

## ÖNSÖZ

“Alternatif Panel Mobilya Malzemesi Olarak Polivinil klorür (PVC) Levhaların Bazı Mekanik Özellikler Açısından Geleneksel Malzemelerle Karşılaştırılması” adlı bu çalışma Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yapılan çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım tez danışmanım Doç. Dr. Ali KASAL’ a, çalışmalarım sırasında değerli bilgilerini esirgemeyen Muğla Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Dekan Vekili Prof. Dr. Yusuf Ziya ERDİL’ e ve Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Selçuk DEMİRCİ’ye, çalışmalarım sırasında hiçbir desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Nadir YILDIRIM’a Erkan LİKOS’a ve hayatım boyunca bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme teşekkür ederim. Ayrıca, bu yüksek lisans tezini destekleyen “Muğla Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri” ne de teşekkürü bir borç bilirim.

Fatih BAYINDIR  
MUĞLA 2009

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	I
İÇİNDEKİLER .....	II
ÖZET .....	IV
ABSTRACT .....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VIII
TABLolar DİZİNİ .....	IX
RESİMLER DİZİNİ .....	X
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	XI
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Problemin Tanımlanması .....	2
1.2. Hipotez .....	2
1.3. Çalışmanın Amacı .....	3
1.4. Çalışmanın Kapsam ve Yöntemi .....	3
2. GENEL BİLGİLER .....	5
2.1. Polivinil klorür (PVC) Levhalar .....	5
2.1.1. PVC'nin yaşam döngüsü .....	6
2.1.2. PVC monomeri ve üretim yöntemleri .....	8
2.1.3. Ülkemizde etilenden enil klorür monomeri eldesi .....	11
2.1.4. PVC üretim yöntemi ve teknolojisi .....	14
2.1.5. PVC'nin özellikleri ve kalite kontrol yöntemleri .....	17
2.1.6. PVC'nin özelliklerini etkileyen faktörler .....	20
3. KAYNAK ÖZETLERİ .....	23
3.1. Malzeme Özellikleri .....	23
3.2. Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Birleştirmelerinin Performansı .....	24
4. MALZEME VE YÖNTEM .....	32
4.1. Malzeme .....	32
4.1.1. Ahşap Esaslı Levhalar .....	32
4.1.2. Polivinil klorür (PVC) levhalar .....	32
4.1.3. Bağlantı elemanları .....	32
4.1.3.1. Plastik kavela .....	32
4.1.3.2. Vida ve minifiks .....	33
4.2. Yöntem .....	34
4.2.1. Deneylerde kullanılan malzemelerin gerekli fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi .....	34
4.2.2. Kutu konstrüksiyonlu L-tipi köşe birleştirme elemanlarının diyagonal çekme ve basınç deneyleri .....	43
4.2.3. Maliyet ve performans analizi .....	47
4.2.4. Verilerin değerlendirilmesi .....	48
5. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	49
5.1. Ahşap Esaslı ve PVC Levhaların Bazı Fiziksel Özellikleri .....	49
5.1.1. Rutubet ve yoğunluk .....	49
5.1.2. Kalınlığa şişme miktarı .....	50
5.2. Ahşap Esaslı ve PVC Levhaların Bazı Mekanik Özellikleri .....	53
5.2.1. Eğilme direnci .....	53
5.2.2. Elastikiyet modülü .....	56

5.2.3. Yüzeye dik çekme .....	57
5.2.4. Panel rijitlik modülü.....	60
5.2.5. Vida tutma mukavemeti .....	63
5.2.6. Minifiks tutma mukavemeti .....	66
5.3. Kutu Mobilya L-Tipi Köşe Birleştirme Elemanlarının Diyagonal Çekme ve Basınç Yükleri Altındaki Moment Taşıma Kapasiteleri .....	68
5.4. Maliyet ve Performans Analizi .....	74
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	78
KAYNAKLAR .....	82
ÖZGEÇMİŞ .....	89

**ALTERNATİF PANEL MOBİLYA MALZEMESİ OLARAK POLİVİNİL  
KLORÜR (PVC) LEVHALARIN BAZI MEKANİK ÖZELLİKLER  
AÇISINDAN GELENEKSEL MALZEMELERLE KARŞILAŞTIRILMASI  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Fatih BAYINDIR**

**MUĞLA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**2009**

**ÖZET**

Bu çalışmada, panel (kutu) mobilya üretimi için alternatif bir malzeme olarak düşünülen, üretimi ve kullanımı giderek yaygınlaşan polivinil klorür (PVC) levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, ayrıca panel tipi mobilyalarda karşılaşılan çeşitli tekniklerle birleştirilmiş L-tipi mukavemet elemanlarının PVC levhalardan üretildikleri takdirde deney yükleri altında gösterecekleri performansların incelenmesi geleneksel ahşap esaslı levhalarla karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla, panel mobilya üretiminde kullanılan yonga levha (YL), orta yoğunlukta lif levha (MDF), sentetik reçine emdirilmiş kağıt kaplı yonga ve lif levha (YLLAM, MDFLAM) ve iki değişik yoğunlukta yönlendirilmiş yonga levha (OSB1, OSB2) da aynı koşullar altında denenmiştir. Deneylerde üç farklı yoğunlukta ve kalitede PVC levhalar (PVC1, PVC2, PVC3) kullanılmıştır. Deney örnekleri, kullanımı sırasında maruz kalabileceği yükleme biçimine göre statik yük altında diyagonal çekme ve basınç deneylerine tabi tutulmuştur. 9 malzeme çeşidi (6 ahşap esaslı levha, 3 değişik yoğunlukta PVC levha), 2 birleştirme tekniği (vidalı, minifiksli), 2 yükleme biçimi (diyagonal çekme, diyagonal basınç) ve her örnekten 5 adet olmak üzere toplam ( $9 \times 2 \times 2 \times 5 = 180$ ) 180 adet L-tipi köşe birleştirme deney örneği hazırlanarak denenmiştir. Ayrıca maliyet analizleri de yapılarak teknik ve ekonomik hususlar arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Deneyler sonucunda, PVC levhaların panel tipi mobilya üretiminde kullanımının teknik yönlerden aşırı yük taşımayacak yerlerde,

özellikle ıslak mekanlarda kullanılmasının uygun, ancak ekonomik bakımdan uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** L-Tipi Köşe Birleştirmeler, Diyagonal Çekme, Diyagonal Basınç, Polivinil klorür (PVC) Levha, Panel Tipi Mobilya, Moment Taşıma Kapasitesi, Maliyet Performans Analizi

**Sayfa adedi** : 89

**Tez yöneticisi** : Doç. Dr. Ali KASAL

**COMPARISON OF SOME MECHANICAL PROPERTIES OF  
POLYVINYL CHLORIDE (PVC) PANELS AS AN ALTERNATIVE TO  
CONVENTIONAL CASE FURNITURE MATERIALS**

**(M. Sc. Thesis)**

**Fatih BAYINDIR**

**MUGLA UNIVERSITY**

**INSTITUTE of SCIENCE and TECHNOLOGY**

**2009**

**ABSTRACT**

In this study, the physical and mechanical properties of polyvinyl chloride (PVC) panels that is commonly produced and used and expected to be an alternative material for case (panel) furniture manufacturing was determined. Also, performances of L-type strength members jointed with various techniques that encountered in the case type furniture were analyzed under the test loads and compared to the conventional wood based panels. In order to make comparison, some wood based panels also were tested under the same conditions, and obtained results presented by comparing with the PVC. Particleboard (YL), medium density fiberboard (MDF), particleboard and medium density fiberboard surfaced with synthetic resin sheet (YLLAM, MDFLAM) and two different quality of oriented strand board (OSB1, OSB2) are preferred as the wood based composite materials. In the test, 3 different density and qualities of PVC (PVC1, PVC2, PVC3) were utilized. Specimens were tested under static diagonal tension and compression loads which the joint can be imposed upon them in service. A total of 180 specimens ( $9 \times 2 \times 2 \times 5 = 180$ ) were prepared and tested including 9 material types (6 composite woods, 3 different density of PVC), 2 joint types (screwed, minifixed), 2 loading types (diagonal tension, diagonal compression), and 5 replications for each. Furthermore, the relations between the technical and economical effects were investigated by making cost performance analysis. At the end of the tests, it was

concluded PVC panels could be utilized from technical point of view in the places that are not overstressed and especially in the wet spaces for case furniture manufacturing, however, the use of PVC is not economically suitable with compare to wood base composite materials.

**Keywords:** L-Type Corner Joints, Diagonal Tension, Diagonal Compression, Polyvinyl chloride (PVC) Panel, Case Furniture, Moment Capacity, Cost Performance Analysis.

**Page number** : 89

**Adviser** : Ali KASAL (Associate Professor)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. PVC'nin yaşam döngüsü .....	7
Şekil 2. Oksiklorlama ile vinil klorür eldesi akım şeması (Hazer, 1993) .....	12
Şekil 3. PVC'deki pozisyon izomerliğinin gösterimi .....	14
Şekil 4. Deneylerde kullanılan kılavuz kavela .....	32
Şekil 5. Deneylerde kullanılan vida .....	33
Şekil 6. Deney örneklerinin kalınlık ölçme yeri .....	36
Şekil 7. Eğilme direnci deney örneği .....	38
Şekil 8. Panel rijitliği deneyinde yük-yer değiştirme biçimi .....	41
Şekil 9. L-tipi köşe birleştirme deney örneği .....	44
Şekil 10. Vidalı deney örneklerinde birleştirme arakesit yüzeyi ve delik eksen mesafeleri .....	44
Şekil 11. Minikiksli deney örneklerinde birleştirme arakesit yüzeyi ve delik eksen mesafeleri .....	45
Şekil 12. Kutu mobilya sistemlerinde zorlayıcı kuvvetlerin düğüm noktalarına etkisi .....	45
Şekil 13. Diyagonal çekme deneyinde mesafeler .....	46
Şekil 14. Diyagonal basınç deneyinde mesafeler .....	47
Şekil 15. Kalınlığa şişme oranlarının karşılaştırma sonuçları .....	51
Şekil 16. Deney örneklerinin eğilme direnci karşılaştırma sonuçları .....	55
Şekil 17. Deney örneklerinin elastikiyet modülü ortalamaları ve homojenlik grupları .....	57
Şekil 18. Deney örneklerinin levha yüzeyine dik çekme direnci ortalamaları ve homojenlik grupları .....	60
Şekil 19. Deney örneklerinin rijitlik modülü karşılaştırmaları ve homojenlik grupları .....	63
Şekil 20. Kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti ortalamaları ve homojenlik grupları .....	65
Şekil 21. Malzeme çeşidinin kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemeti karşılaştırma sonuçları .....	68
Şekil 22 Diyagonal çekme ve basınç deneyleri sonucu elde edilen moment taşıma kapasitesi değerleri ikili karşılaştırma sonuçları .....	73
Şekil 23. Diyagonal çekme ve basınç deneylerindeki moment taşıma kapasitelerine göre hesaplanan performans katsayısı ( $Nm/TL$ ) karşılaştırma sonuçları .....	77



## TABLolar DİZİNİ

<b><u>Tablo No</u></b>	<b><u>Sayfa No.</u></b>
Tablo 1. PVC'nin özellikleri (Aydın,2004) .....	6
Tablo 2. VCM Özellikleri .....	8
Tablo 3. Bazı S-PVC'lerin elek analizleri .....	19
Tablo 4. Rutubet, tam kuru yoğunluk, ve rutubetli yoğunluk değerleri.....	49
Tablo 5. 2 ve 24 saat suda bekletmeden sonra kalınlığa şişme oranları .....	50
Tablo 6. Deney örneklerinin 2 ve 24 saat suya daldırma işlemi sonucu kalınlığa şişme değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	51
Tablo 7. Deney örneklerinin eğilme direnci ortalama değerleri .....	54
Tablo 8. Eğilme direnci varyans analizi sonuçları .....	55
Tablo 9. Deney örneklerinin elastikiyet modülü değerleri.....	56
Tablo 10. Deney örneklerinin elastikiyet modülü etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	56
Tablo 11. Yüzeye dik çekme değerleri .....	59
Tablo 12. Ahşap esaslı levha çeşidinin levha yüzeyine dik çekme direnci etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	59
Tablo 13. Deney örneklerinin rijitlik modülü değerleri .....	62
Tablo 14. Rijitlik modülü direnci etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	62
Tablo 15. Yüzeyden ve kenardan vida tutma mukavemeti .....	64
Tablo 16. Malzeme çeşidinin kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti etkisine ilişkin varyans analizleri sonuçları.....	65
Tablo 17. Malzeme çeşidinin yüzeyden ve kenardan minifiks tutma mukavemeti değerleri.....	67
Tablo 18. Kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemeti etkisine ilişkin varyans analizleri sonuçları .....	67
Tablo 19. Diyagonal çekme ve basınç deneyleri sonucu elde edilen moment taşıma kapasitesi değerleri.....	71
Tablo 20. Malzeme çeşidi ve birleştirme tekniğinin, "L" tipi köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitesi etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi .....	71
Tablo 21. Malzeme çeşidine göre moment taşıma kapasiteleri ve homojenlik grupları .....	72
Tablo 22. Birleştirme tekniğine göre moment taşıma kapasiteleri ve homojenlik grupları .....	73
Tablo 23. Deneylerde kullanılan malzemelerin fiyatları.....	74
Tablo 24. Deneylerde kullanılan bağlantı elemanlarının fiyatları .....	74
Tablo 25. L-tipi köşe birleştirme elemanlarının maliyeti.....	75
Tablo 26. Diyagonal çekme deneyleri için her bir birleştirmeye ait performans katsayıları .....	76
Tablo 27. Diyagonal basınç deneyleri için her bir birleştirmeye ait performans katsayıları .....	76

## RESİMLER DİZİNİ

<u>Resim No</u>	<u>Sayfa No.</u>
Resim 1. Deneylerde kullanılan minifiks boyutları .....	33
Resim 2. Eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülü deneyi .....	38
Resim 3. Levha yüzeyine dik çekme deneyi test düzeneği.....	39
Resim 4. Panel rijitliği modülü deney düzeneği ve yük uygulama biçimi.....	41
Resim 5. Kenardan (a) ve yüzeyden (b) vida tutma mukavemeti deney örnekleri ve deney düzeneği.....	42
Resim 6. Kenardan (a) ve yüzeyden (b) minifiks tutma mukavemeti deney örnekleri ve deney düzeneği.....	43
Resim 7. Diyagonal çekme (a) ve basınç (b) deney düzeneği ve yük uygulama biçimi .....	46
Resim 8. Kalınlığa şişme deneyi sonucunda meydana gelen deformasyon.....	52
Resim 9. Ahşap esaslı levhalarda eğilme deneyleri sonrasında gözlenen göçme tipleri .....	53
Resim 10. PVC levhaların deneyler sonrasındaki göçme tipleri.....	54
Resim 11. Ahşap esaslı levhalarda yüzeye dik çekme deneyleri sırasında gözlenen göçme tipleri.....	58
Resim 12. Rijitlik modülü deneyleri sonucu meydana gelen göçme tipleri .....	61
Resim 13. Kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti deneyleri sonucu meydana gelen göçme tipleri .....	64
Resim 14. Minifiks tutma mukavemeti sonucunda meydana gelen göçme tipleri ....	66
Resim 15. Vidalı (a, b, c, e) ve minifiksli (d, f) diyagonal çekme deneyleri sonucunda meydana gelen göçme tipleri .....	69
Resim 16. Vidalı (a, b, f, g, h) ve minifiksli (d, e, 1,) deney örneklerinde diyagonal basınç deneylerinde meydana gelen göçme tipleri.....	70

## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur

Simgeler	Açıklama
$h$	Parça yüksekliği
$b$	Parça kalınlığı, ( $mm$ )
$E$	Elastikiyet modülü, ( $N/mm^2$ )
$F$	Kuvvet, ( $N$ )
$F_{maxe}$	Eğilme deneyinde kırılma anındaki kuvvet, ( $N$ )
$F_{maxç}$	Yüzeye dik çekmede kopma anındaki kuvvet, ( $N$ )
$G_t$	Kalınlığına şişme miktarı, (%)
$r$	Rutubet miktarı, (%)
$m_r$	Rutubetli (Hava kurusu) ağırlık, ( $g$ )
$m_0$	Tam kuru ağırlık, ( $g$ )
$L_s$	Mesnetler arası mesafe, ( $mm$ )
$t_1$	Suya daldırmadan önceki kalınlık, ( $mm$ )
$t_2$	Suya daldırmadan sonraki kalınlık, ( $mm$ )
$v$	Varyasyon katsayısı, (%)
$V_0$	Tam kuru hacim, ( $cm^3$ )
$V_r$	Rutubetli (Hava kurusu) hacim, ( $cm^3$ )
$\delta_0$	Tam kuru yoğunluk, ( $g/cm^3$ )
$\delta_r$	Rutubetli (Hava kurusu) yoğunluk, ( $g/cm^3$ )
$\sigma_E$	Eğilme direnci, ( $N/mm^2$ )
$X_{min}$	En düşük değer,
$X_{max}$	En büyük değer,
$X_{ort}$	Ortalama değer,
$t$	Panel kalınlığı
$G$	Panelin rijitlik modülü
$a_ç$	Deney parçasının uzunluğu
$b_ç$	Deney parçasının genişliği
$L_1$	Panel rijitlik deneyinde panelin burkulma eksenindeki uzunluğu ve genişliği
$F_{maxçk}$	Göçme anındaki maksimum kuvvet

$L_{\text{ç}}$	Moment kolu
$M_{\text{ç}} - M_{\text{b}}$	Diagonal çekme ve basınçta taşınan momentler
$F_{\text{maxb}}$	Göçme anındaki maksimum kuvvet
$m$	Maliyet
$P_k$	Performans katsayısı
$\Delta_f$	(F2 - F1) kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır.
$\Delta_F$	Yük-sehim oranlılık bölgesindeki yük artışı (N), (F2-F1)
$F_1$	Yaklaşık olarak maksimum kuvvetin % 10'u (N)
$F_2$	Yaklaşık olarak maksimum kuvvetin % 40'ı (N)' dur.

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
HG	Homojenlik Grubu
LSD	En Küçük Önemli Fark (Least Significant Difference)
YL	Yonga Levha (Particleboard)
YLLAM	Sentetik reçine emdirilmiş kağıt kaplı YL
MDF	Orta Yoğunlukta Lif Levha (Medium Density Fiberboard)
MDFLAM	Sentetik reçine emdirilmiş kağıt kaplı MDF
OSB 1	Yönlendirilmiş Yonga Levha (Oriented Strand Board)
OSB 2	Yönlendirilmiş Yonga Levha (Oriented Strand Board)
PVC1	Polivinil klorür (18 mm Avrupa)
PVC2	Polivinil klorür (19 mm Avrupa)
PVC3	Polivinil klorür (19 mm Uzak Doğu)
PVAc	Polyvinyl acetate
EDC	Etilen Dicloride
VCM	Vinil Chloride Monomer
HCl	Hidrojen Klorür

## 1. GİRİŞ

Bir mobilya tasarlanırken dikkate alınması gereken üç alan vardır. Bunlardan birincisi olan fonksiyonel tasarım, mobilyanın ne işe yarayacağını, mobilyadan beklenen temel yararların ne olduğunu belirler. İkincisi olan 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 (Eckelman 1991).

Mobilya üretiminde genel olarak, kutu, çerçeve ve kombine olmak üzere üç temel konstrüksiyon kullanılmaktadır. Üretimde 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 (Efe, 1994).

Günümüz modern evlerinde, duvar ve yer dolapları; mutfak, banyo, ofis ve diğer mekanlarda depolama amaçlı kullanılan vazgeçilmez panel mobilyalardır. Mobilya üniteleri çok amaçlı kullanıldıkları için; kullanımı sırasında etkisinde kalacakları yüklerin büyüklükleri ve nitelikleri çok değişken yapıdadır. Bunlar, bazı durumlarda hafif yüklerin etkisinde kalırken, bazı durumlarda ise; ağır yüklerin etkisinde kalabilirler. Mobilyaların yük altındaki kararlılığı ve mukavemeti; elemanların birleştirme tekniklerine, üretilmiş oldukları malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlıdır. Çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda çubukların eğilme direnci, kutu tipi mobilyalarda ise tablaların rijitliği sistem direnci üzerinde daha etkili olmaktadır (İmirzi, 2008).

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 (Efe, 1994).

Çoğu zaman bir yapı veya sistemde aranan en büyük nitelik mukavemettir. Yani yüklerin emniyetle taşınabilmesidir. Ancak bazı hallerde yapının mukavemeti yanında, deformasyonu da büyük önem taşır. Kesit tayininin mukavemetten ziyade sınırlandırılan sehimle etkilendiği haller de olabilir (Wasti, 1968)

### **1.1. Problemin Tanımlanması**

Günümüzde dünya nüfusundaki hızlı artışa paralel olarak yükselen kaliteli ve sağlam mobilya talepleri karşısında, sürekli azalan orman varlıkları ve doğal kaynaklar nedeniyle, mobilya üretiminde masif ağaç malzeme kullanımı ekonomik olmamaktadır. Yıllardır mobilya sektörünün ana maddesini ahşap ve ahşap esaslı levhalar oluşturmaktadır. Ancak son yıllarda, gelişen teknoloji mobilya sektöründe farklı ana hammaddelerin kullanılmasına imkân vermiştir. Özellikle polivinilklorür (PVC) levhalar, düzgün ve sert bir yapıya sahip, suya ve neme karşı dayanıklı, asit, alkaliler, hidrolik yağlar gibi aşındırıcı maddelere karşı yüksek dirençli, farklı renklere boyanabilmesi, laminat ile kaplanabilmesi v.b. özelliklerinden dolayı iç dekorasyon ve mobilya üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Suya ve neme karşı dayanıklı olduklarından dolayı mutfak, banyo, wc gibi ortamlardaki mobilyaların yapımında kullanılabilir. Bu malzemelerin direk olarak mobilya üretiminde masif ağaç malzeme yerine kullanılması ciddi mukavemet problemlerine yol açabilir. Bu nedenle, PVC levhaların, özellikle panel mobilya üretiminde kullanıldığında, nasıl mekanik davranış özellikleri gösterecekleri belirlenmelidir.

### **1.2. Hipotez**

Ahşap esaslı levhalara alternatif olarak, PVC levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri, birleştirme elemanlarında gösterdikleri mekanik performanslar ve maliyetleri panel mobilya üretiminde kullanılabilmesi için uygundur.

### 1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, mobilya üretimi için alternatif bir malzeme olarak düşünülen, üretimi ve kullanımı giderek yaygınlaşan PVC levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, ayrıca panel mobilyalarda karşılaşılan çeşitli tekniklerle birleştirilmiş L-tipi mukavemet elemanlarının PVC levhalardan üretildikleri takdirde deney yükleri altında gösterecekleri performansların incelenmesi ve geleneksel ahşap esaslı levhalarla karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu nedenle; mobilya üretiminde kullanılan çeşitli ahşap esaslı levhalar da aynı koşullar altında denenmiş ve elde edilen sonuçlar PVC levhalarla karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Ahşap esaslı levha olarak yonga levha (YL), lif levha (MDF), sentetik reçine emdirilmiş kağıtla kaplanmış yonga ve lif levha (YLLAM, MDFLAM) ve 2 farklı kalitede yönlendirilmiş yonga levha (OSB1, OSB2) kullanılmıştır. Deneylerde 3 farklı yoğunlukta PVC (PVC1, PVC2, PVC3) levha kullanılmıştır.

### 1.4. Çalışmanın Kapsam ve Yöntemi

Deney örnekleri olarak; mutfak dolabı, elbise dolabı, kitaplık vb. gibi panel mobilyaların konstrüksiyonunda yaygın olarak karşılaşılan L-tipi köşe birleştirmeler 1/1 ölçülerde hazırlanmıştır. Örnekler, kullanımı sırasında etkisinde kalabileceği yükleme biçimine göre statik yük altında diyagonal çekme ve basınç deneylerine tabi tutulmuştur. 6 ahşap esaslı levha ve 3 değişik yoğunlukta PVC levha olmak üzere 9 malzeme çeşidi, 2 birleştirme tekniği, 2 yükleme biçimi ve her örnekten 5 adet olmak üzere toplam  $(9 \times 2 \times 2 \times 5 = 180)$  180 adet deney örneği hazırlanarak denenmiştir. Ayrıca ahşap esaslı ve PVC levhaların gerekli bazı fiziksel ve mekanik özellikleri de ilgili standartlara uyularak belirlenmiştir. Yapılan deneyler aşağıda verilmiştir:

#### Fiziksel Deneyler

Rutubet (TS EN 322)

Yoğunluk (TS 2470)

Kalınlığa şişme (TS EN 317)

#### Mekanik Deneyler

Eğilme direnci (TS EN 310)

Elastikiyet modülü (TS EN 310)



Yüzeye dik çekme direnci (TS EN 319)

Panel rijitlik modülü (ASTM D 3044; Eckelman, 1985)

Vida tutma mukavemetleri (TS EN320)

- Kenardan vida tutma mukavemeti
- Yüzeyden vida tutma mukavemeti

Minifiks tutma mukavemeti

- Kenardan minifiks tutma mukavemeti
- Yüzeyden minifiks tutma mukavemeti

Kutu Mobilya L-Tipi Köşe Birleştirme Elemanlarının Moment Taşıma Kapasiteleri

- Diyagonal çekme
- Diyagonal basınç

Maliyet ve Performans Analizi

İstatistiksel Değerlendirme

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Polivinil klorür (PVC) Levhalar

Polivinil klorür amorf plastiklerin başında gelir. PVC beyaz veya açık sarı renkli toz polimeridir. Normal PVC % 53-55 klor içerir. Polivinil klorürü 60°C'ye kadar işletmek mümkündür (Aydın, 2004).

Yaklaşık olarak 80°C'de yumuşar. İleri derecede plastikleştirici katılmış polivinil klorür lastiğimsi kıvamdadır (Hazer, 1993) Isıtıldığında klorlanmış hidrokarbonlar tarafından çözünür.

Polivinil klorür halojen içerdiğinden dolayı yanmaya karşı dirençlidir. Açık alevle temasa geldiğinde yanmamaktadır. Kablo izolasyonunda plastikleştiriciler katılarak kauçuk gibi kullanılır. Trikrezil fosfat, dioktil ftalat, dibütil sebasat, polipropilen glikol, plastikleştirici olarak vinil monomerler katılır ve kauçuksu özellik verirler (Hazer, 1993).

Asit ve bazların etkisine karşı dayanıklıdır. Su, alkol ve benzin PVC'ye hiçbir etki göstermez. PVC yüksek elektroliz özelliğine sahiptir ve yanmayan bir polimeridir. PVC 140°C'de yavaş yavaş, 170°C'de ise kolaylıkla hidrojen klorür (HCl) ayrılmasıyla parçalanır ve polimerde çift bağ meydana gelir. Bu nedenle polimere stabilizatörler katılır (Aydın, 2004).

PVC sert ve fleksibül olarak iki çeşit kullanım alanı vardır. Sert PVC daha çok boru, pencere profili, duvar kaplamaları vb. alanlarda kullanılır. Bunlar hava şartlarına dayanıklı, mukavemeti yüksek, sert ve kendi kendine yanmazlık özelliklerine sahiptir. Yumuşak veya fleksibül PVC türleri ise; daha çok kablo sanayi, yer döşemeleri, oyuncak ve eldiven yapımında kullanılmaktadır. Özellikle düşük ısı kararlılığına sahip olan PVC'nin ısıtıldığı zaman metal yüzeylere yapışma özelliği çok yüksektir. PVC hava şartlarına olan yüksek dayanıklılığı, kolay işlenebilmesi, metal yüzeye yapışma özelliğinin olması ve iyi elektriksel özelliklerinin bulunması nedeni ile kablo imalatında geniş yer almıştır. Ülkemizde yapılan alçak gerilim kablokaplamalarının tamamına yakın kısmı PVC den imal edilmektedir (Aydın, 2004).

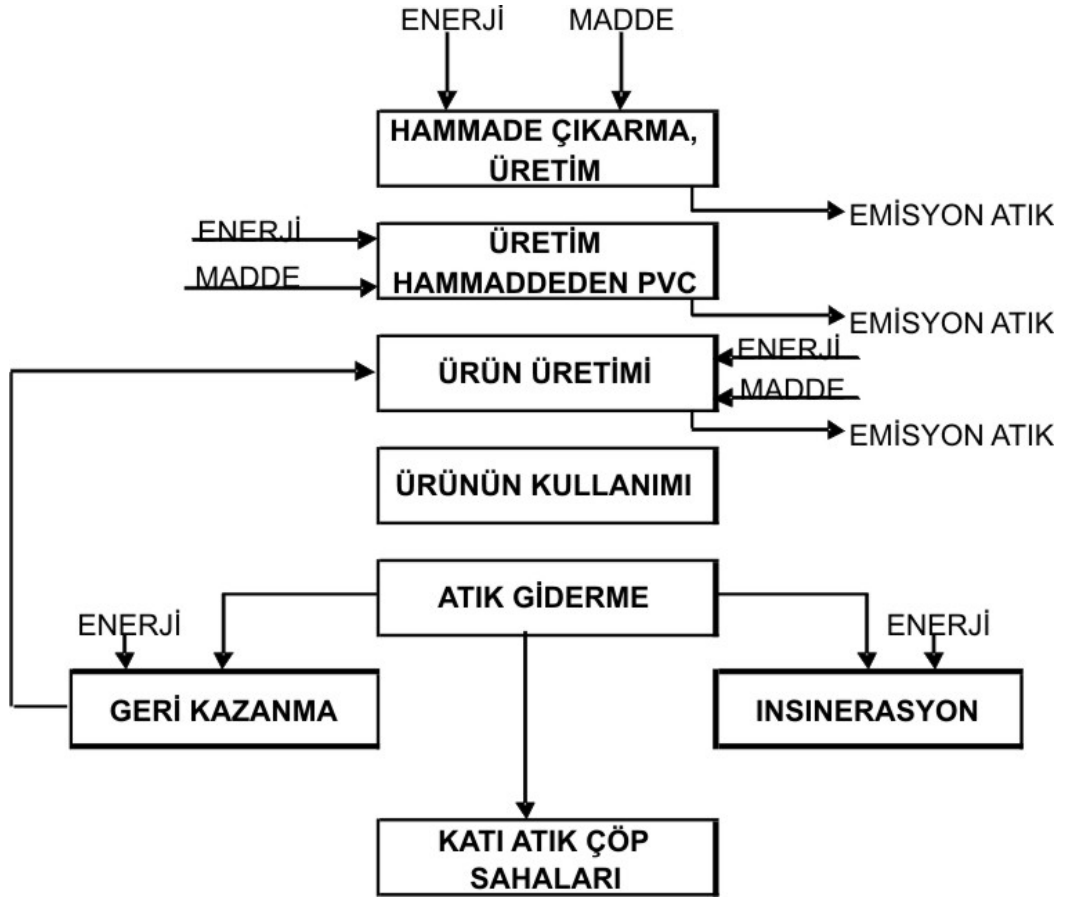
PVC direkt olarak ısıya maruz kaldığında hidrojen klorür (HCl) açığa çıkar ve PVC renginde sararmalar meydana gelir. Bozunma derecesine bağlı olarak PVC renginde sırası ile sararma, kızıllaşma, kahverengi ve siyah renkler görülür. Bununla birlikte ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişimler görülür. Proses sırasında meydana çıkan atık gazlar ve nem vakum ile ortamdan uzaklaştırılarak bertaraf edilir. PVC emülsiyon ve süspansiyon türleri ile emülsiyon türlerinin öğütülmesi ile hazırlanan pastalık türleri bulunmaktadır (Aydın, 2004).

