hazır mobilya da kullanılmak üzere çok sayıda bağlantı elemanı geliştirilmiş ve halende kullanılmaktadır. Çok geniş kullanım alanı bulunmasına rağmen bu bağlantı elemanlarının performans özellikleri bilinmemektedir. Bu performans özellikleri bu tür mobilyaların rasyonel bir şekilde tasarlanması için gereklidir.

Bu çalışmanın esas amacı montaja hazır mobilya birleştirmelerinin performans özelliklerini araştırmaktır. Ayrıca kullanılan malzeme ve bağlantı elemanı türünün birleştirmelerin performansı üzerine etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu çalışmada bu tür birleştirmeler yongalevha (YL) ve orta yoğunlukta liflevha (MDF) kullanılarak mekanik bağlantı elemanları ve kavela ile hazırlanmıştır.

## 2.MATERYAL ve YÖNTEM

### 2.1. Malzemeler

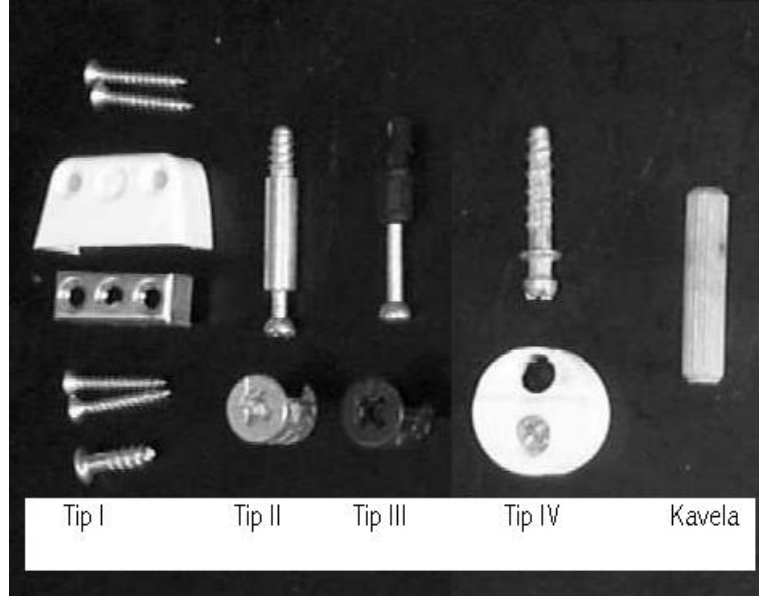
Deneylerde kullanılan YL ve MDF'nin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ASTM D 1037 (ASTM 1998) standartında belirtilen esaslara göre

## MONTAJA HAZIR MOBİLYA BİRLEŞTİRMELERİNİN PERFORMANSLARI

saptanmıştır. Deney örnekleri teste tabi tutulmadan önce % 65 ± 5 nisbi rutubet ve 20 ±3 °C'ta bir hafta süreyle bekletilmiştir.

### 2.2. Bağlantı Elemanları

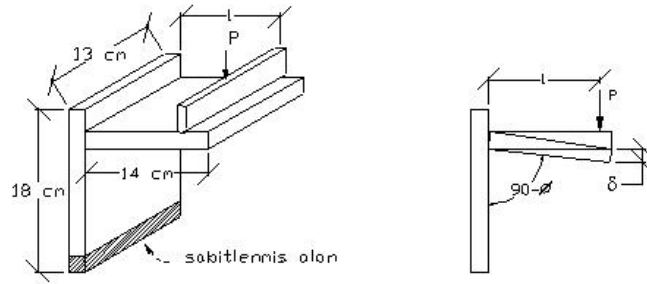
Bu çalışmada kullanılan bağlantı elemanları Şekil 1'de gösterilmiştir. Herbir birleştirme bir bağlantı elemanı veya ahşap kavela ile birleştirilmiş yüz ve kenar olmak üzere iki elemandan oluşmaktadır. Yüz elemanının ebatları 18 x 13 cm'dir, kenar elemanının ebatları ise 14 x 13 cm dir (Şekil 2). Tip I bağlantı elemanları (trapez) plastik ve metal olmak üzere iki yuva ve beş adet vidadan oluşmaktadır. Tip II bağlantı elemanları (minifix) bir metal yuva ve bir soket vidadan oluşmaktadır. Tip III bağlantı elemanları (minifix) Tip II ile benzerlik gösterir. Tip III'te soket vidanın uç kısmı plastiktir. Tip IV bağlantı elemanları (blum) bir plastik yuva ve bir metal vidadan oluşmaktadır. Bu bağlantı elemanlarının diğerlerinden farkı metal vidanın birleştirmenin kenar elemanının kenarına giriyor olmasıdır. Kavelalı birleştirmelerde kavelalar kayın odunundan (*American beech*) yapılmış olup PVA tipi tutkal kullanılmıştır.



