

PETEK DOLGULU LEVHALAR ve FARKLI YAPIM TEKNİKLERİ İLE ÜRETİLMİŞ “L” TİPİ MOBİLYA KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİN MOMENT TAŞIMA KAPASİTELERİ

Yaşar TÜFEKLİ^a, Hasan EFE^b H. Özgür İMİRZİ^c ve H Ayhan RADAVUŞ^d

a, Öğr. Gör., Çukurova Üniversitesi Adana Meslek Yüksekokulu malzeme ve malzeme işlemleri Bölümü, Adana/TÜRKİYE, ytufekli@cu.edu.tr

b, Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçışleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06500 Beşevler / Ankara, e-posta : hasanefe@gazi.edu.tr

c, Yrd. Doç. Dr., Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçışleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06500 Beşevler / Ankara, e-posta : himirzi@gazi.edu.tr

d, Öğr. Gör., Çukurova Üniversitesi Adana Meslek Yüksekokulu malzeme ve malzeme işlemleri Bölümü, Adana/TÜRKİYE, ayhanradavus@cu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, farklı yapım teknikleri ve kağıt petek dolgulu levhalar ile üretilmiş kutu tipi mobilya köşe birleştirmelerin moment taşıma kapasiteleri araştırılmıştır. Deneşlerde 38 mm kalınlığında kağıt petek dolgulu levhalar kullanılarak, “L” tipi olarak üretilmiş kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerde kavela, minifiks, maksifiks, bisküvi ve özel bağlantı birleştirmeleri uygulanmıştır. Deneşlerde ahşap esaslı levha olarak 4 ve 8 mm kalınlığında yonga levha (YL) ve orta yoğunlukta lif levha (MDF) kullanılmıştır. Tutkallı birleştirmelerde polivinilasetat (PVAc) tutkallı kullanılmıştır. Deney örnekleri, kullanım sırasında etkisinde kalabilecekleri kritik yükler göz önüne alınarak statik diyagonal basınç yükü altında test edilmiştir. Deney sonuçlarına göre, MDF ile üretilen bisküvi ve kavelalı deney örnekleri daha fazla moment taşımıştır. Diyagonal basınç deneyi sonuçlarına göre; kutu konstrüksiyonlu mobilya tasarımında ekonomik kriterler de dikkate alınarak malzeme tercihi, MDF ve yongalevha şeklinde yapılmalıdır. Tutkallı birleştirmelerde bisküvi, tukalsız demonte birleştirmelerde ise minifix birleştirme tercih edilmelidir. Konu ile ilgili malzeme ve birleştirmeler farklı varyasyonlar şeklinde denenebilir.

Anahtar Kelimeler : Kutu mobilya, köşe birleştirmeler, petek dolgulu levha

Moment Capacity Of L-Type Furniture Corner Joints Constructed With Different Joints Techniques And Honeycomb Filled Panels

Abstract

In this study, moment capacity of case type furniture corner joints which are produced with different joint techniques and filled paper honeycomb panels with different thicknesses will be investigated. In the tests, among the types of paper honeycomb filled materials; 38 mm thickness, honeycomb panels will be utilized. L-type corner joints constructed with dowel, biscuit, minifix, maxifix and special connections. In the tests, among the types of wood based panel; MDF (Medium Density Fiberboard), particleboard with 4 and 8mm are used. In the joints polivinilasetat (PVAc) adhesive was used as an adhesive. Specimens will be tested under static diagonal compression loads by be thinking the critic loads which can effect while usage. According to the experiment results, biscuit joints and dowel joints produced with MDF carries more loads. According to the test results, in the design of case furniture, considering economic criterion from the point of materials, material choice should be done as MDF and particleboard. Doweled and biscuit joints should be preferred as a joint material. Materials and joints on this subject can be tried in variational types.

Key Words: Case furniture, corner joints, honeycomb filled panels

1. Giriş

Günümüzde kullanılan gelişmiş mobilya teknolojileri ile geleneksel sistemlere alternatif olarak mobilya panelleri üretilebilmektedir. Gelişen teknoloji panel mobilya üretiminde de farklı hammaddelerin kullanılmasını sağlamıştır. Şu anda çoğunlukla kapı yapımında, basınca dayanıklı kraft kâğıtları ile hafif yapılı petek malzemeleri ile oluşturulan petek dolgulu levhalar kullanılmaktadır. Bu malzemeler; mukavemetinin yüksek, hafif ve istenilen kalınlığa kadar üretilmesi, maliyeti düşük vb. gibi özellikleri nedeniyle çok sayıda avantaja sahiptir.

Ahşap ve ahşap esaslı malzemeler, mobilya olgusunun, dolayısı ile mobilya konstrüksiyon tasarımının önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. Mobilya ürününün

oluşumunda yer alan malzemelerin, fiziksel ve mekanik etkilere karşı davranış biçimlerinin önceden bilinmesi, tasarımcı, üretici ve kullanıcılara teknik, estetik ve ekonomik yararlar sağlamaktadır. Gerek tasarım gerekse buna dayalı bilimsel çalışmalarda; malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri ile birleştirmelerinin dirençlerine ait veriler kullanılmaktadır [1].

Bir mobilya tasarlanırken dikkate alınması gereken üç alan vardır. Bunlardan birincisi olan fonksiyonel tasarım, mobilyanın ne işe yarayacağını, mobilyadan beklenen temel yararların ne olduğunun belirlenmesidir. Estetik tasarım ise, ilgili kültürün ya da modanın etkisinde, ayrıca kullanıcı talepleri de dikkate alınarak mobilyada biçim, form, doku, renk, çizgi vb. hususların tasarlanmasını konu alan sanatsal bir çalışmadır. Son tasarım alanı olan mühendislik tasarımı da, mobilyada ergonomik kriterlerin, malzemelerin, yapım tekniklerinin ve üretim teknolojilerinin optimum şekilde belirlenmesi işlemleridir. Mobilya üretiminde genel olarak, kutu, çerçeve ve kombine olmak üzere üç temel konstrüksiyon kullanılmaktadır. Üretiminde tablaların kullanıldığı mobilyalar kutu (panel) tipi, masif çerçevelerin yer aldığı mobilyalar çerçeve (iskelet) tipi, her iki eleman tipinin de kullanıldığı mobilyalar ise kombine konstrüksiyonlu mobilyalar olarak isimlendirilmektedir [1, 2].