Tablo 1. PVC'nin özellikleri (Aydın,2004).

Petvinil PVC Türleri	K Sayısı 120°C Dikloreten	PSAT kg/dm <sup>3</sup>	Kirlilik Madde gr/kg	Uçucu Madde gr/kg	Termik Stabil dk.	Tane Büyüklüğü		
						180 Elek üstü	50 Elek üstü	63 Elek altı
E-36/71	64-68	0.68	<60	<3	>25-30	Kalan	Kalan	Geçen
Emülsiyon		0.73						<400
E-36/74	64-68	—	—	<3	>25-30	—	—	—
Pasta						—	—	—
P-38/74	66-70	—	—	<5	>10-15	—	—	—
Pasta								
S-23/59	51-55	0.58	<60	<10	>30-40	50	>600	<100
süspansiyon	50-54	0.68						
S-27/63	58-62	0.60	<60	<5	>30-40	>300	>600	<150
Süspansiyon		0.70						
S-29/64	57-61	0.55	<60	<10	>40-50	>150	>600	<100
süspansiyon		0.65						
S-39/71	64-68	0.50	<60	<5	>40-50	>100	>600	<100
süspansiyon		0.60						
KA-13/46	42-45	0.52	<60	<30	>30-40	—	—	—
Kopolimer		0.62						

### 2.1.1. PVC'nin yaşam döngüsü

Yaşam döngüsü boyunca PVC, üretim için tehlikeli kimyasalları gerektirmekte, zararlı katkısallar yaymakta ve zehirli atık yaratmaktadır. Neredeyse tüm PVC ürünlerinin daha güvenli, uygulanabilir alternatifleri şu an mevcut olmasına rağmen üretiminin tüm dünyada gittikçe artmaktadır (www.geocities.com).



Şekil 1. PVC'nin yaşam döngüsü (www.geocities.com).

PVC üretimi proseslerinde ürün tipine bağlı olarak bazı yardımcı katkı maddeleri girilmesi zorunludur.

Genel olarak bir PVC'nin formülasyonu şöyledir:

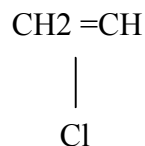
1. PVC reçinesi,
2. Plastifiyanlar,
3. Stabilizötörler,
4. Kaydırıcılar,
5. Dolgu maddeleri,
6. Mukavemet arttırıcılar,
7. Proses yardımcıları
8. Pigmentler

Yukarıdaki maddelerle birlikte alev önleyiciler, optik beyazlatıcı gibi katkı maddeleri de kullanılmaktadır. Çok değişik ve geniş kullanım alanı olan PVC

formülleri için kullanım alanlarına ve nihai mamulün özelliklerine göre yukarıdaki formülasyonda değişiklikler yapılarak çeşitli PVC granüller elde edilebilmektedir. Kablo sektöründe kullanılan PVC granülleri dış kılıf, izole, dolgu ve TTR'dir. PVC'nin yanması esnasında ortaya çıkan gazları ve duman yoğunluğunu daha az olan elektriksel özellikleri daha iyi yanmayan ve içerisinde halojen gazları ihtiva etmeyen Flame Retardant PVC üretimi için çalışmalar başlatılmış ve devam etmektedir (Aydın, 2004).

### 2.1.2. PVC monomeri ve üretim yöntemleri

Vinil klorür monomeri (VCM), polivinil klorürün hammaddesidir. Normal şartlar altında renksiz bir gazdır. Basınç altında sıvı olarak depolanır (Hazer, 1993)



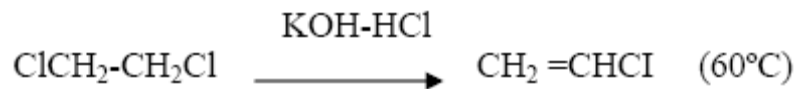
Vinil klorür

Tablo 2. VCM Özellikleri (Aydın,2004)

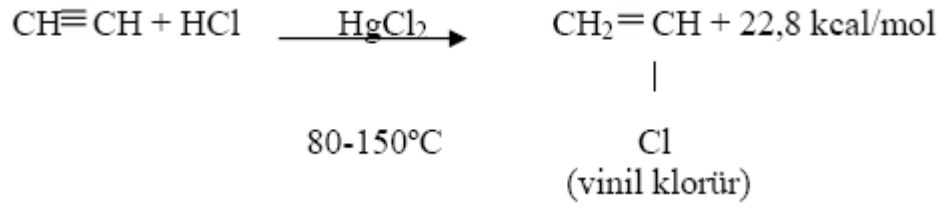
Özellikler	Sayısal Değerler
Kimyasal formülü	CH <sub>2</sub> =CHCl
Formül ağırlığı gr/mol	62.50
Özgül ağırlığı	0.908
Kaynama sıcaklığı (c)	-13.9
Erime sıcaklığı (c)	-159.7
Çözünürlük (suda)	0.12
Kritik sıcaklık (c)	152
Kritik basınç (atm)	55.2
Kritik hacim (cm <sup>3</sup> /gr mol)	173.7
Tutuşma sıcaklığı (c)	-78
Viskozite (Cp) 0°C	0.24 sıvı
Viskozite (Cp) 120°C	0.02
Buharlaşma ısısı cal/90°C	85
Oluşum entalpisi (cal/gr-mol)	9000
Dielektrik sabiti (103H <sub>2</sub> )17°C	6,26

Vinil klorür kaynama noktası -13.9 °C olan bir gazdır. Vinil klorür 1838'de ilk defa Regnault (Fransız) tarafından diklor etilenden elde edildi. 1912'de

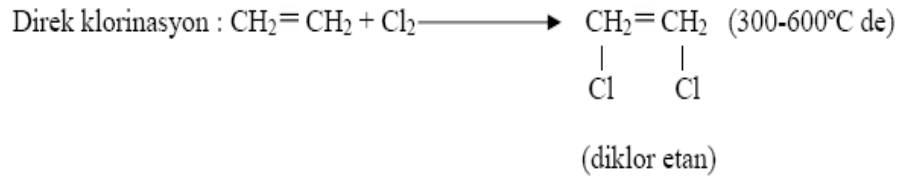
Ostromislensky (Rus), ışınılandırdığı zaman vinil klorürün reçinemsî bir madde oluşturduğunu gördü. İlk ticari üretimi, Almanya’da, asetilene hidrojen klorür katılımlıyla gerçekleştirildi. (Hazer, 1993). 1950’lerde ise ticari değeri daha yüksek olan etilen bazlı prosesler geliştirilmiştir. Bu proseslerde etilen, klor gazı ile reaksiyona sokularak 1,2- dikloreten (EDC) ve daha sonra bu EDC piroliz (ısısal parçalanma) edilerek VCM ile HCl üretilmiştir. HCl ise asetilenle reaksiyona sokularak VCM eldesinde kullanılmıştır. 1950’nin sonlarında ise etilen oksiklorlama prosesi uygulanarak VCM elde edilmeye başlanmıştır. Etilen ve klor gazlarının kullanıldığı bu proseste üretilen HCl tamamen tüketildiği için bu prosese “Dengelenmiş Proses” denir. Halen ABD’deki VCM üreticilerinin % 95’i bu prosesi kullanmaktadır. Avrupa’da da EVC ve HUEL firmalarının asetilen bazlı fabrikalarını etilene dönüştürülmesinden (1992) sonra, asetilen bazlı VCM üretimi kalmamıştır. Ülkemizde de VCM fabrikalarında halen bu proses kullanılmaktadır. Son yıllarda Monsanto firmasının direkt klorlama, ayırma, saflaştırma teknolojisi ile Kellogg firmasının HCl oksidasyonu birleştirilerek modern üretim yüksek saflıkta sağlanmış ayrıca oksiklorlama bölümü elemine edilmiştir. Böylelikle maliyet ve işletmede önemli avantajlar sağlanmıştır. VCM ilk olarak laboratuarda, EDC’ün potasyum hidroksit ile 60°C’de dehidroklorinasyonundan elde edilmiştir ve bu yöntemin endüstriyel uygulaması olmamıştır



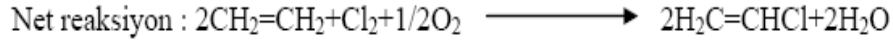
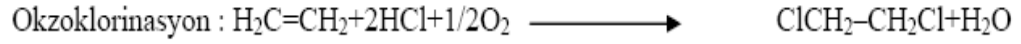
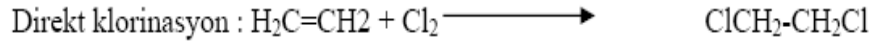
İlk verimli endüstriyel VCM eldesi ise, asetilenin hidroklorinasyonu ile olmuştur ve bu yöntem VCM üretiminde 1940’ların sonuna kadar en çok kullanılan yöntem olmuştur. Hidroklorinasyon reaksiyonu gaz fazında olan bir reaksiyon olup, katalizör cıva (II) klorürdür. Asetilen, genellikle üretimi yüksek enerji gerektiren kalsiyum karbür ile suyun reaksiyonundan elde edilir. Dolayısıyla bu yöntemle VCM üretimi pahalıdır (Aydın, 2004).



1950'lerin başında, hafif petrol fraksiyonlarından elde edilen bol miktarda ve ucuz etilenden VCM eldesi;



Bugün dünyadaki vinilklorür üretiminin çoğu, etilenin direkt klorinasyonundan ve okzoklorinasyonundan elde edilen etilen diklorürün pirolizi ile olmaktadır. Endüstriyel kullanımı 1960 yılında başlayan bu proses, o yıldan beri daha verimlileştirilmiştir. Elde edilen ürünün kalitesi artırılmış ve işletme kapasiteleri büyük miktarlara çıkarılmıştır. Asetilenden vinilklorür eldesi geçerliliğini, etilenden okzoklorinasyon reaksiyonu ile etilen diklorür üretimi bulununcaya kadar korumuştur. Bu proseste etilen, HCl ve oksijen reaksiyona sokularak etilen diklorür elde edilir. Bu reaksiyon için gerekli HCl'de etilenden direk klorinasyon ve okzoklorinasyon ile elde edilen etilen diklorürün pirolizinden sağlanır. Okzoklorinasyonda kataliz olarak bakir (II) klorür kullanılır ve reaksiyon gaz fazı reaksiyondur. Bu prosese ait ilk patent, 1953 yılında Shell firmasına verilmiş olup, bu prosesin endüstriyel kullanımı 1960'lı yılların başına rastlar. Böylece bu proses net bir HCl üretimi veya tüketimi olmaksızın VCM elde edilir (Aydın, 2004).



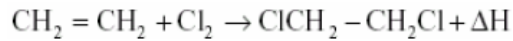
### 2.1.3.Ülkemizde etilenden enil klorür monomeri eldesi

Fabrika etilen, klor ve havadan polimerizasyon yapabilecek derecede vinilklorür üretir. Proseste üç ana reaksiyon vardır. Bu üç ana reaksiyona bağlı olarak fabrika dört ana üniteye ayrılmıştır (Aydın, 2004).

- a. Direkt klorlama
- b. Oksiklorlama
- c. Piroliz (termal kraking)
- d. EDC saflaştırma

#### a. Direkt Klorlama

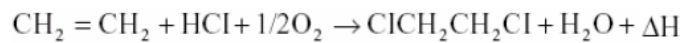
Gaz halindeki klor ve etilen, reaktörde atmosfer basıncına yakın basınç yakın basınçta ve sıvı EDC fazında 90°C de reaksiyona girerek EDC oluştururlar, ürün saf EDC özelliğindedir (Aydın, 2004).



Reaksiyon ısısı üretilen EDC'nin buharlaşmasıyla ortamdan uzaklaştırılır. Yan ürünler 1,1,2-trikloreten, HCl ve etil klorürdür. Yan ürün oluşumunu engellemek için sıvı fazda bir miktar demir (III) klorür bulundurulur.

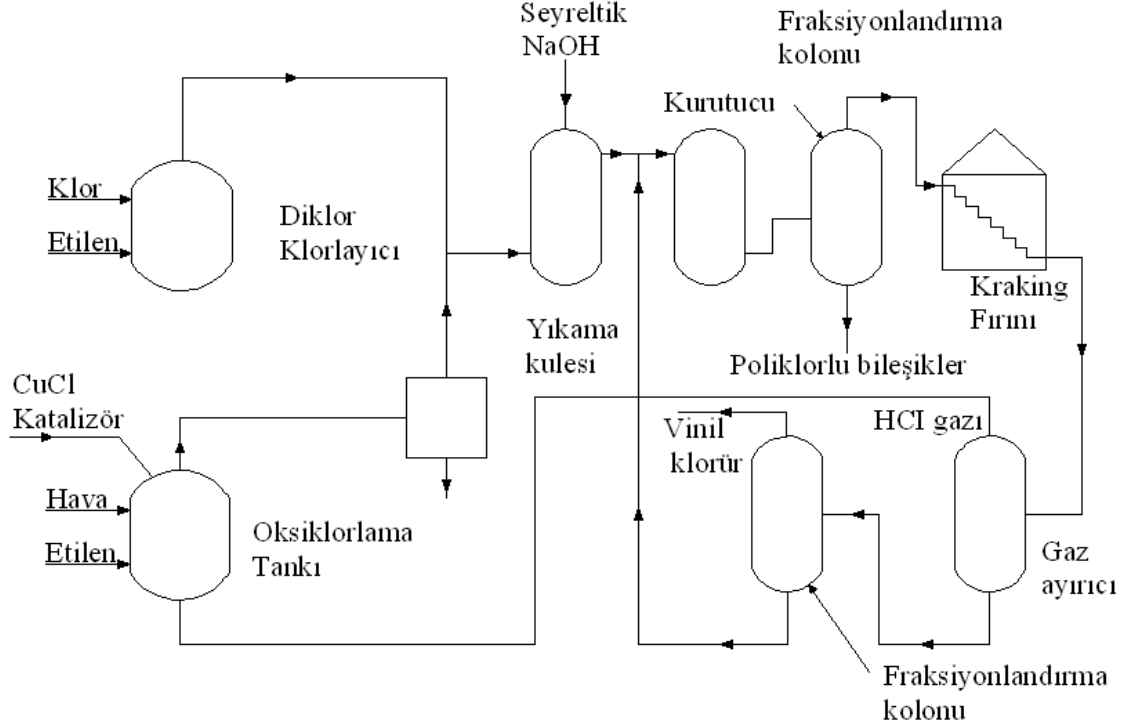
#### b. Oksiklorlama

Piroliz ünitesinde yan ürün olarak elde edilen HCl, etilen ve oksijen bakir esaslı katalist mevcudiyetinde, akışkan yataklı bir reaktörde 7,5-8kg/cm<sup>2</sup>g basınç ve 250°C sıcaklıkta EDC vermek üzere reaksiyona girerler.





Reaksiyon ısı buhar üretimi vasıtasıyla ortamdan uzaklaştırılır. Direkt klorlama ünitesine göre yan ürün oluşumu fazladır, bu nedenle ürün ham EDC özelliğindedir ve saflaştırma ünitesinden geçirilir (Aydın,2004).



Şekil 2. Oksiklorlama ile vinil klorür eldesi akım şeması (Hazer, 1993)

### c. Piroliz (Termal Kıraking)

EDC, VCM ve HCl üretimi için, fırında yüksek alaşımli tüplerde  $500^{\circ}\text{C}$ 'de parçalanır. Saf EDC buharlaştırıldıktan sonra fırında beslenir. EDC'nin parçalanma oranı yaklaşık % 55'dir. Fırın fazları yaklaşık  $40^{\circ}\text{C}$ 'e soğutulur. Soğutulan ve kısmen yoğunlaştırılan gazlar önce butadien arıtma kolonundan ve sonra HCl kolonundan geçirilir. HCl kolonunun üstünden alınan HCl oksiklorlamaya beslenir. HCl kolonun alt ürünü olan EDC+VCM karışım, VCM ayırma kolonuna verilir, bu kolonun üstünden alınan VCM alümina yataklı bir kolondan geçirilerek HCl ile diğer safsızlıklardan temizlenir ve küresel depolama tanklarına gönderilir. VCM kolonunun altından alınan EDC ise direkt klorlamanın EDC saflaştırma bölümüne gönderilir (Aydın,2004).

#### d. EDC Saflaştırma

Oksiklorlama kurutma kolonundan gelen EDC, piroliz gazları arıtma ünitesinden geri gelen EDC ile karışır ve tepe basıncı  $0.2 \text{ kg/cm}^2$  olan hafif hidrokarbonları ayırma kolonuna gönderilir. Kolunun tepesinden safsızlık olarak çıkan hafif hidrokarbonlar organik depolama tanklarına gönderilir. Ayrıca bir kısmı kolonun tepesine riflaks olarak verilir. Hafifleri ayırma kolonunun dibinde sadece ağır hidrokarbonları içeren EDC kalır. EDC pirolizinden gelen bir akım ile ağır hidrokarbonları ayırma kolonuna beslenir. Kolon dip ısıtıcısında kirlenmeleri azaltmak için düşük basınç ve sıcaklıkta çalıştırılır. Dip sıcaklığı  $115^\circ\text{C}$ , dip basıncı  $0,8 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Tepe basıncı ise  $0,2 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Kolon tepesinden alınan saf EDC kondense edilerek kolon tepe dramında toplanır. Bir kısmı riflaks olarak kolona verilirken kalanı ürün olarak saf EDC tanklarına gönderilir. Vinil klorür polimerizasyonu üç tür polimerizasyon yöntemi ile gerçekleştirilir. Bunlar: yığın veya kütle polimerizasyonu, çözelti polimerizasyonu ve süspansiyon-emülsiyon polimerizasyonudur. Süspansiyon polimerizasyonunda; polimerizasyon, sulu bir ortamda gerçekleşmektedir. Suda çözünmeyen monomer, sulu fazda  $0,001-0,5 \text{ cm}$  çapında damlacıklar halinde dağıtılır. Bu yöntemde kullanılan başlatıcılar monomer damlacıklarında, yani organik ortamda çözünen başlatıcılardır. Damlacıkların birleşmelerini önlemek için karışım mekanik olarak devamlı karıştırılır ve karışıma stabilizörler ilave edilir. Stabilizörlerin işlevi, polimerizasyonda kısmen polimerleşmiş yapışkan partiküllerin birbirlerine yapışmasını önlemek olup, stabilizör olarak jelatin, metal selüloz, polivinil alkol gibi suda çözünen organik polimerler yanında magnezyum silikat kaolin, baryum sülfat gibi suda çözünmeyen inorganik birleşiklerde kullanılır. Tipik bir süspansiyon PVC formülasyonu su şeklindedir;

Deiyonize edilmiş su :  $6.000 \text{ kg}$

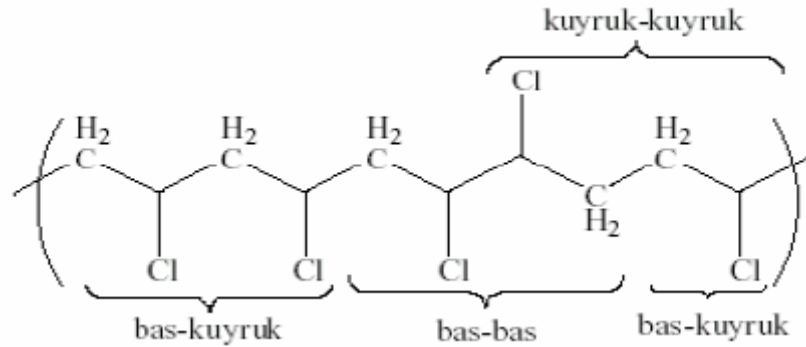
Monomer (vinil klorür) :  $3.000 \text{ kg}$

Başlatıcı (benzoil peroksit) :  $4 \text{ kg}$

Stabilizatör (polivinil alkol) :  $100 \text{ kg}$

Süspansiyon polimerizasyonunda her monomer damlası küçük bir kütle polimerizasyon sistemini andırır ve bu polimerizasyonda isi ve viskozite kontrolü oldukça kolaydır. Elde edilen son ürüne bakılarak, bu tür polimerizasyona inci veya

tane polimerizasyonu da denilir. Birçok PVC uygulaması için polimerde gözeneklilik istenir. Bunun nedeni de PVC'nin kuru harman yöntemi ile harmanlanması sırasında önemli miktarda katkı maddesini kolayca adsorblayabilmesi içindir. PVC'de gözeneklilik partiküller içinde reaksiyona girmemiş monomerin hızlı bir şekilde partiküllerden uzaklaştırılması ile sağlanır. Bu nedenle PVC'nin süspansiyon polimerizasyonunda dönüşüm % 80'nin üzerine çıkarılmaz. Vinilklorürün polimerizasyonu, bir kaç izomerik yapı ile yapısal hatalara sahip makro moleküller verir. Bir vinilklorür monomeri polimer zincirine bas-bas veya baş kuyruk şeklinde katılır. PVC'nin yapısını aydınlatma çalışmaları sonucu, zincire katılmanın genelde bas-kuyruk ilavesi şeklinde olduğudur. Bazen bir monomerin büyüyen zincire eklenmesi sırasında polimer yapısında hatalara yol açan yan reaksiyonlar da olur veya benzer hatalar safsızlıklar sebebiyle de ortaya çıkabilir. PVC'deki yapısal hatalar polimerin rengini ve termal kararlılığını, kristalliğini, işleme davranışını ve son ürünün mekanik özelliklerini etkiler (Aydın, 2004).



Şekil 3. PVC'deki pozisyon izomerliğinin gösterimi (Aydın, 2004).

#### 2.1.4. PVC üretim yöntemi ve teknolojisi

Polivinil klorür üretiminde, ticari olarak 5 polimerizasyon prosesi kullanılmaktadır. Bu prosesler:

- 1 Süspansiyon Polimerizasyonu,
- 2 Emülsiyon Polimerizasyonu,
- 3 Kütle Polimerizasyonu,
- 4 Çözelti Polimerizasyonu,
- 5 Mikrosüspansiyon Polimerizasyonu prosesleridir (Aydın, 2004).

### a. Süspansiyon polimerizasyonu

Süspansiyon polimerizasyonu , polivinil klorür eldesi için en uygun ve en yaygın yöntemdir. Suda monomer karıştırılarak dağıtılır. Sabilizatör olarak jelatin, polivinil alkol veya etil selüloz katılır. Başlatıcı olarak suda çözünmeyen , monomerde çözünen benzoil peroksit veya lauril peroksit katılır. 12 – 24 saat sürer ve 45-55 °C arasında gerçekleştirilir (Hazer, 1993).

Polimerizasyon % 90 dönüşüme kadar devam ettirilir, daha sonra reaksiyona girmemiş VCM uzaklaştırılıp, geri kazanılır. PVC tanecikleri sudan filtre edilerek ayrılır, kurutulur ve toz halinde pazarlanır. Molekül ağırlığı polimerizasyon sıcaklığı ile ayarlanır. Süspansiyon rosesi ile elde edilen PVC'de yıkanmasına rağmen bir miktar süspansiyon yapıcı kalıntısı bulunduğundan ürünün termik stabilizesi kütle prosesi ile elde edilen PVC'den daha kötüdür Toz halinde polimer ele geçer (Aydın,2004).

### b. Emülsiyon polimerizasyonu

Türkiye'de emülsiyon PVC türleri sadece Yarımca PVC Fabrikasında üretilmektedir. Süspansiyon prosesine benzemektedir. Emülsifiye edici katkıları daha büyük miktarlarda kullanılmaktadır. Tane boyutu 0.5 mikron veya daha küçük olabilir. Plastisol ve organosol yapımında kullanılmak üzere toz halinde bulunabilirler (Tolunay, 1994).

Bu proste otoklav içine su alınır, karıştırılarak katalizörler, VCM ve reaktifler ilave edilir. Katalitik tesiri sülfidler, sülfatlar, persülfatlar ve moleküller oksijen temin eder. Emülsiyon yapısı olarak genellikle stearik ve miristik asidin amonyum tuzları kullanılır. Reaksiyon 6 – 8 saatte tamamlanır. Lateksin % 33'ü PVC, % 67'si sudur. Emülsiyon halindeki PVC, pıhtılaşma özelliği nedeni ile atomizer tipi kurutucuda sıcak hava ile kurutulup siklona alınır, daha sonra elenir, ambalajlanır (Aydın,2004).

### c. Kütle polimerizasyonu

Kütle polimerizasyonu prosesi süspansiyon prosesi üretimine benzer özellikte PVC üretilmektedir. Bu proseslerle homopolimer yanında vinil asetat kopolimerleri ile vinil klorür graft kopolimerleri üretilmektedir. Kütle polimerizasyonunda monomer VCM doğrudan doğruya serbest bir radikal başlatıcı

ile polimerleştirilir. Ortamda su ve çözücü bulunmadığından elde edilen polimer diğer proseslere oranla çok temizdir. Bu nedenle kütle prosesi ürünü PVC'nin ısıya dayanıklılığı, elektrik direnci ve porozitesi yüksektir. Bu proses, süspansiyon polimerizasyonunda kullanılan serbest radikal başlatıcılar kullanılarak genellikle iki kademedede gerçekleştirilir. Birinci kademe tane büyüklüğü, ikinci kademedede molekül büyüklüğü geliştirilir. Yüksek polimer dönüşümlerinde aşırı lokal ısınma problemleri prosesin dar boğazını teşkil eder. Bu problem dikey reaktörler ve uygun karıştırıcı sistemleri ile çözülmüştür. Süspansiyon proseslerinin aksine kütle prosesinde verimlilik, polimerizasyon sıcaklığına, süresine ve monomer dönüşümüne bağlıdır. Kütle prosesi ile süspansiyon prosesine benzer tanecikli ancak daha iyi ısı dayanımı ve yüksek dirençli ürünler elde edilebilmektedir. Süspansiyon ve kütle prosesleri karşılaştırıldığında kütle prosesinin su ayırma ve kurutma sistemi içermesine rağmen sabit yatırım harcamasının % 5 kadar yüksek olduğu görülür. Bu fazla harcamanın nedeni maliyeti yüksek olan özel reaktörlerdendir (Aydın,2004).

Kütle polimerizasyonu prosesi monomer, su ve diğer ortamların yokluğunda polimerize edilir. Kımi polimerizasyon ilk safhada oluşur. Polimer , reaksiyona girmemiş monomerden arındırılarak elenir ve sınıflandırılır (Tolunay, 1994).

#### d. Çözelti polimerizasyonu

Monomerler çözücülerde eritilir ve polimerize edilirler. Erimeyen polimer tortulaşır ve çözücünden arındırılır. Proses erime kabiliyeti ve filmlili haline gelme özelliğine sahip polimer ve kopolimerlerin üretiminde kullanılmaktadır (Tolunay, 1994).

#### e. Mikro süspansiyon prosesi

Mikro süspansiyon prosesi emülsiyon prosesi benzer özellikte PVC türleri üretiminde kullanılan, son yıllarda geliştirilmiş bir prosestir. “Seed” lateks kullanılarak veya “Seed” lateks kullanılmadan üretilen yapılmaktadır. Emülsiyon prosesinden ayrılan en önemli husus başlatıcının yağ fazında çözünmesidir. Reaktör verimliliği su/monomer oranına bağlıdır. Mikro süspansiyon prosesinde çift dağılımlı taneciklerin oluşturulması ve daha yüksek kati içeren lateks üretimi, emülsiyon prosesinden farklılığını teşkil eder. (Aydın, 2004)

Mikro süspansiyon prosesi ile tane boyutu 1-3 mikron arasında değişen polimerler üretilir ve bunlar plastisol ve organosollerde kullanılır (Tolunay, 1994).

### **2.1.5. PVC'nin özellikleri ve kalite kontrol yöntemleri**

PVC reçinesinin kalite kontrolleri için, çok çeşitli testler geliştirilmiştir. Ancak International Organization For Standardization (ISO) tarafından hazırlanmış standartlar ve testler, bugün dünyaca kabul edilmiş standart ve testlerdir. Ayrıca ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından ulusal standartlara uygun normlar, her üründe olduğu gibi, PVC ve PVC ürünleri içinde tanımlanmış ve uygulamaya alınmıştır (Aydın, 2004).

#### **a. Molekül ağırlığı**

Çoğu ticari PVC reçinelerinin sayı ortalaması molekül Ağırlığı ( $M_n$ ) 50.000 ile 120.000 arasındadır. Bir polimerin sayı ortalaması molekül Ağırlığı, polimer çözeltisinin kolligatif özelliklerinden faydalanılarak bulunabilir Molekül Ağırlığı ağırlık ortalaması olan  $M_w$  ise, ışığın saçılması ile bulunabilir. Polimerler için bir başka molekül Ağırlığı da, viskozite ortalaması molekül ağırlığıdır ( $M_v$ ). Bu molekül ağırlığının belirlenmesi için sadece polimer çözeltisinin viskozitesinden yararlanıldığından,  $M_v$ ' yi belirlemek oldukça kolay ve pratiktir. Bir polimer çözeltisinin viskozitesi çözücü türüne, çözelti derişimine ve sıcaklığına bağlıdır. PVC'nin viskozite ortalaması molekül Ağırlığı tayini için, Ubbelohde viskometresi kullanılır ve bu viskometrenin kapilerinden sabit sıcaklıkta geçen seyreltik PVC çözeltisinin akis zamanı ( $t$ ) ile saf çözücünün akis zamanı ( $t_0$ ) ölçülür. PVC için en iyi çözücü kullanılarak özgün viskozite hesaplanabilir. Özgün viskozite ile viskozite ortalama molekül Ağırlığı ( $M_v$ ) arasındaki ilişki, Mark- Hauwink eşitliği olarak bilinir ve  $=K.M_v^a$  şeklindedir. Burada K ve a sabitleri çeşitli polimerler için çeşitli çözücü ve sıcaklıklarda deneysel olarak bulunmuştur. Fraksiyonlanmış ve fraksiyonlanmamış PVC örnekleri için 25°C'de sikloheksanonda K ve a sabitleri için çeşitli gruplar tarafından ölçümler yapılmıştır (Aydın, 2004).

