

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞAÇIŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

KUTU MOBİLYALARDA SABİT VE HAREKETLİ
RAFLARIN SEHİM (YER DEĞİŞTİRME)
ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BEYTULLAH SAYGILI

AĞUSTOS 2015

MUĞLA

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞAÇIŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

KUTU MOBİLYALARDA SABİT VE HAREKETLİ
RAFLARIN SEHİM (YER DEĞİŞTİRME)
ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BEYTULLAH SAYGILI

AĞUSTOS 2015

MUĞLA

MUGLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

Beytullah SAYGILI tarafından hazırlanan **KUTU MOBİLYALARDA SABİT VE HAREKETLİ RAFLARIN SEHİM (YER DEĞİŞTİRME) ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ** başlıklı tezinin, 10 / 07 / 2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Doç. Dr. Ertan ÖZEN (Jüri Başkanı)

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Prof. Dr. Ali KASAL (Danışman)

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Yrd. Doç. Dr. Selçuk DEMİRCİ (Üye)

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı,
Ege Üniversitesi, İzmir

İmza:

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Doç. Dr. Mehmet ÇOLAK

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Prof. Dr. Ali KASAL

Danışman, Ağaçşleri End. Müh Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Savunma Tarihi: 10 / 07 / 2015

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yaptığımı da beyan ederim.

Beytullah SAYGILI
10 / 07 / 2015

ÖZET

KUTU MOBİLYALARDA SABİT VE HAREKETLİ RAFLARIN SEHİM (YER DEĞİŞTİRME) ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Beytullah SAYGILI

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali KASAL

Ağustos 2015, 71Sayfa

Bu çalışmada, kutu konstrüksiyonlu mobilyalardaki sabit ve hareketli rafların sehim (yer değiştirme) özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, sabit ve hareketli rafları temsilen, ahşap esaslı levhalardan hazırlanan 1/1 ölçekli raf örneklerinin yorma yükleri altındaki sehim özellikleri belirlenmiş ve bu özellikleri geliştirici optimizasyonlar denenmiştir. Deneylerde ahşap esaslı levha olarak, melamin kaplı yonga levha (YLLAM) ve melamin kaplı lif levha (MDFLAM) kullanılmıştır. Sabit ve hareketli raflarda, sehim özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla, rafların alt yüzeyine kanallar açılıp, bu kanalların içerisine Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak çıtalar polivinilasetat (PVAc) tutkalı ile yapıştırılarak yerleştirilmiştir. Çıta sayısının sehim özelliklerine etkisinin belirlenebilmesi için de, deney örneklerinin bir bölümü 2, diğer bir bölümü ise 3 çıta yerleştirilerek üretilmiştir. Sabit rafların testlerinde, gerçek kullanım koşullarını temsil etmesi için, arkalık bağlantıları da yapılmış, sabit rafların düşey elemanlar ile birleştirilmesinde de vidalı ve minifiksli olmak üzere 2 farklı birleştirme tekniği uygulanmıştır.

Sabit raflar için; 2 ahşap esaslı levha, 2 birleştirme tekniği, 2 çıta sayısı, 2 çıta malzemesi ve her örnekten 5 yineleme olacak şekilde 80 adet sehim özellikleri geliştirilmiş deney örneği, ayrıca karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla hazırlanan 20 adet kontrol örneği (2 ahşap esaslı levha, 2 birleştirme tekniği ve 5 yineleme) olmak üzere toplam 100 deney örneği hazırlanmış ve düzgün yayılı yorma yükleri altında denenmiştir. Hareketli raflar için ise; 40 adet sehim özellikleri geliştirilmiş raf (2 ahşap esaslı levha, 2 çıta sayısı, 2 çıta malzemesi 5 yineleme) ve 10 adet de kontrol örneği hazırlanmış ve yine düzgün yayılı yorma yükleri altında denenmiştir. Deneyler TS 9215 ve ISO / DIS 7170 standartlarında belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Deneyler sonucunda, MDFLAM levhadan üretilen rafların, YLLAM levhadan üretilen raflara göre boy/sehim oranı açısından üstün oldukları görülmüştür. Sabit raflar hareketli raflara göre çok daha düşük değerlerde sehim yapmışlardır. Sabit

raflarda, birleştirme tipi olarak vidalı birleştirme minifiksli birleştirmeye üstünlüksağlamıştır. Bu çalışmada uygulanan geliştirme işleminin, sabit ve hareketli raflarda panel rijitliği değerlerini dūřürdüęü ve dolayısıyla da sehim özelliklerini olumsuz etkilediği anlaşılmıştır. Buna ilaveten, işçilik, malzeme vb. maliyetleri de arttırması nedeniyle ekonomik (maliyet/performans) anlamda da uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. YLLAM levhadan elde edilen hareketli raflar hariç tüm raflar standartlarda belirtilen kabul edilebilir sehim değerlerine uygun sonuçlar vermişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya, Sehim, Yer Değiştirme, Sabit Raf, Hareketli Raf

ABSTRACT

IMPROVING THE DEFLECTION PROPERTIES OF FIXED AND PORTABLE SHELVES OF CASE FURNITURE

Beytullah SAYGILI

Master of Science (M.Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Woodworking and Industrial Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali KASAL

August 2015, 71 Pages

In this study, it was aimed to improve deflection characteristics of fixed and portable shelves used on the case construction furniture. For this purpose, deflection characteristics of 1/1 scale test samples constructed of wood based panels which represents fixed and portable shelves that under fatigue loads were determined and improving optimizations of these characteristics were evaluated. Melamine-coated particleboard (YLLAM) and melamine-coated medium density fiberboard (MDFLAM) were utilized for tests. In fixed and portable shelves, grooves were opened to the bottom surface of the shelves and beech (*Fagus orientalis* L.) and okoume (*Aucoumea klaineana*) plywood strips were glued with polyvinyl acetate (PVAc) into these grooves in order to improve the deflection characteristics. In order to determine the effect of number of strips on deflection properties, test samples were constructed with 2 and 3 grooves. For the fixed shelf tests, samples were produced with back panel to represent the real conditions and two different joint techniques (screw and minifix) were used for joints of fixed shelves.

For the fixed shelves; 80 improved samples including the 2 wood based panels, 2 joint techniques , 2 number of grooves, 2 material of strip and, 5 replication for each sample, furthermore for comparison, 20 control samples (2 wood based panels, 2 joint techniques and 5 replications for each), totally 100 samples were prepared and tested under uniformly distributed fatigue loads. For portable shelves; 40 improved samples (2 wood based panels, 2 number of grooves, 2 material of strip and, 5 replication for each sample) and 10 control samples were prepared and tested under uniformly distributed fatigue loads, as well. Tests were conducted in accordance with the requirements of TS 9215 and ISO/DIS 7170 standards.

At the end of tests, it was seen that the shelves constructed of MDFLAM gave better results than the shelves constructed of YLLAM in terms of

length/deflection ratio. Fixed shelves were deflected much less than portable shelves. For the fixed shelves, screw jointed shelves gave better results than minifix jointed shelves. As a result, improving process utilized in this study decreased the modulus of rigidity values of the panels, thus, it negatively affects the characteristics of deflection. Moreover, due to the increase of labor, material etc., it is concluded that the improving process is not convenient economically. All shelves gave the acceptable results in terms of acceptable deflection values given in the standards except for the portable shelves constructed of YLLAM.

Keywords: Case Construction Furniture , Deflection, Displacement, Fixed Shelf, Portable Shelf

ÖNSÖZ

Yapılan çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Ali KASAL' a ve tez savunmamdaki yapıcı eleştirileri ile tezimin bilimsel kalitesini arttıran Doç. Dr. Ertan ÖZEN ve Yrd. Doç. Dr. Selçuk DEMİRCİ' ye teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında yardımcı olan araştırma görevlisi Tolga KUŞKUN' a, yine laboratuvar testleri sırasında yardımını esirgemeyen arkadaşım İbrahim YALÇIN' a teşekkür ederim.

Bana tez çalışmalarım sırasında manevi destek olan eşim Lale SAYGILI' ya minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Bu tez çalışması, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından (BAP proje no: 13179) desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Tanımlanması	2
1.2. Çalışmanın Hipotezi	4
1.3. Çalışmanın Amaçları	4
1.4. Çalışmanın Kapsam ve Yöntemi	5
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	7
3. MALZEME VE YÖNTEM	13
3.1. Masif Ağaç ve Ahşap Esaslı Levhalar	13
3.2. Polivinilasetat (PVAc) Tutkalı	13
3.3. Vida ve Minifiks.....	14
3.4. Deney örneklerinin Üretiminde Kullanılan Malzemelerin Gerekli Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi	15
3.4.1 Yoğunluk ve rutubet	15
3.4.2 Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü.....	16
3.4.3 Panel rijitliği.....	18
3.5. Deney Örneklerinin Hazırlanması	19
3.6. Deneylerin Yapılışı.....	23
3.7. Deneme Desenleri	24
3.8. Verilerin Değerlendirilmesi.....	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1- Rafların Üretiminde Kullanılan Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.....	28
4.1.1. Yoğunluk ve rutubet değerleri	28
4.1.2. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri.....	29
4.1.3. Panel rijitliği değerleri	29