Genellikle kutu konstrüksiyonlu sistemlere ait birleştirmelerin test edilmesinde “L” ve “T” tipi elemanlar kullanılmaktadır. Sistemin bağlantı yerleri tabla eksenleri doğrultusunda; çekme, eğilme ve makaslama, tabla köşegenleri doğrultusunda ise burulma yüklerinin etkisinde kalmaktadır. Kutu sistemler kullanım esnasında anılan bu dış etki kuvvetlerinin muhtemel etkilerine direnç gösterebilmelidirler. İstenilen mukavemet ve dayanıklılık ihtiyaçlarını karşılayabilecek uygun mobilya tasarımı, mobilya birleştirmelerinde kullanılan bağlayıcıların tutma dirençlerinin yaklaşık değerlerle önceden bilinmesini tahmin etmeyi gerektirmektedir [3].

Problemin tanımlanması

Gelişen teknoloji panel mobilya sektöründe de farklı ana hammaddelerin kullanılmasına imkan vermiştir. Şu anda çoğunlukla kapı yapımında basınca dayanıklı

kraft kağıtları belli yerlerinden birbirine tutkallayıp çeşitli kalınlıklarda kesildikten sonra, gerdirilince içi boş petek gibi görünen hafif bir dolgu malzemesinden oluşturulan petek dolgulu levhalar kullanılmaktadır. Bu malzeme; mukavemetinin yüksek, hafif, yüzey ve kenarlar pürüzsüz, 60mm kalınlığa kadar üretilmesi, hafif ve kullanım kolaylığının yanında uzun ömürlü olması, maliyeti düşük vb. gibi özellikleri nedeniyle çok sayıda avantaja sahiptir. Petek dolgulu panelin küresel mobilya pazarında giderek yaygın bir kullanıma sahip olacağı düşünülmektedir. Diğer levhalara göre daha az miktarda doğal kaynak tüketimine dayanmakta, diğer üretimlerden artan yonga levhalarında değerlendirilmesi öngörülmektedir.

Hipotez

Ağaç tüketimini azaltmak, iş sağlığı (formaldehit çıkışı vb) ve güvenliğini olumsuz yönde etkileyen mamul ağırlıklarını, malzeme maliyetlerini düşürmek, kullanıcı açısından hafif olması sebebi ile kullanımda kolaylık sağlamak ve kalınlaştırılmış tok görünen ürünler üretmek amacıyla panel mobilya ürünlerinde petek dolgulu levhalar kullanılabilir.

Çalışmanın amaçları

Çalışmanın amacı mobilya endüstrisinde yeni geliştirilmiş petek dolgulu levhaların kutu mobilya köşe birleştirmelerindeki moment taşıma kapasiteleri hakkında sayısal veriler elde etmektir. Bu yeni geliştirilmiş kompozit malzemeler hakkında deneysel çalışmaların yapılması bilimsel açıdan sayısal verilerin elde edilmesini sağlayacaktır. Bu malzemelerin kullanılmasıyla mobilyalarda önemli oranda ağırlık azalmasına meydana gelecektir. Petek kompozit levhaların, halen kullanılan levhalar ile mekanik testlerinin karşılaştırılması gerekmektedir.

Çalışmanın kapsam ve yöntemi

1. Deneylede kullanılan malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi;

a) Yoğunluk tayini,

b) Levha yüzeyine dik eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi,

2. L-Tipi birleştirmelerde diyagonal basınç deneyi,

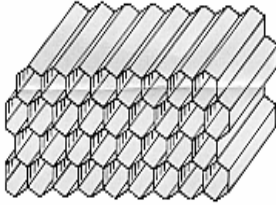
Deneyleerde, 2 ahşap esaslı levha (MDF, YL), 2 çerçeve malzemesi (MDF, YL), 2 farklı dış katman kalınlığı (4, ve 8 mm), 5 adet birleştirme çeşidi (kavelalı, minifiks, maksifiks, bisküvi ve özel bağlantı elemanı) ve 5 adet yineleme olacak şekilde, toplam 200 adet (2 x 2 x 2 x 5 x 5 = 200), L-tipi deney örneği hazırlanmıştır.

a) Laboratuvarda diyagonal basınç deneylerinin yapılması,

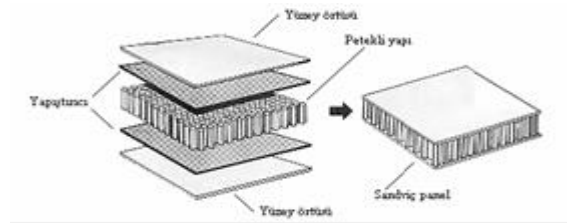
b) Sonuçların karşılaştırılması.

2. Genel Bilgiler

1960'lı yıllardan önce içi yumuşak ağaç altı üstü 3mm katlı kontrplak, üre formaldehitden yapılmış kontrplakla preslenip mobilyanın hammaddesi yapıyordu. İlerleyen yıllarda kolay işleme ve seri üretim avantajıyla yonga levha pazara girdi. Bugün ise; sektörde %90'a varan kullanım oranına sahip olan yonga levha ve melaminli yonga levhaya alternatif ürün olarak kalınlığı şişirilmiş "hafif levha" gündemde yerini almaya başlamıştır [5].