Bunlardan tipik iki tanesi:

$$K = 2,04 \times 10^{-4} \quad a = 0,56 \quad (\text{Fraksiyonlanmış PVC})$$

$$K = 1,95 \times 10^{-4} \quad a = 0,79 \quad (\text{Fraksiyonlanmış PVC}) \quad \text{şeklinde bulunmuştur.}$$

Endüstride polimerlerin molekül Ağırlığı genellikle K değeri denilen bir büyüklükle ifade edilir. Polimerin K değeri de polimer çözeltisinin viskozitesinden faydalanılarak bulunur. PVC reçinelerinde K sayısı, 1,2 dikloretan veya sikloheksanon için % 0,5'lik PVC çözeltisinin 25°C'deki viskozitesinin tayini ile yapılır. Sikloheksanonda çözünmüş PVC'nin bağımlı viskozitesini bularak viskozite indisi veya K sayısı sikloheksanondur. Çözeltinin akis zamanını (t), saf çözücünün akis zamanına (to) oranı; bağımlı viskozite (bağıl) olarak bilinir

$$\eta_r = \eta_s / \eta_o = t / t_o \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir. Burada polimer çözeltisinin viskozitesi, o ise saf çözücünün viskozitesidir. Bağımlı viskozite değerine çözücü ve çözelti derişiminin etkisi vardır. Bu etkileri içermeyen özgün viskozite ( $[\eta]$ ) ise;

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} [1/C (\eta/\eta_o - 1)] \text{ veya } [\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} (1/C) \ln (\eta/\eta_o) \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Burada C çözeltisinin derişimi olup, birimi genellikle gr/cm<sup>3</sup> veya gr/100 cm<sup>3</sup>tür. Özgün Viskozite, karışımın viskozitesi ile çözücünün viskozitesi arasındaki farka, polimerik çözünenin yaptığı katkıdır. Bir polimerin özgün viskozitesini bulabilmek için farklı derişimlerde hazırlanmış polimer çözeltilerinin bağıl viskozitelerini kullanılarak derişime (C) karşı C-1[( $\eta/\eta_o$ )-1] veya C-11 n( $\eta/\eta_o$ ) grafiğe geçirilir ve elde edilen noktalar birleştirilip sıfır derişime ekstrapolasyonu ile özgün viskozite elde edilir. Özgün viskoziteyi bulmak için yukarıda açıklanan yolun uzun olması nedeniyle ve yaklaşık bir özgün viskozite değeriyle yetinebileceği durumlarda tek bir polimer çözeltisinin bağıl viskozitesi Fikenscher formülü ile hesaplanır (Aydın, 2004).

$$\text{Log}_{bagag} = [ (75K / 1+1,5 k_c) + k ]. C, (K sayısı = 1000k) \quad (3)$$

Burada C: çözeltinin derişimi, çözeltinin 100 ml'indeki gram PVC miktarı (gr PVC/100 ml),  $\eta_{bağıl}$ : bağıl viskozitedir.

### b. Partikül boyutu

Polimer partikül boyutunu ölçmek için kullanılacak tekniğin seçimi, polimerlerin partikül boyutuna bağlıdır. Kütle ve süspansiyon polimerizasyonu yolu ile elde edilen PVC reçineleri 50-200  $m$  çapında olup, bu tür reçinelerin partikül boyutları elekler kullanılarak belirlenir. Elek tekniği ince ve kaba partiküllerin ölçümünde daha doğru sonuç verir. Partikül boyutu belirlenmesinde klasik elek tekniğinin yanı sıra lazer difraksiyon, Coulter Sayma ve Resistive Pulse teknikleri de vardır (Aydın, 2004).

Tablo 3. Bazı S-PVC'lerin elek analizleri (Aydın,2004)

Elek Analizi ( <i>gr/kg</i> )	S27/R/63	S-23/R/59	S-29/R/64	S-65/R/68
0,177 <i>mm</i> elek arasında kalan	30	10	15	30
0,177-0,088 <i>mm</i> elek arasında kalan	60	60	60	60
0,063 <i>mm</i> elek arasında kalan	15	10	10	15

Pasta türü reçinelerin partiküllerinin boyut tayini toz (granül) halindeki reçinelerinkine göre daha zordur. Çünkü pasta türü reçinede partiküller çok küçüktür. Böyle bir reçinenin partikül boyutunu ölçmek için reçine önce sprej edilerek kurutulur ve öğütülür. Partikül boyutu 30  $m$ 'den büyük olanlar yas elek yöntemi ile aşağı yukarı 5  $m$ 'ye kadar olanlar Coulter sayıcılarla, 1  $m$  çapa kadar olanlar ise lazer difraksiyon tekniğiyle ölçülürler. PVC lateks partiküllerinin boyutu ise, elektron mikroskobu tekniği ile belirlenir (Aydın, 2004).

### c. Görünür yoğunluk

Polimer görünür yoğunluğu; polimerin gözenekliliğine, boyutuna ve tanecik sekline bağlıdır. PVC reçinelerine ait görünür yoğunluk tayini iki şekilde yapılmaktadır. İlk sekil olan sıkıştırılmamış (gerçek) yığınlarda görünür yoğunluk tayinidir. Bu standartta toz halindeki süspansiyon veya kütle polimer Ağırlığı ve hacmi belli olan metal kaba alınır. Kabin üzerindeki fazla toz polimer atılır ve kap tekrar tartılır. Elde edilen polimer ağırlığının kabin hacmine bölünmesiyle polimerin sıkıştırılmamış (gerçek) görünür yoğunluğu elde edilir. Diğer şekilde yapılan sıkıştırılmış görünür yoğunluk tayini ile, süspansiyon ve kütle polimerlerine ait paketleme (ambalajlama) yoğunluğu bulunur. Belli miktardaki PVC reçinesinin



bölüntülü bir cam silindire konulup belli koşullar altında çalkalanıp sıkıştırılması ile elde edilen hacimden hesaplanır. Her iki yöntemde de sonuç  $kg/dm^3$  biriminden ifade edilir (Aydın, 2004).

#### d. Renk ve ısı kararlılığı

Polivinil klorürün ısı kararlılığı çoğunlukla dehidro klorinasyon testiyle belirlenir. Bu test için belli ağırlıkta saf PVC (veya PVC çözeltisi), bir test tüpüne veya hücreye koyulur, ardından tüp veya hücre,  $120^{\circ}C$ 'deki yağ banyosuna batırılır. Dehidroklorinasyon nedeniyle ortaya çıkan HCl gazinin miktarı, çeşitli teknikler yardımıyla kantitatif olarak belirlenir. Bu tekniklerden birisi: oluşan HCl gazini suda çözüp, çözeltinin iletkenlik artışını veya pH düşüşünü ölçmektir. Bu şekilde belli koşullar altında, dehidroklorinasyon hızı kantitatif olarak belirlenebilir. Dehidroklorinasyon testi, işlenmiş PVC'nin davranışı ile her zaman ilişkili değildir. İşlenmiş polimerin ısı kararlılığı için ise, bir örnek preslenir, ardından fırında ısıtılır ve siyahlaşma zamanı kaydedilir. Bu siyahlaşma zamanını gösteren ölçümler, polimerin ısınması sırasındaki davranışını gösteren indikatörlerdir. PVC'nin renk kararlılığı testinde ise, tipik bir örnek hazırlanır. Formülasyon ile hazırlanan örnek ekstrude edilir veya preslenerek uygun şekle sokulur, oluşan renk bir kolorimetrede incelenir ve bu renk işlenmiş polimerin görüntüsüne ait bir ölçüdür (Aydın, 2004).

#### e. Kaynama ve kuruma zamanları için tork reometre testleri

PVC reçinelerinin ısınma karakteristikleri pek çok faktöre bağlıdır. Tork geçiş testleri PVC'nin kaynama (füzyon), jelleşme, toz karıştırma karakteristikleri ve dinamik ısı kararlılığını belirlemek için kullanılır. Tost testi için ölçüm, belli koşullar altında materyalin karışması sırasında Tork Reometre ile yapılır (Aydın, 2004).

### **2.1.6. PVC'nin özelliklerini etkileyen faktörler**

#### a. Kararlı hale getirilmiş PVC'nin termal kararlılığı ve bozunması

PVC stabilizatör madde içermediği zaman,  $100^{\circ}C$ 'nin üzerindeki sıcaklığa ısıtıldığında veya UV ışınına veya gamma ışınına maruz bırakıldığında bozunur. Bozunma ürünlerinden birisi HCl gazidir. Bu oluşan HCl molekülü, zincirdeki bir sonraki yinelenen birimden HCl molekülü eliminasyonunu katalizler ve bu katalizleme eliminasyon zincirleme devam eder. Sonuçta bu hızlı çözme reaksiyonu

ile, 6 – 14 konjuge çift bağ içeren ve maksimum 30 yinelenmiş birimle polien dizileri elde edilir. Ayrıca PVC’de zincirleme dehidroklorinasyon reaksiyonun oksijenli ortamda çok hızlı yürüdüğü gözlenmiştir. HCl eliminasyonu ile oluşan uzun polien zincirleri PVC’nin önce sarıya, daha sonra kahverengine ve sonuçta siyaha dönüşmesine neden olur. Polienler kesilme, çaprazlama, aromatik gruplar oluşturma gibi ikinci derece reaksiyonlara da uğrayabilirler ve sonuçta PVC’nin özellikleri üzerinde çok etkili olurlar. PVC’de polien oluşumu, polimerin çözünürlüğünü azaltır ve elektriksel , mekaniksel özelliklerini düşürür. PVC’nin termal kararlılığı, PVC’nin molekül Ağırlığı azaldıkça düşer (Aydın, 2004).

#### b. PVC’nin fiziksel özelliklerine etki eden etmenler

PVC, termal özellikler açısından diğer amorf termoplastiklere benzer özellikler gösterirler. Saf PVC şeffaf ve renksiz bir polimer olup, kırılma indisi 1,537’dir. Ancak katkı maddeleri içeren PVC opak veya şeffaf olabilir. PVC tipik bir organik yalıtıcıdır. Örneğin süspansiyon PVC 23°C’de 105 ohm’dan daha fazla bir hacimsel dirence ve 1014 ohm seviyesinde yüzeysel dirence sahiptir. PVC’nin hacimsel ve yüzey dirençleri polimerin cinsine, katkı maddelerin cins ve miktarına bağlı olarak değişir. Genellikle katkı maddeleri PVC’nin hacimsel ve yüzey dirençlerini düşürür. PVC’nin bazı özellikleri, camsı- geçiş sıcaklığından önce ve sonra farklılık gösterir. PVC’den yapılan bir malzemenin yoğunluğu, polimere ve içindeki katkı maddelerine bağlı olarak değişir. Ayrıca işleme anında erime basıncına da bağlı olan PVC yoğunluğu, ortalama  $1,41 \text{ gr/cm}^3$  değerindedir. PVC polimerin kesin bir erime sıcaklığı yerine bir camsı geçiş sıcaklığı vardır ve bu sıcaklık 65-85°C arasındadır. Camsı geçiş sıcaklığı polimerin cinsine, bileşimine test metoduna bağlıdır. Polimere plastikleştirici katılması camsı geçiş sıcaklığını düşürür. PVC’nin gözenekli olması PVC’nin K-değerindeki azalma ile doğru orantılıdır. Gözenekli partiküllere sahip PVC’lerde bulunan plastikleştiriciler, gözenekli PVC’lerin etkisi el daha iyi karışım sağlarlar ve film, tabaka türü ürünlerin kalitesini arttırlar. Birçok PVC polimerin görünen yoğunluğu 450-650  $\text{kg/m}^3$ ’e kadar düşmektedir. Aynı K-değerlerine sahip PVC’lerden ticari kütle polimerizasyonu ile hazırlanmış olanlar, süspansiyon polimerizasyonu ile hazırlanmış olanlardan daha yüksek yoğunluğa sahiptir (Aydın, 2004).

### c. PVC'nin mekanik özellikleri

PVC'den yapılmış bir malzemenin mekanik özellikleri PVC'nin özelliklerine bağlıdır. Bu açıdan PVC'den yapılan malzemenin mekanik özellikleri PVC'nin molekül ağırlığı ve moleküllerin malzeme içerisindeki dağılımına bağlıdır. Ayrıca malzemenin mekanik özellikleri katkı maddelerinin cins ve miktarıyla değişebilmektedir. Örneğin PVC'ye genel plastikleştiricilerin katılması, PVC'nin mekanik özelliklerini değiştirir. PVC'ye az miktarda plastikleştirici ilavesi polimerde antiplastikleşmeye neden olur, bunun sonucu olarak da polimerde dayanıklılıkla birlikte kırılmalıkta yapay bir şekilde artar (Aydın, 2004).

### d. PVC'nin kimyasallarla olan direnci

Oksijen ve ozonun PVC'ye etkisi olmasına karşın potasyum permanganat gibi bazı oksitleyici maddeler, PVC'yi bozarlar. Klorun PVC üzerindeki kötü bir etkisi yoktur. Ancak brom ve flor oda sıcaklığında bile PVC'yi etkiler (Aydın, 2004).

### e. PVC'nin kristal yapısı

Ticari PVC genelde amorf polimer olup % 5 oranında küçük ve düzgün olmayan kristaller içerir. Kristallerin boyut ve mükemmelliğinde artış, PVC'nin erime noktasında ve camsı geçiş sıcaklığında yükselişe neden olur. Kristalik yapının artmasıyla kırılmalık da artar. Plastikleştirici içeren PVC'nin kristallığı ve gerilme direnci fazla, plastikleştirici içermeyen PVC'nin kristallığı ve gerilme direnci ise azdır. Kristalin yapısı fazla olan yumuşak PVC'nin çözünürlüğü, kristalik yapısı az olan sert PVC'ye göre daha azdır (Aydın, 2004).

### 3. KAYNAK ÖZETLERİ

#### 3.1. Malzeme Özellikleri

Masif malzemeye alternatif olarak üretilen ahşap esalı malzemeler, hem ekonomiklik hem de çeşitli teknik üstünlüklerinden dolayı mobilya üretiminde kullanılmaktadır. Kontrplak, yönlendirilmiş yonga levha (OSB), YL ve MDF bu malzemelere örnek olarak verilebilir. Bu malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesiyle, bu tip malzemeler mobilya endüstrisinde daha çok kullanım imkânı bulabilecektir (Efe 1994).

Son yıllarda, kontrplak, OSB, MDF vb. ahşap esaslı levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri ve mobilya üretiminde kullanımları ile ilgili yayınların sayısı giderek artmaktadır. MDF, OSB ve YL' nin yorulma dirençleri belirlenerek, mobilya mukavemet tasarımında kullanılmak üzere kabul edilebilir tasarım gerilmesi değerleri hesaplanmıştır (Bao ve Eckelman, 1995).

YL, OSB ve MDF için kabul edilebilir tasarım gerilmeleri belirlenip her malzemenin eğilmede yorulma direncinin, ortalama eğilme direncinin % 30 – 40'ına karşılık geldiği bildirilmiştir (Bao ve diğerleri, 1996).

Çeşitli mobilya tiplerinin mekanik özellikleri ve ahşap esaslı levhaların bağlantı elemanlarını tutma mukavemetleri irdelenmiştir (Eckelman, 1999).

OSB'nin makaslama direncini belirlemek amacıyla geliştirilmiş alternatif bir deney yöntemi önerilmiştir (Shrestha, 1999).

Ahşap esaslı levhaların mobilya çerçeve konstrüksiyonunda kullanımının yaygınlaştığı ve geleneksel malzemelerle karşılaştırılması gerektiğinden hareketle, meşe ve kavak ağaçları ile, çam kontrplak, ESL 26 (engineered strand lumber) ve yonga levhalardan hazırlanan T-tipi deney örneklerinde çekme ve eğilme dirençleri belirlenmiştir. En yüksek direnci masif meşe ve çam kontrplak, en düşük direnci ise yonga levhanın verdiği bildirilmiştir (Zhang ve diğerleri, 2001).

Ülkemizde 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 için öneriler sunulmuştur (Göker ve diğerleri, 2002).

Çeşitli masif ve ahşap esaslı levhaların mobilya mühendislik tasarımında gerekli olan bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, ilgili standartlara göre belirlenmiştir. Deneyleerde, masif ahşap malzeme olarak Doğu kayını (*Fagus Orientalis Lipsky*) ve sarıçam (*Pinus Sylvestris Lipsky*), ahşap esaslı levha olarak da okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak (OKP), MDF ve OSB kullanılmıştır. Deney malzemelerinin, yoğunlukları ve rutubet oranları tespit edilmiş, mekanik özelliklerden de çekme, basınç, kesme dirençleri ile eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, literatürdeki bazı çalışmalarda kullanılmış olan emniyet katsayıları kullanılarak masif ve ahşap esaslı levhalar için kabul edilebilir tasarım (emniyet) gerilmeleri değerleri hesaplanmış ve mobilya tasarımcılarının kullanımına sunulmuştur (Efe ve Kasal, 2007).

Sandviç panellerin ve bileşenlerinin statik test sırasında ve sonrasında kırılma mekaniği direnci ve sertliği araştırılmıştır. Sonuç olarak, sandviç yapıların sertlik ve yükleme kusuru şartları mekanik karakteristikleri bileşenlerine nazaran daha iyi olduğu bildirilmiştir (Bezazi ve diğerleri 2007).

### **3.2. Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Birleştirmelerinin Performansı**

Yeterli miktarda tutkal kullanımının kavela çekme mukavemeti üzerinde etkili bir faktör olduğu vurgulanmıştır. Yonga levhalarla oluşturulan kavelalı köşe birleştirmelerle yapılan deneyler sonucunda; tutkalın hem kavela yüzeylerine hem de kavela deliği duvarlarına sürülmesinin, sadece kavela deliği duvarlarına sürülmesine kıyasla birleştirmelerin mukavemetini % 35 arttırdığı bildirilmiştir (Engleson 1973).

Piyasada yaygın olarak kullanılan ve aralarında önemli miktarlarda fiyat farkı bulunan 7 değişik tip vida, 12 mm kalınlığındaki yonga levhadan çekilerek, vidaların tutma yetenekleri karşılaştırılmıştır. Deneyler sonucunda, vidalar arasında pratik olarak önemli derecede bir fark bulunmadığı belirtilmiştir (Eckelman (1974).

Mobilya yapımında kullanılan OSB, MDF ve YL gibi ahşap esaslı levhaların, çeşitli yüzey biçimlerindeki kavelalar ile tutma mukavemetleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, fazla miktarda tutkal kullanımının mukavemeti arttırdığı, spiral yivli yüzeyli kavelaların, düz yivli kavelalardan daha yüksek mukavemet gösterdiği, ayrıca,

yüzeyden kavala tutma mukavemetinin, kullanılan malzemenin iç yapışma direnci ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Eckelman ve Cassens 1985).

Bir kutu sisteminin rijitliği üzerinde, bağlantıların etkisini belirlemek için genel bir metot geliştirilmiştir. Sonuçlara göre; levhalar menteşe ve benzeri semi-rijit birleştirmelerden, rijit birleştirildiğinde bir kiriş gibi levha kenarlarının eğilmeye karşı direnç gösterdiği ortaya koyulmuştur (Eckelman ve Munz 1987).

Rijitlik derecesi değerleri değişen 3 tip bağlantı tekniği kullanılarak kutu mobilya üzerinde bunların birleştirme sağlamlığına etkisi değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre; kutunun rijitliği üzerinde birleştirmelerin önemli etkisi bulunmaktadır. Köşe birleştirmeler, kavala ve metal bağlantılarla güçlendirilirse sağlamlığında kademeli olarak artacağı vurgulanmıştır (Lin ve Eckelman 1987).

Piyasada mevcut bulunan orta yoğunlukta lif levhalarda kenardan ve yüzeyden çeşitli ölçülerdeki sac vidalarının tutma yetenekleri araştırılmıştır. Çalışmasının sonuçlarına göre, MDF yüzeyden vida tutma direncinin Eş. 4, kenardan vida tutma direncinin ise Eş.5'deki matematiksel ifadeler ile belirlenebileceği bildirilmiştir (Eckelman 1988).

$$f_y = 39 IB^{.85} D^{.5} (L - D / 3)^{1.25} \quad (4)$$

$$f_k = 18.4 IB^{.85} D^{.5} (L - D / 3)^{1.25} \quad (5)$$

Burada,  $f_y$  : yüzeyden vida tutma mukavemeti (*pound*),  $f_k$  : kenardan vida tutma mukavemeti (*pound*),  $IB$  : iç yapışma direnci (*psi*),  $D$  : vida çapı (*inches*),  $L$  : vida girme derinliği (*inches*)'dir. Ayrıca, uygun ön delik açıldığı takdirde, vida tutma mukavemetinin % 13 oranında arttığı belirtilmiştir (Eckelman, 1988).

Birçok yapı için temel özellik, herhangi bir kusur oluşturmadan tasarım yüklerini taşımasıdır. Bir kutu konstrüksiyonun tasarlanmasında, çeşitli bağlantı noktalarına yapılan yüklemelerle kutuların sağlamlıklarını belirlemek için bir analiz metodu gereklidir. Tabla tipi konstrüksiyonda yapının mukavemeti ve sağlamlığı önemli oranda tablaların burulma direnci ve rijitliğine bağlıdır. Genel olarak tabla tipi mobilyaların kutu görünümünde oldukları söylenebilir. Çoğunlukla dört yanlı, bir arkalı olurlar ve bu durumlarıyla tamamlanmış bir çerçeve şeklinde görünürler. Bir

mobilyanın hemen hemen tüm elemanları tablalardan oluşuyorsa kutu mobilya tipi olarak tanımlanabilir. Eğer esas kutu konstrüksiyon üzerinde başka çerçeve, çekmece ve kapaklar taşıyor ise bu durumda genellikle yapı karkas tipi olarak tanımlanmaktadır. Normal bir kitap rafı kutu konstrüksiyona, çekmeceli bir çamaşır dolabı karkas konstrüksiyona örnek olarak gösterilebilir (Efe, 1994, Eckelman, 1991).

Yonga levhalar üzerinde tek kavelalı köşe birleştirme elemanları ile yapılan diyagonal basınç ve çekme deneylerinde, kavela çapı ve kavela boyu arttıkça eğilme momenti taşıma kapasitesinin de arttığı tespit edilmiştir (Zhang ve Eckelman, 1993).

Yonga levhalarda farklı sayıda kavela kullanılarak yapılan köşe birleştirmeler için, çekme ve basınç deneylerinde numune genişlikleri ve kavelalar arası mesafeler değiştirilmiştir. Sonuç olarak, iki kavela arası 7,5 *cm* olması durumunda en yüksek eğilme mukavemetine ulaşılacağı bildirilmiştir ( Zhang ve Eckelman,1993)

Yonga levhalar üzerinde tek kavelalı kutu konstrüksiyonlu köşe birleştirme elemanlarına yapılan basınç ve çekme deneylerinde, kavela çapı ve kavela boyu arttıkça, basınç ve çekme direncinin de arttığı tespit edilmiştir. (Zhang ve Eckelman 1993).

Yonga levhalarda farklı sayıda kavela kullanılarak yapılan kutu konstrüksiyonlu köşe birleştirmeler için, çekme ve basınç deneylerinde numune genişliklerini ve kavelalar arası mesafeleri değiştirmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre, iki kavela arası mesafenin 7,5 *cm* olması halinde en yüksek dirence ulaşılacağı bildirilmiştir (Zhang ve Eckelman 1993).

Yonga levhadan hazırlanmış kutu konstrüksiyonlu köşe birleştirmelerinin basınç yükü altındaki mukavemet özellikleri araştırılmıştır. Sonuçta; kutu mobilya üretiminde kavelalı köşe birleştirmelerinin uygulanması gerektiği bildirilmiştir (Özçifçi ve diğerleri 1996).

Kutu mobilya konstrüksiyonunda geniş kullanım alanı bulunan çekme ve basınç yükleri altındaki kavelalı köşe birleştirmelerin eğilme direncini etkileyen faktörler ile birim alanda uygulanacak kavela sayısının belirlenmesinin önemli olduğu belirtilmiştir. Kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinde rasyonel kavela tasarımı deney sonuçlarına göre lif levhalar, yonga levhalara 8 *mm* çaplı kavelalar,

10 *mm* çaplı kavelalara üstünlük sağlamış, yonga levhalarda yivli yüzeyli, lif levhalarda ise düz yüzeyli kavelalar daha başarılı bulunmuş, kavela adedindeki artışın, çekme direncinde artışa, basma direncinde ise azalmaya sebep olduğu belirtilmiştir (Efe, 1998).

Lif levha ve yonga levha ile oluşturulan L-tipi kavelalı köşe birleştirmelerde sırasıyla 2, 3, 4, ve 5' li kavela dizilerinin basınç ve çekme dirençleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, lif levhalar, yonga levhalara, 8 *mm* çaplı kavelalar, 10 *mm* çaplı kavelalara üstünlük sağlamıştır. Yonga levhalarda yivli yüzeyli, lif levhalarda düz yüzeyli kavelalar daha başarılı bulunmuştur. Kavela sayısındaki artışın çekme direncinde artışa, basınç direncinde ise azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (Efe, 1998).

Kutu mobilya konstrüksiyonunda geniş kullanım alanı bulunan çekme ve basınç yükleri altındaki yabancı çatalı ve trapez bağlantı elemanlı 150 x 150 x 18 *mm* ölçülerindeki yonga levha ve lif levha (MDF)'lar ile oluşturulan "L tipi" köşe birleştirme deney elemanlarının dirençleri belirlenmiştir. Deney sonuçlarına göre lif levhaların, yonga levhalara, demonte birleştirmelerin ise sabit birleştirmelere üstünlük sağladığı belirtilmiştir (Efe 1999).

Kenarları 5, 8 ve 12 *mm* kalınlığında masif malzeme ile kaplanmış ve masifsiz yonga levha deney örnekleri, 6, 8 ve 10 *mm* çapındaki kavelaları 25 *mm* derinlikte girecek şekilde polivinilasetat (PVAc) tutkalı ile yapıştırılmıştır. Kavela çekme deneyleri sonucunda, en yüksek direncin 6 *mm* çaplı kavela ile 12 *mm* kalınlıkta masif kaplı yonga levhadan elde edildiği bildirilmiştir (Uysal, 1999).

Tabla tipi mobilya üretiminde kullanılan köşe birleştirmelerden; seçilmiş bazı tutkallı (sabit) ve tutkalsız (demonte) birleştirmelerin eğilme direnç özellikleri araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre lif levhaların, yonga levhalara, tutkalsız birleştirmelerin, tutkallı birleştirmelere üstünlük sağladığı, deneylerde en iyi sonucun tutkalsız multifixli köşe birleştirmelerin verdiği, ikinci sırayı ise tutkalsız minifixli köşe birleştirmelerin aldığı bildirilmiştir (Efe ve Kasal 2000a).

Tabla tipi mobilya üretiminde uygulanan kavelalı köşe birleştirmelerde tutkal çeşidinin çekme direncine etkileri araştırılmıştır. Deneyler sonucunda; lif levhaların yonga levhalara üstünlük sağladığı, tutkallar içinde en iyi sonucun PVAc tutkalının



verdiği, tutkal çeşidi ve levha türü etkileşiminin ise istatistiksel anlamda önemsiz çıktığı bildirilmiştir (Efe ve Kasal 2000b).

Kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde kullanılan köşe birleştirmelerden; tutkallı (sabit) ve tutkalsız (demonte) birleştirmelerin mukavemet özellikleri araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre lif levhaların yonga levhalara, tutkalsız birleştirmelerin de tutkallı birleştirmelere üstünlük sağladığı belirtilmiş, deneylerde en iyi sonucun tutkalsız multifixli köşe birleştirmelerin verdiği, ikinci sırayı ise tutkalsız minifixli köşe birleştirmelerin aldığı bildirilmiştir (Efe ve Kasal 2000c).

Yonga levhadan yapılan kutu konstrüksiyonlu tek kavelalı köşe birleştirmelerin moment kapasiteleri test edilmiştir. Değişik çaplardaki kavelalar ve farklı kalınlıklardaki yonga levhalar ile yapılan testlerin sonucunda; köşe birleştirmelerin direncinin kavela çapı ile doğru orantılı olarak arttığı vurgulanmıştır ve farklı kalınlıklar için optimum kavela çapları belirlenmiştir (Norvydas ve Papreckis 2001).

Kutu konstrüksiyonlu, tutkalsız ve tutkallı vidalı mobilya köşe birleştirmelerinde çekme dirençleri karşılaştırılmıştır. Tutkallı birleştirmelerde poliüretan esaslı bir tutkalın kullanıldığı araştırmada yapılan deneyler sonucunda; MDF Lam ve 4x50 mm vidaların daha başarılı bulunduğu bildirilmiştir (Örs ve diğerleri 2001).

Kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde uygulanan kavelalı köşe birleştirmelerin, çeşitli tutkallarla yapıştırılmış örneklerin basınç dirençleri karşılaştırılmıştır. ASTM D 143-83 esaslarına göre yapılan basınç deneyleri sonucunda; lif levhaların yonga levhalardan daha iyi sonuçlar verdiği, tutkallar arasında en iyi sonucun ise polivinilasetat tutkalı ile elde edildiği bildirilmiştir (Efe ve diğerleri 2002).

Kontrplak ve yönlendirilmiş yonga levha (OSB) malzemelerinin vida tutma mukavemetleri araştırılmıştır. Sonuçta, bu malzemelerin vida tutma mukavemetleri üzerinde vida çapı, vida etkili boyu ve malzeme yoğunluğunun etkili olduğu belirtilmiştir (Erdil ve diğerleri 2002).