4.2.- Hareketli Rafların Sehim Özelliklerine İlişkin Deneş Sonuçları.....	30
4.3- Sabit Rafların Sehim Özelliklerine İlişkin Deneş Sonuçları	39
4.4. Hareketli Raflarda Tahmin Edilen ve Geręek Sehim Miktarlarının Karşılaştırılması	54
4.5. Hareketli ve Sabit Raflarda BSO Değerlerinin Literatürde ve Türk Standartlarında Verilen Kabul Edilebilir Değerlerle Karşılaştırılması	57
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1. Hareketli raflar için hazırlanan deneme deseni.....	25
Çizelge 3. 2. Sabit raflar için hazırlanan deneme deseni.....	25
Çizelge 4. 1. Ahşap ve ahşap esaslı levhaların yoğunluk ve rutubet oranları	28
Çizelge 4. 2. Levhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri	29
Çizelge 4. 3. Geliştirme yöntemine göre levhaların panel rijitliği değerleri	30
Çizelge 4. 4. Hareketli raflarda deney sürecinde elde edilen sehim miktarlarına ait ortalamalar	31
Çizelge 4. 5. Deneyleerde kullanılan hareketli raflara ait BSO ve DGO değerleri ile varyasyon katsayıları	33
Çizelge 4.6. Hareketli raflarda birinci yaklaşıma göre BSO ve DGO değerlerine ilişkin çoklu varyans analizleri sonuçları	34
Çizelge 4. 7. Levha türünün birinci yaklaşıma göre BSO değerlerine etkilerine ilişkin karşılaştırma sonuçları.....	34
Çizelge 4. 8. Levha türünün birinci yaklaşıma göre DGO değerlerine etkilerine ilişkin karşılaştırma sonuçları.....	35
Çizelge 4. 9. Geliştirme yönteminin birinci yaklaşıma göre DGO değerlerine etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları	35
Çizelge 4.10. Hareketli raflarda ikinci yaklaşıma göre BSO ve DGO değerlerine ilişkin varyans analizleri sonuçları	36
Çizelge 4. 11. Levha türünün ikinci yaklaşıma göre BSO değerlerine etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları	37
Çizelge 4. 12. Levha türünün ikinci yaklaşıma göre DGO değerlerine etkisine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları	37
Çizelge 4. 13. Çıta sayısının ikinci yaklaşıma göre DGO üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları	38
Çizelge 4. 14. Çıta malzemesi * çıta sayısı ikili etkileşiminin ikinci yaklaşıma göre DGO üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları	38
Çizelge 4.15. Sabit raflarda deney sürecinde elde edilen sehim miktarları ortalamaları.....	40
Çizelge 4. 16. Sabit raflarda hesaplanan BSO ile DGO değerleri ve varyasyon katsayıları	44
Çizelge 4.17. Sabit raflarda birinci yaklaşıma göre BSO değerlerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	44
Çizelge 4.18. Sabit raflarda birinci yaklaşıma göre, levha türünün BSO değerlerine etkilerine ilişkin karşılaştırma sonuçları.....	45
Çizelge 4.19. Sabit raflarda birinci yaklaşıma göre, birleştirme tipinin BSO değerlerine etkilerine ilişkin karşılaştırma sonuçları.....	46
Çizelge 4.20. Sabit raflarda birinci yaklaşıma göre DGO değerlerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	46
Çizelge 4.21. Sabit raflarda birinci yaklaşıma göre levha türünün DGO değerlerine etkilerine ilişkin karşılaştırma sonuçları.....	47

Çizelge 4.22. Sabit raflarda levha türü*levha birleştirme tipi*geliştirme yöntemi üçlü etkileşiminin birinci yaklaşıma göre DGO değerlerine etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları ...	48
Çizelge 4. 23. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre levha türü, birleştirme tipi, çıta malzemesi ve çıta sayısının BSO değerlerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları	49
Çizelge 4.24. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre levha türünün, BSO değerlerine etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları	49
Çizelge 4.25. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre birleştirme tipinin BSO değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları.....	50
Çizelge 4.26. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre çıta sayısının BSO değerlerine etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları ..	51
Çizelge 4.27. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre birleştirme tipi-çıta malzemesi- çıta sayısı üçlü etkileşiminin BSO değerlerine etkilerine ilişkin karşılaştırma sonuçları.....	52
Çizelge 4. 28. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre; levha türü birleştirme tipi, çıta malzemesi ve çıta sayısının değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin yapılan varyans analizi sonuçları.....	52
Çizelge 4.29. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre birleştirme tipi*çıta malzemesi etkileşiminin DGO değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları	53
Çizelge 4.30. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre levha türü*birleştirme tipi*çıta malzemesi üçlü etkileşiminin DGO değerlerine etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları	54
Çizelge 4. 31. Her bir raf tipi için hesaplanan elastikiyet modülü değerleri	56
Çizelge 4.32. BSO deney sonuçlarının genel sehim formülü değerleriyle karşılaştırılması.....	57
Çizelge 4.33. Hareketli rafların BSO değerlerinin TS 9215 ve Eckelman (2003) ile karşılaştırılması.....	58
Çizelge 4. 34. Sabit rafların BSO değerlerinin TS 9215 ve Eckelman (2003) ile karşılaştırılması.....	59
Çizelge 4.35. Hareketli raflarda yük kaldırıldıktan 1 hafta sonraki kalıcı sehime göre hesaplanan BSO değerlerinin TSE 9215 ile karşılaştırılması	60
Çizelge 4.36. Sabit raflarda yük kaldırıldıktan 1 hafta sonraki kalıcı sehime göre hesaplanan BSO değerlerinin TSE 9215 ile karşılaştırılması	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Raf bağlantı vidası (ölçüler mm)	14
Şekil 3. 2. Minifiks bağlantı elemanı (ölçüler mm)	14
Şekil 3. 3. Eğilme deneyi testinin yapılması	16
Şekil 3. 4. Eğilme direnci deneyi düzeneği.....	17
Şekil 3. 5. Panel rijitliği deneyinde yük-yer değiştirme biçimi	18
Şekil 3. 6. Panel rijitliği deneyi.....	19
Şekil 3. 7. Deney örneklerinin ölçülendirilmesi.....	19
Şekil 3. 8. Hareketli raf deney örneği ve ölçüleri (ölçüler mm)	20
Şekil 3. 9. Sabit raf deney örneği ve ölçüleri (ölçüler mm)	20
Şekil 3. 10. Rafların alt yüzeylerine geliştirme işleminin uygulanması	20
Şekil 3. 11 Geliştirme örneklerine çıtaların yerleştirilmesi (ölçüler mm)	21
Şekil 3. 12. Arkalıkların rafa ve düşey elemanlara vidalanması.....	21
Şekil 3. 13. Minifiks deliklerinin açılması	22
Şekil 3. 14. Minifiks birleştirme yapılması	22
Şekil 3. 15. Hareketli raflarda yayılı yük uygulaması.....	23
Şekil 3. 16. Sabit raflarda yayılı yük uygulaması	23
Şekil 3. 17. Sehim ölçüm yeri (ölçüler mm)	24
Şekil 4. 1. YLLAM hareketli rafların sehim miktarları sonuçları.....	32
Şekil 4. 2. MDFLAM hareketli rafların sehim miktarları sonuçları	32
Şekil 4. 3. Vidalı birleştirmeli YLLAM sabit rafların sehim miktarları sonuçları	41
Şekil 4. 4. Vidalı birleştirmeli, MDFLAM sabit raflarının sehim miktarlarına ait sonuçlar.....	41
Şekil 4. 5. Minifiksli birleştirmeli, YLLAM sabit raflarının sehim miktarlarına ait sonuçlar.....	42
Şekil 4. 6. Minifiksli birleştirmeli, MDFLAM sabit raflarının sehim miktarlarına ait sonuçlar.....	43

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

δ	Yoğunluk
δ_{12}	Hava Kuru Yoğunluk
δ_0	Tam Kuru Yoğunluk
σ_E	Eğilme Direnci
BSO	Boy Sehim Oranı
BT	Birleştirme Tipi
Cps	Akışkanlık Değeri
ÇM	Çıta Malzemesi
ÇS	Çıta Sayısı
DGO	Deformasyon Geri Dönüş Oranı
E	Elastikiyet
F	Kuvvet
GY	Geliştirme Yöntemi
I	Atalet Momenti
ks	Rijitlik Katsayısı
L	Uzunluk
LSD	En Küçük Anlamlı fark
LT	Levha Türü
M	Moment
MDFLAM	Melamin Kaplı Orta Yoğunlukta Lif Levha
m_o	Tam Kuru Ağırlık
m_r	Hava Kuru Ağırlık
N	Newton
nm/radyan	Rijitlik
PVAc	Polivinilasetat Tutkalı
V(%)	Varyasyon Katsayısı Yüzdesi
W	Genişlik
X ort	Grup Ortalaması
Yd	Yer Değiştirme
YLLAM	Melamin Kaplı Yonga Levha

1. GİRİŞ

Mobilya, günlük yaşamın her alanında yer edinen, bireyin veya toplumun refahını sağlayan, yaşama yönelik, sosyal ve kültürel gereksinimlere hizmette bulunan, insan yaşam kalitesini doğrudan etkileyen, herkesin kullandığı ve ihtiyacı olduğu, insan yaşamında oldukça etkili bir ürün olarak tanımlanabilmektedir. Bu anlamda, günlük yaşamda kullanılan mobilyalarda yapılacak her türlü iyileştirmeler, insanların yaşam kalitesine direk olarak olumlu katkı sağlayacaktır.