Şekil 2.1. Altıgen hücreli petekli yapı yapıştırılarak elde edilmesi

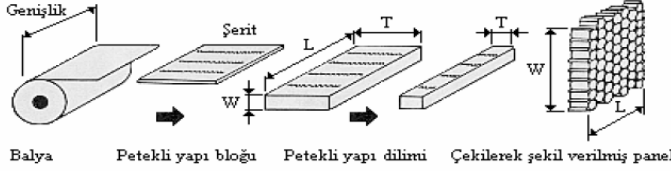


Şekil 2.2. Sandviç panelin

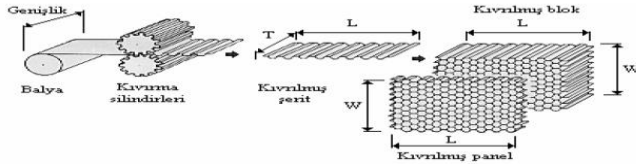
2.1. Petekli Yapı Üretim Yöntemleri

Petekli yapıların üretiminde uzatma ve kıvrılarak şekil verme olmak üzere genellikle iki temel teknik kullanılır. Uzatarak şekil verme yöntemi şematik olarak Şekil 2.3'de görülmektedir. Bu yöntem metal ve metal olmayan hücre imalatında kullanılır. Petek yapıları hücrelerin büyük bir çoğunluğu bu yöntemle üretilir. Bu yöntem genel olarak; şerit halinde levhaların kesilmesi ve yapıştırıcının sürülmesi, levhaların üst üste dizilmesi ve petekli yapı bloğunun seçilen sıcaklıkta pres içerisinde işlenmesi aşamalarını içerir. Alüminyum blokları çekme işleminden önce genellikle istenilen

kalınlıkta dilimlere ayrılırlar. Dilimler kalıpta çekilirken, her bir şerit halindeki plaka, komşu hücrelerle birleştirmenin olmadığı noktalarda akma gösterir ve böylece levhalara şekil verilmiş olur. Aynı yöntem diğer metalik malzemeler için de rahatlıkla kullanılabilir (Şekil 2.4) [7].



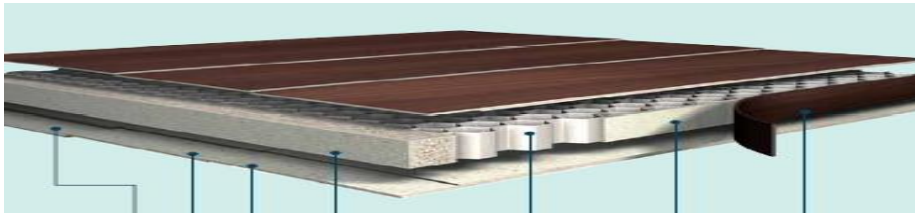
Şekil 2.3. Uzatarak şekil verme yöntemi ile petekli yapı hücre üretimi



Şekil 2.4. Kıvrırma yöntemi ile petekli yapı hücre üretimi

2.2. Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Petek Dolgulu Levhalar

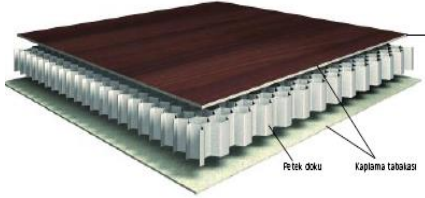
Günümüzde 40 mm ve daha fazlası materyal kalınlıkları güncel mobilya tasarımlarında sık görülmektedir. Bu kalınlıklardaki mobilya elemanlarının üretiminin gerçekleştirilmesinde şimdiye dek kullanılan yonga levhalar yüksek ağırlıklarından dolayı özellikle demonte mobilyaların ne üretiminde, ne nakliyesinde ne de montajında kullanışlı değildir. Hafif levhaların üretim, nakliye ve kullanım kolaylığı gibi sayılamayacak olumlu özellikleri vardır. Büyük hacimli mobilyalarda, örneğin yatak odası dolap kapakları gibi elemanların sürme kapılarında cam ve ayna kullanımı giderek artmaktadır. Bundan dolayı meydana gelen ağırlıktaki artış, nakliyede ve montajda sıkça hasarlara yol açmakta, ama hafif plaka materyallerinin kullanılması durumunda hasarların büyük ölçüde engellenebildiği görülmektedir.



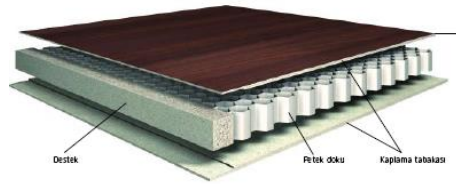
Örtücü tabakalar 8mm 4mm 3mm Çerçeve Karton Petek Çerçeve Kenar Bandı-Pvc

Şekil 2.5. Mobilya endüstrisinde kullanılan petek dolgulu levhalar [8, 9].

Mobilya endüstrisi içerisinde düşük ağırlıkları, nakliyede sağladıkları avantajlar, geri dönüşüme uygun olmaları ve yüksek taşıma kapasiteleri sayesinde gün geçtikçe talep gören petek paneller, ahşap, MDF ve yonga levha panellere gerçek birer alternatif oluşturmaktadır [9,10].



Şekil 2.6. Çerçevesiz levhalar [10]



Şekil 2.7. Çerçevesiz levhalar [10]

levhalar [10]

Bunun yanı sıra ağaç hammaddesindeki ve bağlayıcı maddelerdeki fiyat artışı da yongaların yerine geçebilecek daha hesaplı bir malzeme ile düşürülebilir.

3. BULGULAR

3.1.1. Yoğunluk

Deney örneklerinin üretiminde kullanılan petek dolgulu levhaların yoğunluk değerlerine ilişkin istatistik değerler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Petek dolgulu levhaların ortalama yoğunluk değerleri

Malzeme Çeşidi	Rutubetli Yoğunluk (gr/cm ³)
	X _{ort}
Örtücü katman 4 mm YL + Kağıt petek	0,19
Örtücü katman 8 mm YL + Kağıt petek	0,30
Örtücü katman 4 mm MDF + Kağıt petek	0,20
Örtücü katman 8 mm MDF + Kağıt petek	0,36

X_{ort} : Ortalama değer

Ayrıca deneylerde petek dolgulu levhalarda çerçeve elemanı olarak MDF ve YL kullanıldığı için bu malzemelere ait yoğunluklara ait değerleri Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Ahşap esaslı malzemelerin ortalama yoğunluk değerleri

Malzeme Çeşidi	Hava Kurusu Yoğunluk (gr/cm ³)
	X _{ort}
Örtücü Katman 4 mm YL + Orta Katman MDF	0,72
Örtücü Katman 8 mm YL + Orta Katman MDF	0,68
Örtücü Katman 4 mm YL + Orta Katman YL	0,77
Örtücü Katman 8 mm YL + Orta Katman YL	0,62
Örtücü Katman 4 mm MDF + Orta Katman MDF	0,73
Örtücü Katman 8 mm MDF + Orta Katman MDF	0,74
Örtücü Katman 4 mm MDF + Orta Katman YL	0,77
Örtücü Katman 4 mm MDF + Orta Katman YL	0,67

Kullanılan ahşap esaslı malzemelerde ortalama rutubet değeri %4-6'dır. Yani kullanılan ahşap esaslı malzemeler istenilen denge rutubetinden daha düşük bir rutubete ulaşmıştır. Bunun sebebi kullanılan tutkal ve bu malzemelerin üretim sırasında maruz kaldığı yüksek sıcaklık olabilir [12].