Şekil 1. Bağlantı Elemanları

### 2.3. Performans Deneyleri

Bu tip birleştirmelerin performanslarının belirlenmesinde standart bir yöntem olmadığı için Şekil 2'de görülen test düzeneği hazırlanmıştır. Bu düzende birleştirmenin yüz elemanı test makinasının üzerine sabitlenmiş bir mengeneye sıkıştırılmış, kenar elemanının uç kısmına ise yük uygulanmıştır. Yükleme birleştirmenin gösterdiği dirençte büyük bir düşüş olana kadar devam etmiştir. Bu tür bir deney düzeneği sayesinde ikinci bir yükleme tipine gerek yoktur. Yüklemenin yönünün aşağıdan yukarıya doğru uygulanması Tip I birleştiriciler dışında aynı miktarda rotasyona sebep olacaktır.



**Şekil 2.** Birleştirmelerin Genel Görünümü ve Yükleme Şekli.

Köşe birleştirmelerinde direnç yükleme sırasında elde edilen en yüksek momenttir ( $M_{max}$ ). Köşe birleştirmelerinin elastikiyeti birleştirmenin kenar elemanına etki eden momentin ( $M$ ) bu moment sonucu birleştirme elemanları arasında oluşan rotasyona ( $\phi$ ) oranı olarak tanımlanabilir. Birleştirmede oluşan moment ( $M$ ) birleştirmeye etki eden yükün ( $P$ ) ve yükün birleşme noktasına uzaklığının ( $l$ ) bir fonksiyonudur ve şu şekilde ifade edilebilir.

## MONTAJA HAZIR MOBİLYA BİRLEŞTİRMELERİNİN PERFORMANSLARI

$M = Pl$ . Böylece birleştirmenin esnekliği şu şekilde ifade edilebilir.

$$k = \frac{Pl}{\phi} = \frac{M}{\phi}$$

Burada;

$k$  = birleştirmenin esnekliği (Newton-metre/radyan),

$Pl = M$  = eğilme direnci (Newton-metre),

$\phi$  = açılma defleksiyon veya rotasyon (radyan).

### 3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

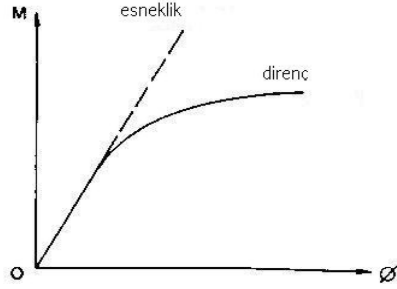
Bu çalışmada kullanılan kompozit malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere MDF'nin mekanik özellikleri YL'ya göre daha yüksektir, bu MDF'nin daha yüksek özgül ağırlıkta olmasından kaynaklanabilir. Kullanılan kompozit malzemeler istenilen denge rutubetinden daha düşük bir rutubete ulaşmıştır. Bunun sebebi kullanılan tutkal ve bu malzemelerin üretim sırasında maruz kaldığı yüksek sıcaklık olabilir.

**Çizelge 1.** Kullanılan Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Malzeme	Özgül ağırlık	Elastikiyet modülü (Mpa)	Eğilme direnci (Mpa)	Rutubet (%)
YL	0.67	1800	14	6.7
MDF	0.75	2500	30	6.0

Bu çalışmada birleştirmelerin performansını tanımlayan esas parametreler direnç ve esneklik tir. Genel olarak bir konstrüksiyondaki birleştirmelerin esnekliği yük altındaki tüm konstrüksiyonun davranışını kontrol etmektedir, bu montaja hazır mobilyalar içinde geçerlidir. Bu çalışmadaki direnç ve esneklik değerleri moment-rotasyon eğrilerinden

çıkarılmıştır. Eğri'nin en üst noktası direnci, eğrinin teğet modülü ise esnekliği temsil etmektedir. (Şekil 3). Birleştirmelerin dirençleri ve esneklikleri Çizelge 2 ve 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Tipik Moment-Rotasyon Eğrisi.