Son yıllarda, Türkiye'deki kentsel dönüşüm projeleri, nüfus artışı, yükselen hayat standardı, sektörün ihracat değerinin yükselmesi gibi faktörler mobilyaya olan talebi artırmakta ve bu durum doğrudan doğruya Mobilya Sektörünü etkilemektedir. Hızlı bir gelişim ve değişim sürecinde olan Türkiye Mobilya Sektörü; markaları, kalitesi, küçük-büyük ölçekli işletmeleri, coğrafi konumu, ülkenin genel büyüme yönlü politikası, genç nüfusu, kişi başına düşen milli gelirin iyileşmesi gibi faktörler doğrultusunda iç ve dış pazarlarda potansiyel arz etmektedir. Türkiye Mobilya Sektörü, 203 ülkeye 2,2 milyar dolar ihracat, 110 ülkeden ise 968 milyon dolar ithalat yapan, 2001'den yana sürekli artan ihracat değeri ile dış ticaret açığı vermeyen sayılı sektörlerinden birisidir. 2023 için 25 milyar dolar üretim ve 10 milyar dolar ihracat beklentisiyle dünyanın ilk 10, Avrupa'nın ilk 5 büyük mobilya üreticileri arasına girmeyi hedeflemektedir (Anonim, 2013).

Mobilya sektörü, Türkiye için son derece önemlidir. İhracat açısından da en güçlü olunan alanlardan biri olan mobilya sektörü, aynı zamanda en fazla istihdam sağlayan sektörlerin başında gelmektedir. Sektörün bir başka önemli özelliği de yerlilik oranı en yüksek sektörlerden biri olmasıdır. Türkiye'de ara mal ithalatının %70' lerde olduğu bir dönemde mobilya sektöründeki yerlilik oranı % 80' in üzerindedir. Bu bağlamda, mobilya sektörüne yönelik bilimsel çalışmaların artması son derece önemlidir.

Mobilya üretiminde genel olarak, kutu, çerçeve ve kombine olmak üzere üç temel konstrüksiyon kullanılmaktadır. Üretiminde tablaların kullanıldığı mobilyalar kutu (panel) tipi, masif çerçevelerin yer aldığı mobilyalar çerçeve (iskelet) tipi, her iki eleman tipinin de kullanıldığı mobilyalar ise kombine konstrüksiyonlu mobilyalar olarak isimlendirilmektedir (Efe, 1994). Çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda sistemi oluşturan çubuk elemanların eğilme direnci, kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda ise sistemi oluşturan tabla tipi elemanların rijitliği (burulma direnci) sistemin bütünüdür direnci üzerinde etkili olmaktadır (Eckelman, 2003).

Kutu konstrüksiyonlu mobilyalar, bir iç hacim oluşturdukları için günümüz modern evlerinde, duvar ve yer dolapları, mutfak, banyo, ofis gibi mekânlarda özellikle depolama amaçlı olarak kullanılan vazgeçilmez donatı elemanlarıdır.

1.1. Problemin Tanımlanması

Mobilyada mühendislik tasarımı ve mukavemet analizi kavramları nispeten yeni kavramlar olup, Türkiye dâhil birçok ülkede sistematik olarak uygulanmamaktadır. 1950'lerin ortalarına kadar mobilya; yapısal bir konstrüksiyon sistemi olarak tanımlanması gerçeğine rağmen yapısal anlamda analiz edilmemiş olup, mobilya elemanlarının ve birleştirmelerinin tasarımı neredeyse hiçbir zaman matematiksel teorilerin konusu olmamıştır. Bunun yerine, geçmiş tecrübeler ve estetik faktörler etkili olmuştur. Mühendislik tasarımı, mobilyada ergonomik kriterlerin, malzemelerin, konstrüksiyonların (yapım teknikleri) ve üretim teknolojilerinin optimum şekilde belirlenmesi işlemlerini kapsar. Mühendislik tasarımı, ekonomik, estetik ve teknik hususların ideal arakesitinde oluşan ürün tasarımlarının gerçekleştirilebilmesi açısından önemlidir ve kesinlikle bilimsel esaslara dayalı olarak yapılmalıdır (Kasal, 2004).

Mobilya mühendisliği kavramı son zamanlarda ilgi çekici hale gelmiştir. Bunun nedeni olarak, kullanıcıların daha güvenilir, sağlam ve dayanıklı ürünler talep etmesi, birçok ülkede devletin ürün garantisi ve ürünün standartlara uygunluğu konusundaki baskıları, ekonomik malzemelere olan ihtiyacın artması ve tecrübeli ustaların sayılarının giderek azalması gösterilebilir (Eckelman, 2003).

Mobilya mühendislik tasarımına verilmesi gereken değer konusundaki eksiklik meydana gelmiştir. Bunun sonucu olarak da birçok mobilya tasarımı yeterli sağlamlıkta olmadığından kullanım sırasında görevlerini iyi bir şekilde yerine getirememekte ve kısa sürede kullanılmaz hale gelmektedir.

Günümüz itibarıyla Türkiye’de, mobilya alanındaki iç talep tamamıyla karşılanabilmektedir. Coğrafi konumu, dinamizmi ve son yıllarda yükselen gelişmeler nedeniyle, Türkiye, öncelikle Avrupa ülkeleri olmak üzere ilişkili olduğu pek çok ülkeye ürünlerini pazarlayıp ihracat yapabilen bir duruma gelmiştir. Bu durumun sürekliliğinin sağlanabilmesi açısından, üretilen ürünlerdeki istikrarlı kalite düzeyinin devamlılığı sağlanmalıdır. Bunun için, bilimsel ve teknik yaklaşımlar ile araştırma geliştirmeye verilen önemin artırılması gerekmektedir.

Daha önceden de belirtildiği gibi kutu konstrüksiyonlu mobilyalar, her türlü mekân için depolama amaçlı kullanılan vazgeçilmez donatı elemanlarıdır. Kutu konstrüksiyonlu mobilyaları oluşturan tabla tipi elemanlar, kullanım amaçlarının doğası gereği çoğunlukla uzun süreli olarak yormaya dayalı yüklere maruz kalmaktadırlar. Bu durum, zamanla tabla tipi elemanların yapıldığı malzemelerin yorulmasına bağlı olarak sehim oluşması sonucunu doğurmaktadır. Kutu mobilyalarda sabit veya hareketli raflarda meydana gelen sehim istenmeyen bir mekanik davranış problemidir. Özellikle, ofis mekânlarında kitap depolamak amacıyla kullanılan kitaplıkların sabit ve hareketli raflarında sehim oluşması yaygın olarak görülen bir durumdur. Depolanan kitaplar yıllarca aynı sabit veya hareketli rafın üzerinde durmakta ve zamanla rafın orta noktasında sehim meydana getirmektedir. Sehim miktarları zamanla artarak kabul edilebilir sınır değerlerini aşmakta ve bu durum rafların görevlerini yapmasını engellemekte, hem sağlamlık hem de estetik görünüm açısından güvensiz bir imaj yaratmaktadır.

Kutu mobilyalardaki raflarda meydana gelen sehim özelliklerinin geliştirilmesi konusunda bilimsel çalışmalar yapılması, mobilya tasarımcılarının ve üreticilerinin işini kolaylaştıracak, bu sayede bilimselliğin ışığında; daha bilinçli kutu mobilyalar tasarlanarak, tasarımın amacına ve fonksiyonuna uygun ürünler üretilmesi mümkün olabilecektir, dolayısıyla da insanların yaşam kalitesi arttırılabilecektir.

Literatürde, rafların yer değiştirme özelliklerinin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar sınırlı olup, raflarla ilgili yaşanan problemler kullanıcılar tarafından Őikâyet konusu olarak gündemdedir. Mobilya mühendislik tasarımında, raflarla ilgili veri tabanına katkı sağlamaya yönelik bu çalışma, ileride bu konularda çalışacak olan araştırmacılar için de önemli bir referans teşkil edecektir.

1.2. Çalışmanın Hipotezi

Bu çalışmanın hipotezi, kutu mobilyalarda kullanılan yatay elemanlardan sabit ve hareketli raflarda yorma yükleri karşısında meydana gelen sehimler, raf elemanının alt yüzeyine açılmış kanal içerisine yerleştirilen ahşap çıtalar ile engellenebilir ya da azaltılabilir.

1.3. Çalışmanın Amaçları

Bu çalışmanın amacı, kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda kullanılan yatay elemanlardan sabit ve hareketli rafların sehim özelliklerinin geliştirilmesidir. Belirlenen alt amaçlar ise;

- Sabit ve hareketli raflarda levha çeşidinin sehim özelliklerine etkisinin belirlenmesi,
- Sabit ve hareketli raflarda çıta sayısının ve çıta malzemesinin sehim özelliklerine etkisinin belirlenmesi,
- Sabit raflarda, raf elemanı ile düşey elemanların bağlantısında kullanılan birleştirme tekniğinin sehim özelliklerine etkisinin belirlenmesi,
- Literatürde yayılı yükler altındaki rafların sehim miktarlarının hesaplanması için önerilen formülün geçerliliğinin kontrol edilmesi,
- Sabit ve hareketli rafların boy/sehim oranlarının TS 9215 de verilen kabul edilebilir boy/sehim oranları ile karşılaştırılmasıdır.