Yoğunluk; ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin birçok fiziksel, mekanik ve işleme özelliklerini etkilemektedir. Uygulamada genel olarak, yoğunluğu düşük ancak direnç özellikleri yüksek olan malzemeler tercih edilmektedir. Denemeye tabi tutulan malzemelerin birim hacim ağırlıkları 0,4-0,7 g/cm³ aralıklarındadır. Bu değerler standartların öngördüğü değerlere uyum sağlamaktadır. Deneyler sonucunda da MDF'nin mekanik özellikleri yonga levhaya göre daha yüksektir, bu MDF'nin daha yüksek özgül ağırlıkta olmasından kaynaklanabilir.

3.1.2. Eğilme direnci

Deney örneklerinin üretiminde kullanılan petek dolgulu levhalar için eğilme direnci değerleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Petek dolgulu levhaların eğilme direnci değerleri

Malzeme Çeşidi	Eğilme Direnci (N/mm ²)
	X _{ort}

Örtücü katman 4 mm YL + Kağıt petek	1,5
Örtücü katman 8 mm YL + Kağıt petek	2,1
Örtücü katman 4 mm MDF + Kağıt petek	1,9
Örtücü katman 8 mm MDF + Kağıt petek	2,5

Ayrıca deneylerde petek yapıları kompozitlerde çerçeve elemanı olarak MDF ve YL kullanıldığı için bu malzemelere ait eğilme direnci ait değerleri Çizelge 3.4’de verilmiştir

Çizelge 3.4. Ahşap esaslı malzemelerin eğilme direnci değerleri

Malzeme Çeşidi	Eğilme Direnci (N/mm ²)
	X_{ort}
Örtücü Katman 4 mm YL + Orta Katman MDF	18
Örtücü Katman 8 mm YL + Orta Katman MDF	14
Örtücü Katman 4 mm YL + Orta Katman YL	11
Örtücü Katman 8 mm YL + Orta Katman YL	10
Örtücü Katman 4 mm MDF + Orta Katman MDF	26
Örtücü Katman 8 mm MDF + Orta Katman MDF	25
Örtücü Katman 4 mm MDF + Orta Katman YL	23
Örtücü Katman 4 mm MDF + Orta Katman YL	22

3.1.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deney örneklerinin üretiminde kullanılan petek dolgulu levhalar için eğilmede elastikiyet modülü değerleri Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Petek dolgulu levhaların elastikiyet modülü ortalama değerleri

Malzeme Çeşidi	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)
	X_{ort}
Örtücü katman 4 mm YL + Kağıt petek	628
Örtücü katman 8 mm YL + Kağıt petek	655
Örtücü katman 4 mm MDF + Kağıt petek	695
Örtücü katman 8 mm MDF + Kağıt petek	750

Deneylerde kullanılan malzemelere ait elastikiyet modülüne ait değerleri Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Ahşap esaslı malzemelerin elastikiyet modülü ortalama değerleri

Malzeme Çeşidi	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)
	X_{ort}
Örtücü Katman 4 mm YL + Orta Katman MDF	2514
Örtücü Katman 8 mm YL + Orta Katman MDF	1800
Örtücü Katman 4 mm YL + Orta Katman YL	2300
Örtücü Katman 8 mm YL + Orta Katman YL	1758
Örtücü Katman 4 mm MDF + Orta Katman MDF	3033
Örtücü Katman 8 mm MDF + Orta Katman MDF	3000
Örtücü Katman 4 mm MDF + Orta Katman YL	3019
Örtücü Katman 4 mm MDF + Orta Katman YL	2800

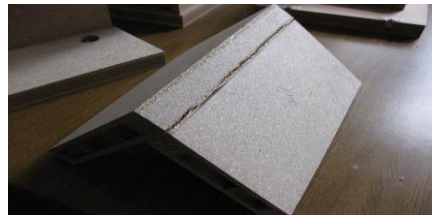
3.2. Birleştirmelerde Göçme Tipleri

Birleşme yerlerinde, ara kesit yüzeylerine tutkal sürülmüş olmasına karşı, bu yüzeylerin ahşap malzemelerde makta enine kesit, ahşap esaslı malzemelerde de kenar kesit olması sebebiyle buralarda meydana gelen yapışmanın birleştirmelerin ve dolayısıyla sistemin bütününe direncine katkısı birincil derecede önemli değildir. Sistemin rijitliği esasen kavelalar ve kavela yüzeylerindeki yapışma tarafından sağlanmaktadır. Ara kesit yüzeylerindeki tutkal derzinde normal (eksenel) gerilmeler meydana gelmekte, kavela yüzeylerindeki yapışmada ise kullanılan PVAc tutkalının makaslama–kesme (kayma) direnci önem kazanmaktadır. Burada meydana gelen kesme gerilmeleri, tutkalın kesme emniyet gerilmesi değerini aştığı anda birleştirmeler deformasyona uğramaktadırlar [11].

“L” tipi basınç deneylerinde kavela. minifix, maxifix, bisküvi ve özel bağlantı elemanı ile birleştirmelerde kuvvetin uygulanmasıyla buradaki kavela, minifix, maxifix, biküvi ve özel bağlantı elemanı basınç etkisinde kalmaktadır. “L” tipi kavela, minifix, maxifix, bisküvi ve özel bağlantı elemanı ile birleştirmelerde basınç deneyleri sonucunda meydana gelen deformasyon biçimleri Resim 3.1’de gösterilmiştir.