Çizelge 2. Birleştirmelerin Dirençleri

Malzeme	Bağlantı elemanı	N	O.d. Nm	S.s. Nm	Min.d. Nm	Mak.d. Nm	c.v. (%)
MDF	I	5	10.25	0.72	9.47	11.07	7.02
MDF	II	5	7.4	0.74	6.53	8.37	10
MDF	III	5	7.4	0.2	7.06	7.79	2.70
MDF	IV	5	7.8	0.9	6.44	8.79	11.5
MDF	Kavela	5	20.7	1.17	19.15	22.29	5.65
YL	I	5	9.84	0.38	9.27	10.17	3.86
YL	II	5	3.95	0.5	3.3	4.6	12.6
YL	III	5	5.47	0.61	4.84	6.44	11.17
YL	IV	5	4.98	0.49	4.22	5.46	10.75
YL	Kavela	5	17.79	1.39	15.64	19.32	7.81

N = örnek sayısı, O.d. = ortalama direnç, S.s. = standart sapma, Min.d. = minimum direnç, Mak. d.= Maksimum direnç, c.v.= varyasyon katsayısı

MONTAJA HAZIR MOBİLYA BİRLEŞTİRMELERİNİN PERFORMANSLARI

**Çizelge 3.** Birleştirmelerin Esneklikleri.

Malzeme	Bağlantı elemanı	N	O.e. Nm/rad	S.s. Nm/rad	Min. e. Nm/rad	Mak. e. Nm/rad	c.v. (%)
MDF	I	5	69.9	7.5	62.28	79.3	10.7
MDF	II	5	198.2	23.4	175.63	234.7	11.8
MDF	III	5	120.7	14.6	102.81	138	12
MDF	IV	5	142.8	17.3	112.9	155.5	12.1
MDF	Kavela	5	292.1	15.1	271.2	313.5	5.1
YL	I	5	71.3	7.4	63.41	82.2	10.3
YL	II	5	80.1	10.1	69	96.1	12.6
YL	III	5	84.5	12.1	74.7	104.7	14.3
YL	IV	5	68.6	8.8	44.8	65.9	12.8
YL	Kavela	5	268.2	31.1	233.6	305	11.5

N = örnek sayısı, O.e. = ortalama esneklik, S.s. = standart sapma, Min.e. = minimum esneklik, Mak. e.= Maksimum esneklik, c.v.= varyasyon katsayısı

Kullanılan malzemelerin ve bağlantı elemanlarının esneklik ve direnç üzerine etkisini görmek için çoklu varyans analizi kullanılmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre, % 5 hata payı ile, malzeme-bağlantı elemanı etkileşimi önemli çıkmıştır. Bu etkileşimin bulunması malzeme tipinin ve bağlantı elemanı tipinin esneklik ve direnç üzerindeki etkilerini azaltmaktadır. Varyans analizi aynı zamanda malzeme ve bağlantı elemanı tipinin esneklik ve direnç üzerinde % 5 hata payı ile önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Varyasyon katsayılarının küçük olması araştırma sonuçlarını güvenilir yapmaktadır (Çizelge 4 ve 5).

**Çizelge 4.** Direnç Değerleri İçin Varyans Analizi Tablosu.

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr > F
Model	9	1372.06	152.45	240.45	< 0.0001*
Malzeme	1	67.85	67.85	106.92	< 0.0001*
Bağlantı el.	4	1289.66	322.41	508.01	<0.0001*
Mal*Birl	4	14.53	3.63	5.73	0.001*
Hata	40	25.38	0.78		
Toplam	49	1397.44			
	$R^2$	Varyasyon Katsayısı	Ortalama Direnç		
	0.98	8.31	9.57		

\*önemli

**Çizelge 5.** Esneklik Değerleri İçin Varyans Analizi Tablosu

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr > F
Model	9	335176.62	37241.84	132.72	< 0.0001*
Malzeme	1	33548.27	33548.27	119.55	< 0.0001*
Bağlantı el.	4	276651.51	69162.87	246.47	< 0.0001*
Mal*Birl	4	24976.83	6244.20	22.25	< 0.0001*
Hata	40	11224.40	280.61		
Toplam	49	346401.02			
	$R^2$	Varyasyon Katsayısı	Ortalama Esneklik		
	0.96	12.13	138.09		

\* önemli



## MONTAJA HAZIR MOBİLYA BİRLEŞTİRMELERİNİN PERFORMANSLARI

Malzemeler ve bağlantı elemanları arasındaki farkları görmek için Duncan testi uygulanmıştır. Genel olarak MDF ile yapılmış birleştirmeler YL ile yapılmış birleştirmelere göre direnci % 21 ve esnekliği % 31 oranında daha yüksektir. MDF ile yapılmış birleştirmelerde bu yüksek direnç ve esneklik MDF'nin daha yüksek yoğunluğa, elastikiyet modülüne ve vida tutma direncine sahip olmasına bağlı olabilir (Çizelge 6).