1.4. Çalışmanın Kapsam ve Yöntemi

Çalışma kapsamında, ahşap esaslı levha olarak, melamin kaplı yonga levha (YLLAM) ve melamin kaplı lif levha (MDFLAM) kullanılmıştır. Sabit ve hareketli raflarda, sehim özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla, rafların alt yüzeyine 6 mm genişliğinde kanallar açılıp, bu kanalların içerisine Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak çıtalar polivinilasetat (PVAc) tutkalı ile yapıştırılarak yerleştirilmiştir. Çıta sayısının yer değiştirme özelliklerine etkisinin belirlenebilmesi için de, deney örneklerinin bir bölümü 2, diğer bir bölümü de 3 çıta yerleştirilmiş olarak üretilmiştir. Sabit rafların testlerinde, gerçek kullanım koşullarını temsil etmesi adına, arkalık bağlantıları da yapılmış, sabit rafların düşey elemanlar ile birleştirilmesinde de vidalı ve minifiksli olmak üzere 2 farklı birleştirme tekniğinden yararlanılmıştır.

Sabit raflar için; 2 ahşap esaslı levha, 2 birleştirme tekniği, 2 çıta sayısı, 2 çıta malzemesi ve her örnekten 5 yineleme olacak şekilde 80 adet yer değiştirme özellikleri geliştirilmiş deney örneği, ayrıca karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla hazırlanan 20 adet kontrol örneği (2 ahşap esaslı levha, 2 birleştirme tekniği ve 5 yineleme) olmak üzere toplam 100 adet deney örneği hazırlanmış ve yayılı yüklemeler ile yorma yüklerine maruz bırakılmıştır. Hareketli raflar için ise; 40 adet raf (2 ahşap esaslı levha, 2 çıta sayısı, 2 çıta malzemesi 5 yineleme) ve 10 adet de kontrol raf örneği hazırlanmış ve aynı testlere tabi tutulmuştur. Deneylerde yayılı yükleme deneyleri TS 9215 ve ISO 7170 esaslarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, belirlenen amaçlara ulaşabilmek için izlenen yöntemler;

- Literatür araştırması,
- Sabit ve hareketli raflar için deney örneklerinin üretiminde kullanılan malzemelerin, bağlantı elemanlarının, komparatör cihazlarının, ağırlıkların ve tutkalın piyasadan rastgele seçim metoduyla temin edilmesi ve deney örneği rafların hazırlanması,
- Sabit ve hareketli rafların üretildiği malzemelerin gerekli fiziksel ve mekanik özelliklerinin ilgili standartlar göre belirlenmesi,

- Rutubet ve yoğunluk (TS EN 322 ve TS EN 323)
- Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü (TS EN 310)
- Panel rijitliği (Eckelman, 2003)

- Sabit ve hareketli rafların sehim miktarlarının ilgili standartlara uyularak ölçülmesi (TS 9215 ve ISO 7170),
- Elde edilen verilerin istatistiksel analizlerin yapılması ve değerlendirilmesi,
- Elde edilen verilerin literatür ile karşılaştırılması,
- Sonuçların tartışılması ve yorumlanması.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Eckelman (2003), raflarda sehim miktarının, raf boyunun 1/200'ü ile 1/500'ü arasında olmasının kabul edilebilir sınırlar olduğunu belirtmiştir. Raf boyunun 1/180'ine kadar olan sehim miktarının göze hoş gelebileceğini, ancak bu oranın 1/165'e çıkması halinde estetik görünmeyeceğini belirtmiştir. Ayrıca; yayılı yük ile yüklenmiş rafların sehim miktarının hesaplanması için;

$$y_c = \frac{5qL^4}{384EI} \quad (2.1)$$

formülünü kullanmıştır. Burada;

q= Rafa uygulanan yükü(N/ mm)

L= Raf boyunu,(mm)

E= Elastikiyet modülünü(N/mm²)

I = Atalet momentini (mm⁴) ifade etmektedir. Atalet momenti;

$$I = \frac{wt^3}{12} \quad (2.2)$$

formülünden hesaplanmaktadır. Burada;

w= Raf derinliğini (mm),

t= Raf kalınlığını(mm) ifade etmektedir.

Kullanılan bu formüllerin geçerliliği, raflarla ilgili yapılan bilimsel araştırmalarda doğrulanması uygun olacaktır.

Atar (1994), raflarla ilgili çalışmasında, TS 9215'e göre yayılı yüklerle yüklenmiş lif levhanın yonga levhaya göre sehim özellikleri açısından daha başarılı olduğunu

belirtmiştir. Ayrıca yüzeyi ahşap kaplanmış ve kenarları masif kaplanmış örneklerin kaplamasız levhalara göre sehim özellikleri açısından daha iyi olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada, malzeme ve raf boyu faktörlerinin, hareketli rafların sehim özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmış, bu özelliklerin geliştirilmesine ilişkin herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Jivkov (2010), melamin kaplı yonga levha ve lif levhadan elde edilmiş rafların alt yüzeylerine açılmış kanallara 2-3 çita halinde kontrplak yerleştirerek yayılı yük altında sehim özelliklerini incelemiştir. Çalışma sonunda raf yüzeyinin altına 3 çita yerleştirilen yonga levhanın normal yonga levhaya göre sehim özelliklerinin % 20, lif levhada ise % 30 iyileştiğini bildirmiştir. Bu çalışma, dar kapsamlı olup, sabit raflara ilişkin verileri içermemektedir. Ayrıca yormaya dayalı yükler altında sehim miktarlarının ölçülmesini konu alan deneyler DIN 68874 standardına göre yapılmıştır. Burada uygulanan iyileştirme yöntemi hareketli ve sabit raflar üzerinde TS 9215 ve ISO 7170 standartlarına göre de yapılmalı ve değerlendirilmelidir.

Tankut ve diğerleri (2003), yonga levha ve lif levhalarda sehim özelliklerinin geliştirilmesi için rafların arkasına vida atıldığı takdirde sehim miktarında % 33'lük bir gelişme sağlanacağını bildirmişlerdir. Bu çalışmadaki öneri sabit raflara ilişkin yapılacak bilimsel araştırmalarda dikkate alınmalıdır. Tankut ve diğerleri (2003), bir başka çalışmalarında, kitaplık raflarında sehimini azaltmak için kızıl meşe ve sarı kavak ağaçtan yapılmış çerçeve içerisinde kullanılan raflarda sehimin %28 civarında azaldığını bildirmişlerdir.

Ozarska ve Harris (2007), sıcaklık 23^0 C sabit olmak üzere rutubet oranlarının % 35-85 arasındaki değişiminin, rafların sehimini üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Rutubet oranı azaldığında sehimin de azaldığını bildirmişlerdir.

Danacı (2010), ahşap esaslı levhaların vida tutma mukavemeti için yaptığı deneylerde; kılavuz delik çapının 2 mm boyunun 10 mm olduğunda en iyi sonucu verdiğini bildirmiştir.

Göktaş ve diğerleri (2004), ahşap esaslı levhalardan üretilmiş vidalı birleştirmeli rafların, yüzeye dik (lateral) yük taşıma performansları üzerine yaptıkları çalışmada 32 mm' lik vida etkili boyunun yük taşıma performansını artırdığını bildirmişlerdir.

Madriz (1997), kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda sabit rafların genellikle kavelalı, kınışlı, lambalı, vidalı ve minifiksli birleştirmelerle yapıldığı belirtmiş, vida ve minifiks gibi bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmelerin diğer birleştirme çeşitlerine oranla işçilik ve yapım kolaylığı açısından daha avantajlı olduğunu bildirmiştir.

Saltık (2013), ofis mobilyasında kullanılan bağlantı sistemlerini araştırdığı çalışmada, firmaların tabla bağlantı sistemi olarak genelde dübelli minifiks kullandığını tespit etmiştir.

Efe (1999), 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) leb 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 ve Kasal (2000), kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde kullanılan köşe birleştirmelerden; seçilmiş bazı tutkallı (sabit) ve tutkalsız (demonte) birleştirmelerin moment kapasiteleri 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 minifiksli köşe birleştirmelerin aldığı bildirilmiştir.

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

Erdil ve diğeri (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.

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

Güntekin (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.

Zhang ve diğeri (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. Deney sonuçlarına göre, yüzeyin sentetik reçineli kâğıtla kaplanması ve birleştirme yüzeyinin tutkallanmasının, yonga levha örneklerinin moment direncini önemli derecede arttırdığı bildirilmiştir.

Kasal ve diğeri, (2006), kutu konstrüksiyonlu L-tipi vidalı köşe birleştirmelerde gerilme analizleri yapılarak, tutkalın eğilme direncine olan katkısı irdelenmiştir. Deneyler sonucunda, tutkallı birleştirmelerin tutkalsızlardan, lif levhanın da yonga levhadan daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir

Kasal (2008), 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.

$$CMPB = -81.59 + 16.09 X + 14.52 Y + 1.47 Z \quad (2.3)$$

$$CMMDF = -173.9 + 29.07 X + 24.62 Y + 2.26 Z \quad (2.4)$$

$$TMPB = -8.4 + 17.73 X + 44.55 Y + 1.32 Z \quad (2.5)$$

$$TMMDF = -136.1 + 32.42 X + 17.25 Y + 2.2 Z \quad (2.6)$$

Burada; CMPB, CMMDF: basınç yükü altında yonga levha ve MDF örnekleri tarafından taşınan momentler (Nm), TMPB, TMMDF: çekme yükü altında yonga levha ve MDF örnekleri tarafından taşınan momentler (Nm), X: vida sayısı, Y: vida çapı (mm), Z: vida etkili boyudur (mm).