(a)



(b)

Resim 3.1. “L” tipi birleştirmelerde basınç deneyleri sonucunda gözlenen deformasyon biçimleri

Örtücü katman malzemesi, kenar çerçeve, örtücü malzeme kalınlığı ve birleştirme tekniğinin, “L” tipi köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitesi etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Örtücü katman malzemesi, kenar çerçeve, örtücü malzeme kalınlığı ve birleştirme tekniğinin moment taşıma kapasitesi etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali p < 0,05
Örtücü Katman Malzemesi (A)	1	5972,152	5972,152	48,7918	0,0000
Kenar Çerçeve (B)	1	87,199	87,199	0,7124	
AXB	1	240,682	240,682	1,9663	0,1628
Örtücü Katman Kalınlığı (C)	1	7396,684	7396,684	60,4301	0,0000
AXC	1	1920,388	1920,388	15,6894	0,0001
BXC	1	1599,404	1599,404	13,0670	0,0004
AXBXC	1	417,720	417,720	3,4127	0,0665
Birleştirme Tekniğı (D)	4	583921,789	145980,447	1192,644 1	0,0000
AXD	4	7282,213	1820,553	14,8737	0,0000
BXD	4	2135,654	533,914	4,3620	0,0022
AXBXD	4	213,257	53,314	0,4356	
CXD	4	53806,589	13451,647	109,8985	0,0000
AXCXD	4	1433,544	358,386	2,9280	0,0227
BXCXD	4	2935,262	733,815	5,9952	0,0002
AXBXCXD	4	1422,252	355,563	2,9049	0,0235
Hata	160	19584,109	122,401		
Toplam	199	690368,900			

Örtücü katman malzemesi, örtücü malzeme kalınlığı ve birleştirme tekniğinin, “L” tipi köşe birleştirmelerinin diyagonal basınç deneyi sonucunda elde edilen moment taşıma kapasitesi değerleri üzerindeki etkileri 0,05 yanılma olasılığı için önemli, kenar çerçeve malzemesi ise istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Yapılan ikili etkileşimlerde

0,05 yanılma olasılığı için örtücü katman malzemesi ve kenar çerçeve ikili etkileşimi dışındaki tüm ikili etkileşimler önemli, örtücü katman malzemesi, kenar çerçeve ve örtücü katman kalınlığı ile örtücü katman, kenar çerçeve ve birleştirme tekniği üçlü etkileşimleri istatistiksel anlamda önemsiz olurken diğer üçlü etkileşimler önemlidir. Örtücü katman malzemesinin birleştirmelerin moment taşıma kapasitesi etkilerine ait ortalamaları LSD değeri 3,085 Nm için karşılaştırılması Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Örtücü katman malzemesine göre moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırma sonuçları.

Örtücü Katman Malzemesi	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)	
	(X)	HG
MDF	72,26	A
YL	61,33	B

LSD \pm 3.085 Nm

HG : Homojenlik grubu

Örtücü katman malzemesine göre MDF kullanılarak yapılan birleştirmeler Yonga levha kullanılarak yapılan birleştirmelere göre yaklaşık % 18 oranında daha yüksek moment değeri vermiştir. Örtücü katman kalınlığına göre moment taşıma kapasitesi ortalamaların LSD değeri 3,085Nm için karşılaştırılması Çizelge 3.10’da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Örtücü katman kalınlığına göre moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

Örtücü Katman Kalınlığı	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)	
	(X)	HG
4mm	60,72	A
8mm	72,88	B

LSD \pm 3,085 Nm

HG : Homojenlik grubu

Örtücü katman kalınlığına göre; 8 mm malzemenen üretilen malzemeler 4 mm’ye göre % 17, daha iyidir. Örtücü katman malzemesi ve kalınlığı ikili etkileşiminin birleştirmelerin moment taşıma kapasitesi etkilerine ait ortalamaları LSD değeri 4,363 Nm için karşılaştırılması Çizelge 3.11’de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Örtücü katman malzeme ve örtücü katman kalınlığı ikili etkileşimine göre moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

Örtücü Katman Malzemesi	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)			
	Örtücü Katman Kalınlığı			
	4mm		8mm	
	(X)	HG	(X)	HG
MDF	69,28	B	75,25	A
YL	52,15	C	70,51	B

LSD \pm 4,363 Nm

HG : Homojenlik grubu

Örtücü katman malzemesi ve örtücü katman kalınlığı ikili etkileşimine göre en iyi sonucu 8 mm örtücü katmanlı MDF malzemeler ile üretilen deney örnekleri vermiştir. 4 mm yonga levha ile üretilen malzemeye göre % 44 daha iyi sonuç vermiştir. Bunu sırası ile 8 mm yonga levha ve 4 mm MDF ile üretilen deney örnekleri izlemiştir. Kenar çerçeve malzemesi ve örtücü katman kalınlığı ikili etkileşiminin, birleştirmelerin moment taşıma kapasitesi etkilerine ait ortalamaların LSD değeri 4,363 için karşılaştırılması Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Kenar çerçeve malzemesi ve örtücü katman kalınlığına göre moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

Kenar Çerçeve Malzemesi	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)			
	Örtücü Katman Kalınlığı			
	4mm		8mm	
	(X)	HG	(X)	HG
MDF	58,55	C	76,37	A
YL	62,88	C	69,39	B

LSD \pm 4,363 Nm

HG : Homojenlik

grubu

Kenar çerçeve malzemesi ve örtücü katman kalınlığına göre moment taşıma kapasitesinde en iyi sonuç MDF ile üretilen 8 mm kalınlığındaki malzemeler vermiştir. Bu MDF’nin yoğunluğunun fazla olmasından kaynaklanıyor olabilir. Birleştirme çeşidinin, birleştirmelerin moment taşıma kapasitesi etkilerine ait ortalamaları LSD değeri 4,878 Nm için karşılaştırılması Çizelge 3.13’de verilmiştir.