Masif ve ahşap esaslı levhalardan hazırlanan kutu tipi mobilyada dişli köşe birleştirmelerin eğilme dirençlerinin karşılaştırılması araştırılmıştır. Deney örnekleri, masif ağaç malzemelerden Doğu kayını, sarıçam ve kavak, ahşap esaslı levhalardan ise okume, kavak kontrplaklar ve orta yoğunlukta lif levhadan yararlanılmıştır.

Sonuç olarak, eğilme direncinin en yüksek okume kontrplakta, en düşük ise sırasıyla masif çam ve kavakta elde edildiği bildirilmiştir (Örs ve diğerleri, 2003).

Ahşap ve ahşap esaslı levhalardan hazırlanmış örnekler üzerinde kutu tipi mobilya lambalı – kınışlı köşe birleştirmelerin eğilme moment direnci özellikleri araştırılmıştır. Deneyle sonucunda, en yüksek eğilme direncinin okume kontrplakta, en düşük eğilme direnci değerlerinin ise sırasıyla masif çam ve kavaktan elde edildiği belirtilmiştir (Efe ve diğerleri 2003).

Tabla tipi vidalı (tutkalsız) ve tutkallı vidalı mobilya köşe birleştirmelerinin eğilme moment dirençleri araştırılmıştır. Deneyle sonucunda; tutkalsız birleştirmelerin tutkallı birleştirmelerden, lif levhaların yonga levhalardan, 4x50 mm vidaların 5x60 mm vidalardan daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir (Efe ve diğerleri 2003).

Montaja hazır mobilya birleştirmelerinin performans özellikleri araştırılmıştır. 18 mm kalınlığındaki MDF ve YL'den mekanik bağlantı elemanları ve kavela kullanılarak köşe birleştirme örnekleri hazırlanmış, her bir köşe birleştirmesi için bir bağlantı elemanı kullanılmıştır. Araştırma sonucunda mekanik bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmelerin kavela ile yapılan birleştirmelere göre daha az dirençli ve daha esnek oldukları ve malzeme ve bağlantı elemanı tipinin esneklik ve direnci etkilediği bildirilmiştir (Güntekin 2003).

“32 mm Kutu Konstrüksiyonlu Köşe Birleştirmeleri İçin Optimum Kavela Mesafeleri” adlı çalışmada Türk mobilya endüstrisinde artan 32 mm'lik kutu konstrüksiyon kullanımı, uygulamalı direnç dayanımının değerlendirilmesi gerekliliği ortaya koyulmuştur. Makale 32 mm'lik kutu konstrüksiyondaki köşe birleştirmelerinin eğilme moment kapasitesi üzerine kavela mesafelerinin etkisinin değerlendirme sonuçlarını vermektedir. Yonga levha ve MDF köşe birleştirmeleri basınç ve çekme yükleri altında test edilmiştir. Hem basınç hem de çekme testlerinde MDF köşe birleştirmeleri yonga levhadan daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir (Tankut 2005).

Kutu konstrüksiyonlu mobilyada L-tipi vidalı köşe birleştirmelerin moment direnci üzerinde, vida çapı, vida etkili boyu, yükleme biçimi, malzeme çeşidi, yüzey kaplama işlemi ve tutkal kullanımının etkileri incelenmiştir. Deneyle sonuçlarına göre,

yüzeyin sentetik reçineli kâğıtla kaplanması ve birleştirme yüzeyinin tutkullanmasının, yonga levha örneklerinin moment direncini önemli derecede arttırdığı bildirilmiştir (Zhang ve diğerleri, 2005).

“Kutu konstrüksiyonlu vidalı tutkallı ve vidalı tutkalsız mobilya köşe birleştirmelerinde, diyagonal basınç ve çekme yükleri altında eğilme dirençlerinin belirlenmesi” adlı çalışmada vidalı köşe birleştirmelerde gerilme analizleri yapılarak, tutkalin eğilme direncine olan katkısı irdelenmiştir. Deneyler sonucunda, tutkallı birleştirmelerin tutkalsızlardan, lif levhanın da yonga levhadan daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Kasal ve diğerleri, 2006).

Bazı masif ve ahşap esaslı levhaların, kenardan ve yüzeyden kavela tutma performansları araştırılmıştır. Deneylerde ahşap malzemelerden Doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), ahşap esaslı levhalardan ise okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak (OKP), yonga levha (YL), iki ayrı kalitede OSB1, OSB2, MDF, sentetik reçine emdirilmiş kağıt kaplı yonga levha (YLLAM) ve lif levha (MDFLAM), kavelaların yapıştirilmasında ise polivinilasetat (PVAc) tutkalından yararlanılmıştır. Statik yük altında toplam 1100 numunenin çekme testine alındığı deneylerin sonuçları sayısal formüller haline getirilerek mobilya tasarımcılarının kenardan ve yüzeyden kavela tutma performansını, her bir malzeme çeşidi için kavela çapı ve kavela etkili boyunun fonksiyonu olarak tahmin edebilmeleri amaçlanmıştır. Buna göre, elde edilen formüllerle, kenardan ve yüzeyden kavela tutma performansının mantıklı bir şekilde tahmin edilebildiği görülmüştür (Kasal, 2007).

Kutu mobilya L-tipi tutkallı vidalı birleştirmelerde vida sayısı ve vida ölçülerinin moment taşıma kapasiteleri üzerindeki etkilerini incelediği çalışmada, diyagonal basınç ve çekme yükleri altında oluşan moment değerlerinin önceden tahmin edilmesini sağlayacak eşitlikler geliştirilmiştir (Kasal, 2008).

$$CM_{PB} = -81.59 + 16.09 X + 14.52 Y + 1.47 Z \quad (6)$$

$$CM_{MDF} = -173.9 + 29.07 X + 24.62 Y + 2.26 Z \quad (7)$$

$$TM_{PB} = -8.4 + 17.73 X + 44.55 Y + 1.32 Z \quad (8)$$

$$TM_{MDF} = -136.1 + 32.42 X + 17.25 Y + 2.2 Z \quad (9)$$

Burada;  $CM_{PB}$ ,  $CM_{MDF}$ : basınç yükü altında yonga levha ve MDF örnekleri tarafından taşınan momentler ( $Nm$ ),  $TM_{PB}$ ,  $TM_{MDF}$ : çekme yükü altında yonga levha ve MDF örnekleri tarafından taşınan momentler ( $Nm$ ), X: vida sayısı, Y: vida çapı ( $mm$ ), Z: vida etkili boyudur ( $mm$ ).

Kutu mobilya L-tipi tutkalsız vidalı köşe birleştirmelerinin moment performansında vida sayısı ve ölçülerinin etkisinin araştırıldığı çalışmada, çap, boy ve vida sayısı artışının mukavemeti arttırdığı, ancak vida boyunun çaptan daha etkili olduğu bildirilmiştir. Ayrıca ortalama moment performansı değerlerinin önceden tahmin edilebileceğini gösteren formüller geliştirilmiştir (Kasal ve diğerleri 2008).

$$M = a x D^d x N^c x L^d \quad (10)$$

Burada; M: tahmin edilen ortalama moment ( $Nm$ ), D: vida çapı ( $mm$ ), N: vida sayısı, L: vida boyu ( $mm$ ), a,b,c,d : regresyon katsayılarıdır.

## 4. MALZEME VE YÖNTEM

### 4.1. Malzeme

#### 4.1.1. Ahşap Esaslı Levhalar

Deneyleerde ahşap esaslı levha olarak, 18 mm kalınlığında yonga levha (YL), orta yoğunlukta lif levha (MDF) sentetik reçine kaplanmış yonga ve orta yoğunlukta lif levha, (YLLAM, MDFLAM) ve iki farklı yoğunlukta yönlendirilmiş yonga levha (OSB1, OSB2) kullanılmıştır.

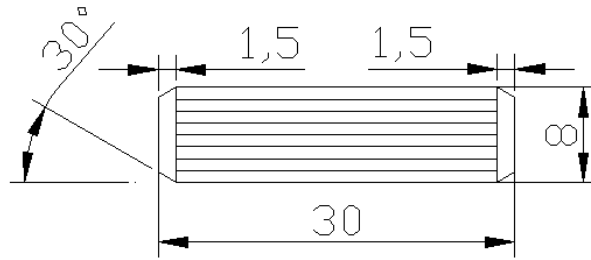
#### 4.1.2. Polivinil klorür (PVC) levhalar

Deneyleerde 18 mm kalınlığında 1 ve 2 farklı yoğunlukta 19 mm kalınlığında PVC levhalar kullanılmıştır. Levhalar İstanbul piyasasından temin edilmiş olup, PVC1 (18 mm) ve PVC2 (19 mm)'nin Avrupa'dan PVC3 (19 mm)'ün ise uzak doğu'dan ithal edildiği bilgisi temin edinilen firmadan alınmıştır.

#### 4.1.3. Bağlantı elemanları

##### 4.1.3.1. Plastik kavela

Kavela, iki mobilya elemanını tutkal veya başka bağlantı gereçleriyle birlikte birbirine bağlamak için kullanılan silindirik şeklindeki çubuklardır. Kavela, eğer tutkal kullanılmadan uygulanmışsa, genellikle ana bir bağlantı elemanından ziyade parçalara klavuzluk yapmak görevini üstlenmiştir. Deneyleerde 8 mm çapında, 30 mm boyunda, yivli gövdeli plastik kavelalar kullanılmıştır (Şekil 4). Plastik kavelalar sadece minifiksli bağlantılarda klavuzluk yapmak amacıyla kullanılmıştır.

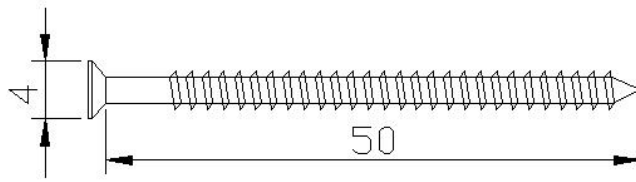


Şekil 4. Deneyleerde kullanılan klavuz kavela (ölçüler mm'dir.)

#### 4.1.3.2. Vida ve minifiks

Vida belirli bir açı altında birbirini kesen silindir üzerindeki helis yüzeylerinin meydana getirdiği geometrik şekildir (Efe, 1994).

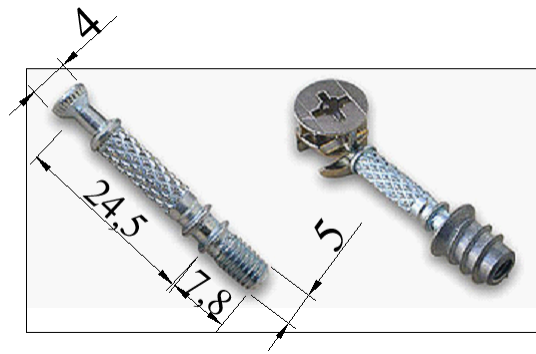
Deneylerde, özellikle ahşap esaslı levhalardan üretilen mobilya birleştirmelerinde bağlantı elemanı olarak kullanılan, yıldız vida ağızlı, 4 mm çapında ve 50 mm boyundaki tam boy dişli vidalar kullanılmıştır. Kullanılan vidanın diş dibi çapı 2,4 mm, diş adımı ise 1,8 mm' dir (Şekil 5) (TS 61).



Şekil 5. Deneylerde kullanılan vida (ölçüler mm' dir)

Minifiks bağlantı elemanı, merkezden kaçırılmış noktaların meydana getirdiği kavisli bir çizgiden oluşan silindirik bir elemanın, bir ucu vidalı diğer ucu özel form veya şekilli bir başka elemanı sıkması esasına göre çalışan galvanizli metal ya da çeşitli alaşımlardan yapılan bağlantı gereçleridir (Efe, 1994).

Deney örneklerinde kullanılan metal soketli minifiks bağlantı elemanı Resim 1'de verilmiştir.



Resim 1. Deneylerde kullanılan minifiks boyutları (ölçüler mm' dir)

## 4.2. Yöntem

### 4.2.1. Deneylerde kullanılan malzemelerin gerekli fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Bir mobilya sisteminin veya mobilya birleştirmelerinin mühendislik kurallarına uygun olarak tasarlanabilmesi ve analiz edilebilmesi için öncelikle yapılmış olduğu malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi gereklidir.

Fiziksel özellikler, malzemelerin kendi iç yapıları ile ilgili özelliklerdir. Duyularımızla edindiğimiz, cins ve bileşimlerini etkilemeden cisimlerin durum ve hareketlerini belirlemeye veya değiştirmeye yönelik özelliklerdir (Bozkurt ve Göker, 1987). Ağaç malzemelerin fiziksel özellikleri; odun-su ilişkileri, ağırlık-hacim ilişkileri, termik, elektriksel ve akustik özelliklerini kapsar. Malzemelerin yoğunlukları ve rutubet oranları gibi fiziksel özellikleri, mobilya mukavemet tasarımında oldukça önemlidir. Bu sebeple bu çalışmada, ahşap esaslı levhaların rutubet oranları, yoğunlukları ve kalınlığa şişme miktarları, PVC levhaların ise yoğunlukları tespit edilmiştir.

Mekanik özellikler, ağaç malzemenin dışarıdan yapılan yüklemeler ile biçimini değiştirmeye zorlayan kuvvetlere karşı koyma gücüdür. Malzemenin dış kuvvetlerin bu etkilere karşı koyması, tesir eden kuvvetin veya yapılan yüklemenin büyüklüğüne, yönüne, nevine ve zaman ölçüsüne bağlıdır. Diğer taraftan, malzemenin yüklenen yüzeyinin şekli, büyüklüğü, numune veya malzemenin gerilme şekli de karşı koymayı etkilemektedir. Anizotrop olan bu özellikleri çeşitli doğrultularda farklı bulunan ağaç malzemedeki kuvvetlerin etkisi büyük ölçüde, ağaç türüne, özgül ağırlığa, anatomik yapıya, coğrafi orjine, yetişme muhiti şartlarına, rutubet miktarına, ısı derecesine, kimyasal bileşimine, çürük ve sağlam oluşuna, kusurlarının bulunup bulunmamasına, kuvvetin tesir yönü ile lif doğrultusu arasındaki açığa bağlı bulunmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1987).

Bu çalışmada, ahşap esaslı ve PVC levhaların statik yük altında; yüzeye dik çekme, eğilme dirençleri ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri, kenardan ve yüzeyden vida ve minifiks tutma mukavemetleri, panel rijitlik modülü değerleri tespit edilmiştir.

Tüm deney örnekleri, deneylerden önce ASTM-D 1037 standartlarına göre  $20\pm 2$  °C sıcaklık ve %  $65\pm 5$  bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında dengeye ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Mekanik Deneyler Muğla Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Uygulama Atelyesinde bulunan 5 ton kapasiteli Üniversal Test Cihazı'nda gerçekleştirilmiştir.

### Rutubet ve Yoğunluk

Deney örneklerinin yoğunluklarının belirlenmesinde ahşap esaslı ve PVC levhalar için TS EN 323'de belirtilen esaslara uyulmuştur. PVC levhalar hidrofobik bir malzeme olmasından dolayı, rutubet oranları hesaplanmamış ve sadece yoğunlukları belirlenmiştir. Örneklem grupları her malzeme çeşidinden 10' ar adet olmak üzere toplam 90 adet olarak hazırlanmış olup,  $\pm 0,01$  g duyarlıklı terazi ile tartılarak örneklerin rutubetli ağırlıkları ( $m_r$ ) tespit edilmiş ve boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlıklı dijital kumpas ile ölçülerek rutubetli hacimleri ( $V_r$ ) hesaplanmıştır. Daha sonra ahşap esaslı levhalar etüvde  $103 \pm 2$  °C de 24 saat bekletilmişler, 6 saat aralıklarla yapılan iki tartı arasındaki fark, deney parçası ağırlığının % 0,5'ine eşit veya daha az olduğunda değişmez ağırlığa ulaştıkları kabul edilerek tam kuru ağırlıklar ( $m_o$ ) belirlenmiştir. Tekrar dijital kumpas kullanılarak boyutlar ölçülmek suretiyle tam kuru hacimleri ( $V_o$ ) hesaplanmıştır. Tam kuru ( $\delta_o$ ) ve rutubetli yoğunluklar ( $\delta_r$ ) için;

$$\delta_o = m_o / V_o \quad \text{ve} \quad \delta_r = m_r / V_r \quad (\text{gr/cm}^3) \quad (11)$$

eşitliklerinden yararlanılmıştır.

Ahşap esaslı levhaların rutubet (r) kontrolü için TS EN 322'de belirtilen esaslara uyulmuştur. Rutubet oranları (r) için;

$$r = [ (m_r - m_o) / m_o ] \times 100 \quad (\%) \quad (12)$$

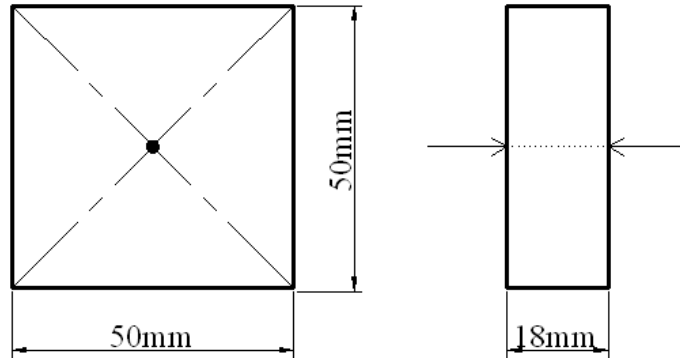
eşitliğinden yararlanılmıştır.



### Malzemelerin Su İçerisine Daldırdıktan Sonra Kalınlığa Şişme Miktarlarının Belirlenmesi

Deney örneklerinin su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığa şişme miktarlarının belirlenmesi amacıyla TS EN 317’de belirlenen esaslara uyulmuştur.

Deney parçaları her levhadan 10 adet olmak üzere, toplam 90 adet 50 x 50 mm ölçülerinde ve levha kalınlığında hazırlanmıştır. Suyu daldırma işleminden önce kalınlıkları TS EN 325’e uygun olarak Şekil 6’da gösterildiği gibi köşegenlerin kesişme noktalarından 0,01 mm duyarlılıktaki dijital kumpas ile ölçülmüştür.



Şekil 6. Deney örneklerinin kalınlık ölçme yeri

Ölçme işleminden sonra deney örnekleri su tankının tabanına ve birbirlerine değmeyecek şekilde ve suyun üst yüzeyinden  $25 \pm 5 \text{ mm}$  aşağıda olacak şekilde,  $PH$  değeri  $7 \pm 1$  ve sıcaklığı  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  olan su içerisine daldırılmıştır. Su içerisinde 2 saat bekleme süresinden sonra örnekler sudan çıkartılmış ve fazla suları bir bez ile alınarak kalınlıkları tekrardan ölçülmüştür. Deney örnekleri suya daldırılmadan, su tankındaki su değiştirilmiştir. Suyu yeniden daldırılan parçalar, ilk daldırma işleminden 24 saat sonra sudan çıkartılmış ve kalınlıkları ilk ölçüm noktasından tekrar ölçülmüştür.

Her deney örneği için, kalınlığa şişme “ $G_t$ ” yüzde olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$G_t = [(t_2 - t_1) / t_1] \times 100 \text{ (\%)} \quad (13)$$

Burada;

$G_t$  : Kalınlık artımı (%)

$t_1$  : Deney örneğinin suya daldırmadan önceki kalınlığı (mm),

$t_2$  : Deney örneğinin suya daldırıldıktan sonraki kalınlığı (mm)'dir.

Bir levhanın kalınlığına şişmesi, o levhadan alınan bütün deney parçaları sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak bulunmuş, iki ondalık basamak hassasiyetinde ifade edilmiştir.

#### Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deney örneklerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinin belirlenmesi amacıyla TS EN 310' da belirtilen esaslara uyulmuştur. Deney örnekleri, her ahşap esaslı ve PVC levhalardan 10'ar adet olmak üzere, toplam 90 adet 360 x 50 x 18 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Deneylerde, örneklerin yarısı levhanın boyu yönünde, diğer yarısı ise levhanın eni yönünde alınmıştır. Mesnet (destek) açıklıkları ( $L_s$ ) 300 mm olarak alınmıştır. Deneylerde kullanılan mesnetlerin çapı  $15 \pm 0,5$  mm, yüklemenin yapıldığı başlığın çapı ise  $30 \pm 0,5$  mm'dir. Deneylerde kuvvet; örneğin tam ortasından 2 mm/dak sabit hızla uygulanmıştır (Resim 2). Sehimler (yer değiştirme) deney parçasının ortasından komperatör yardımıyla (yükleme başlığının altından) 0,1 mm hassasiyetle ölçülmüş ve ölçüm sırasında uygulanan yükün değeri de 0,1 g hassasiyetle ölçülerek, "yük-sehim" diyagramı çizilmiştir. Kırılma anındaki maksimum yük ( $F_{maxe}$ ) için, eğilme direnci formül 14'e göre hesaplanmıştır.

$$\sigma_e = (3 \times F_{maxe} \times L_s / 2 \times b \times h^2) \quad (N/mm^2) \quad (14)$$

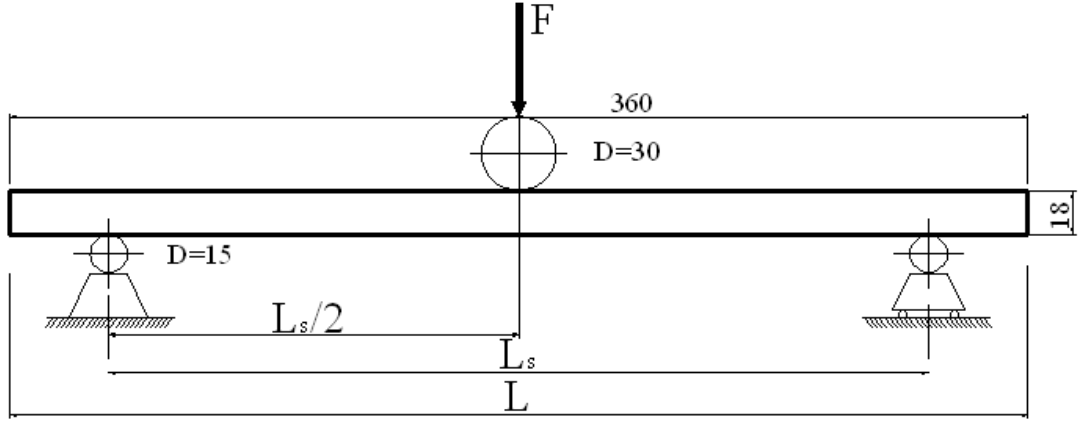
Burada;

$L_s$  : Dayanak eksenleri (destek) arasındaki mesafe (300 mm),

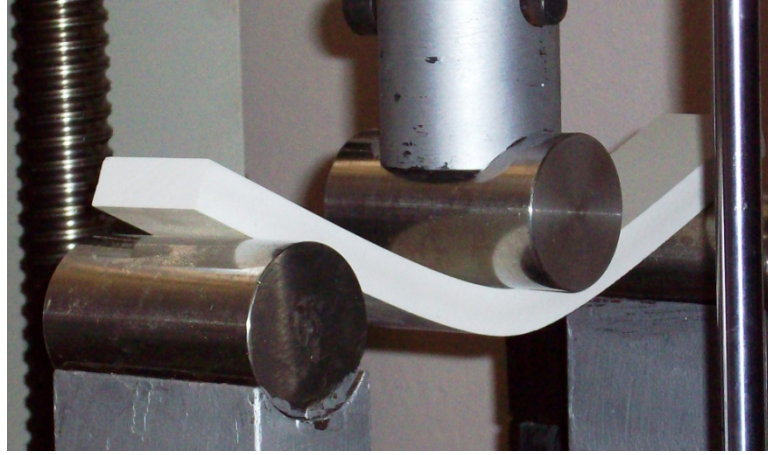
$b$  : Deney örneğinin genişliği (50 mm),

$h$  : Deney örneğinin kalınlığı veya yüksekliği (18-19 mm),

$F_{maxe}$  : Deney örneğinin kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)'tir.



Şekil 7. Eğilme direnci deney örneği (ölçüler *mm*'dir)



Resim 2. Eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülü deneyi

Eğilme deneylerinde, eğilmede elastikiyet modülü değerleri de hesaplanmıştır. Bu amaçla TS EN 310 esaslarına uyulmuştur. Elastikiyet modülü ( $E$ ), yük-yer değiştirme eğrisinin doğrusal kısmından yararlanılarak hesaplanmıştır. Yük-yer değiştirme eğrisinin doğrusal kısmına isabet eden her bir yük için belirli bir yer değiştirme değeri söz konusu olduğundan, ( $F_1$ ) ve ( $F_2$ ) kuvvetleri farkına ( $\Delta F$ ) karşılık oluşan çökme miktarı ( $\Delta f$ ) olmak üzere, elastikiyet modülü ( $E$ ) ;

$$E = (\Delta F \times L_s^3) / (4 \times \Delta f \times b \times h^3) \quad (15)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Burada;

$E$  : Eğilmede elastikiyet modülü ( $N/mm^2$ )

$\Delta_F$  : Yük-sehim oranlılık bölgesindeki yük artışı ( $N$ ), ( $F_2-F_1$ )

$F_1$  : Yaklaşık olarak maksimum kuvvetin % 10'u ( $N$ )

$F_2$  : Yaklaşık olarak maksimum kuvvetin % 40'ı ( $N$ )' dır.

$\Delta_f$  : ( $F_2 - F_1$ ) kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır.

### Yüze Dik Çekme Direnci

Deney örneklerinin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin belirlenmesi amacıyla TS EN 319'da belirlenen esaslara uyulmuştur. Her bir deney parçası 50 x 50 mm ölçülerinde hazırlanmış, daha sonra yüzeylerine, TS EN 319'da belirtilen şekilde, sert ağaçtan 70 x 50 x 15 mm ölçülerindeki deney blokları PVAc tutkalı ile yapıştırılmıştır. Yapıştırılan parçalar, % 65 ± 5 bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklık şartlarındaki iklimlendirme dolabında bekletilmişler ve buradan çıkarıldıktan sonraki 1 saat içerisinde deneye tabi tutulmuşlardır.

Deneylerde kullanılmak üzere, deney bloklarını makineye bağlamayı kolaylaştırmak için metalden özel aparatlar yapılmıştır. Deney örnekleri, kuvvetin uygulanma biçimi ve deneyin yapılışı Resim 3'te gösterilmiştir.



Resim 3. Levha yüzeyine dik çekme deneyi test düzeneği

Deney örnekleri, deney makinesinin çeneleri arasına yerleştirildikten sonra çekme kuvveti uygulanarak kopartılmıştır. Kuvveti uygulayan başlığın hızı;  $2\text{mm/dak}$  olarak ayarlanmıştır. Deney parçasının kopma anındaki uygulanan maksimum kuvvet, % 1 hassasiyetle ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Her deney parçasının levha yüzeyine dik yöndeki çekme direnci “ $\sigma_{\zeta}$ ” aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\sigma_{\zeta} = F_{\max\zeta} / (a_{\zeta} \times b_{\zeta}) \quad (N/mm^2) \quad (16)$$

Burada;

$F_{\max\zeta}$ : Kopma yükü ( $N$ )

a, b: Deney parçasının uzunluk ve genişliği ( $mm$ )’dir.

#### Panel Rijitlik Modülü

Rijitlik panele uygulanan yükün ( $F$ ) o panelde meydana getirdiği deformasyona ( $y$ ) oranı olarak kabul edilir. Deneysel olarak yapılan rijitlik analizlerinde çeşitli yöntemler olmakla beraber Şekil 8’deki gibi panel üç köşe noktasından sabitlenerek dördüncü sabit noktasından yük uygulanmaktadır (Eckelman, 1991) Serbest köşedeki yük ( $F$ ) altında meydana gelen deformasyon ( $y$ ) formül 17’ye göre hesaplanmıştır. Deneylerde  $L_1$  boyları kalınlığın 25 katı ( $480\text{ mm}$ ) olarak alınmıştır (Eckelman, C., A., Rabiej, R., 1985).

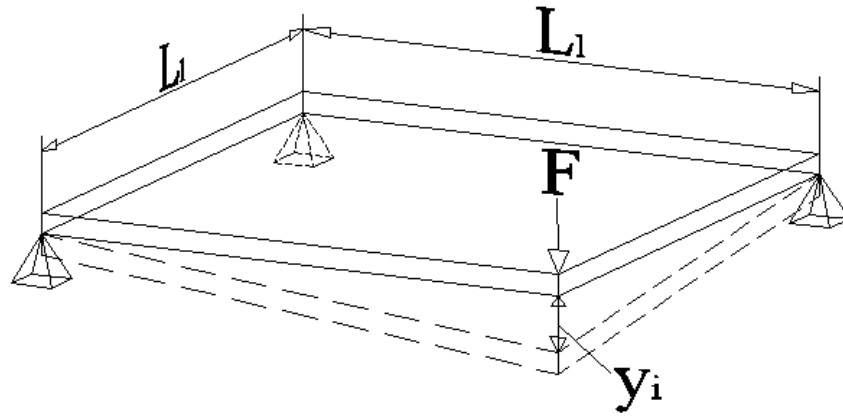
$$F / y = t^3 \cdot G / (3 \cdot L_1 \times L_1) \quad (17)$$

Burada;

$t$  = Panel kalınlığı, ( $mm$ ),

$G$  = Panelin rijitlik modülü, ( $N/mm^2$ )

$L_1$  = Panelin burkulma eksenindeki uzunluğu ve genişliği, ( $mm$ ) (Eckelman, C., A., Rabiej, R., 1985)



Şekil 8. Panel rijitliği deneyinde yük-yer değiştirme biçimi



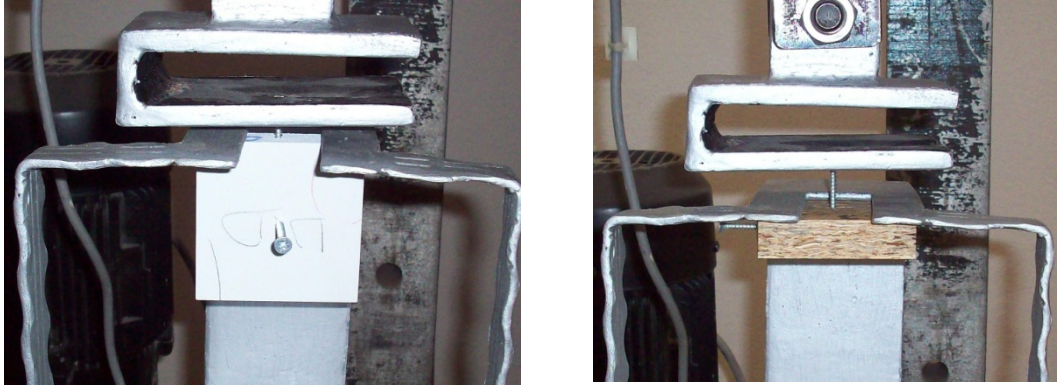
Resim 4. Panel rijitliği modülü deney düzeneği ve yük uygulama biçimi

#### Vida Tutma Mukavemeti

Vidalı birleştirmelerde, konstrüksiyonun amacına uygun olması için çapı yaklaşık vida boyun çapı, derinliği ise vida etkili boyu kadar olacak şekilde ön (kılavuz) deliklerin açılması önerilmektedir. Genel olarak yivli kısım için ön delik çapı yumuşak ahşap malzemede vida dış dibi çapının % 70'i sert ahşap malzemede ise vida dış dibi çapının % 90'ı olmalıdır (Wood Handbook, 1999). Açılan ön delikler, malzemenin çatlamasını önlemekte ve vida dişlerinin optimum şekilde görevlerini yapabilmelerine olanak sağlamaktadır. Bu önerilere uygun olarak vidalama

işlemlerinde, yüzeyden tutma örneklerine boydan boya ve 4 mm çapında, kenardan tutma örneklerine ise 2,5 mm çapında ve 32 mm derinliğinde ön delikler açılmıştır.