Kasal ve diğerleri (2008), 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

$$M = a \times D^b \times N^c \times L^d \quad (2.7)$$

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

Fujimoto ve Mori (1983), farklı çap ve boyuttaki ahşap vidaların yonga levhadaki çekme dirençlerinin araştırıldığı çalışmada, vida boyunun artması ile çekme direncinin de arttığı, vida çapındaki artışın ise çekme direncinde azalmaya yol açtığını bildirmektedirler.

Cassens ve Eckelman (1985), demonte mobilya imalatında, bağlantı elemanı olarak kullanılan farklı çap ve boyuttaki soket vidaların, OSB, MDF ve yonga levhadaki çekme dirençlerinin araştırıldığı çalışmada, bağlantı elemanlarının girme derinliğinin, çapına oranla daha önemli bulunduğunu belirtilmektedirler.

Efe (1993), ahşap levhaların soket vida tutma mukavemetlerinin araştırıldığı çalışmada, ahşap levhaların özgül ağırlıklarının, vida tutma mukavemeti üzerinde

doğru orantılı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, soket vidanın ise, vida uygulama boyu, diş sayısı ve diş yüksekliğinin doğru orantılı, diş adımı aralığının ise ters orantılı olduğunu bildirmiştir.

Efe ve diğerleri (2012) yaptıkları bir araştırmada vidalı birleştirme yapılan elemanlar, minifiksli birleştirmeye çekme mukavemeti açasından yaklaşık 4 kat daha olumlu sonuç vermiştir.

Wan-Quan ve Eckelman (1993), yonga levha ve lif levhalar üzerinde “L” tipi tabla köşe birleştirme numuneleri, farklı boy ve çaplarda mobilya bağlantı vidaları ile 1’ den 32’ ye kadar artan sayılı dizilerle basınç deneylerine alınmıştır ve basınç mukavemetinin, bağlayıcı alanların artışına bağlı olarak düzenli şekilde arttığı tespit edilmiştir. Belli bir noktadan sonra mukavemet artışı olmadığı, bağlantıyı sağlayan vidaların boyunun direnç üzerinde çaplarından daha fazla etkili olduğu, birleştirmede kullanılan tutkalın birleştirmenin direnci üzerindeki etkisinin, levhanın kendi tutkalından daha fazla olduğu belirtilmektedir.

Bir internet sayfasında farklı malzemeler için sehim hesapları yapılabilmektedir. Bu site hesaplama aracı olarak ABD Orman laboratuvarı verilerini kullanmaktadır (URL, 2015).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Masif Ağaç ve Ahşap Esaslı Levhalar

Deneyleerde sabit ve hareketli raflara ilişkin deney örneklerinin hazırlanması amacıyla, piyasadan rastgele seçim metoduyla temin edilen melamin kaplı yonga levha (YLLAM) ve melamin kaplı orta yoğunlukta lif levha (MDFLAM) kullanılmıştır.

Güçlendirme çalışmasında kullanılan çıtaların üretiminde ise ülkemizde yetişen masif Doğu kayını (*Fagus Orientalis L.*) ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak kullanılmıştır.

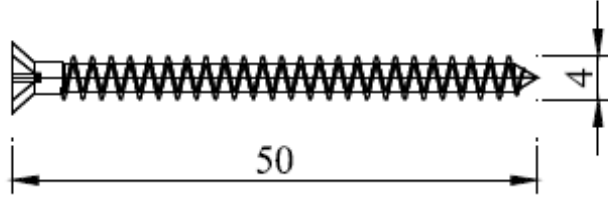
3.2. Polivinilasetat (PVAc) Tutkalı

Deneyleerde rafların alt yüzeylerine çıtaları sabitlemek amacıyla; soğuk olarak uygulanması, kolay sürülmesi, çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz olması gibi özellikleri sebebiyle TS 3891 de belirtilen esaslara uygun % 45 katı madde miktarı olan Polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır. PVAc yapıştırıcısı; vinilasetat monomerinin sulu ortamdaki polimerizasyonu ile elde edilen ve bazı katkı maddeleri içeren sulu emülsiyonlardır.

PVAc tutkalının, 150-200 g/m² hesabı ile birleştirilecek yüzeylerden bir tanesine sürülmesi iyi bir birleştirme için yeterli olmaktadır (Örs, 1987). PVAc tutkalının yoğunluğu 1,088 gr/ cm³, viskozitesi 10000-14000 Cps, h değeri 6,0 - 7,5 , plastifiyan miktarı % 2 olup, kuruma süresi 0,5 - 2 saat arasında gerçekleşmektedir. (Anonim, 2012).

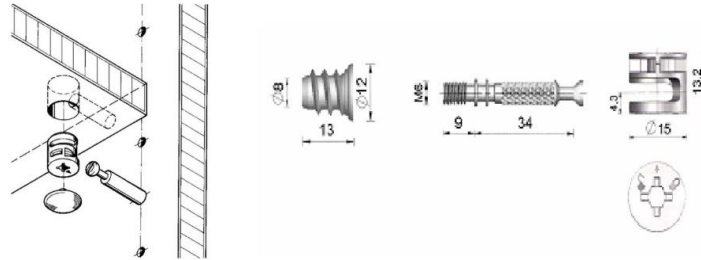
3.3. Vida ve Minifiks

Sabit raflarda, düşey elemanları raflara bağlamak amacıyla uygulanan birleştirmelerde, özellikle ahşap esaslı levhalardan üretilen mobilya birleştirmelerinde bağlantı elemanı olarak kullanılan, yıldız vida ağızlı, 4 mm çapında ve 50 mm boyundaki TS ISO 8992 standardına uygun tam boy dişli vidalar ile minifiks bağlantı elemanları kullanılmıştır. Arkalık raf bağlantısında ise 4 mm çapında ve 25 mm boyunda vida kullanılmıştır. Kullanılan vidaların diş dibi çapı 2,4 mm, diş adımı ise 1,8 mm' dir. (Şekil 3.1.)



Şekil 3. 1. Raf bağlantı vidası (ölçüler mm)

Minifiks bağlantı elemanı (Şekil 3.2.), 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).



Şekil 3. 2. Minifiks bağlantı elemanı (ölçüler mm)

Minifiks türlerinin moment taşıma kapasitesine ait yapılan bir çalışmada, metal dübelli minifikslerin, plastik dübelli minifikslere göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir (Aslan, 2006). Bundan dolayı kullanılan minifiksler metal dübelli seçilmiştir.

3.4. Deney örneklerinin Üretiminde Kullanılan Malzemelerin Gerekli Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Deney örneklerinin üretiminde kullanılan malzemelerin, mukavemet (mühendislik) tasarımında ihtiyaç duyulacak bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin ilgili standartlara uyularak belirlenmesi amacıyla deney örnekleri hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler üzerinde aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

- Rutubet ve yoğunluk (TS EN 322 ve TS EN 323)
- Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü (TS EN 310)
- Panel rijitliği (Eckelman, 2003)

Hazırlanan deney örnekleri, 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\% 65 \pm 3$ bağıl nem koşullarında dengeye ulaşıncaya kadar bekletilip kondisyonlanmıştır.

3.4.1 Yoğunluk ve rutubet

Deney örneklerinin yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla TS EN 323, rutubetlerinin belirlenmesi için TS EN 322' de belirtilen esaslara uyulmuştur. YLLAM ve MDFLAM levhalar için 10' ar adet olmak üzere toplam 20 adet deney örneği hazırlanmış, daha sonra bu örnekler $\pm 0,01$ g duyarlıklı terazi ile tartılmışlardır. Böylece örneklerin rutubetli (hava kurusu) ağırlıkları (m_r) tespit edilmiştir. Kusursuz olarak hazırlanmış olan bu örneklerin boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri (V_r) hesaplanmıştır. Bu aşamadan sonra örnekler 103 ± 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_0) belirlenmiştir. Tekrar dijital kumpas kullanılarak boyutlar ölçülmek suretiyle tam kuru hacimleri (V_0) hesaplanmıştır. Tam kuru (δ_0) ve hava kurusu (δ_{12}) yoğunlukların belirlenmesi için sırasıyla;

$$\delta_0 = \frac{m_0}{V_0} \text{ ve} \quad (3.1)$$

Rutubet (r) kontrolü için ahşap esaslı malzemelerde TS (322) esaslarına uyularak;

$$r = \frac{m_r - m_0}{m_0} \times 100 \quad (3.2)$$

eşitlikleri kullanılmıştır.

3.4.2 Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü

Rafların üretiminde kullanılan ahşap esaslı levhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülünün belirlenmesi için TS 310'a uygun olarak, Şekil 3.3.' deki gibi düzenek hazırlanmış ve üniversal test cihazında veriler elde edilmiştir.



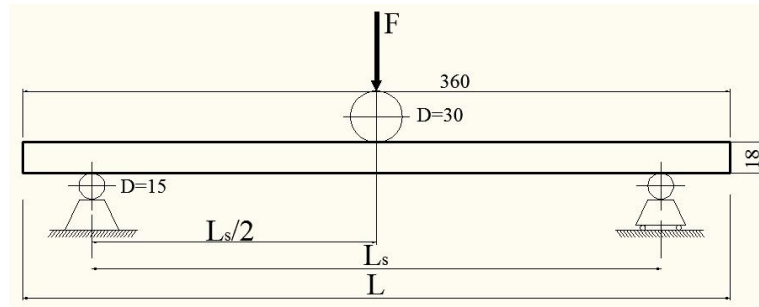
Şekil 3. 3. Eğilme deneyi testinin yapılması

360x50x18 mm ölçülerinde olmak üzere 10 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deneylerde kuvvet numunelerin tam ortasından uygulanmış ve deney cihazının

yüklemeye hızı dakikada 2 mm/dk. olarak ayarlanmıştır. Kırılma anındaki maksimum yük (F_{max}) için eğilme direnci (σ_e);

$$\sigma_e = \frac{3}{2} x \frac{F x L_s}{b x h^2} \quad (3.3)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada kesit genişliği (b), kesit yüksekliği ise (h)' dır. Eğilme direnci deney düzeneği Şekil 3.4.' de gösterilmiştir.