Çizelge 3.13. Birleştirme çeşidine göre moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

Birleştirme Çeşidi	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)	
	(X)	HG
Kavelalı	75,52	B
Minifix	37,53	C
Maxifix	31,50	D
Bisküvi	168,4	A
Özel bağlantı	21,03	E

LSD \pm 4,878 Nm

HG: Homojenlik grubu

Birleştirme çeşidinde en yüksek moment taşıma bisküvi birleştirilmiş 38 mm kalınlığındaki levhalarda yüksek olmakla birlikte, kavelalı birleştirilmiş 38 mm kalınlığındaki levhalar takip etmiştir. En düşük değerler minifiks ile yapılan birleştirmelerde görülmüş olup bunun nedeni bağlantının daha az noktadan ve minifiks yuvasının malzemeyi zayıflatmış olmasından kaynaklanıyor olabilir. Örtücü katman malzemesi ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimine göre moment taşıma kapasitesi etkilerine ait ortalamaları LSD değeri \pm 6,899 Nm değeri için karşılaştırılması Çizelge 3.14’de verilmiştir.

Çizelge 3.14.Örtücü katman malzemesi ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimine

Örtücü Katman	Moment Taşıma Kapasitesi(Nm)									
	Birleştirme Çeşidi									
	Kavela		Minifiks		Maksifi ks		Bisküvi		Özel Bağlantı	
	(X)	HG	(X)	HG	(X)	HG	(X)	HG	(X)	HG
MDF	73,37	C	41,45	D	45,42	D	179,2	A	21,84	F
YL	77,67	C	33,61	E	17,59	F	157,6	B	20,21	F

LSD \pm 6,899 Nm

HG : Homojenlik grubu

Örtücü katman malzemesi ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimine göre moment taşıma kapasitesi en yüksek MDF malzemeden üretilmiş bisküvili birleştirmelerde görülmüştür, bu gönye burun birleştirmeden dolayı yapışma yüzeyinin artması ve tutkalla yapışmasından olabilir. En düşük sonuçlarda özel bağlantı elemanı ve maksifiksli demonte birleştirmelerde olmuştur. Bu sonuç bize bağlantı elamanlarının parçanın yapışma yüzeyinin birkaç noktasından bağlandığından kaynaklanıyor olabileceğini göstermiştir. Kenar çerçeve malzemesi ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimi

birleştirmelerin moment taşıma kapasitesi etkilerine ait ortalamaları LSD değeri 6,899 Nm için karşılaştırılması Çizelge 3.15’de verilmiştir.

Çizelge 3.15. Kenar çerçeve malzemesi ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimine göre moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

Kenar Çerçeve Malzemesi	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)									
	Birleştirme Çeşidi									
	Kavela		Minifiks		Maksifiks		Bisküvi		Özel Bağlantı	
	(X)	HG	(X)	HG	(X)	HG	(X)	HG	(X)	HG
MDF	73,89	C	36,85	D	28,47	EF	174,4	A	23,64	FG
YL	77,15	C	38,21	D	34,53	DE	162,4	B	18,41	C

LSD \pm 6,899 Nm

HG : Homojenlik grubu

Kenar çerçeve malzemesi ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimi sonuçlarına göre en iyi moment taşıma kapasitesi çerçeve tipi MDF olan bisküvili birleştirmelerde elde edilmiş olup, bunun sebebi yapışma yüzeyinin bisküvi ile yapılan birleştirmelerde artması ve MDF malzemenin tutkal tutma kabiliyetinin yüksek olmasından kaynaklanıyor olabilir. Bunu kavelalı, minifiksli, maksifiksli birleştirmeler takip etmiş, en düşük değerlerde özel bağlantı elamanı ile üretilen deney örneklerinde elde edilmiştir. Örtücü katman kalınlığı ve birleştirme çeşidi, ikili etkileşimi birleştirmelerin moment taşıma kapasitesi etkilerine ait ortalamaları LSD değeri 6,899 Nm için karşılaştırılması Çizelge 3.16’da verilmiştir.

Çizelge 3.16. Örtücü katman kalınlığı ve birleştirme çeşidi ikili etkileşimi birleştirmelerin moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Örtücü Katman Kalınlığı	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)									
	Birleştirme Çeşidi									
	Kavela		Minifiks		Maksifiks		Bisküvi		Özel Bağlantı	
	(X)	HG	(X)	HG	(X)	(X)	HG	(X)	(X)	HG
4mm	80,42	C	34,98	E	36,34	E	130,0	B	21,84	F
8mm	70,62	D	40,08	E	26,66	F	206,8	A	20,21	F

LSD \pm 6,899.Nm

HG : Homojenlik grubu

Örtücü katman kalınlığı ve birleştirme çeşidi, ikili etkileşimi birleştirmelerin

moment taşıma kapasitesi etkilerine göre örtücü katman kalınlığı 8 ve 4 mm olan bisküvili birleştirmeler vermiştir. Bunu 4 mm katman kalınlığındaki kavelalı birleştirmeler izlemiş olup, katmanın ince olması haliyle kenar çerçeve malzemesinin kalınlaştırmış olup bu sayede moment taşıma kapasitesini arttırmış olabilir. En düşük değerler ise özel bağlantı elemanı ve maksifiks ile üretilen deney örneklerinden elde edilmiştir. Örtücü katman malzemesi, örtücü katman kalınlığı ve birleştirme çeşidi üçlü etkileşimi sonucunda moment taşıma kapasitesi etkilerine ait LSD değeri 9,757 Nm için karşılaştırılması Çizelge 3.17’de verilmiştir.