Malzemelerin vida tutma mukavemetlerinin belirlenmesinde, TS EN 13446 ve TS EN 320’de belirtilen esaslara uyulmuştur. Her bir malzemeden 10’ar adet olmak üzere toplamda 90 adet kenardan çekme, 90 adet de yüzeyden çekme için toplam 180 adet deney örneği hazırlanmıştır. Örnekler 50 x 50 mm ölçülerinde ve levha kalınlığında hazırlanmıştır. Deneylerde 4 x 50 mm ölçüsünde düşük karbon çelikli vidalar kullanılmıştır. Vida tutma deney örneği ve test düzeneği Resim 5’de gösterilmiştir. Deneylerde yükleme hızı 2 mm/dak olarak ayarlanmış ve vida tutma mukavemeti vidanın geri çıkma anındaki kuvvet ( $N$ ) olarak belirlenmiştir.



(a)

(b)

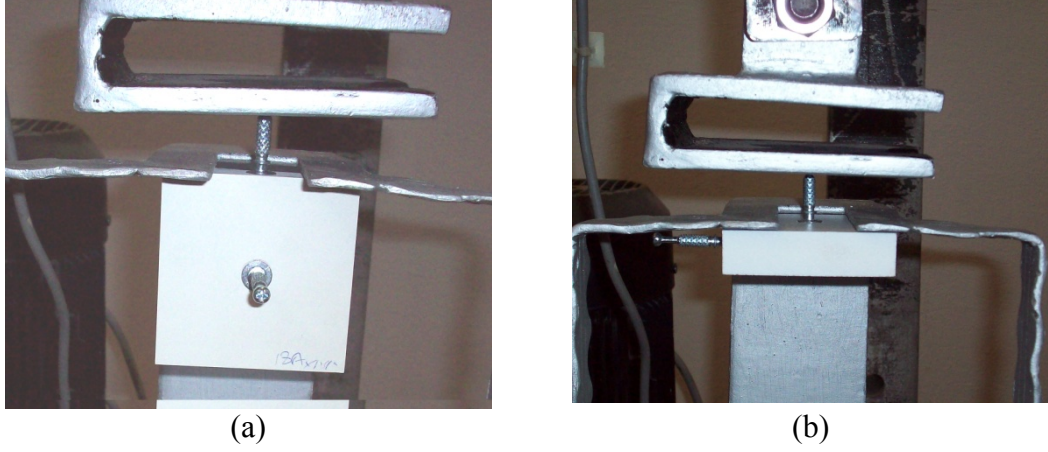
Resim 5. Kenardan (a) ve yüzeyden (b) vida tutma mukavemeti deney örnekleri ve deney düzeneği

#### Minifiks Tutma Mukavemeti

Deney örneklerine kenardan ve yüzeyden olmak üzere iki farklı yönde minifiks bağlantısı yapılmıştır. Kullanılan metal soketlerin diş dibi çap ölçüsünden 1 mm fazla olacak şekilde delikler açılmış ve metal soketler yerleştirilerek minifiks vidaları takılmıştır.

Deney örneklerinin minifiks tutma mukavemetlerinin belirlenmesi amacıyla her bir malzemeden 10’ar adet olmak üzere toplam 90 adet kenardan minifiks çekme deney örneği hazırlanmıştır. Örnekler 50 x 50 mm ölçülerinde ve levha kalınlığında hazırlanmıştır. Minifiks tutma mukavemeti deneylerinde vida tutma mukavemeti

deneylerindeki esaslar dikkate alınmıştır. Deneylede çelikten yapılmış ve üzeri nikelajla kaplı minifiksler kullanılmıştır. Minifiks tutma deney örneği ve test düzeneği Resim 6'da gösterilmiştir.



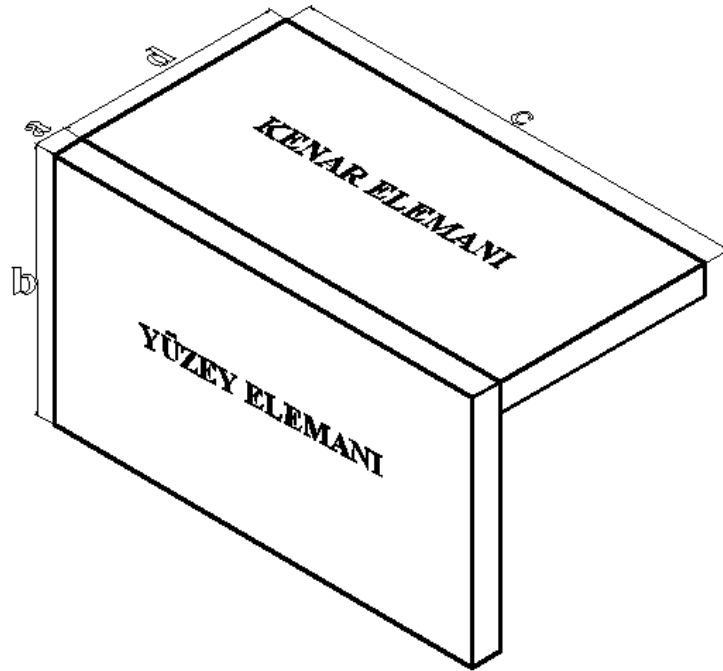
Resim 6. Kenardan (a) ve yüzeyden (b) minifiks tutma mukavemeti deney örnekleri ve deney düzeneği

#### 4.2.2. Kutu konstrüksiyonlu L-tipi köşe birleştirme elemanlarının diyagonal çekme ve basınç deneyleri

Deney örneklerinin diyagonal çekme ve basınç yükleri altındaki moment taşıma kapasitelerinin belirlenmesi ile ilgili bir standart olmadığından daha önceden yapılmış çalışmalardaki deney örneklerinden yararlanılmıştır. (Örs ve diğerleri, 2001; Efe ve diğerleri 2003; Kasal ve diğerleri 2006; Kasal, 2008).

Her bir deney örneği kenar ve yüzey olmak üzere iki elemandan oluşmaktadır. Kenar elemanı  $270 \times 131-132 \text{ mm}$ , yüzey elemanı ise  $270 \times 150 \text{ mm}$  ölçülerindedir (Şekil 9).

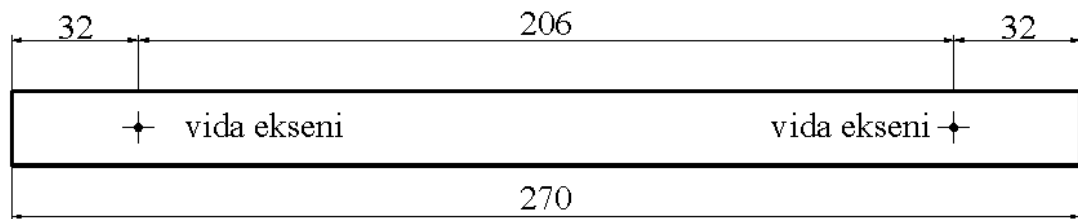




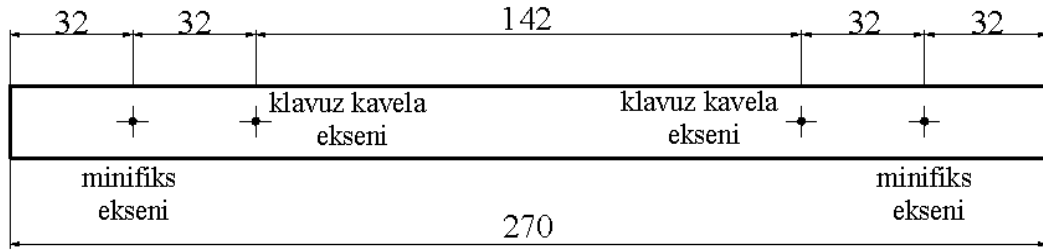
Levha Kalınlığı (a)	(b)	(c)	(d)
18mm	150 mm	270 mm	132 mm
19mm	150 mm	270 mm	131 mm

Şekil 9. L-tipi köşe birleştirme deney örneği

Vidalı birleştirmelerde, iki eleman birbirlerine 2 adet 4 x 50 vida ile bağlanmıştır. Vidaların atılacağı yerlere önceden 3 mm çapında ve 32 mm derinliğinde ön delikler açılmıştır. Minifiksli birleştirmelerde ise bağlantı 2 adet minifiks ile sağlanmıştır. Minifiksli birleştirmelerde 8 x 30 mm ölçülerinde 2 adet plastik kavela kılavuzluk amacıyla kullanılmıştır. Vida, minifiks ve kavela eksenleri arasındaki mesafe için çoklu delik makinelerindeki standart ölçü (32 mm) hesaba alınmıştır. Deney örneklerinin birleşme yerlerinin detayı Şekil 10 ve 11’de gösterilmiştir.



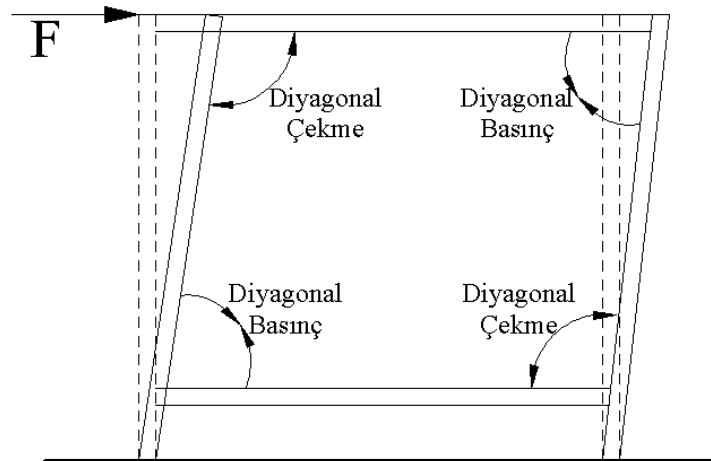
Şekil 10. Vidalı deney örneklerinde birleştirme arakesit yüzeyi ve delik eksen mesafeleri (ölçüler mm)’dir.



Şekil 11. Minikiksli deney örneklerinde birleştirme arakesit yüzeyi ve delik eksen mesafeleri (ölçüler *mm*'dir).

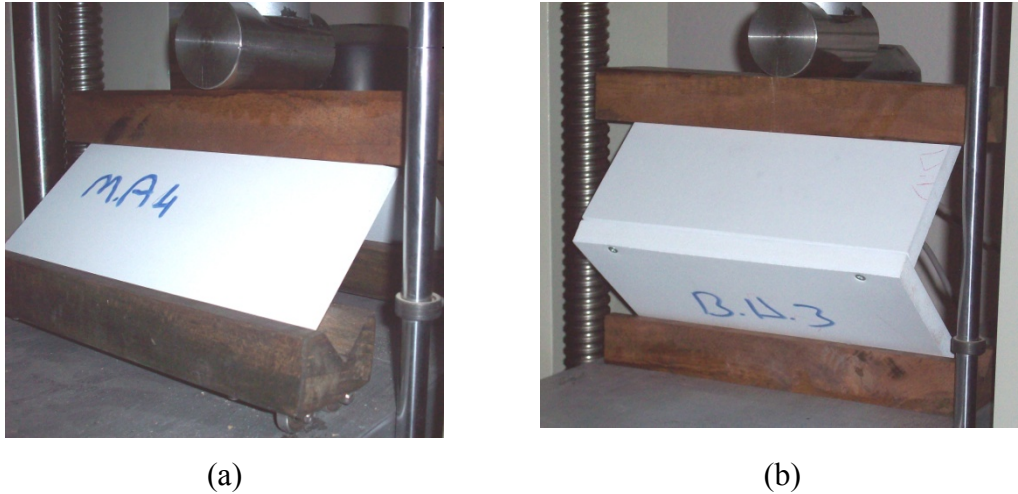
Deneyleerde 9 malzeme çeşidi 2 birleştirme tekniği, 2 yükleme biçimi ve her örnekten 5 yinelenme olmak üzere toplam 180 adet ( $9 \times 2 \times 2 \times 5=180$ ) deney örneği hazırlanmıştır. Deney örnekleri deneyden önce  $20 \pm 2$  °C ve  $\% 65 \pm 5$  bağıl nem koşullarındaki iklimlendirme dolabında, denge rutubetine ulaşınca kadar bekletilmiştir. Daha sonra, örneklerin rutubet kontrolü için TS 2471'de belirtilen esaslara uyulmuştur.

Kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda meydana gelen mekanik zorlanmalarda, zorlayıcı diyagonal kuvvetler, kutu mobilya sisteminin düğüm noktalarını birbirine doğru kapatmaya (diyagonal basınç) ve dışa doğru açmaya (diyagonal çekme) çalışmaktadır. (Şekil 12).



Şekil 12. Kutu mobilya sistemlerinde zorlayıcı kuvvetlerin düğüm noktalarına etkisi

Deneyleer, Muğla Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Uygulama Atelyesinde bulunan 5 ton kapasiteli Üniversal Test Cihazında  $6 \text{ mm/dak}$ 'lık hız sağlanan statik yüklemeler ile gerçekleştirilmiştir. Diyagonal çekme ve basınç deney düzenekleri Resim 7'de gösterilmiştir.



Resim 7. Diyagonal çekme (a) ve basınç (b) deney düzeneği ve yük uygulama biçimi

Birleştirmelerin performansı, deney yükleri ve koşulları altında taşınan momentler olarak alınmış ve her bir örnek tarafından diyagonal çekme ve basınç yükleri altında taşınan momentler hesaplanmıştır.

Diyagonal çekme deneylerinde moment ( $M_{\phi}$ ), formül 18'e göre hesaplanmıştır.

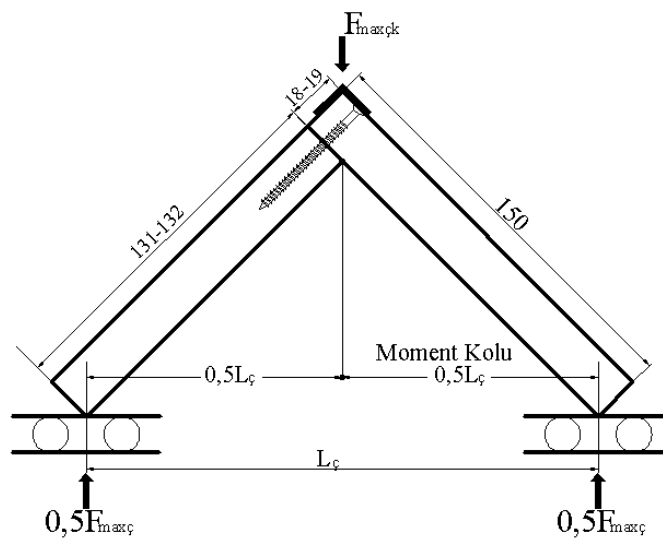
$$M_{\phi} = 0,5F_{max\phi k} \times 0,5L_{\phi} \quad (Nm) \quad (18)$$

Burada;

$M_{\phi}$ = Çekme yükü altında taşınan moment ( $Nm$ )

$F_{max\phi k}$ = Göçme anındaki maksimum kuvvet ( $N$ )

$L_{\phi}$ = Moment kolu ( $m$ )



Şekil 13. Diyagonal çekme deneyinde mesafeler (ölçüler  $mm$ 'dir)

Diyagonal basınç deneylerinde ise moment ( $M_b$ ), formül 19'a göre hesaplanmıştır.

$$M_b = F_{maxb} \cdot x [\sqrt{(150)^2 - (0,5L_b)^2} - a] \quad (N\cdot m) \quad (19)$$

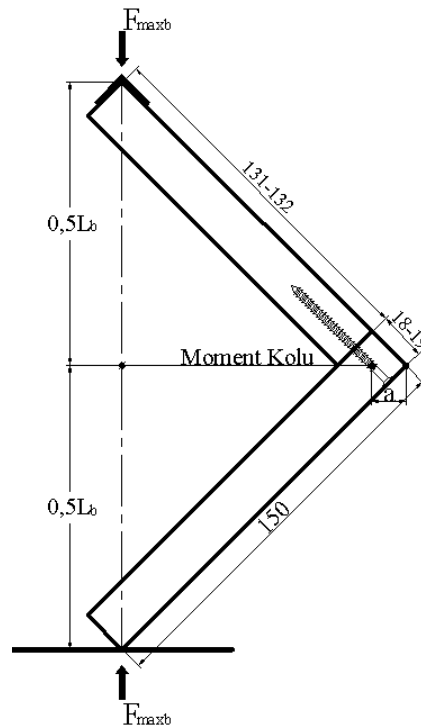
Burada;

$M_b$ = Basınç yükü altında taşınan moment ( $Nm$ )

$F_{maxb}$ = Göçme anındaki maksimum kuvvet ( $N$ )

$L_b$ = Moment kolu 18 mm kalınlığındaki levhalarda 93,34 mm, 19 mm kalınlığındaki levhalarda 92,63 mm'dir.

$a$  = 18 mm kalınlığındaki levhalarda 12,73 mm, 19 mm kalınlığındaki levhalarda 13,43 mm'dir.



Şekil 14. Diyagonal basınç deneyinde mesafeler ( ölçüler mm'dir)

#### 4.2.3. Maliyet ve performans analizi

Deneylerde kullanılan ahşap esaslı ve PVC levhaların fiyatları arasında büyük farklılıklar mevcuttur. Aynı zamanda vida ve minifiks bağlantı elemanları arasında da önemli derecede fiyat farklılıkları bulunmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada sadece teknik hususların değil, aynı zamanda ekonomik hususlarında

değerlendirilmesi gerekmektedir. Ekonomik ve teknik ölçütler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla maliyet ve performans analizi yapılmıştır. Maliyet ve performans analizinde diyagonal çekme ve basınç deneylerinden elde edilen moment taşıma kapasitesi ( $M_c$ ,  $M_b$ ) değerleri ve her bir malzemeye ait birleştirme grubu için hesaplanan maliyet ( $m$ ) değerlerinden yararlanarak “performans katsayısı” ( $Nm / TL$ ) değerleri belirlenmiştir. Performans katsayıları formül 20’ye göre hesaplanmıştır.

$$P_k = M_b (M_c) / m (Nm / TL) \quad (20)$$

Burada;

$P_k$  : Performans katsayısı ( $Nm / TL$ )

$m$  : Maliyet ( $TL$ )

$M_c - M_b$  : Diyagonal çekmede ve basınçta taşınan momentler’dir.

#### 4.2.4. Verilerin değerlendirilmesi

Belirlenen fiziksel ve mekanik özellikler üzerinde, malzeme çeşidinin etkisini belirlemek amacıyla “ tek düzeyli varyans analizi ” (ANOVA) yapılmıştır.

Levha türü, birleştirme tekniği ve levha türü–birleştirme tekniği ikili etkileşimlerinin, diyagonal çekme ve diyagonal basınç yükleri altındaki moment taşıma performansına etkilerini belirlemek amacıyla “çoklu varyans analizleri” yapılmış, farklılıkların ( $p < 0,05$ )’e göre istatistiksel olarak anlamlı çıkması halinde, bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için “en küçük önemli fark” (LSD : Least Significant Difference) testi kullanılmıştır. Böylece, denemeye alınan faktörlerden levha türü ve birleştirme tekniğinin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir. Maliyet analizlerinde de, her bir grup için hesaplanan maliyetlerin mukavemete oranları belirlenmiş ve analiz edilerek değerlendirilmiştir.

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 5.1. Ahşap Esaslı ve PVC Levhaların Bazı Fiziksel Özellikleri

#### 5.1.1. Rutubet ve yoğunluk

PVC levhalar hidrofobik malzeme oldukları ve bünyelerinde su ve nem barındırmadıklarından, rutubet ölçümleri sadece ahşap esaslı levhalar için gerçekleştirilmiştir.

Deney örneklerinin rutubet, tam kuru yoğunluk ve rutubetli yoğunluk değerlerine ilişkin veriler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Rutubet, tam kuru yoğunluk, ve rutubetli yoğunluk değerleri

Malzeme Çeşidi	Rutubet Oranı (%)		Tam Kuru Yoğunluk ( $gr/cm^3$ )		Rutubetli Yoğunluk ( $gr/cm^3$ )	
	$X_{ort}$	v (%)	$X_{ort}$	v (%)	$X_{ort}$	v (%)
YL	6,82	1,61	0,57	3,13	0,60	2,99
YLLAM	6,51	1,07	0,66	1,34	0,69	1,43
MDF	6,12	0,91	0,75	1,11	0,77	0,84
MDFLAM	5,93	1,29	0,76	0,78	0,78	0,69
OSB 1	5,78	1,12	0,55	2,85	0,57	2,80
OSB 2	5,87	1,55	0,52	3,38	0,53	3,22
PVC 1	0	0	0,40	0,78	-	-
PVC 2	0	0	0,39	2,76	-	-
PVC 3	0	0	0,40	0,99	-	-

$X_{ort}$ : Ortalama değer

v (%): Varyasyon katsayısı

TS EN 312-1 standardının ön gördüğü % 5 - % 13 rutubet miktarı aralığı dikkate değerdir. Tüm ahşap esaslı levhaların rutubet oranları kabul edilebilir sınırlar içerisinde bulunmuştur.

Tam kuru yoğunluk değerleri ortalamalarına bakıldığında, en yüksek değerler 0,75 – 0,76  $gr/cm^3$  olarak MDF ve MDFLAM'da, en düşük değerler ise 0,39 - 0,40  $gr/cm^3$  ile PVC levhalarda tespit edilmiştir.

Deney örneklerinin rutubetli yoğunluklarının ortalamalarına göre 0,78  $gr/cm^3$  değeri ile MDFLAM'da en yüksek, 0,53  $gr/cm^3$  ile OSB 2' de en düşük değere sahip

olduğu gözlenmiştir. Hidrofobik bir malzeme olmasından dolayı, PVC levhaların yoğunluk değerlerinde değişiklik olmamıştır.

### 5.1.2. Kalınlığa şişme miktarı

Deney örneklerinin 2 saat ve 24 saat suda bekletildikten sonraki kalınlığa şişme değerlerine ait veriler Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. 2 ve 24 saat suda bekletmeden sonra kalınlığa şişme oranları

Kalınlığa Şişme Oranı (%)	2 saat				24 saat			
	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_{ort}$	$v(\%)$	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_{ort}$	$v(\%)$
YL	9,14	10,74	9,77	5,21	10,94	13,42	12,12	6,37
YL LAM	3,30	4,23	3,84	9,34	24,64	26,62	25,36	2,32
MDF	1,49	1,82	1,70	5,38	9,03	10,69	9,86	4,28
MDF LAM	0,60	0,71	0,64	7,13	4,38	5,33	4,67	5,92
OSB 1	11,00	14,61	12,77	9,96	20,95	27,92	24,38	8,88
OSB 2	11,09	13,95	12,54	7,34	20,56	26,36	23,08	8,72

$X_{min}$ : En küçük değer

$X_{max}$ : En büyük değer

$X_{ort}$ : Ortalama değer

$v(\%)$ : Varyasyon katsayısı

Tablo 5’e göre 2 saat suya daldırma sonucundaki kalınlığa şişme miktarlarının ortalama en yüksek % 12,77 ile OSB 1’de, en düşük ise % 0,64 ile MDFLAM’da olduğu gözlemlenmiştir. 24 saat sonraki ölçümler sonucunda ortalama en yüksek değer % 25,36 ile YLLAM’da, en düşük değer ise % 4,67 ile MDFLAM’ da elde edilmiştir. OSB 1’in 2 saat sonraki ortalama kalınlığa şişme değerleri ile YLLAM’ın 2 saat sonraki ortalama değerleri karşılaştırıldığında aralarında % 8,93’lük bir farkla OSB 1’in daha fazla kalınlığa şişme yaptığı saptanmıştır. Ancak bu fark 24 saat sonraki ölçümlerde ortalama % 0,98’e kadar düşmüştür. Bu veriler doğrultusunda OSB 1’in YLLAM’a göre daha hızlı su alarak kalınlığa şişme yaptığı söylenebilir.

Yonga levhalarda kalınlığa şişme, doğrudan doğruya üretimde kullanılan değişkenlerle ilişkilidir. Üretimde kullanılan odun çeşidi, yonga boyutu, levha yoğunluğu, tutkal oranı, tutkalın yonga ile karıştırılmasındaki homojenlik ve presleme şartlarına bağlı olarak değişiklikler olabilmektedir. Bunun yanı sıra yonga levhalarda kalınlığa şişme iki faktörün toplamı olarak belirlenir. Birincisi yonga

odununun şişmesi, diğeri ise presleme sonucu oluşan sıkışmanın bozulması ile oluşan şişmedir (Günsel, 2004).

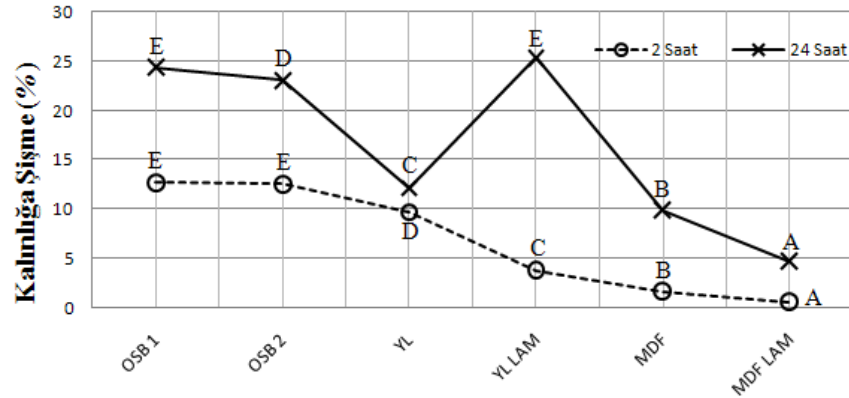
Presleme basıncı arttıkça levha yoğunluğu artmaktadır. Yoğunluğu fazla olan yonga levhaların, yoğunluğu az olan levhalara göre kalınlığına şişme oranları daha fazla olmaktadır (Günsel, 2004).

Tablo 6. Deneysel örneklerin 2 ve 24 saat suya daldırma işlemi sonucu kalınlığa şişme değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

2 saat	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali P<0,05
	Gruplar İçi	3,429	9	0,381	0,7688	
	Gruplar Arası	1500,322	5	300,064	605,5574	0,000
	Hata	22,298	45	0,469		
	Toplam	1526,049	59			
24 saat	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali P<0,05
	Gruplar İçi	11,620	9	1,291	0,7472	
	Gruplar Arası	3868,599	5	773,72	447,7600	0,000
	Hata	77,759	45	1,728		
	Toplam	3957,978	59			

2 saat ve 24 saat sonra yapılan suya daldırma işlemi sonucu, kalınlığa şişme verileri varyans analizi ile değerlendirilmiş ve önem düzeyleri 0,05' den küçük çıktığı için bütün malzeme çeşitlerinin kalınlığa şişme üzerindeki etkileri önemli bulunmuştur.

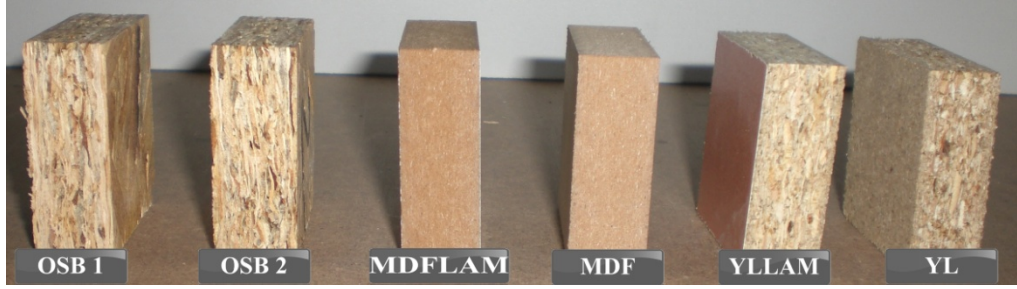
Deneysel örneklerin 2 ve 24 saat su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığa şişmesinin belirlenmesi için yapılan ölçümler sonucundaki verilerin LSD 0,634 ve 1,184 için karşılaştırılması Şekil 15'te verilmiştir.