Şekil 3. 4. Eğilme direnci deney düzeneği

Elastiklik 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 (F) karşılık oluşan çökme miktarı (f) olmak üzere, elastiklik modülü (E);

$$E = \frac{F x L_s^3}{4 x b x h^3 x f} \quad (3.4)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

E : Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm²),

F = Yük-sehim oranlılık bölgesindeki yük artışı (N), (F_2-F_1)

L_s = Dayanakların (destek) arasındaki mesafe (mm)

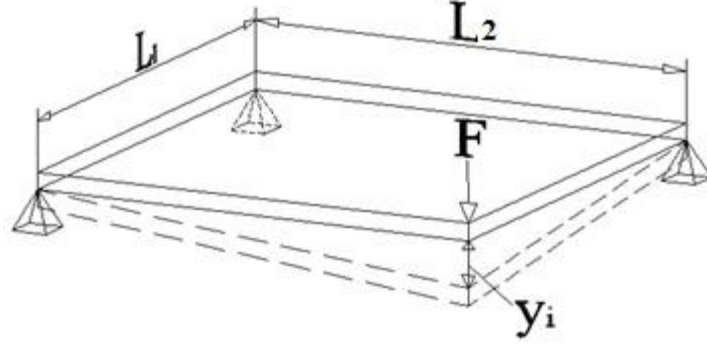
b = Deney parçasının genişliği (mm),

h = Deney parçasının kalınlığı veya yüksekliği (mm),

f = ($F_2 - F_1$) kuvvet artışı nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışı (mm) ifade etmektedir.

3.4.3 Panel rijitliği

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 3.5.' deki gibi panel üç köşe noktasından sabitlenerek dördüncü sabit noktasından yük uygulanmaktadır (Eckelman, 2003).



Şekil 3. 5. Panel rijitliği deneyinde yük-yer değiştirme biçimi

Serbest köşedeki yük (F) altında meydana gelen deformasyon (y) formül 3.5.'e göre hesaplanmıştır.

$$F / y = \frac{t^3 \times G}{3 \times L_1 \times L_2} \quad (3.5)$$

Burada;

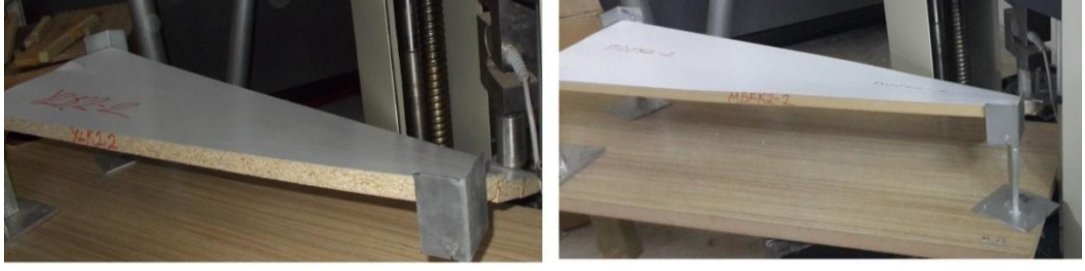
t = Panel kalınlığı, (mm),

G = Panelin rijitlik modülü, (N/mm²)

L₁ = Panelin burkulma eksenindeki genişliği, (mm)

L₂ = Panelin burkulma eksenindeki uzunluğu, (mm) (Eckelman, C., A., Rabiej, R., 1985).

Deneysel örnek ölçüleri, yayılı yüklemeler ile yorma deneyi yapılacak olan hareketli raf ölçülerinde alınmıştır (Şekil 3.6.).



Şekil 3. 6. Panel rijitliği deneyi

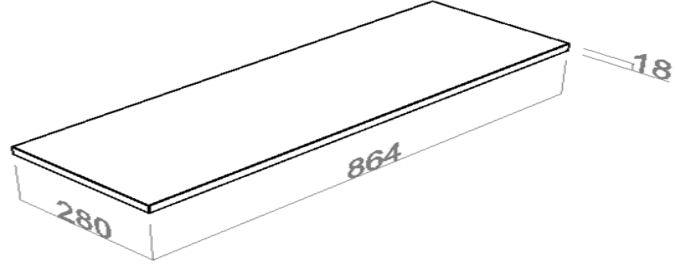
3.5. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney örnekleri, piyasadan rastgele seçim yöntemiyle alınan ahşap esaslı levhalar ile Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaçşeri Endüstri Mühendisliği Bölümü uygulama atölyesinde hazırlanmıştır. 3660 x 1830 x 18 mm ölçülerinde temin edilen YLLAM ve MDFLAM levhalar daire testere makinesinde net ölçülerine getirilmiştir (Şekil 3.7.).

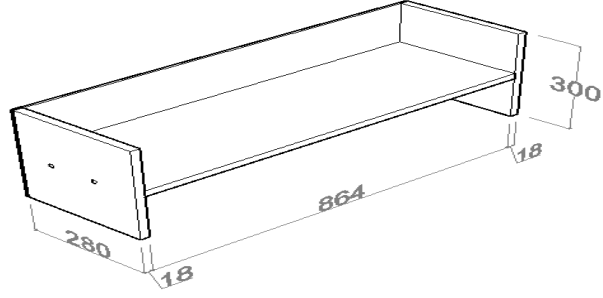


Şekil 3. 7. Deney örneklerinin ölçülendirilmesi

Deney örnekleri olarak biri hareketli rafları diğeri ise sabit rafları temsil etmek üzere 2 farklı tipte deney örneği hazırlanmıştır. Raf ölçülerine ilişkin ilgili literatürdeki deney örneklerine ait raf ölçüleri dikkate alınmış ve her iki deney örneklerinde de raf ölçüleri 864 x 280 x 18 mm olarak hazırlanmıştır (V.Jivkov). Hareketli ve sabit raflara ilişkin görünüşler ve ölçüler Şekil 3.8. ve 3.9.' da sırasıyla verilmiştir.



Şekil 3. 8. Hareketli raf deney örneği ve ölçüleri (ölçüler mm)



Şekil 3. 9. Sabit raf deney örneği ve ölçüleri (ölçüler mm)

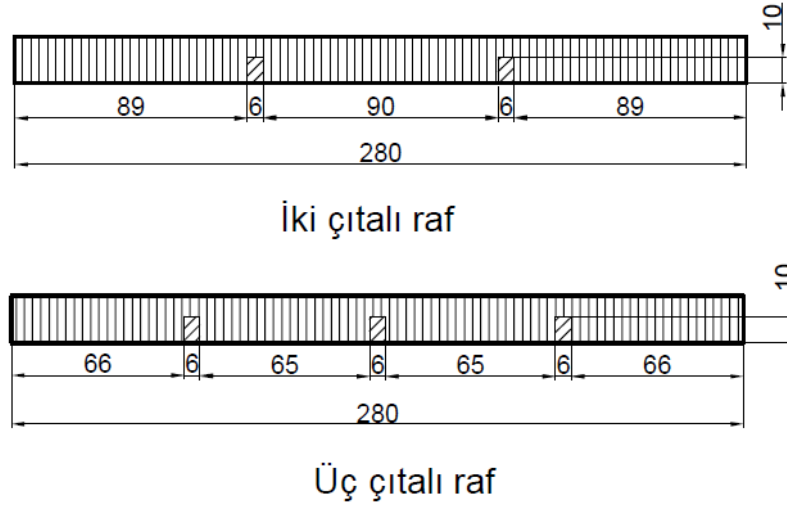
Kontrol grubu olarak net ölçülerinde hazırlanan geliştirme yapılmamış YLLAM ve MDFLAM örnekler dışındaki gruplar için, net ölçülerine getirilen rafların alt yüzeylerine, sehim özelliklerinin geliştirilmesi için 6 mm genişliğinde ve 10 mm derinliğinde kanallar açılmış (2 ve 3 kanal) ve kanallar içine Doğu kayını ve okume kontrplak olmak üzere 2 farklı malzemeden elde edilen çıtalara PVAc tutkalıyla yapıştırılmıştır (Şekil 3.10. a, b, c).



a. Kanalların açılması b. Çıtaların hazırlanması c. Çıtaların yapıştırılması

Şekil 3. 10. Rafların alt yüzeylerine geliştirme işleminin uygulanması

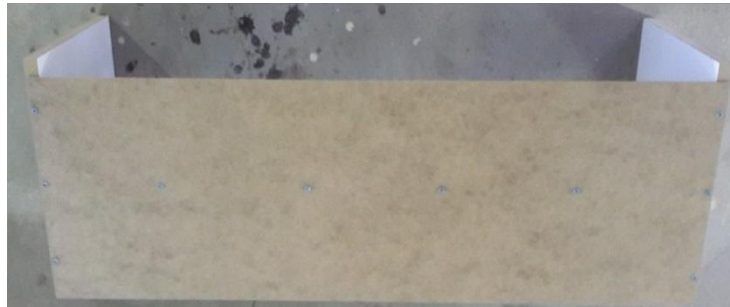
Kanallar açılırken, 2 ve 3 kanal açılarak geliştirme yapılmıştır. Çıtaların yerleştirilmesine ve ölçülerine ait detaylar Şekil 3.11.' de verilmiştir.