Çizelge 3.17. Örtücü katman malzemesi, örtücü katman kalınlığı ve birleştirme çeşidi üçlü etkileşimi sonucunda moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Örtücü Katman Malzemesi	Örtücü Katman Kalınlığı	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)									
		Birleştirme Tekniği									
		Kavela		Minifiks		Maksifiks		Bisküvi		Özel Bağlantı	
		(X)	HG	(X)	HG	(X)	HG	(X)	HG	(X)	HG
MDF	4mm	81,71	E	43,94	G	57,03	F	141,5	C	22,19	JK
	8mm	65,03	F	38,97	GH	33,81	HI	216,9	A	21,50	JK
YL	4mm	79,13	E	26,02	IJ	15,65	K	118,5	D	21,50	JK
	8mm	76,21	E	41,20	GH	19,52	JK	196,7	B	18,92	JK

LSD \pm 9,757.Nm

HG : Homojenlik grubu

Örtücü katman malzemesi, örtücü katman kalınlığı ve birleştirme çeşidi üçlü etkileşimi sonucunda; örtücü katmanı MDF ile üretilmiş ve örtücü katman kalınlığı 8 mm olan bisküvili ile birleştirilmiş deney örnekleri en iyi sonuçları vermiştir. Gönye burun birleştirme sonucunda yapışma yüzeyinin artması, bisküvi bağlantı elamanının tutma direnci ve tutkala yapıştırılmış olması etkili olmuş olabilir. Özel bağlantı elemanı ile yapılan birleştirmeler diğer birleştirmelere göre düşük değerler vermiştir. Kenar çerçeve malzemesi, örtücü katman kalınlığı ve birleştirme çeşidi üçlü etkileşimlerinin moment taşıma kapasitesi etkilerine ait LSD değeri 9,757 Nm için karşılaştırılması Çizelge 3.18’de verilmiştir.

Çizelge 3.18. Kenar çerçeve malzemesi, örtücü katman kalınlığı ve birleştirme çeşidi üçlü etkileşimlerinin moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Kenar Çerçeve Malzemesi	Örtücü Katman Kalınlığı	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)									
		Birleştirme Çeşidi									
		Kavel a		Minifiks		Maksifiks		Bisküvi		Özel Bağlantı	
		(X)	HG	(X)	HG	(X)	(X)	HG	(X)	HG	(X)
MDF	4mm	76,21	DE	29,75	HIJ	34,23	FGHI	126,9	C	25,67	IJK
	8mm	71,56	E	43,96	F	22,71	JK	222	A	21,61	JK
YL	4mm	84,64	D	40,21	FG	38,45	FGH	133,1	C	18,02	K
	8mm	69,67	E	36,21	FGH	30,62	GHIJ	191,6	B	18,81	K

LSD \pm 9,757 Nm

HG : Homojenlik grubu

Kenar çerçeve malzemesi, örtücü katman kalınlığı ve birleştirme çeşidi üçlü etkileşimlerinin moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçlarına göre; kenar çerçevesi MDF ve örtücü katman kalınlığı 8 mm olan bisküvi bağlantılı deney örnekleri yüksek moment değerleri vermiştir. Bu birleştirmeyi kavelalı, minifiksli, maksifiksli ve özel bağlantı elamanı ile üretilen deney örnekleri takip etmiştir. Örtücü katman malzemesi, kenar çerçeve malzemesi, örtücü katman kalınlığı ve birleştirme çeşidi dördü etkileşimlerinin moment taşıma kapasitesi etkilerine ait LSD değeri 13,80 Nm için karşılaştırılması Çizelge 3.19’da verilmiştir.

Çizelge 3.19. Örtücü katman malzemesi, kenar çerçeve malzemesi, örtücü katman kalınlığı ve birleştirme çeşidi dördü etkileşimi sonucunda moment taşıma kapasitesi ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları.

Örtücü Katman Malzemesi	Kenar Çerçeve Malzemesi	Örtücü Katman Kalınlığı	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)										
			Birleştirme Çeşidi										
			Kavela		Minifiks		Maksifiks		Bisküvi		Özel Bağlantı		
			(X)	HG	(X)	HG	(X)	(X)	HG	(X)	HG	(X)	
MDF	MDF	4mm	85,15	GH	41,43	LMN	52,64	KL	143,1	D	25,97	OPQRS	
		8mm	63,13	JK	44,39	LMN	31,66	NOPQR	229,3	A	23,44	PQRS	
	YL	4mm	78,27	GHI	46,45	LM	61,41	JK	140,0	DE	18,40	RS	
		8mm	66,92	IJ	33,54	MNOPQ	35,96	MNOP	204,5	B	19,57	RS	
L	M	DF	4mm	67,26	IJ	18,06	RS	15,82	S	110,7	F	25,37	OPQRS

		8mm	79,99	GHI	43,53	LMN	13,76	S	214,7	S	19,78	QRS
		4mm	91,00	G	33,98	MNOP	15,48	S	126,2	E	17,63	S
	YL	8mm	72,42	HJ	38,88	LMNO	25,28	OPQRS	178,7	C	18,06	RS

LSD \pm 13,80 Nm

HG : Homojenlik grubu

Örtücü katman malzemesi, kenar çerçeve malzemesi, örtücü katman kalınlığı ve birleştirme çeşidi dörtlü etkileşimi sonucunda örtücü katman malzemesi MDF, kenar çerçeve malzemesi MDF, örtücü katman kalınlığı 8 mm olan ve bisküvi ile birleştirilen deney örnekleri en iyi sonuçları vermiştir. Geniş yüzeyden tutkallama, bağlantı elamanının performansının iyi olması gibi etmenler dayanımı artırmış olabilir. Özel bağlantı elamanı ile yapılan birleştirmeler ise diğer bağlantılara göre kısmen düşük değerler vermiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda dünya mobilya endüstrisinde hafif panellerin ilginç bir şekilde artışı gözlemlenmiş ve geleneksel olarak kullanılan yaklaşık yoğunlukları 0,65-0,75g/cm³ olan ahşap esaslı panellerin yerini uygun mobilya ve birleştirme uygulamalarıyla almaktadır. Üretici, tasarımcı ve müşteriler için hafif panellerin faydaları;

- Ağaç tüketimini ve taşımacılık-nakliye fiyatlarını düşürerek üretim maliyetlerini azaltmak;
- Geleneksel kompozit panellerin fiyat artışı ve hammadde yetersizliği karşısında bir seçenek sağlama;
- Ambalaj-sevk ve nakliye süresince kırılmaları önleme;
- Tasarım trendlerine ve uluslararası üretime cevap vermek (modern tasarım ve daha büyük, daha kalın paneller üretimine cevap vermek)
- Pazar ve ürün çeşitliliği fırsatları yaratmak;
- Çevre yükünü hafifleterek çevre dostu ürünler geliştirmek; (ağaç malzeme kaynakları üzerinde baskıyı azaltma, enerji tüketimini azaltma, formaldehit emisyonunu elimine etme veya azaltma) ve
- Tüketici hareketliliğinde gelişen trendlere cevap vermektir.