Bağlantı elemanları dikkate alındığında kavelalı birleştirmelerin direnci en yüksektir. Bunu Tip I, IV, III, ve II takip eder. Kavelalı birleştirmelerin esnekliğide diğerlerine göre yüksek bulunmuştur. Kavelalı birleştirmeleri Tip II, III ve IV takip etmekle beraber Tip I en esnek birleştirmeye sebep olmuştur (Çizelge 7).

**Çizelge 6.** Malzemeler İçin Duncan Testi Sonuçları.

Değişken	Grup*	Ortalama	Malzeme
Direnç	A	10.74	MDF
	B	8.41	YL
Esneklik	A	164.00	MDF
	B	112.19	YL

\* Aynı karakterle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı değildir.

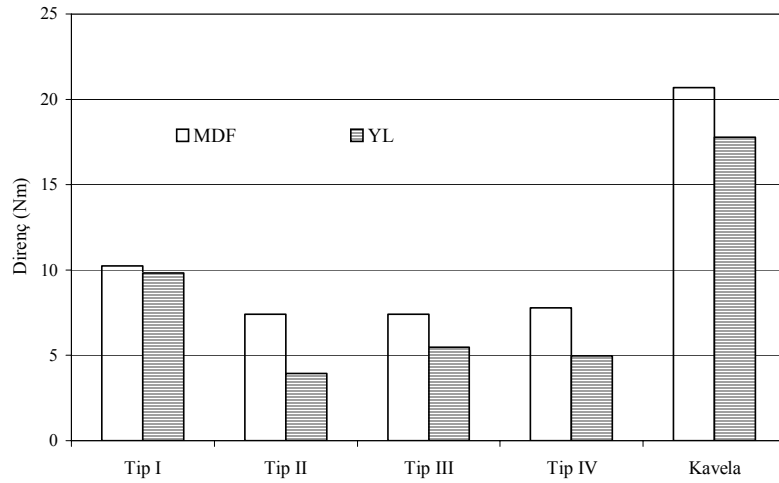
**Çizelge 7.** Bağlantı Elemanları İçin Duncan Testi Sonuçları.

Değişken	Grup*	Ortalama	Bağlantı elemanı
Direnç	A	19.2	Kavela
	B	10.05	Tip I
	C	6.43	Tip IV
	C		
	C	6.43	Tip III
	C		
	C	5.68	Tip II
Esneklik	A	280.22	Kavela
	B	138.13	Tip II
	C	102.67	Tip III
	C		
	C	100.78	Tip IV
	D	68.79	Tip I

\* Aynı karakterle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı değildir.

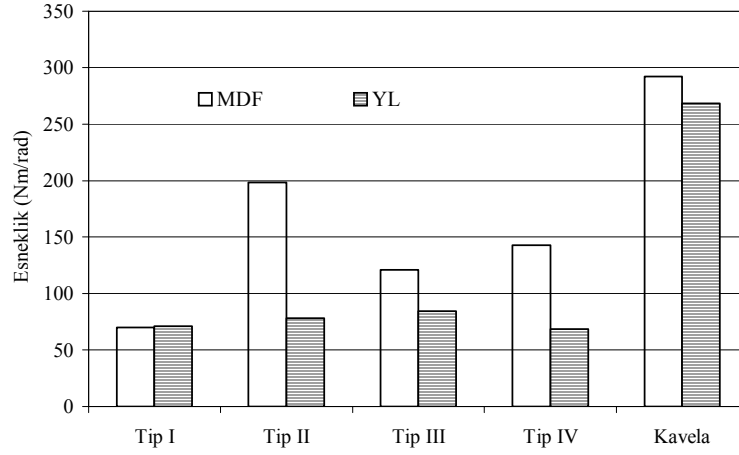
Kavelalı birleştirmeler MDF ile kullanıldığında YL'ya göre daha dirençli (% 14) ve esneklikleri daha yüksektir (Şekil 4). Bunun sebebi MDF 'nin yüksek yoğunluğu olabilir. Aynı zamanda kavela delikleri karşılaştırıldığında MDF'de daha pürüzsüz yüzey söz konusudur. Yüzeyin pürüzsüz olması pürüzlü olanlara göre daha fazla tutkallama alanı sağlamaktadır. Tip I bağlantı elemanlarının YL veya MDF ile kullanılması istatistiksel olarak farklı direnç veya esnekliğe sebep olmamıştır (Şekil 4 ve 5). Bunun sebebi bu bağlantı elemanlarının bir parçasının plastik yapıda olmasından kaynaklanmış olabilir.