Şekil 3. 11 Geliştirme örneklerine çıtaların yerleştirilmesi (ölçüler mm)

Sabit rafları temsil eden deney örneklerinde, rafların düşey elemanlara bağlantısında piyasada yaygın olarak kullanılan vidalı ve minifiksli olmak üzere 2 farklı birleştirme tekniği uygulanmıştır. Düşey parçalardan sabit rafın kısa kenarına 2 adet 4 x 50 mm vida ve minifiks takılarak bağlantı sağlanmıştır. Hem vida hem minifiksli birleştirmelerde, raf genişliğinin kenar kısımlarından 32 mm mesafe bırakılmak suretiyle bağlantı elemanları uygulanmıştır.

Sabit raf, hem arkalık hem de düşey elemanlara vida ile Şekil 3.12.' deki gibi tutturulmuştur. Piyasadaki yaygın uygulamalara göre, arkalıktan rafa 5 adet 4 x 25 mm vida atılmış ve vida eksenleri arasındaki mesafe 180 mm olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3. 12. Arkalıkların rafa ve düşey elemanlara vidalanması

Minifiksli birleştirme için piyasadan temin edilen minifiksler kullanılmıştır. Rafların yan yüzeylerine mil deliği için yatay delik makinesinde 8 mm çaplı kılavuz deliği, minifiks kamı için raf yüzeyine 15 mm çapında bir delik, mil parçasını düşey elemanlara tutturacak metal bağlantı dbeli için düşey elemanlara 10 mm çapında ve 12 mm derinliğinde bir delik de dikey delik makinesinde açılmıştır. Daha sonra tornavida yardımıyla birleştirme yapılmıştır. İşleme ait şekiller şekil 3.13. ve 3.14.’ de sırasıyla verilmiştir.



a- Minifiks mil deliği açılması

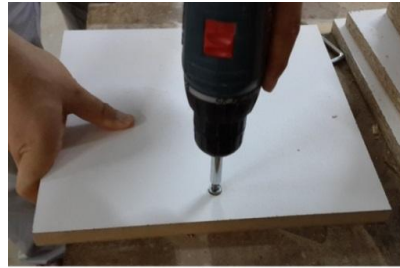


b- Minifiks kam deliği açılması



c- Minifiks dübel deliği açılması

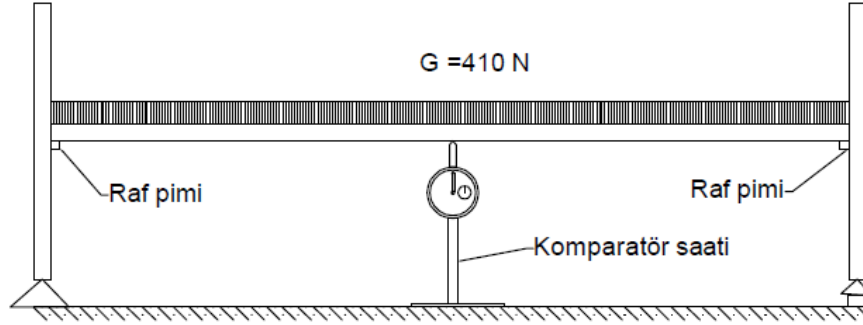
şekil 3. 13. Minifiks deliklerinin açılması



şekil 3. 14. Minifiks birleştirme yapılması

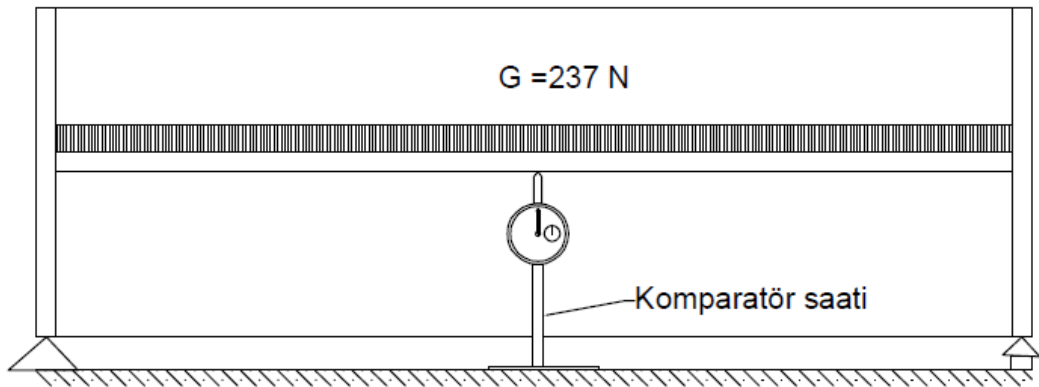
3.6. DeneYlerin Yapılışı

DeneYlerde, hareketli raflar için; “Ahşap Mobilya Mukavemet ve Denge Testleri” ile ilgili olan TS 9215 numaralı Türk Standardının, “Raf ve Çekmece Mukavemet DeneYi” ile ilgili bölümü temel alınmıştır. Standartta rafa uygulanacak yayılı deneY yükü, 850 mm boyundaki raflar için 170 kg/m^2 olarak verilmiş olup, bu çalışmadaki rafın boyu 864 mm uzunluğunda olduğundan yük değeri orantılanmak suretiyle $172,8 \text{ kg/m}^2$ olarak belirlenmiştir. Buna göre, raf yüzey alanı $0,24192 \text{ m}^2$ ($864 \times 280 \text{ mm}$) olduğundan uygulanması gereken yayılı deneY yükü değeri 410 N olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.15.).



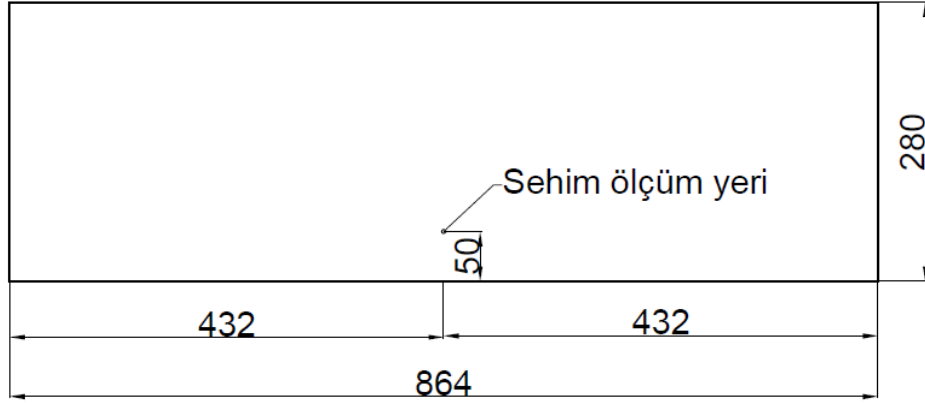
Şekil 3. 15. Hareketli raflarda yayılı yük uygulaması

Sabit raflar için ise, TS 9215 standardında 1m^2 alana 100 kg yayılı yük uygulaması önerilmektedir. Bu esas temel alınarak, sabit raflarda uygulanacak yayılı deneY yükü 237 N olarak belirlenmiş ve uygulanmıştır (Şekil 3.16.).



Şekil 3. 16. Sabit raflarda yayılı yük uygulaması

Deneylede TS 9215'e belirtilen esaslara göre sehim lmleri Şekil 3.17.' de gösterildiği gibi hem hareketli hem de sabit raflar için raf uzunluğunun tam ortasından ve rafın n yüzeyinden 50 mm içeriden olacak Şekilde komparatör saati yardımıyla yapılmıştır.



Şekil 3. 17. Sehim lm yeri (lmler mm)

Sehim lmleri, hem hareketli hem de sabit raflar için; yüklemeden 3 dakika, 1 saat ve 1 hafta sonra olacak Şekilde 3 defa yüklü halde yapılmıştır. Ayrıca, yk kaldırıldıktan sonra da 3. dakika, 1. gün ve 1. hafta sonunda tekrar 3 defa yüksüz olarak llmŐtr. Hareketli ve sabit rafları temsil eden deney örneklerinin üzerine metal ağırlıklar ile yayılı yük uygulanmıştır.

3.7. Deneme Desenleri

Çalışma kapsamında, hareketli ve sabit rafların sehim özelliklerinin geliştirilmesine ilişkin oluşturulan deneme desenleri izelge 3.1. ve 3.2.'de sırasıyla verilmiştir.