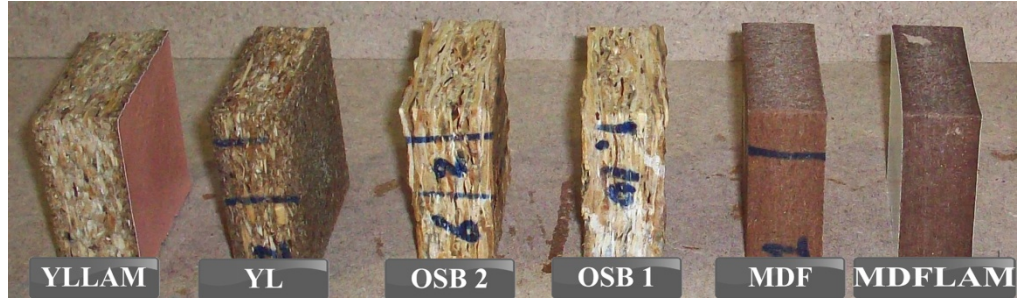
Şekil 15. Kalınlığa şişme oranlarının karşılaştırma sonuçları



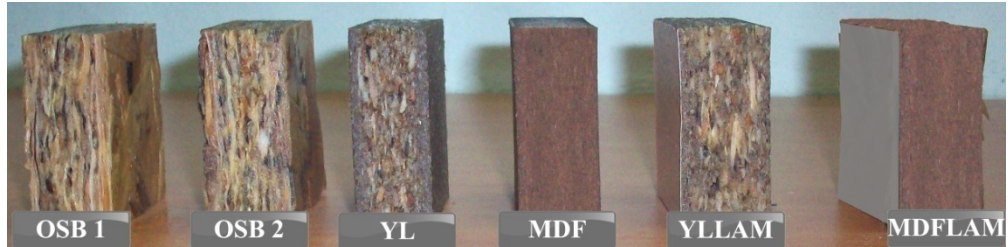
OSB 1 ve OSB 2 malzemelerinde 2 saat ve 24 saat sonraki ölçümler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir. Grafiğe göre 24 saat sonraki ölçümler sonucunda ortalama % 4,67 ile en az MDF, % 25,36 ile en çok YLLAM'ın kalınlığına şişme yaptığı belirlenmiştir.



(a)



(b)



(c)

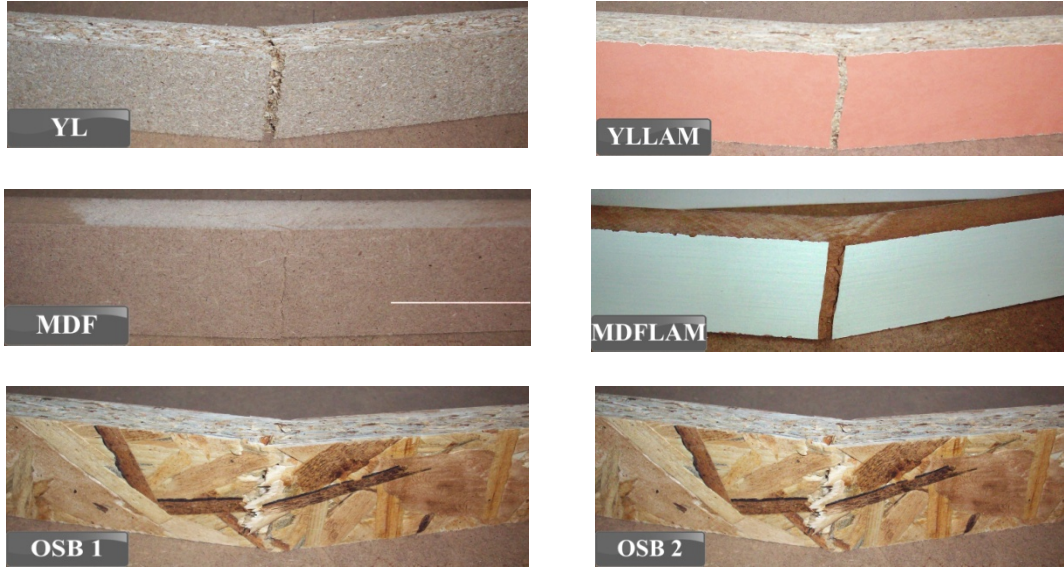
Resim 8. Kalınlığa şişme deneyi sonucunda meydana gelen deformasyon

- a) Daldırma işleminden önce deney parçaları
- b) 2 Saat daldırma işlemi sonrası deney örnekleri
- c) 24 Saat daldırma işlemi sonrası deney örnekleri

## 5.2. Ahaşap Esaslı ve PVC Levhaların Bazı Mekanik Özellikleri

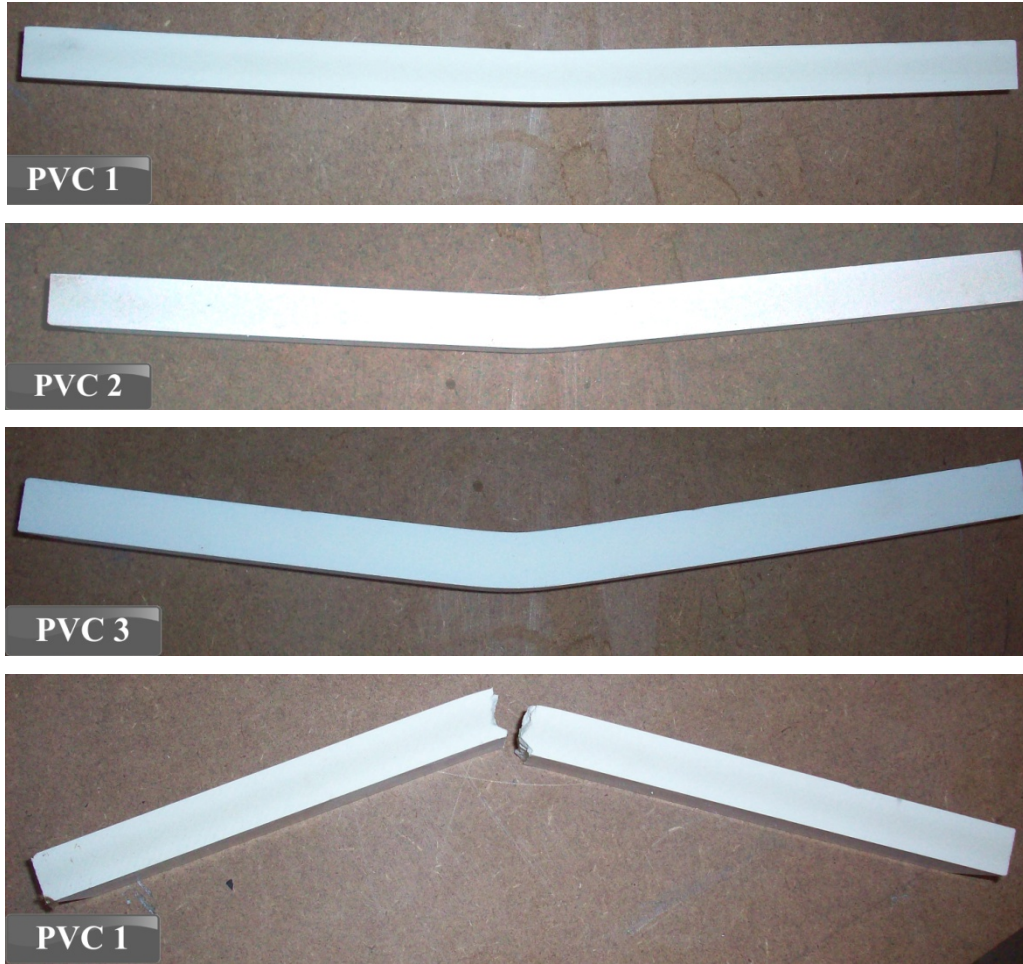
### 5.2.1. Eğilme direnci

Eğilme direnci deneyleri ortalama olarak 120 -180 *sn* içerisinde tamamlanmıştır. Ahaşap esaslı levhalardan yapılan deney örneklerinde göçme parçanın tam ortasından kırılması şeklinde gerçekleşmiştir. Ahaşap esaslı levhalarda eğilme direnci deneyleri sonucunda meydana gelen göçme tipleri Resim 9’da gösterilmiştir.



Resim 9. Ahaşap esaslı levhalarda eğilme deneyleri sonrasında gözlenen göçme tipleri

PVC levhalardan yapılan deney örneklerinin eğilme direnci deneylerinde meydana gelen göçme karakteristikleri ahaşap esaslı levhalara göre daha uzun bir süre içerisinde gerçekleşmiştir. Bunun nedeni ise; uygulanan yük karşısında malzemenin çok fazla yer değiştirme (sehim) yapmasıdır. Deneylerde kuvvet uygulamaya başladıktan sonraki 240-300 *sn*'lik zaman dilimi içerisinde en büyük kuvvete ulaşılmış olup, bu kuvvete ulaştıktan sonraki 300 *sn*'lik süre içerisinde deney örneklerinde büyük yer değiştirmeler sonucunda kırılmaların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Deneylerde gözlemlenen, PVC levhaların yük taşımasına rağmen, kırılmadan çok büyük yer değiştirmeler yapması olmuştur. Bu yer değiştirme miktarları kabul edilebilir sınırların çok üzerindedir. PVC levhalarda eğilme direnci deneyleri sonucunda meydana gelen göçme tipleri Resim 10’da gösterilmiştir.



Resim 10. PVC levhaların deneyler sonrasındaki göçme tipleri

Deney örneklerinin eğilme direnci deneyi sonrasında elde edilen ortalama değerleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Deney örneklerinin eğilme direnci ortalama değerleri

Malzeme Çeşidi	Eğilme Direnci ( $N/mm^2$ )			
	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_{ort}$	$v(\%)$
YL	10,44	16,76	12,91	14,11
YL LAM	14,28	17,03	15,00	6,59
MDF	35,43	42,30	38,98	5,44
MDF LAM	25,27	28,57	26,51	3,81
OSB 1	23,07	30,49	26,26	9,42
OSB 2	20,05	28,84	22,99	12,97
PVC 1	16,48	18,40	17,41	4,15
PVC 2	13,73	21,83	18,12	15,42
PVC 3	14,72	20,85	18,79	12,45

Deney örneklerinin eğilme direnci ortalamalarına göre, en yüksek değer 38,98  $N/mm^2$  ile MDF' de elde edilmiştir. Tablodaki veriler doğrultusunda PVC levhaların (PVC1, PVC2, PVC3) YL ve YL LAM'a göre ortalama olarak daha yüksek eğilme direncine sahip oldukları belirlenmiştir.

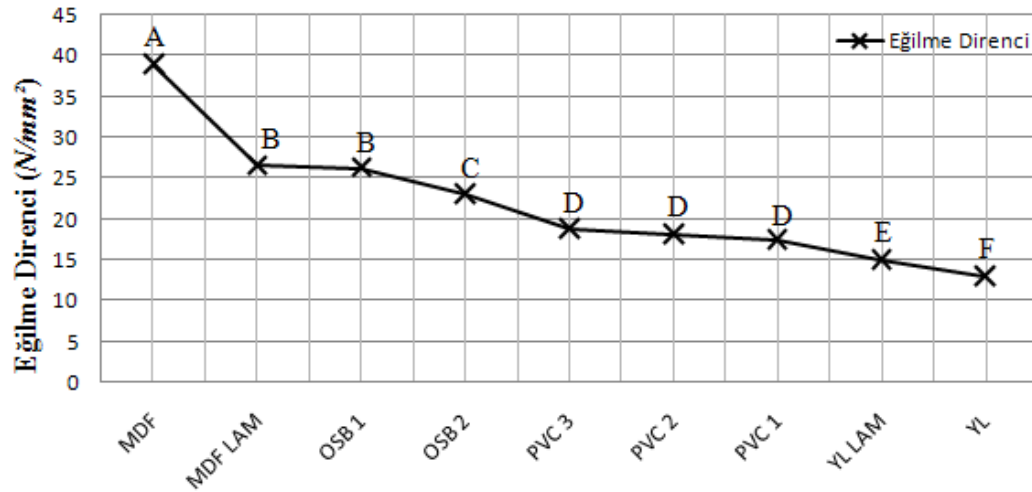
Ahşap esaslı ve PVC levhaların eğilme direnci değerleri üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yapılan tek düzeyli varyans analizi sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Eğilme direnci varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $P<0,05$
Gruplar İçi	52,062	9	5,785	1,4076	0,201
Gruplar Arası	5055,622	8	631,953	153,7812	0,000
Hata	295,879	72	4,109		
Toplam	5403,562	89			

Malzeme çeşitlerinin eğilme direnci üzerindeki etkisi varyans analizi ile değerlendirilmiş ve 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

Malzeme çeşidinin, eğilme direnci etkilerine ait ortalamaların LSD değeri 1,807  $N/mm^2$  için karşılaştırılması Şekil 16'da verilmiştir.



Şekil 16. Deney örneklerinin eğilme direnci karşılaştırma sonuçları

Buna göre, MDFLAM ve OSB 1'in eğilme direnci değerleri arasında herhangi bir fark olmadığı gözlenmiştir. PVC levhaların eğilme direnci dikkate alındığında ise, YL ve YLLAM' a göre daha yüksek direnç gösterdikleri görülmüştür.

### 5.2.2. Elastikiyet modülü

Deney örneklerinin elastikiyet modülü değerlerine ilişkin verileri Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Deney örneklerinin elastikiyet modülü değerleri

Malzeme Çeşidi	Elastikiyet Modülü ( $N/mm^2$ )			
	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_{ort}$	$v(\%)$
YL	2139	3486	2674	18,08
YL LAM	4106	4869	4435	7,09
MDF	2521	3225	2824	8,64
MDF LAM	3995	4860	4347	7,02
OSB 1	4138	5316	4869	8,33
OSB 2	3452	4644	4111	9,94
PVC 1	668	840	752	7,43
PVC 2	498	805	672	20,59
PVC 3	479	795	683	16,33

Elastikiyet modülü, levhaların dolapların, raf gibi eğilmeye maruz kalan elemanlarındaki deformasyonunda önem arz etmekte ve bu gibi yerlerde elastikiyet modülünün yüksek olması gerekmektedir.

Tablodaki veriler bakıldığında ortalama en yüksek değer  $4869 N/mm^2$  ile OSB 1’de elde edilmiştir. PVC levhalarda ise elastikiyet modülü değerleri diğer malzemelere kıyasla çok düşüktür.

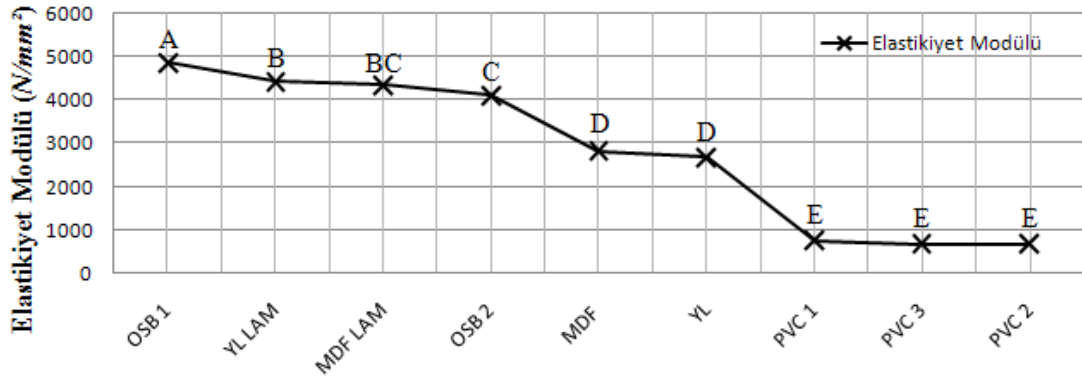
Malzeme çeşitlerinin, elastikiyet modülü değerleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Deney örneklerinin elastikiyet modülü etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $P<0,05$
Gruplar İçi	335806,844	9	373,11,872	0,3667	
Gruplar Arası	242823491,400	8	30352936,43	298,3318	0,000
Hata	7325438,156	72	101742,197		
Toplam	250484736,400	89			

Deney malzemelerinin elastikiyet modülü değerleri üzerindeki etkisi 0,05 hata olasılığı için anlamlı bulunmuştur.

Malzeme çeşitlerinin, elastikiyet modülü üzerindeki etkilerine ait ortalamaların LSD değeri  $284,4 N/mm^2$  için karşılaştırılması Şekil 17’de verilmiştir.



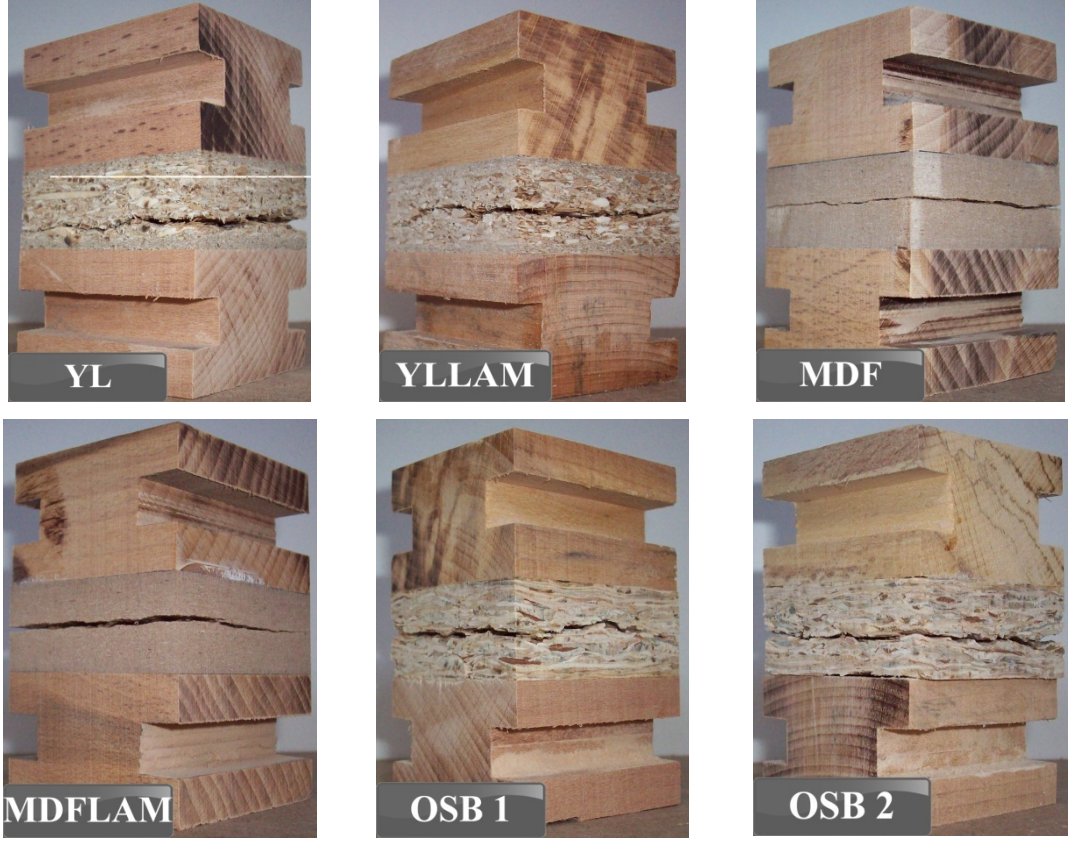
Şekil 17. Deney örneklerinin elastikiyet modülü ortalamaları ve homojenlik grupları

Elastikiyet modülü levhanın elastik 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 (İmirzi, 2008).

Deney örneklerinin elastikiyet modülü direnci verilerinin ortalamalarına göre en yüksek değer OSB 1’ en küçük değer ise PVC’ 2 de elde edilmiştir. YL ve MDF’nin elastikiyet modülü değerleri arasında bilimsel açıdan fark olmadığı anlaşılmıştır. PVC levhaların kendi aralarındaki farklar istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur.

### 5.2.3. Yüze dik çekme

Yüze dik çekme deneyleri ortalama 30–60 *sn* aralığında gerçekleşmiştir. Deney örnekleri uygulanan yük karşısında kalınlık yönünde yaklaşık orta kısımlardan ikiye ayrılarak kopmuşlardır. Ahşap esaslı levhaların yüze dik çekme direnci deneyleri sırasında meydana gelen göçme tipleri Resim 11’de gösterilmiştir.



Resim 11. Ahşap esaslı levhalarda yüzeye dik çekme deneyleri sırasında gözlenen göçme tipleri

Deneyler sırasında yüzeye dik çekme deneyleri için kullanılan yöntemin PVC levhaların test edilebilmesi için uygun olmadığı anlaşılmıştır. Çeşitli tutkallar kullanılarak yapılan tüm ön denemeler de PVC levhaların kalınlık yönünde orta kısımdan yarılmaması sağlanamamış ve bu metodun PVC levhalar için uygun olmadığına karar verilmiştir. Bu nedenle yüzeye dik çekme deneyleri sadece ahşap esaslı levhalara uygulanmıştır.

Deney örneklerinin yüzeye dik çekme direnci değerlerine ilişkin veriler Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Yüzeye dik çekme değerleri

Malzeme Çeşidi	Yüzeye Dik Çekme ( $N/mm^2$ )			
	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_{ort}$	$v(\%)$
YL	0,38	0,46	0,41	9,80
YL LAM	0,44	0,53	0,48	8,91
MDF	0,88	0,99	0,95	5,83
MDF LAM	0,66	0,80	0,73	9,89
OSB 1	0,28	0,33	0,30	8,20
OSB 2	0,22	0,27	0,25	8,79
PVC 1	—*	—	—	—
PVC 2	—	—	—	—
PVC 3	—	—	—	—

\* Ahşap esaslı levha standardına göre yapılan deneyler PVC levhaların yüzeye dik çekme testi için uygun bulunmamıştır.

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 (Göker 2002).

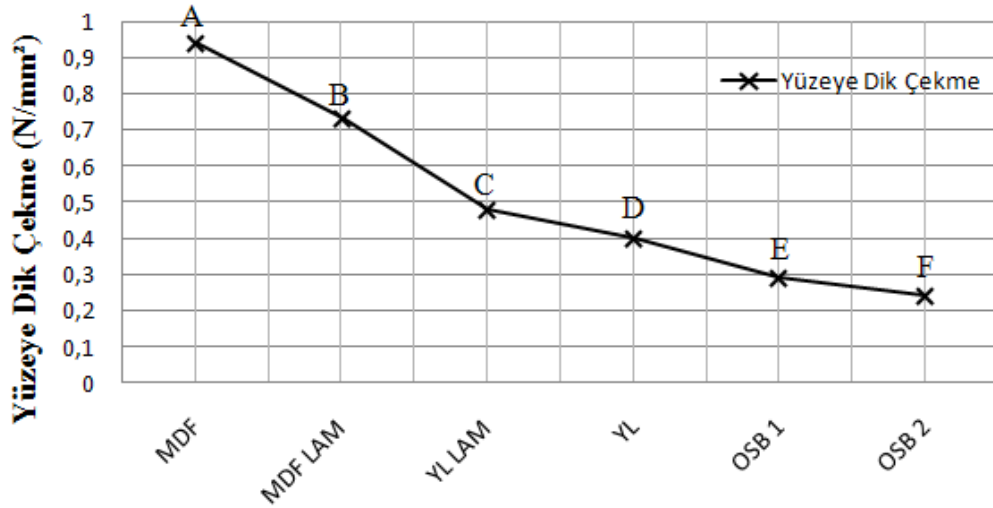
Levha yüzeyine dik çekme direncinde ahşap esaslı levhaların etkisi varyans analizi ile belirlenmiştir. Malzeme çeşidinin levha yüzeyine dik çekme direnci değerleri etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Ahşap esaslı levha çeşidinin levha yüzeyine dik çekme direnci etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $P<0,05$
Gruplar İçi	0,011	9	0,001	0,9643	
Gruplar Arası	3,660	5	0,732	576,1574	0,000
Hata	0,057	45	0,001		
Toplam	3,728	59			

Buna göre, ahşap esaslı levha çeşitlerinin levha yüzeyine dik çekme direnci değerlerine etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Malzeme çeşitlerinin levha yüzeyine dik çekme direnci etkilerine ait ortalamaların LSD değeri  $0,028 N/mm^2$  için karşılaştırılması Şekil 18’de gösterilmiştir.





Şekil 18. Deney örneklerinin levha yüzeyine dik çekme direnci ortalamaları ve homojenlik grupları

Yüzeye dik yönde çekme direnci ortalama değeri, 12-19 mm arası kalınlıklardaki MDF levhalar için TS 64-5 standardının öngördüğü minimum değer  $0,55 N/mm^2$ 'dir. MDF'nin ortalama değerlerine bakıldığında  $0,95 N/mm^2$  ile standardın öngördüğü minimum değerın çok üstünde bir değere sahip olduğu anlaşılmaktadır.

TS EN 312'e göre ise yonga levhalarda yüzeye dik çekme (iç yapışma) direnci  $0,35 N/mm^2$  olarak belirtilmiştir. Yapılan deneylerde yonga levhanın değerleri 0,38 ile  $0,41 N/mm^2$  arasında standart değere uygun olarak çıkmıştır.

#### 5.2.4. Panel rijitlik modülü

Deneylerde ahşap esaslı ve PVC levhalar deney yükleri ve koşulları altında farklı mekanik davranış özellikleri göstermişlerdir. Panel rijitlik modülü deneyleri ahşap esaslı levhalarda ortalama 480-600 sn içerisinde kırılma yaparak gerçekleşirken, PVC levhalarda bu süre 720-900 sn'ye kadar yükselmiştir. Ancak, PVC levhalarda deneyin ilk 600 sn'si içerisinde yük ile yer değiştirme miktarları yaklaşık doğru orantılı olarak ilerleme yaparken, bu noktadan sonra yükün sabit kalarak yer değiştirme miktarında artış olduğu gözlenmiştir. Yük sabit kaldıktan sonra herhangi bir kırılma gerçekleşmediği ve kabul edilebilir yer değiştirme sınırları aşıldığı için deneyler sona erdirilmiştir. Deney örneklerinin rijitlik modülü deneyleri sonucunda meydana gelen göçme tipleri Resim 12'de gösterilmiştir.



Resim 12. Rijitlik modülü deneyleri sonucu meydana gelen göçme tipleri

Deney örneklerinin rijitlik modülü değerlerine ilişkin ortalama verileri Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Deney örneklerinin rijitlik modülü değerleri

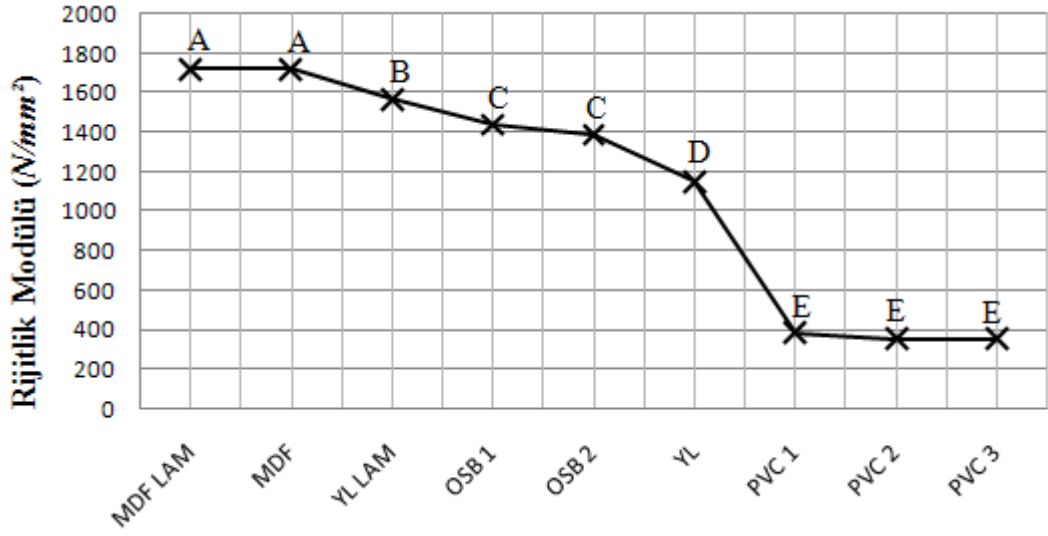
Malzeme Çeşidi	Rijitlik Modülü ( $N/mm^2$ )			
	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_{ort}$	$v(\%)$
YL	1093	1221	1153	4,70
YLLAM	1465	1663	1572	5,16
MDF	1686	1756	1721	1,43
MDFLAM	1697	1767	1725	1,69
OSB 1	1395	1488	1442	2,55
OSB 2	1372	1407	1391	1,12
PVC 1	372	395	384	2,14
PVC 2	297	395	356	10,94
PVC 3	336	366	352	4,26

Rijitlik modülü ortalama değerleri sonucu en yüksek değer  $1725 N/mm^2$  ile MDFLAM'da elde edilmiştir. En düşük değer ise  $352 N/mm^2$  ile PVC 3' te elde edilmiştir. Malzeme çeşidinin rijitlik modülüne etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14. Rijitlik modülü direnci etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $P<0,05$
Gruplar İçi	5029,467	4	1257,367	0,7642	
Gruplar Arası	14124747,200	8	1765593,400	1073,0617	0,000
Hata	52652,133	32	1645,379		
Toplam	14182428,800	44			

Buna göre; malzeme çeşitlerinin, rijitlik modülü değerlerine etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Malzeme çeşitlerinin, rijitlik modülü değerleri ortalamalarının LSD kritik değeri  $52,26 N/mm^2$  için karşılaştırılması Şekil 19'da verilmiştir.

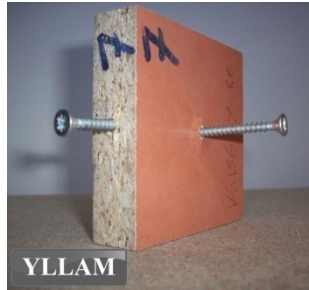


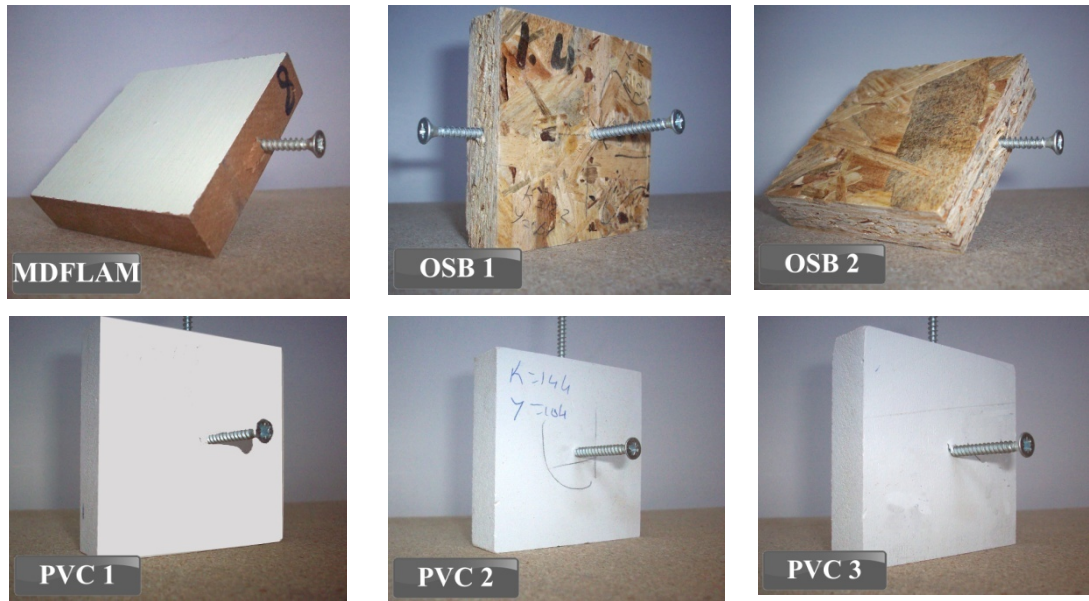
Şekil 19. Deney örneklerinin rijitlik modülü karşılaştırmaları ve homojenlik grupları

Şekil 19'a göre; YL ve YLLAM dışında, her malzeme kendi grubu içerisinde ortalama değerler bakımından tutarlılık göstermiştir. PVC levhaların ahşap esaslı levhalara göre çok düşük rijitlik modülü değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir.