Direnç ve esneklikte istatistiksel olarak en büyük fark Tip II, III ve IV bağlantı elemanlarının YL veya MDF ile kullanılmasından çıkmıştır. Vida tutma mukavemeti ilgili çalışmalarda YL ve MDF gibi kompozitlerin kenar vida tutma direncinin yüzey vida tutma direncinin % 75 –80 i oranında olduğu bulunmuştur (McNatt 1986). Bu durum Tip IV bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmelerin esnekliklerinin düşük olmasını açıklayabilir.



Şekil 4. Malzeme ve Bağlantı Elemanı Tipine Göre Birleştirmelerin Direnci.

## MONTAJA HAZIR MOBİLYA BİRLEŞTİRMELERİNİN PERFORMANSLARI



**Şekil 5.** Malzeme ve Bağlantı Elemanı Tipine Göre Birleştirmelerin Esnekliği.

Yapılan araştırma sonuçları literatürdeki araştırmalar ile de karşılaştırılmıştır. Standart test metodunun olmayışı yorum yapmayı zorlaştırmaktadır. Bu araştırmada montaja hazır mobilya birleştirmeleri için bulunan direnç ve esneklik değerleri kavela gibi klasik birleştirmelerin direnç ve esnekliklerinden düşük bulunmuştur. Benzer çalışmada (Zhang ve Eckelman 1993) kavelalı birleştirmelerin yaklaşık olarak aynı dirence sahip olduğu bulunmuştur. Rabiej vd. (Rabiej vd. 1993) tarafından yapılan bir araştırmada MOD-EEZ tipi bağlantı elemanlarının dirençlerinin iki bağlantı elemanı kullanıldığında 27 Nm olduğu bulunmuştur. Bu miktar bu araştırmada kullanılan bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmelerin direncinden yüksektir. Vidalı birleştirmeler için bulunan direnç değerleri vida çapı ve uzunluğuna göre değişmekle beraber 40 Nm ve üzerindedir (Liu ve Eckelman 1999).

Literatürdeki araştırmacıların sadece birleştirmelerin direnç özelliği üzerinde durduğu bir gerçektir, halbuki esneklik değerleri konstrüksiyonlarda analiz ve tasarım için daha önemlidir. Bu araştırma montaja hazır mobilya tasarımcıları ve üreticileri için bağlantı elemanları hakkında fikir vermesi açısından önemli olabilir. Ayrıca bağlantı elemanları hakkında kurulabilecek bir veritabanına katkıda bulunabilir.

**KAYNAKLAR**

- ASTM, Standard Methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. ASTM D 1037 - 98. ASTM, West Conshohocken, Pa., 1998.
- Liu, W.Q. and Eckelman, C.A., Effect of number of fasteners on the strength of corner joints for cases. *Forest Products Journal*, 8(1): 93-95, 1999
- McGuire, Mick, RTA Furniture, Ready-to-assemble or road to claim. In: 33<sup>rd</sup> International Particleboard/ Composite Materials Symposium. M.P. Wollcott, editor. Washington State University, Pullman, Washington. pp. 33-38, 1999.
- McNatt, J. D. Screw-holding, internal bond, and related properties of composite board products for furniture and cabinet manufacture: A survey of literature. *FPS proceedings 47357*: 30-35, 1986.
- Rabiej, R. J., Ramrattan, S. N., and Droll, W. J., Factors Effecting the Load Bearing Capacity of MOD-EEZ Connectors. *Forest Products Journal*. 43(9): 49-57, 1993.
- Sinclair, S. A., Trinkka, M. W., and Luppold, W. G. Ready-to-assemble-furniture: marketing and material use trends. *Forest Products Journal*. 40(3): 35-40, 1990.
- Zhang, J. and Eckelman C. A., The bending moment resistance of single-dowel corner joints in case construction. *Forest Products Journal*, 43(6): 19-24, 1993.