Kağıt petek dolgu malzemesi ile üretilen hafif panellerin 2 tipi vardır: çerçevesiz ve çerçevesiz. Aşağıdaki Çizelge 4.1'de uygulama ve özelliklerine ait yapısal karşılaştırmaları verilmiştir. [13]

Çizelge 4.1. Kenar çerçevesiz ve çerçevesiz malzemelerin uygulama ve özelliklerine ait yapısal karşılaştırmaları

	Çerçevesiz Kenar	Çerçevesiz Kenar
Avantajları	<ul style="list-style-type: none"> Geleneksel teknikler kullanılır(kesme, kaplama, montaj). Yüksek malzeme direnci Bağlantı noktalarında yüksek mekanik performans Belirli bağlantı elamanları için seri üretimde düşük maliyet Nakliye-sevk kolaylığı 	<ul style="list-style-type: none"> Büyük panel üretiminde düşük maliyet Garanti sürekliliği Kesime ve bağlantı elamanlarına uygun Kısıtlama olmadan bağlantı noktalarında konumlandırma Oldukça hafif.
Dez Avantajları	<ul style="list-style-type: none"> Basit bağlayıcılar belirli şekillendirilmiş doğrusal bağlantı noktalı. Küçük üretimler için uygun. Satış ve tedarikte sınırlı 	<ul style="list-style-type: none"> Düşük rijitlik Yeni kesim teknikleri Yeni kenar bantlama teknikleri Yeni montaj teknikleri

Daha hafif levhalar kullanmak suretiyle maliyet, depolama ve üretim açısından da önemli avantajlar kazanılabilir. Ancak; daha hafif levhalardan üretilen kutu mobilyaların mukavemetinin yeterli düzeyde olabilmesi için, çeşitli önlemler almak gerekmektedir. Hem malzemenin hem de birleştirmelerin konstrüksiyon teknikleri geliştirilmeli, bu kalınlıktaki levhaların mekanik davranış özellikleri incelenmelidir. Ayrıca; 18mm kalınlığındaki standart levhalardan üretilen mobilya üniteleri ile mukavemet bakımından karşılaştırmaları yapılarak optimizasyon sağlanmalıdır. “L” tipi köşe birleştirmeleri basınç deneyleri sonuçlarına göre; Minifiksli birleştirmeler maksifiks ve özel bağlantı elemanı birleştirmelerine göre yaklaşık % 40 daha yüksek moment değeri vermiştir. Örtücü katman malzemesinde MDF’ den üretilen malzemeler yonga levhadan üretilen malzemelere göre % 24 daha iyi moment taşıma kapasitesine sahiptir. Bisküvi birleştirmeler, kavelalı birleştirmelerine göre yaklaşık % 48,10 daha yüksek moment değeri vermiştir. Birleştirme çeşidi ve levha türü etkileşimine göre; örtücü katmanı MDF ve kenar çerçeveleri yine MDF ile üretilen ve bisküvi ile birleştirilen deney örnekleri diğer tüm deney örneklerine göre daha yüksek moment taşımıştır. Örtücü katman kalınlığına göre ise; 8 mm levha kalınlığında üretilen deney örnekleri ile 4 mm levha kalınlığında üretilen örneklere göre yaklaşık %27,43 daha mukavemettir. Birleştirme çeşidi, levha türü ve levha kalınlığı üçlü etkileşim

sonuçları; kalınlığın artması ile momentin arttığını ve bisküvili birleştirmelerde bu oranın artmasına sebep olduğunu göstermiştir.

Bu sonuçlara göre; kutu konstrüksiyonlu mobilya tasarımında malzeme açısından ekonomik kriterlerde dikkate alınarak malzeme tercihi MDF ve YL şeklinde yapılmalıdır. Birleştirme elemanı olarak diğer kriterler saklı kalmak kaydıyla bisküvili birleştirme kullanımı tercih edilmelidir. Tasarım durumuna göre özel bağlantı elemanları tercih edilmelidir. Moment taşımının önemli olduğu birleştirmelerde bisküvili 8 mm örtücü katmanlı MDF ve kenar çerçeve MDF tercih edilmelidir. Konu ile ilgili malzeme ve birleştirmeler farklı varyasyonlar şeklinde denenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Efe, H., “Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri”, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 13-43 (1994).
2. Eckelman, C. A., “Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture, Text Book, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, 3-10 (1991).
3. Eckelman, C. A., “The withdrawal strength of screws from a commercially available medium density fiberboard”, Forest Product Journal, 38 (5): 21-24 (1988).
4. Wasti, S. T., “Limit Analizi Yapılar İçin Plastik Hesap Metodu”, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi*, Ankara, 54-55 (1968).
5. İnternet: Starwood, “Kompozit Petek Levhalar”, <http://www.starwood.com.tr> (2010).
6. Arslan, N., Kaman, M. O., “Alüminyum, Kağıt Ve Cam Elyaf Petek Yapılı Kompozitlerin Üretim Teknikleri Ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması” *Deü Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi*, 4 (3): 113-123 (2002).
7. Hexcel Corporation “Mechanical Properties Of Hexcel Honeycomb Materials”, *Tech. Report.*,2:121-122(2000).
8. İnternet : Egger Eurolight, <http://www.Egger.com>, (2008).
9. İnternet: Hafele, “Bağlantı Elemanları”, <http://www.hafele.com.tr/Tr/News-And-Events/News/6531.Asp> (2010).
10. İnternet: Hettich, “Bağlantı Elemanları”, <http://www.Hettich.com>, (2010).

11. Kasal, A., “Masif ve Kompozit Ağaç malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** , Ankara, 7-15 (2004).
12. Efe, H., İmirzi, H.Ö., “Mobilya Üretiminde Kullanılan Çeşitli Bağlantı Elemanlarının Mekanik Davranış Özellikleri”, **Politeknik Dergisi**, Ankara, 2(1) :10-11 (2007).
13. Güntekin, E., “Montaja Hazır Mobilya Birleştirmelerinin Performansları”, **Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, 2: 37-48 (2003).
14. İnternet:Solution for Wood, “LightweightPanels” <http://www.solutionsforwood.ca>. (2010).