### 5.2.5. Vida tutma mukavemeti

Malzemelerin vida tutma mukavemeti deneyleri yaklaşık olarak 60 – 90 sn sürmüştür olup, göçmeler vidanın parçadan geri çıkması şeklinde gerçekleşmiştir. Her bir deney örneğine kenardan ve yüzeyden olmak üzere iki farklı yönde vida tutma mukavemeti deneyi uygulanmış ve bu testler sonucunda deney örneklerinde meydana gelen göçme tipleri Resim 13'te gösterilmiştir.





Resim 13. Kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti deneyleri sonucu meydana gelen göçme tipleri

Deney örneklerinin kenardan ve yüzeyden vida tutma değerlerine ilişkin ortalama değerleri Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Yüzeyden ve kenardan vida tutma mukavemeti

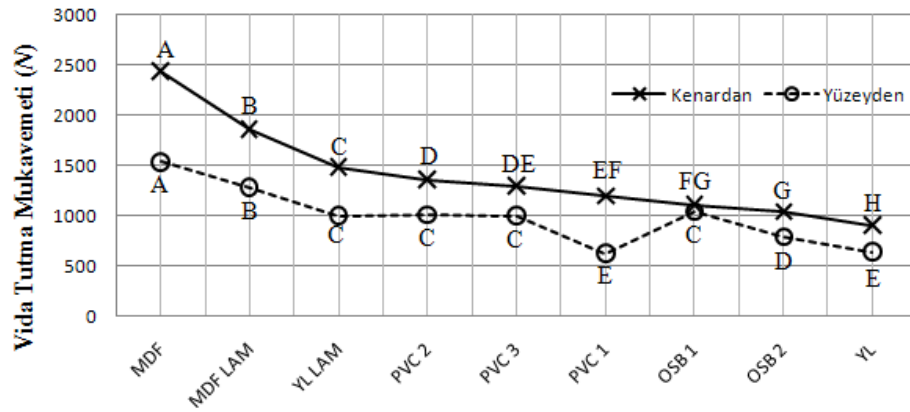
Malzeme Çeşidi	Kenardan (N)				Yüzeyden (N)			
	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_{ort}$	$v(\%)$	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_{ort}$	$v(\%)$
YL	716,13	1137,96	905,96	16,58	519,93	774,99	646,47	15,18
YL LAM	1226,25	1746,18	1481,30	11,30	843,66	1187,01	1002,58	10,31
MDF	2197,44	2609,46	2435,80	5,59	1393,02	1765,80	1537,22	7,02
MDF LAM	1687,32	2069,91	1861,90	7,60	1147,77	1383,21	1280,20	5,96
OSB 1	774,99	1304,73	1106,60	15,21	716,13	1579,41	1042,80	2449
OSB 2	814,23	1265,49	1041,80	12,56	519,93	1010,43	792,64	18,93
PVC 1	1030,05	1304,73	1197,80	7,84	421,83	706,32	624,89	13,70
PVC 2	892,71	1520,55	1361,60	7,83	833,85	1108,53	1008,46	7,57
PVC 3	1226,25	1422,45	1300,80	5,10	863,28	1118,34	1001,60	7,20

Ahşap esaslı ve PVC levhaların, kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan tekli varyans analizleri sonuçları Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Malzeme çeşidinin kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti etkisine ilişkin varyans analizleri sonuçları

Kenardan	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali P<0,05
	Gruplar İçi	141069,943	9	15674,438	0,8728	
	Gruplar Arası	18031208,331	8	2253901,041	125,5047	0,000
	Hata	1293026,517	72	17958,702		
	Toplam	19465304,791	89			
Yüzeyden	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali P<0,05
	Gruplar İçi	117450,818	9	13050,091	0,7975	
	Gruplar Arası	6772726,770	8	846590,846	51,7347	0,000
	Hata	1178214,339	72	16364,088		
	Toplam	8068391,927	89			

Buna göre; ahşap esaslı ve PVC levhaların kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti değerlerine etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Deney örneklerinin kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemetlerine ilişkin LSD 119,5 *N* ve 114 *N* kritik değerleri için yapılan karşılaştırma sonuçları Şekil 20’de verilmiştir.



Şekil 20. Kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti ortalamaları ve homojenlik grupları

Kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti değerlerine bakıldığında, ortalama en yüksek değer kenardan 2435,80 *N* ve yüzeyden 1537,22 *N* ile MDF’dir. En düşük değerler ise kenardan YL’de yüzeyden PVC1’de elde edilmiştir. PVC 2-PVC 3’ün yüzeyden vida tutma mukavemetleri ile OSB 1 ve YL LAM’ın yüzeyden vida tutma mukavemetleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak her hangi bir fark bulunmadığı gözlemlenmiştir.

### 5.2.6. Minifiks tutma mukavemeti

Malzemelerin minifiks tutma mukavemeti deneyleri yaklaşık olarak 60 – 90 sn sürmüş olup, göçmeler minifiks socketinin malzemeden parçalar kopararak ve şişme yaparak geri çıkması şeklinde gerçekleşmiştir. Her bir deney numunesine kenardan ve yüzeyden olmak üzere iki farklı yönde minifiks tutma mukavemeti deneyi uygulanmış ve deney örneklerinde meydana gelen göçme tipleri Resim14'te gösterilmiştir.



Resim 14. Minifiks tutma mukavemeti sonucunda meydana gelen göçme tipleri

Deney örneklerinin kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemetlerine ilişkin ortalamalar ve varyasyon katsayıları Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. Malzeme çeşidinin yüzeyden ve kenardan minifiks tutma mukavemeti değerleri

Malzeme Çeşidi	Kenardan (N)				Yüzeyden (N)			
	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_{ort}$	v(%)	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_{ort}$	v(%)
YL	402,21	637,65	520,91	15,79	686,70	941,76	819,13	10,75
YL LAM	774,99	1108,53	970,21	11,45	1108,53	1294,92	1206,63	4,87
MDF	1059,48	1716,75	1403,80	13,75	1765,80	2207,25	1896,27	7,08
MDF LAM	1069,29	1275,30	1175,20	5,44	1226,25	1481,31	1362,61	5,92
OSB 1	568,98	1108,53	789,71	21,60	843,66	1206,63	1030,05	11,49
OSB 2	470,88	784,80	631,76	16,32	627,84	1128,15	900,55	18,15
PVC 1	716,13	951,57	818,15	7,48	843,66	1059,48	945,68	7,41
PVC 2	990,81	1334,16	1160,50	9,43	1187,01	1373,40	1301,79	4,91
PVC 3	1030,05	1167,39	1116,40	3,72	1137,96	1314,54	1258,62	4,31

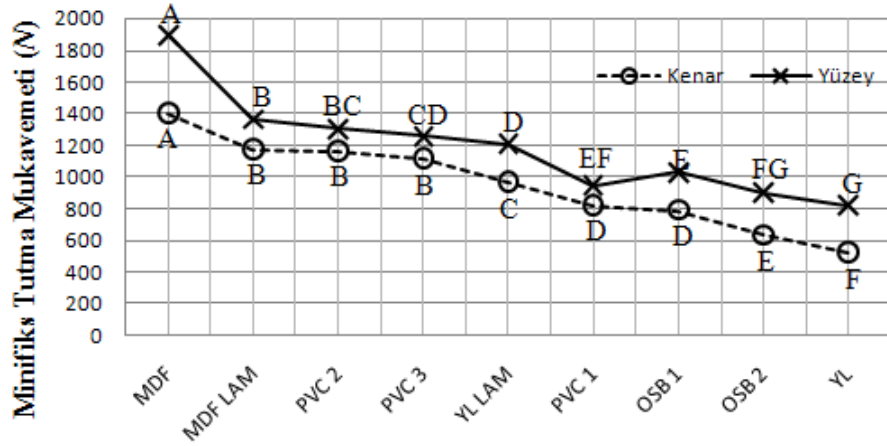
Ahşap esaslı ve PVC levhaların, kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemeti değerleri üzerindeki etkisini belirlemek maksadıyla yapılan tekli varyans analizleri sonuçları Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemeti etkisine ilişkin varyans analizleri sonuçları

Kenardan	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali P< 0,05
		Gruplar İçi	181652,064	9	20183,563	1,6540
	Gruplar Arası	6574063,336	8	821757,917	67,3411	0,000
	Hata	878610,030	72	12202,917		
	Toplam	7634325,430	89			
Yüzeyden	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali P< 0,05
	Gruplar İçi	88311,602	9	9812,400	0,9974	
	Gruplar Arası	8526749,533	8	1065843,692	108,3447	0,000
	Hata	708301,910	72	9837,527		
	Toplam	9323363,046	89			

Buna göre; ahşap esaslı ve PVC levhaların kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemeti değerlerine etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemlidir. Deney örneklerinin kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemetlerine ilişkin LSD  $98,48 N/mm^2$  ve  $88,42 N/mm^2$  kritik değerleri için yapılan karşılaştırma sonuçları Şekil 21’de verilmiştir.





Şekil 21. Malzeme çeşidinin kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemeti karşılaştırma sonuçları

Kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemeti değerlerine bakıldığında, en yüksek değer kenardan 1403,80 N ve yüzeyden 1896,27 N ile MDF’de elde edilmiştir. PVC 2 ve PVC 3’ün kenarından ve yüzeyinden elde edilen veriler MDF ve MDFLAM hariç diğer tüm malzemelerden daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Deney örneklerinin kenardan minifiks tutma mukavemetleri değerlerine bakıldığında yüzeyden minifiks tutmaya göre daha düşük oldukları gözlemlenmiştir. Fakat vida tutma mukavemetlerinde bu durum tam tersine olup, kenardan vida tutma mukavemeti değerleri yüzeyden vida tutma mukavemeti değerlerinden daha yüksektir.

### 5.3. Kutu Mobilya L-Tipi Köşe Birleştirme Elemanlarının Diyagonal Çekme ve Basınç Yükleri Altındaki Moment Taşıma Kapasiteleri

Diyagonal çekme ve basınç deneylerinde, vidalı ve minifiksli birleştirmelerde kuvvetin uygulanmasıyla vida ve minifiksler çekme etkisine maruz kalmışlardır. Malzemelerin diyagonal çekme ve basınç deneyleri yaklaşık olarak 60 ile 90 sn arasında gerçekleşmiştir. Vidalı birleştirmelerin diyagonal çekme deneylerinde yükün uygulanmasıyla birlikte çekilme etkisinde kalan vidalar bükülme yaparak parçadan ayrılmıştır. Minifiks soketleri parçadan geri çıkarken yonga parçalarını da getirmişler ve yaklaşık 20 mm çapında bir alanda şişme yapmışlardır. PVC levhalardan PVC 1’in vidalı diyagonal çekme deneylerindeki göçme şekli diğer malzemelerden farklı olarak vida baş kısmının parça içerisine gömülmesi şeklinde

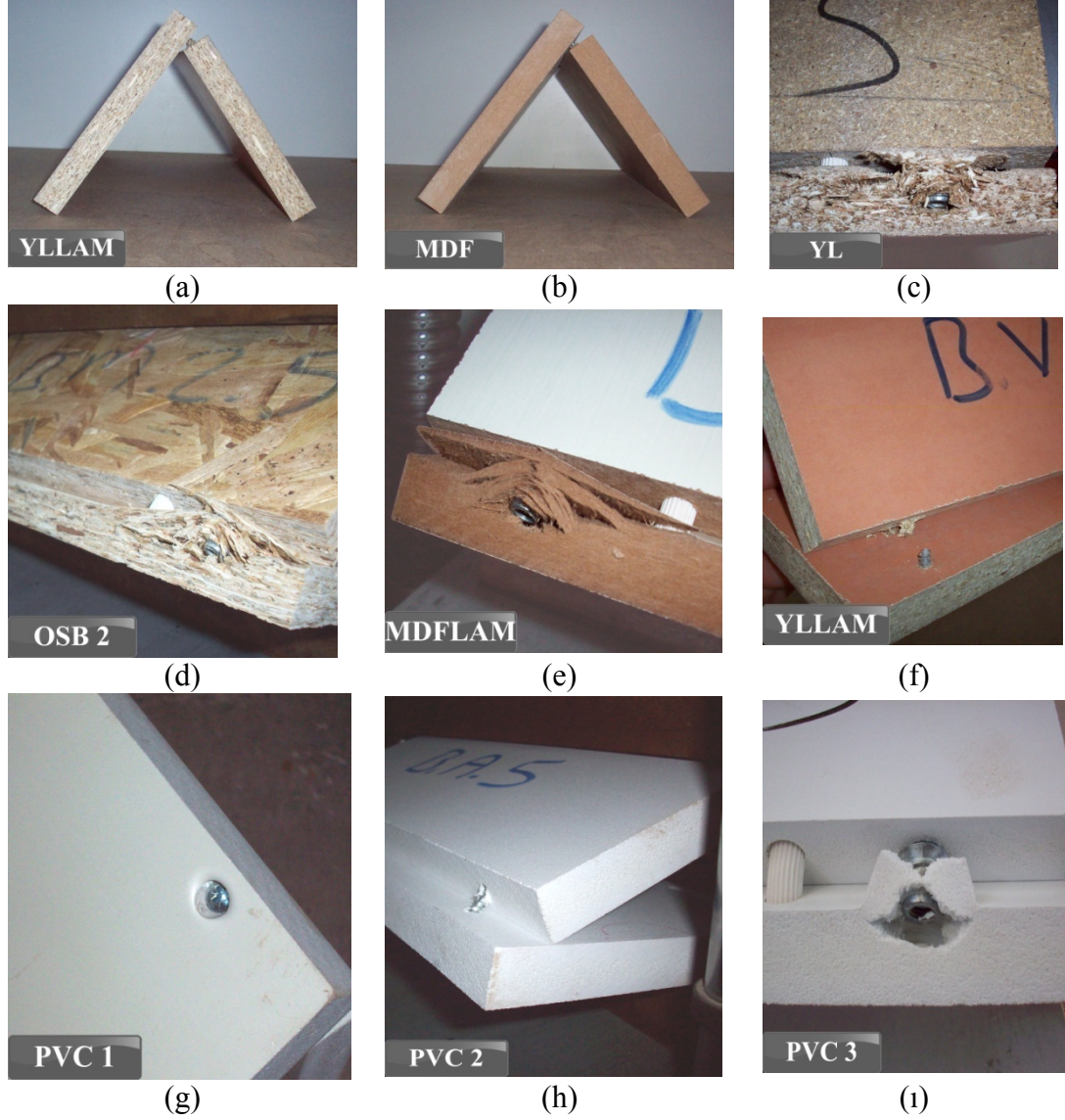
gerçekleşmiştir. Vidalı ve minifiksli diyagonal çekme deneyleri sonucunda meydana gelen göçme tipleri Resim 15’te gösterilmiştir.



Resim 15. Vidalı (a, b, c, e) ve minifiksli (d, f) diyagonal çekme deneyleri sonucunda meydana gelen göçme tipleri

Diyagonal basınç yükünün uygulanmasıyla birlikte çekilme etkisinde kalan vidalar parçadan ayrılmıştır. Diyagonal çekme testinde olduğu gibi diyagonal basınç deneyinde de PVC 1’in testleri yapılırken vida başlarının parça içerisine gömülerek deformasyona uğradığı gözlenmiştir. Minifiksli birleştirmelerde ise uygulanan kuvvetin etkisiyle minifiksin metal soketleri dışa doğru çıkma yaparak deney örneklerinde göçmelere sebep olmuştur. Bu göçmeler ahşap esaslı levhalarda büyük

bir alana yayılarak etki ederken PVC levhalarda küçük bir alanla sınırlı kalarak etki etmiştir. Vidalı ve minifiksli deney örneklerinde diyagonal basınç deneyleri sonucunda meydana gelen göçme tipleri Resim 16’da gösterilmiştir.



Resim 16. Vidalı (a, b, f, g, h) ve minifiksli (d, e, i,) deney örneklerinde diyagonal basınç deneylerinde meydana gelen göçme tipleri

“L” tipi köşe birleştirme deney örneklerinin diyagonal çekme ve basınç deneyleri sonucunda elde edilen moment taşıma kapasitesi değerleri Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19. Diyagonal çekme ve basınç deneyleri sonucu elde edilen moment taşıma kapasitesi değerleri

	Malzeme Çeşidi	Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)							
		Vidalı				Minifiksli			
		$X_{min}$	$X_{max}$	$X_{ort}$	$v(\%)$	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_{ort}$	$v(\%)$
Diyagonal Çekme	YL	32,50	40,74	36,53	10,00	27,01	34,33	31,23	8,51
	YLLAM	48,53	57,22	53,38	6,79	32,04	38,00	34,88	6,25
	MDF	71,42	86,95	77,64	7,70	53,56	70,04	62,81	9,42
	MDFLAM	60,89	69,59	64,37	5,96	44,41	53,10	48,07	6,66
	OSB 1	35,71	38,45	36,54	3,08	31,13	33,88	31,95	3,56
	OSB 2	31,13	38,00	34,61	7,97	30,67	37,54	32,78	8,29
	PVC 1	30,21	32,04	31,1	2,09	26,55	30,21	28,47	6,26
	PVC 2	33,62	39,98	36,71	6,85	33,62	40,89	37,16	9,24
	PVC 3	32,71	39,52	35,43	7,53	29,53	32,25	30,53	4,51
Diyagonal Basınç	Malzeme Çeşidi	Vidalı				Minifiksli			
	YL	23,80	32,96	27,83	14,45	17,39	24,72	20,14	14,37
	YL LAM	34,79	42,12	36,81	8,68	21,97	23,80	22,70	3,37
	MDF	48,53	56,77	52,37	6,10	40,28	44,86	42,12	4,61
	MDF LAM	42,12	47,61	44,86	4,56	30,21	33,88	32,04	4,51
	OSB 1	23,80	30,21	27,28	9,31	17,39	24,72	19,82	16,94
	OSB 2	21,97	28,38	24,17	12,73	16,48	19,22	17,85	7,69
	PVC 1	22,89	28,38	25,45	7,79	23,80	26,55	25,08	4,16
	PVC 2	32,71	35,43	34,16	3,03	23,62	29,07	26,71	7,83
PVC 3	25,44	29,98	27,98	6,24	24,53	28,17	26,71	5,15	

Malzeme çeşidi ve birleştirme tekniğinin, “L” tipi köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitesi üzerindeki etkilerine ilişkin çoklu varyans analizleri sonuçları Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. Malzeme çeşidi ve birleştirme tekniğinin, “L” tipi köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitesi etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Diyagonal Çekme	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali P<0,05
		Malzeme Çeşidi	14506,362	8	1813,295	178,8267
	Birleştirme Tekniği	1300,968	1	1300,968	128,3011	0,000
	MÇ x BT	978,309	8	122,289	12,0611	0,000
	Hata	730,077	72	10,14		
	Toplam	17515,717	89			
Diyagonal Basınç	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali P<0,05
	Malzeme Çeşidi	5561,048	8	695,131	124,8564	0,000
	Birleştirme Tekniği	1274,641	1	1274,641	228,9455	0,000
	MÇ x BT	426,666	8	53,333	9,5795	0,000
	Hata	400,856	72	5,567		
	Toplam	7663,210	89			

MÇ:Malzeme çeşidi

BT. Birleştirme tekniği

Birleştirme tekniği ve malzeme çeşidi “L” tipi köşe birleştirmelerinin çekme ve basınç yükü altındaki moment taşıma kapasitesi değerleri üzerindeki etkileri ile yapılan ikili ve üçlü etkileşimler 0,05 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Diyagonal çekme ve basınç deneylerinde malzeme çeşidine göre moment taşıma kapasitesi değerlerine ilişkin LSD 2,839 *Nm* ve 2,103 *Nm* kritik değerlerine göre yapılan karşılaştırma sonuçları Tablo21’de verilmiştir.

Tablo 21. Malzeme çeşidine göre moment taşıma kapasiteleri ve homojenlik grupları

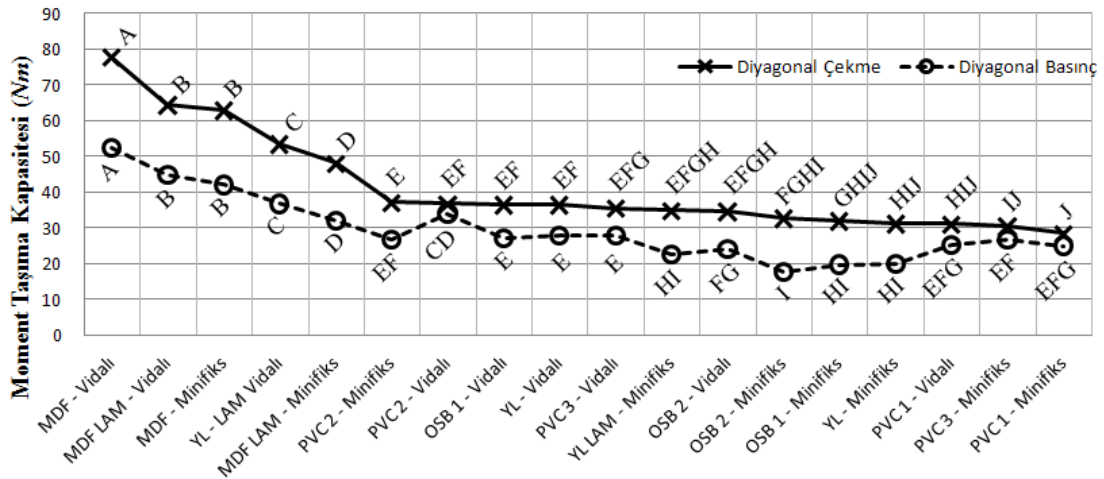
	Malzeme Çeşidi	Moment Taşıma Kapasitesi ( <i>Nm</i> )	
		$X_{ort}$	HG
Diyagonal Çekme	MDF	70,23	A
	MDF LAM	55,22	B
	YL LAM	44,13	C
	PVC 2	36,94	D
	OSB 1	34,25	DE
	YL	33,88	E
	OSB 2	33,69	E
	PVC 3	32,98	E
	PVC 1	29,79	F
	Diyagonal Basınç	Malzeme Çeşidi	$X_{ort}$
MDF		47,24	A
MDF LAM		38,45	B
PVC 2		30,44	C
YL LAM		29,75	C
PVC 3		27,35	D
PVC 1		25,27	DE
YL		23,99	E
OSB 1		23,55	E
OSB 2		21,01	F

Diyagonal çekme ve basınç deneylerinde birleştirme tekniğine göre moment taşıma kapasitesi değerlerinin LSD 1,338 *Nm* (çekme) ve 0,9916 *Nm* (basınç) kritik değerleri için karşılaştırma sonuçları Tablo22’de verilmiştir.

Tablo 22. Birleştirme tekniğine göre moment taşıma kapasiteleri ve homojenlik grupları

Diyagonal Çekme	Birleştirme Tekniği	Moment Taşıma kapasitesi ( $Nm$ )	
		$X_{ort}$	HG
Diyagonal Çekme	Vidalı	45,15	A
	Minifiksli	37,54	B
Diyagonal Basınç	Birleştirme Tekniği	$X_{ort}$	HG
	Vidalı	33,44	A
	Minifiksli	25,91	B

Buna göre; her iki deney türünde de vidalı birleştirmelerin minifiksli birleştirmelerden % 8 daha başarılı olduğu belirlenmiştir. Malzeme çeşidi ve birleştirme tekniği ikili etkileşimleri için LSD 4,015  $Nm$  ve 2.975  $Nm$  kritik değerleri için yapılan karşılaştırma sonuçları Şekil 22’de gösterilmiştir.



Şekil 22 Diyagonal çekme ve basınç deneyleri sonucu elde edilen moment taşıma kapasitesi değerleri ikili karşılaştırma sonuçları

Grafik incelendiğinde, birleştirme tekniği dikkate alınmaksızın, en iyi sonuçların diyagonal çekme deneylerinden elde edildiği görülmektedir. Her iki yükleme biçiminde de vidalı birleştirmeler minifiksli birleştirmelere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Diyagonal çekme deneyinde PVC 1 vidalı birleştirme ile YL- minifiksli birleştirme arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı belirlenmiştir. Diyagonal basınç deneylerinde OSB1-vidalı, YL-vidalı ve PVC3 vidalı birleştirmeler arasında

yapılan LSD test sonuçlarına göre istatistiksel açıdan fark olmadığı gözlemlenmiştir. PVC2-vidalı, PVC3-minifiksli ve PVC1 minifiksli birleştirmelerinin diyagonal çekme ve basınç değerleri arasında çok büyük farklar olmadığı belirlenmiştir.

#### 5.4. Maliyet ve Performans Analizi

Çalışmada,kullanılan malzemelerin ve bağlantı elemanlarının fiyatları arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan malzemelerin fiyatları Tablo 23'te bağlantı elemanlarının fiyatları ise Tablo 24'te verilmiştir.

Tablo 23. Deneylerde kullanılan malzemelerin fiyatları

Malzeme	Tabaka Ölçüleri (m)	Birim Ölçü (m <sup>2</sup> )	Tabaka Fiyatı (TL)	Birim Fiyatı (TL/m <sup>2</sup> )
YL	3,66 x 1,83	6,69	35	5,23
YLLAM	3,66 x 1,83	6,69	70	10,46
MDF	3,66 x 1,83	6,69	75	11,21
MDFLAM	3,66 x 1,83	6,69	90	13,45
OSB1	2,44 x 1,22	2,97	33	11,11
OSB2	2,44 x 1,22	2,97	33	11,11
PVC1	3,05 x 2,05	6,25	499	79,84
PVC2	3,05 x 1,56	4,75	449	94,53
PVC3	3,05 x 1,56	4,75	302	63,58

Tablo 24. Deneylerde kullanılan bağlantı elemanlarının fiyatları

Bağlantı Elemanı	Miktar (Adet)	Fiyatı (TL)	Birim Fiyatı (TL/Adet)
Vida	500	7,50	0,015
Minifiks	1	1,75	1,75
Plastik kavela	1000	9	0,009

Her bir malzeme ve birleştirme tekniğine göre üretilmiş L-tipi köşe birleştirme elemanları için hesaplanan maliyetler Tablo 25 de verilmiştir.

Tablo 25. L-tipi köşe birleştirme elemanlarının maliyeti

Malzeme	Bağlantı Elemanı	Mazleme Miktarı ( $m^2$ )	Malzeme Maliyeti (TL)	Bağlantı Elemanı Sayısı (Adet)	Bağlantı Elemanı Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
YL	Vidalı	0,081	0,424	2	0,03	0,454
	Minifiks + klavuz kavala	0,081	0,424	2 + 2	3,518	3,942
YLLAM	Vidalı	0,081	0,848	2	0,03	0,878
	Minifiks + klavuz kavala	0,081	0,848	2 + 2	3,518	4,366
MDF	Vidalı	0,081	0,908	2	0,03	0,938
	Minifiks + klavuz kavala	0,081	0,908	2 + 2	3,518	4,426
MDFLAM	Vidalı	0,081	1,090	2	0,03	1,120
	Minifiks + klavuz kavala	0,081	1,090	2 + 2	3,518	4,608
OSB1	Vidalı	0,081	0,900	2	0,03	0,930
	Minifiks + klavuz kavala	0,081	0,900	2 + 2	3,518	4,418
OSB2	Vidalı	0,081	0,900	2	0,03	0,930
	Minifiks + klavuz kavala	0,081	0,900	2 + 2	3,518	4,418
PVC1	Vidalı	0,081	6,467	2	0,03	6,497
	Minifiks + klavuz kavala	0,081	6,467	2 + 2	3,518	9,985
PVC2	Vidalı	0,081	7,657	2	0,03	7,687
	Minifiks + klavuz kavala	0,081	7,657	2 + 2	3,518	11,175
PVC3	Vidalı	0,081	5,150	2	0,03	5,180
	Minifiks + klavuz kavala	0,081	5,150	2 + 2	3,518	8,668

Buna göre, deney örneği grupları arasında maliyet bakımından önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Sadece maliyet fiyatı faktörü hesaba alındığında, malzeme çeşitlerinden PVC levhaların diğer levhalara oranla oldukça yüksek değerlerde olduğu dikkati çekmektedir. Bağlantı elemanları için bir maliyet fiyatı değerlendirmesi yapıldığında ise, minifiksli birleştirmelerin, demonte olması, nakliye, depolama, üretim ve bakım kolaylığı gibi avantajlarının yanı sıra vidalı birleştirmelere göre çok daha yüksek fiyatta olduğu görülmektedir. Malzeme ve birleştirme tekniği seçiminde, maliyet analizinde hesaba alınması gereken faktörlerden bir diğeri de işçilik faktörüdür. Ancak bu çalışmada işçilik faktörü hesaba alınmamış olup, malzeme ve bağlantı elemanı maliyetleri ile gösterilen mukavemet arasındaki ilişki değerlendirmelerde parametre olarak kullanılmıştır. Diyagonal çekme ve basınç deneylerinden elde edilen moment taşıma kapasitesi ( $Nm$ ) değerlerinin, maliyet fiyatlarına ( $TL$ ) oranlanması ile elde edilen performans katsayısı ( $Nm/TL$ ) değerleri Tablo 26'da verilmiştir.



Tablo 26. Diyagonal çekme deneyleri için her bir birleştirmeye ait performans katsayıları

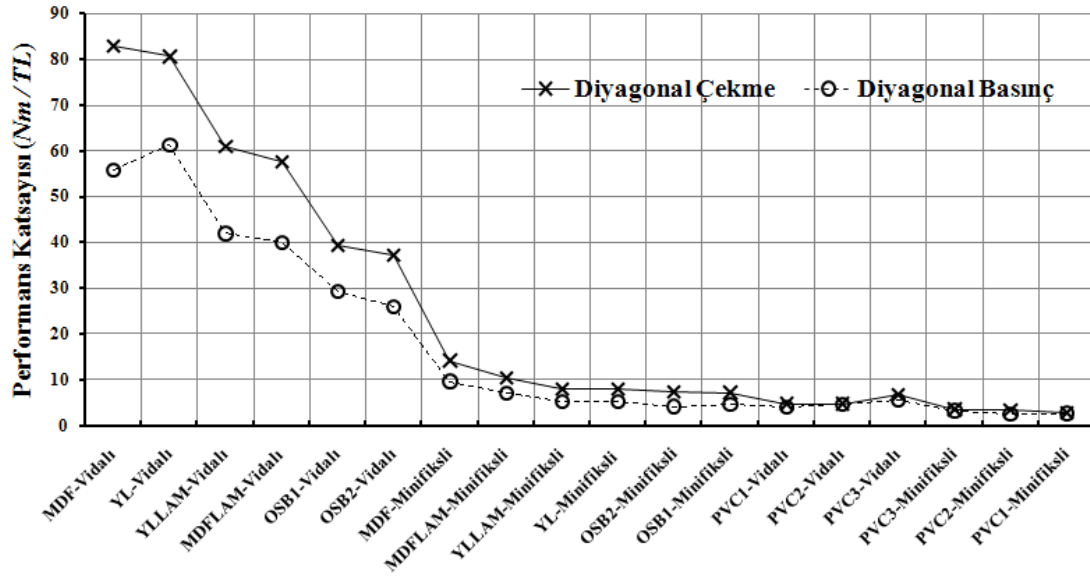
Malzeme	Birleştirme	Toplam Maliyet (TL)	Çekmede Moment (Nm)	Çekmede Performans Katsayısı (Nm/TL)
YL	Vidalı	0,45	36,53	80,50
	Minifiksli	3,94	31,23	7,92
YLLAM	Vidalı	0,88	53,38	60,83
	Minifiksli	4,37	34,88	7,99
MDF	Vidalı	0,94	77,64	82,77
	Minifiksli	4,43	62,81	14,19
MDFLAM	Vidalı	1,12	64,37	57,49
	Minifiksli	4,61	48,07	10,43
OSB1	Vidalı	0,93	36,54	39,29
	Minifiksli	4,42	31,95	7,23
OSB2	Vidalı	0,93	34,61	37,22
	Minifiksli	4,42	32,78	7,42
PVC1	Vidalı	6,50	31,10	4,79
	Minifiksli	9,99	28,47	2,85
PVC2	Vidalı	7,69	36,71	4,78
	Minifiksli	11,17	37,16	3,33
PVC3	Vidalı	5,18	35,43	6,84
	Minifiksli	8,67	30,53	3,52

Tablo 27. Diyagonal basınç deneyleri için her bir birleştirmeye ait performans katsayıları

Malzeme	Birleştirme	Toplam Maliyet (TL)	Basınçta Moment (Nm)	Basınçta Performans Katsayısı (Nm/TL)
YL	Vidalı	0,45	27,83	61,33
YL	Minifiksli	3,94	20,14	5,11
YLLAM	Vidalı	0,88	36,81	41,95
YLLAM	Minifiksli	4,37	22,7	5,20
MDF	Vidalı	0,94	52,37	55,83
MDF	Minifiksli	4,43	42,11	9,51
MDFLAM	Vidalı	1,12	44,86	40,06
MDFLAM	Minifiksli	4,61	32,04	6,95
OSB1	Vidalı	0,93	27,28	29,33
OSB1	Minifiksli	4,42	19,82	4,49
OSB2	Vidalı	0,93	24,17	25,99
OSB2	Minifiksli	4,42	17,85	4,04
PVC1	Vidalı	6,50	25,45	3,92
PVC1	Minifiksli	9,99	25,08	2,51
PVC2	Vidalı	7,69	34,16	4,44
PVC2	Minifiksli	11,17	26,71	2,39
PVC3	Vidalı	5,18	27,98	5,40
PVC3	Minifiksli	8,67	26,71	3,08

Diyagonal çekme ve basınç değerleri için elde edilen performans katsayısı değerleri arasında birkaç grup dışında tutarlılık olduğu görülmektedir. Her iki deney

grubu için elde edilen performans katsayıları, karşılaştırmalı olarak Şekil 23'te grafiksel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 23. Diyagonal çekme ve basınç deneylerindeki moment taşıma kapasitelerine göre hesaplanan performans katsayısı ( $Nm/TL$ ) karşılaştırma sonuçları

Buna göre, diyagonal çekme deneylerine göre elde edilen performans katsayısı değerleri, diyagonal basınç deneylerinden elde edilen performans katsayısı değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Birleştirme tekniğine göre, minifiksli birleştirmelerle elde edilen performans katsayıları vidalı birleştirmelere göre yaklaşık 6 kat daha düşük değerler vermiştir. Bu durumda, vidalı birleştirmelerin çok daha ekonomik olduğu söylenebilir. Ancak, tercih yapılırken, minifiksli birleştirmelerin, demonte birleştirme sağlaması, nakliye, depolama, üretim ve bakım kolaylığı gibi avantajları da dikkate alınmalıdır. Her iki yükleme biçiminde ve birleştirme tekniğinde PVC levhaların ahşap esaslı levhalara göre daha düşük değerler verdiğini söyleyebiliriz.

Malzeme çeşidine göre yapılan değerlendirmelerde PVC levhaların, ahşap esaslı levhalardan yaklaşık 7 kat daha maliyetli olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda PVC levhalardan yapılacak olan kutu konstrüksiyonlu mobilyaların ekonomik ve mekanik performans anlamında uygun olmayacağı belirlenmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, mobilya üretimi için alternatif bir malzeme olarak düşünülen, üretimi ve kullanımı giderek yaygınlaşan PVC levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, ayrıca kutu (panel) tipi mobilyalarda karşılaşılan çeşitli tekniklerle birleştirilmiş L-tipi mukavemet elemanlarının PVC'den, üretildikleri taktirde deney yükleri altında gösterecekleri performansların incelenmesi ve geleneksel ahşap esaslı levhalarla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışma sonucunda ahşap esaslı ve PVC levhalardan üretilen mobilyaların mukavemet analizi için gerekli olan veriler elde edilmiştir. Ahşap esaslı ve PVC levhalar L-tipi, vidalı ve minifiksli birleştirme teknikleriyle üretilmiş örnekler grupları itibarı ile farklı mekanik davranış özellikleri göstermişlerdir.

Deneylerde kullanılan ahşap esaslı levhaların ortalama rutubeti % 5-7 olup, standardın ön gördüğü değerlere uygundur. PVC levhaların hidrofobik bir malzeme olduğu ve bünyesinde su barındırmadıkları gözlenmiştir.

Denmeye tabi tutulan ahşap esaslı levhaların yoğunluk değerleri standardın ön gördüğü değerlere uygun olup, ortalama  $0,5-0,8 \text{ gr/cm}^3$  aralığında değişmektedir. İstanbul piyasasından temin edilen PVC levhaların satışa arz ettikleri yoğunluk değerleri  $0,55-0,6 \text{ gr/cm}^3$  arasında olduğu bilgisine ulaşılmış, ancak yapılan yoğunluk kontrollerine PVC levhaların ortalama yoğunluklarının  $0,39-0,4 \text{ gr/cm}^3$  aralığında oldukları belirlenmiştir.

Ahşap esaslı levhalarda kalınlığına şişme, doğrudan doğruya üretimde kullanılan değişkenlerle ilgilidir. Şişme oranı ise üretiminde kullanılan odun çeşidi, yonga boyutu, odun lifi, su itici maddeler, levha yoğunluğu, tutkal oranı v.b şartlara bağlı olarak değişiklikler göstermektedir (Göktaş, 2008; Bozkurt, 1985).

Ahşap esaslı levhaların suya daldırma işleminden 24 saat sonra kalınlığa şişme oranı değerlerine bakıldığında MDF, MDFLAM ve YL hariç diğer levhaların kalınlığına şişme oranlarına ilişkin ortalamalarının (YLLAM % 25,36 – OSB 1 % 24,38 – OSB 2 % 23,08) TS EN 312 standardının ön gördüğü maksimum % 14'lük sınırın üzerinde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi levhaların üretiminde kullanılan su itici maddelerin az olmasından ya da levhaların yoğunluklarının farklı olmasından

kaynaklanabilir. Hidrofobik bir malzeme olan PVC levhalar bünyelerinde su barındırmadıklarından dolayı kalınlığına şişme yapmamışlardır.

Eğilme direnci deney sonuçlarına göre ahşap esaslı levhalardan en yüksek değer MDF'den ( $39 \text{ N/mm}^2$ ) elde edilmiştir. PVC levhalarda ise yaklaşık  $17-19 \text{ N/mm}^2$  arasında değişmektedir. Eğilmede elastikiyet modülü, levhaların dolap, raf gibi eğilmeye maruz kalan yerdeki deformasyonunda önem arz etmekte ve bu gibi yerlerde elastikiyet modülünün yüksek olması istenmektedir. Ahşap esaslı levhaların (YLLAM, MDFLAM, OSB1 ve OSB2) elastikiyet modülü değerleri PVC levhalardan yaklaşık olarak 6 kat daha fazladır. PVC levhaların elastikiyet modülü değerlerinin ahşap esaslı levhalar için verilen standardın çok altında bir değere sahip olmasından dolayı elastikiyet modülü değerlerinin önem arz ettiği yerlerde (dolap, raf v.b.) kullanılmaması gerekmektedir. MDF'nin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerine bakıldığında yüksek bir eğilme direncine sahip olmasına rağmen düşük bir elastikiyet modülü değeri vardır.

Yüzeye dik yönde çekme direnci levhanın ayrılamaya ya da yarılmaya karşı olan direncini ifade eder. 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 (Göker ve diğerleri 2002).

Ahşap esaslı levhaların yüzeye dik çekme deneylerinde en yüksek değer MDF'den elde edilmiş olup TS 64-5 standardının ön gördüğü minimum  $0,55 \text{ N/mm}^2$  değerinin üstünde çıkmıştır. Yüzeye dik çekme direnci deneyleri için kullanılan yöntemin PVC levhaların test edilebilmesi için uygun olmadığı farklı tutkal çeşitleriyle yapılan tüm ön denemelerden anlaşılmıştır.

Panel rijitlik modülü deneylerinde ahşap esaslı levha ile PVC levhalar deney yükleri altında farklı mekanik davranış özellikleri göstermişlerdir. En yüksek değerler MDF ( $1721 \text{ N/mm}^2$ ) ve MDFLAM ( $1725 \text{ N/mm}^2$ )'dan elde edilmiştir. PVC levhalarda ise belirli bir yük uygulamasından sonra yük sabit kalarak yer değiştirme miktarı artmıştır. Deneyler sonucunda PVC levhalarda meydana gelen yer değiştirme miktarları kabul edilebilir sınırların çok üzerinde olduğu için herhangi bir kırılma

gerçekleşmeden deneylere son verilmiştir. Bu durumda kutu tipi mobilyalarda PVC kullanımının çok uygun bir seçim olmayacağı söylenebilir.

Kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti değerlerine bakıldığında en yüksek değer kenardan 2436,8 *N* yüzeyden ise 1537,22 *N* ile MDF’de elde edilmiştir. PVC 2 ve PVC 3 levhalarının kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti değerleri YL –OSB2 ve PVC 1’e göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Genel olarak ahşap esaslı levhalar ile PVC levhaların vida tutma mukavemetleri arasında çok büyük farklılıklar olmadığı gözlemlenmiştir.

Kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemeti değerleri incelendiğinde denemeye tabi tutulan levhaların yüzeyden alınan değerlerin kenarlara kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum minifikste bulunan metal soketlerin çapının fazla ve parçaya vidalanan bölümün kısa olmasından kaynaklanabilir. Vida ve minifiks tutma değerleri karşılaştırıldığın vidalılarla yapılan birleştirmelerin daha sağlıklı sonuçlar verdiğini söyleyebiliriz.

Diyagonal çekme ve diyagonal basınç deneylerinde her iki birleştirme tekniğinde de (vidalı, minifiksli) MDF ve MDFLAM’dan yapılan deney örnekleri diğer ahşap esaslı ve PVC levhalara nazaran daha başarılı oldukları belirlenmiştir. Bunun sebebi, malzemelerin yapısal özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklanabilir. Yoğunluğunun daha fazla olması ve molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetinin daha güçlü olması sebebiyle, MDF ve MDFLAM’ın mekanik özellikleri diğer ahşap esaslı levhalardan daha iyidir. Bu durum, vida ve minifiks tutma yeteneğini de etkilemiş olabilir. Diyagonal basınç deneyinde malzeme çeşidine göre sınıflama yapıldığında MDF ve MDFLAM’dan sonra en iyi malzeme PVC 2 olarak belirlenmiştir. Her iki deney türünde birleştirme tekniğine göre yapılan değerlendirmelerde vidalı birleştirmelerin minifiksli birleştirmelere kıyasla % 8 daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Diyagonal çekme ve basınç deneylerinde malzeme çeşidi ve birleştirme tekniğine göre yapılan değerlendirmeler sonucunda PVC levhaların ahşap esaslı levhalara (YL, YLLAM, OSB1, OSB2) kıyasla çok farklı değerle sahip olmadıkları anlaşılmıştır. Bu sonuçlara göre; kutu konstrüksiyonlu mobilya tasarımında, malzeme açısından ekonomik kriterlerde göz önüne alınarak malzeme tercihi, MDF, MDFLAM, YLLAM, YL, OSB1 ve OSB 2 şeklinde yapılmalıdır.

PVC levhaların yapılan mekanik testlere karşı gösterdikleri dirençlerin geleneksel ahşap esaslı levhalara kıyasla tam olarak istenilen seviyede olmamasına rağmen bazı avantajlı yönleri bulunmaktadır.

Bunlar;

- Su absorpsiyonu çok düşük (% 0,40 – ISO62) olmasından dolayı bu etkilere maruz kalabilecek yerlerdeki mobilyaların yapımında kullanılabilir.
- Asitler alkaliler ve hidrolik yağlar gibi korozyon maddelerine karşı dirençlidir.
- Isı ve ses izolasyonu özellikleri iyi olduğundan dolayı ev ve ofislerin duvarlarında ara bölme (separatör) amaçlı kullanıma uygundur.
- Alev almaz ve yanıcı bir özelliği yoktur (ASTMD 2863-91)
- Termoplastik bir malzeme olması nedeniyle sıcak havayla veya sıcak yağ banyosu ile bükülebilir ve normal ahşapta mümkün olmayan yuvarlak yüzeyler elde edilebilir.
- Hijyenik olmasından dolayı aşırı hijyen gerektiren yerlerde (sağlık ocağı, hastane v.b.) yerlerde kullanılabilir.
- Dış cephe kaplamalarında,

Yukarıda belirtilen durumların dışında PVC levhaların en büyük dezavantajı ana maddesi ithal edildiği için maliyeti normal ahşap esaslı levhalara göre (YL, YLLAM, MDF, MDFLAM, OSB) daha pahalıdır.

Sonuç olarak, PVC levhaların tamamına yakını standartlarda belirlenen kriterleri tam olarak sağlayamamışlardır. Özellikle panel mobilya üretimine uygun hale getirilebilmeleri için eğilme dirençlerinin artırılması ve birim fiyatlarının düşürülmesi gerekmektedir. Bu durum, üretim aşamasında kullanılan kimyasal formülündeki değişikliklerle çözülebilir.

## KAYNAKLAR

Altınok, M., “Sandalye Tasarımında Gerilme Analizine Göre Mukavemet Elemanlarının Boyutlandırılması”, Doktora Tezi, G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 38-47 (1995).

ASTM-D-1037, Standart Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, Annual Book of ASTM Standarts, Vol 04.10., (2002).

Aydın,H., “PVC Üretimi ve Katkı Maddeleri,Eskişehir” (2004).

Bao, Z., and Eckelman, C., A., “Fatigue Life and Design Stress For Wood Composites Used in Furniture”, Forest Product Journal, 45 (7/8) : 59–63 (1995).

Bao, Z., Eckelman, C., A., Gibson, H., “Fatigue Strength and Allowable Design Stresses for Some Wood Composites Used in Furniture”, Holz als Roh-und Werkstoff, 54 (6) : 377-382, (1996).

Bezazi, A., El Mahi, A., Berthelod, Bezzazi, B.,” Experimental Analysis of Behavior and Damage of Sandwich Composite Materials in Three-Point Bending. Part 1. Static Tests and Stiffness Degradation at Failure Studies

Bozkurt, Y., Göker, Y., “Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi”, *Ders Kitabı*, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 230-240 (1987).

Bozkurt, A. Y., Göker, Y., “Yonga Levha Endüstrisi”, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 263, (1985)

Burdurlu, E., 1994, Ahşap Kökenli Kaplama ve Levha Üretim – Kullanım Teknolojisi, Bizim Büro Basımevi, Ankara, 322s.

Cai, L., Wang, F., “Influence of the Stifness of Corner Joints on Case Furniture Deflection”, Holz als Roh-und Werkstoff, 51: 406-408 (1993).

Eckelman, C. A., Erdil, Y. Z., “Joint Design Manual for Furniture Frames Constructed of Plywood and Oriented Standard Board”, H.Ü. Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, I. Uluslararası Mobilya Kongresi, Bildiri Kitabı, İstanbul, 265-305 (1999).

Eckelman, C. A., the strength design of furniture, text book, tim tech, inc. 303 north, 350 west road, west lafayette, indiana, USA,(1978)

Eckelman, C., A., “Designing High Quality Furniture With Wood Composites”, Purdue University Paper, 42–47, (1999).

Eckelman, C., A., Rabiej, R., “A Comprehensive Method of Analysis of Case Furniture” , Forest Product Journal 35(4): 62-68 (1985)

Eckelman, C., A., “Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture, Text Book, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, 3-10 (1991).

Eckelman, C., A., “The withdrawal strength of screws from a commercially available medium density fiberboard” , Forest Product Journal, 38 (5): 21-24 (1988).

Eckelman, C., A., “Which Screw Holds Best?”, Furniture Design and Manufacturing Magazine, September, 46(9):184-186 (1974).

Eckelman, C., A., “Withdrawal Strength of Dowel Joints: Effect of Shear Strength”, Forest Product Journal, 29(1): 48-52 (1979).

Eckelman, C., A., Cassens, D., L., “Withdrawal Strength of Dowels from Wood Composites”, Forest Product Journal, 35 (5): 55-60 (1985).

Eckelman, C., and S., Munz., “Rational Design of Cases With Front Frames and Semi-Rigid Joints”, Forest Product Journal 37(3):25-31 (1987).

Efe, H., “Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyada Sabit (Yabancı Çıtalı) ve Demonte (Trapez) Köşe Birleştirmelerin Çekme ve Basma Dirençleri”, Politeknik Dergisi, 2(4): 43-51, Ankara, (1999).

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).

Efe, H., Kasal, A., “Çeşitli Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi”, Politeknik Dergisi, 10(3) (2007).

Efe, H., Kasal, A., Tabla Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Eğilme Direnci Özellikleri, Teknoloji Dergisi, 4(4) 33-45 (2000a).

Efe, H., Kasal, A., Tabla Tipi Kavelalı Köşe Birleştirmelerde Tutkal Çeşidinin Çekme Direncine Etkileri, Politeknik Dergisi, 3(4): 67- 72, Ankara, (2000b).



Efe, H., Kasal, A., “Kutu Konstrüksiyonlu Sabit ve Demonte Mobilya Köşe Birleştirmelerde Çekme Direnci”, Edüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 8 (8) 61-74, Ankara, (2000c).

Efe, H., Kasal, A., Diler, H.,Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyada Lambalı -Kinişli Köşe Birleştirmelerin Eğilme Moment Direnci, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 6(1): 111-124 (2003).

Efe, H., Kasal, A., Diler, H.,Kutu Konstrüksiyonlu Vidalı Mobilya Köşe Birleştirmelerde Eğilme Moment Dirençleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 6(1): 97-110 (2003).

Efe, H., Kasal, A., Gürleyen, L., Çeşitli Tutkallarla Yapıştırılmış Kutu Konstrüksiyonlu Kavelalı Köşe Birleştirmelerin Basınç Direnci, Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 10: 39 - 56, Ankara, (2002).

Efe, H., Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Rasyonel Kavela Tasarımı, Politeknik Dergisi, Ankara, 1(1-2): 41-54 (1998).

Efe,H., modern mobilya çerçeve konstrüksiyon tasarımında geleneksel ve alternatif bağlantı tekniklerinin mekanik davranış özellikleri, K.T.Ü., Fen bilimleri enstitüsü, doktora tezi, Trabzon, (1994).

Efe, H., A. Kasal ve L. Gürleyen, “Çeşitli Tutkallarla Yapıştırılmış Kutu Konstrüksiyonlu Kavelalı Köşe Birleştirmelerin Basınç Direnci”, Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 10 (10), 39–56 (2002).

Englesson, T., “Summary of the Investigations of Several Particleboards in the Swedish Forest Products Research Laboratory” Unnumbered Publication, Swedish Forest Products Laboratory, Stockholm, 35-38 (1973).

Erdil, Y. Z., Strength Analysis and Desing of Joints of Furniture Frames Constructed of Plywood and Oriented Strand-Board, Master of Science, Purdue University Graduate School, West Lafayette, Indiana, USA,. (1998).

Erdil, Y., Z., Zhang, J., L., Eckelman, C., A., “Holding Strength of Screws in Plywood and Oriented Stranboard”, Forest Product Journal, 52(6) 55-62 (2002).

Erman, B., “Nonlineer Ortotropik Malzemelerin Zamana Bağlı Davranışı” İTÜ İnşaat Fakültesi, Boğaziçi Matbaası, İstanbul, 1-3 (1974).

Forest Products Laboratory, Wood handbook--Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Chapter 7 Fastening 7-10, (1999).

www.geocities.com

Göker, Y., Akbulut, T., Ayrılmış, N., “Türkiye’de Üretilen MDF Levhaların Teknolojik Özellikleri” İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi ,13-33, (2002).

Göker, Y., Değişik Yöntemlerle Üretilmiş Yonga levhaların Kullanım Yerleri, Laminart, (7) : 128-133, 2000.

Güller, B., Odun Kompozitleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 135-160s., 2001.

Günsel, U., Türkiye Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Temel Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması, Yüksek lisans tezi, Muğla Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Muğla, (2004).

Güntekin, E., “Montaja Hazır Mobilya Birleştirmelerinin Performansları”, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2: 37-48 (2003).

Hazer , B., (1993) “Polimer Teknolojisi” , KTÜ Fen Edebiyat Fakültesi

ISO 62, “Plastics - Determination of water absorption”, International Organization for Standardization., (2008)

İmirzi, H. Ö., Farklı Yapım Teknikleri ve Değişik Kalınlıklardaki Levhalar ile Üretilmiş Kutu Tipi Mobilyaların Mukavemet Özellikleri, doktora tezi, Gazi üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Ankara, (2008).

Kasal, A., “Bazı Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerin Kavela Tutma Performanslarının Belirlenmesi”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Ankara, 22(3) 387-397 (2007).

Kasal, A., “Masif ve Kompozit Ağaç malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Ankara, 7-15 (2004).

Kasal, A., “Masif Ve Kompozit Ağaç Malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı” Gazi Üniversitesi., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, (2004).

Kasal, A., S. ŞENER, M. Ç. BELGİN ve H. EFE, “Bending Strength of Screwed Corner Joints with Different Materials”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 19 (3), 155-161 (2006).

Kasal, A., “Effect of The Number of The Screws and Scriw Size on Moment Capacity of Furniture Corner Joints in Case Construction”, Forest Product Journal, 58(6): 36-44, (2008).

Lin, Shih-Chao., and Eckelman, C., “Rigidty of Furniture Cases With Various Joint Construction”, Forest Product Journal 37(1):23-27 (1987).

Nemli, G., Kalaycıoğlu, H. 2000, Yonga levha Teknolojisi. Laminart, (7) : 120-126 norvydas, V., “research and evolution of strength and fracture of the doweled furniture joints”, Kaunas university of technology institute, kaunas, doctoral disertation, 4-8, (2004).

Norvydas, V., Papreckis, b., Influence of Dowel Diameter on the Fracture Moment of Glued Doweled Joints, Materials Science, 7(3) 164-167 (2001).

Örs Y., Akyıldız, M. H., 2003, Türkiye Yonga levha Endüstrisinin Dış Ticaret Durumu, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 58-80

Örs, Y., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak, S., “Kayın, Okume ve Kavak Soyma Kaplamalarından Farklı Kombinasyonlarda Üretilen Kontrplakların Bazı Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması”, G. Ü. T. E. F. , Politeknik Dergisi, 5 (3) : 257-265, (2002).

Örs, Y., Efe, H., Kasal, A., “Kutu Konstrüksiyonlu Vidalı Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Çekme Direnci”, Politeknik Dergisi, 4(4) 1-9, Ankara, (2001).

Örs, Y., H. Efe., A. Kasal., “Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyada Dişili Köşe Birleştirmelerinin Eğilme Direnci”, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi, 6 (2), 497-503 (2003)

Özçiftçi, A., Altınok, M., Özen, R., Kutu Mobilyada Bazı Köşe Birleştirmelerin Mukavemet Özelliklerine Ait Deneysel Sonuçların İstatistiksel Analizi ve Değerlendirilmesi, Journal of Scientific Researh Foundation, 1(2) 63-70 (1996).

Rajak, Z., I., B., H., A., Eckelman, C., A., Edge and Face Withdrawal Strength of Large Screws in Particleboard and Medium Density Fiberboard, , Forest Product Journal, 43(4): 25-30 (1993).

Tankut, A., Optimum dowel spacing for corner joints in 32-mm cabinet construction Forest Product Journal 55(12): 100-104 (2005).

Tolunay,Ö., vd. (1994) , Yedinci Beş Yıllık kalkınma Planı özel ihtisas komisyon raporu,

TS 2471, “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Rutubet Miktarının Tayini”, T.S.E., Ankara, (1976).

TS 2471, “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Rutubet Miktarının Tayini”, T.S.E., Ankara, (1976).

TS 2475 “Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini”, T.S.E., Ankara, (1976).

TS 3891 “yapıştırıcılar-polivinil asetat esaslı emülsiyon (malzeme için)”, TSE, Akara , Şubat (1983).

TS 4539 “ahşap birleştirmeler- kavelalı birleştirme kuralları”, TSE, Ankara, Şubat (1983).

TS 46, “Kontrplak (Soyma Plakalı)–Genel Amaçlar İçin”, T.S.E. , Ankara, (1986).

TS 5192, Yonga levhalar- Yüzeyle Paralel Yöndeki Makaslama Mukavemetinin Tayini, T.S.E., Ankara, (1987).

TS 61, “Ağaç Vidaları”, TSE, Ankara, 1978.

TS 64, “Lif Levhalar – Sert ve Orta Sert Levhalar”, T.S.E. , Ankara, (1982).

TS 80, “Bağlama elemanları- Vida dişi açılmış genel esaslar”, TSE, Ankara, 1988.

TS EN 13446, “Ahşap Esaslı Levhalar-Bağlayıcıların Geri Çıkma Kapasitesinin Tayini”, T.S.E., Ankara, (Şubat), (2005).

TS EN 310 “Ahşap Esaslı Levhalar–Eğilme Dayanımı ve Elastikiyet Modülünün Tayini”, T.S.E., Ankara, (1999).

TS EN 310 Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, TSE, Ankara, (1999).

TS EN 319 Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini, TSE, Ankara, (1999).

TS EN 319, Yonga levhalar ve Lif levhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini, T.S.E., Ankara, (1999).

TS EN 320, “Lif Levhalar-Vida Tutma Kabiliyetinin (mukavemetinin) Tayini”, T.S.E., Ankara, (Mart), (1999).

TS EN 322 “Ahşap Esaslı Levhalar – Rutubet Miktarının Tayini”, T.S.E., Ankara, (1999).

TS EN 323 “Ahşap Esaslı Levhalar – Birim Hacim Ağırlığının Tayini”, T.S.E.,Ankara, (1999).

Uysal, B., “Kenarları Masifli ve Masifsiz Yonga Levhada Kavela Çaplarının Çekme Direncine Etkileri”, H.Ü. Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, I. Uluslararası Mobilya Kongresi, Bildiri Kitabı, İstanbul, 484-490 (1999).

Wasti, S., T., “Limit Analizi Yapılar İçin Plastik Hesap Metodu”, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 54-55 (1968).

Zhang, J., L., and Eckelman, C., “The Bending Moment Resistance of Single-Dowel Corner Joints in Case Construction”, Forest Product Journal, 43(6): 19-24, (1993).

Zhang, J., Quin, F., and Tackett, B., “Bending Strength and Stiffness of Twopin Dowel Joints Constructed of Wood and Wood Composites”, Forest Product Journal, 51 (2) : 29–35 (2001).

Zhang, J.L., Efe, H., Erdil, Y.Z., Kasal, A., ve Han, N., “Resistance of Multi-Screw L-Type Corner Joints”, Forest Products Journal, 55 (10), 56-63 (2005).

## ÖZGEÇMİŞ

Fatih BAYINDIR, 1983 yılında İzmir'in Gültepe semtinde doğdu. İlköğrenimini Yeşilyurt ilköğretim okulunda, orta öğrenimini 9 Eylül orta okulunda, lise eğitimini ise Çamlıkta Atatürk Endüstri Meslek Lisesi'nde tamamladı. 2001 yılında Muğla Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliğini kazanarak lisans eğitimine başladı. İlk yıl İngilizce hazırlık aldıktan sonra kendi fakültesinde eğitimine başladı. 2006 yılında eğitimini başarıyla tamamlayarak mezun oldu. Aynı yıl Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek lisans eğitimi sırasında Erasmus öğrenci değişiminden yararlanarak 6 ay Fransa da ESB (Ağaç Malzeme Teknolojileri) okulunda eğitimine devam etti. Bekâr olan Fatih BAYINDIR, orta düzeyde İngilizce bilmektedir.