Çizelge 3. 1. Hareketli raflar için hazırlanan deneme deseni

Levha Türü	Geliştirme Yöntemi	Yineleme
YLLAM	Kontrol	5
	2 Doğu kayını çıtalı	5
	3 Doğu kayını çıtalı	5
	2 Okume kontrplak çıtalı	5
	3 Okume kontrplak çıtalı	5
MDFLAM	Kontrol	5
	2 Doğu kayını çıtalı	5
	3 Doğu kayını çıtalı	5
	2 Okume kontrplak çıtalı	5
	3 Okume kontrplak çıtalı	5
Toplam		50 Deney Örneği

Çizelge 3. 2. Sabit raflar için hazırlanan deneme deseni

Levha Türü	Birleştirme Tipi	Geliştirme Yöntemi	Yineleme
YLLAM	Vidalı	Kontrol	5
		2 Doğu kayını çıtalı	5
		3 Doğu kayını çıtalı	5
		2 Okume kontrplak çıtalı	5
		3 Okume kontrplak çıtalı	5
	Minifiksli	Kontrol	5
		2 Doğu kayını çıtalı	5
		3 Doğu kayını çıtalı	5
		2 Okume kontrplak çıtalı	5
		3 Okume kontrplak çıtalı	5
MDFLAM	Vidalı	Kontrol	5
		2 Doğu kayını çıtalı	5
		3 Doğu kayını çıtalı	5
		2 Okume kontrplak çıtalı	5
		3 Okume kontrplak çıtalı	5
	Minifiksli	Kontrol	5
		2 Doğu kayını çıtalı	5
		3 Doğu kayını çıtalı	5
		2 Okume kontrplak çıtalı	5
		3 Okume kontrplak çıtalı	5
Toplam			100 Deney Örneği

3.8. Verilerin Değerlendirilmesi

Sonuçlar değerlendirilirken, hareketli ve sabit raflardan alınan sehim miktarlarına göre 2 farklı performans kriteri belirlenmiş ve hesaplanmıştır. Bu kriterlerden birincisi, literatürde (Eckelman, 2003) ve TS 9215’ de belirtilen, en ağır yükleme koşulu olan yüklü vaziyette 1 hafta beklemiş raflarda oluşan sehim miktarının rafın boyuna oranlanması sonucunda elde edilen değerdir. Bu değer, kolay ifade edilebilmesi ve daha anlaşılabilir olması amacıyla bu çalışmada ters çevrilerek hesaba alınmış ve “boy/sehim oranı” (BSO) olarak ifade edilmiştir. Örneğin, yüklü vaziyette bir hafta beklemiş olan bir rafta alınan sehim miktarı 4 mm ise, BSO değeri ($864/4 = 216$) 216 olarak hesaplanmıştır.

İkinci performans kriteri için ise, rafların elastiklik özelliğinin bir göstergesi olarak; en ağır yükleme koşulu olan yüklü vaziyette 1 hafta bekleme sonucunda oluşan sehim miktarının, yük kaldırıldıktan bir hafta sonra geri kalan sehim miktarına oranının yüzdesel ifadesi “deformasyon geri dönüş oranı” (DGO) olarak hesaba alınmıştır. Örneğin, yüklü vaziyette bir hafta beklemiş olan bir rafta alınan sehim miktarı 4 mm, yük kaldırıldıktan bir hafta sonra geri kalan sehim miktarı ise 1 mm olduğunda, değeri;

$$DGO = 100 - \frac{100 \times 1}{4} \quad (3.6)$$

eşitliğinden 75 olarak hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında, hem hareketli hem de sabit raflar için BSO ve DGO değerleri iki farklı açıdan ele alınmış ve istatistiksel analizler bu iki farklı yaklaşıma göre gerçekleştirilmiştir.

Birinci yaklaşımda; hareketli ve sabit raflarda geliştirme işleminin sehim özellikleri (BSO ve DGO değerleri) üzerindeki etkisini görebilmek amacıyla, kontrol grubu da geliştirme işlemi faktörünün bir düzeyi olarak ele alınmış ve analizler hareketli raflar için 2 faktörlü (levha türü, geliştirme işlemi), sabit raflar için ise 3 faktörlü (levha türü, birleştirme tipi, geliştirme işlemi) denemeler olarak analiz edilmiştir.

İkinci yaklaşımda ise; hareketli ve sabit raflarda geliştirme işlemlerinde uygulanan çita malzemesi ve çita sayısının ayrı birer faktör olarak sehim özellikleri üzerindeki etkisini görebilmek amacıyla, istatistiksel analizlerde kontrol grubu dikkate alınmamıştır. Buna göre analizler hem BSO hem de DGO değerleri için, hareketli raflarda 3 faktörlü (levha türü, çita malzemesi, çita sayısı), sabit raflarda ise 4 faktörlü (levha türü, birleştirme tipi, çita malzemesi, çita sayısı) denemeler olarak yürütülmüştür.

Deneylelerden elde edilen verilerinin istatistiksel analizinde, hareketli raflarda ana faktörlerin ve bu faktörlerin ikili, üçlü ve dörtlü etkileşimlerinin, BSO ve DGO değerleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için “çoklu varyant analizleri” (MANOVA) gerçekleştirilmiştir. Varyant analizleri sonuçlarında, ana faktör veya etkileşimlerden, bağımlı değişkenler (BSO, DGO) üzerindeki etkilerinin $p < 0,05$ 'e göre istatistiksel anlamda önemli bulunduğu gruplarda “en küçük önemli fark” (LSD: Least Significant Difference) testi uygulanmıştır. Böylece, denemeye alınan faktörlerin ve faktörlerin eş zamanlı etkilerinin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir.

Ayrıca, deneyler sonucunda elde edilen BSO değerleri TS 9215 ve literatürde (Eckelman, 2003) verilen kabul edilebilir sehim oranları ile karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1- Rafların Üretiminde Kullanılan Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

4.1.1. Yoğunluk ve rutubet değerleri

Deney örneklerinin üretiminde kullanılan ahşap esaslı levhaların, yoğunluk ve deneyler sırasındaki rutubet oranlarına ilişkin istatistiksel değerler Çizelge 4.1.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Ahşap ve ahşap esaslı levhaların yoğunluk ve rutubet oranları

Levha Türü	Tam kuru yoğunluk (gr/cm ³)		Hava kurusu yoğunluk (gr/cm ³)		Rutubet oranı (%)	
	X _{ort}	v (%)	X _{ort}	v (%)	X _{ort}	v (%)
YLLAM	0,59	6,27	0,61	6,36	5,06	2,41
MDFLAM	0,69	1,22	0,70	1,16	4,98	2,06
Doğu kayını	0,55	8,77	0,56	8,66	6,21	4,39
Okume kontrplak	0,49	1,70	0,50	1,70	6,73	3,17

V (%): Varyasyon katsayısı

Deney raflarının üretiminde kullanılan ahşap esaslı levhalarda (YLLAM, MDFLAM) deneyler sırasındaki ortalama rutubet değerleri sırasıyla % 5,06 ve % 4,98 olarak bulunmuştur. Yani kullanılan ahşap esaslı levhalar istenilen denge rutubetinden daha düşük bir rutubet değerine ulaşmıştır. Bunun sebebi, kullanılan tutkal ve bu malzemelerin üretimi sırasında maruz kaldıkları yüksek sıcaklıklar olarak düşünülmektedir.

Yoğunluk, ahşap ve ahşap esaslı levhaların fiziksel, mekanik ve işleme özelliklerini etkilemektedir. Uygulamada genel olarak, yoğunluğu düşük ancak direnç özellikleri yüksek olan malzemeler tercih edilmektedir. Deney raflarının üretildiği ahşap esaslı levhaların (YLLAM, MDFLAM) yoğunlukları sırasıyla 0,61 ve 0,70 g/cm³ olarak belirlenmiştir. Bu değerler standartların öngördüğü değerlere uyum sağlamaktadır.

4.1.2. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri

Deney raflarının üretiminde kullanılan ahşap esaslı levhalar için standart testler sonucu belirlenen eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri Çizelge 4.2.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. Levhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri

Levha türü	Eğilme direnci (N/mm ²)				Elastikiyet modülü (N/mm ²)			
	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
YLLAM	16,35	20,71	18,01	8,33	1936,04	2589,14	2369,03	18,25
MDFLAM	35,15	37,06	35,97	1,71	3936,11	4318,75	4122,78	2,70

Eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerine bakıldığında, MDFLAM levhanın hem eğilme direnci hem de elastikiyet modülü değerlerinde YLLAM levhaya üstünlük sağladığı görülmektedir.

4.1.3. Panel rijitliği değerleri

Çalışma kapsamında rafların üretiminde kullanılan YLLAM, MDFLAM ve bu levhaların 2 veya 3 çitalı olarak Doğu kayını ve Okume kontrplak malzemenen hazırlanan çitalarla geliştirilmiş versiyonları olan levhalar için deneyler sonucu belirlenen panel rijitliği değerleri Çizelge 4.3.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 3. Geliştirme yöntemine göre levhaların panel rijitliği değerleri

Levha türü	Geliştirme yöntemi	Minimum panel rijitliği (N/mm ²)	Maksimum panel rijitliği (N/mm ²)	Ortalama panel rijitliği (N/mm ²)	v (%)
YLLAM	Kontrol	1737,24	1870,90	1798,38	3,75
	2 Doğu kayını çıtalı	1269,96	1389,42	1341,05	4,68
	3 Doğu kayını çıtalı	1183,22	1308,16	1244,73	5,02
	2 Okume kontrplak çıtalı	1245,69	1400,37	1321,22	5,85
	3 Okume kontrplak çıtalı	1031,40	1228,64	1097,68	10,33
MDFLAM	Kontrol	2417,08	2599,27	2494,44	3,77
	2 Doğu kayını çıtalı	1648,64	1729,90	1688,66	2,40
	3 Doğu kayını çıtalı	1393,03	1583,68	1499,14	6,47
	2 Okume kontrplak çıtalı	1860,07	1983,15	1910,26	3,38
	3 Okume kontrplak çıtalı	1341,51	1436,96	1390,00	3,43

Panel rijitliği değerlerine bakıldığında hem YLLAM hem de MDFLAM malzemeler için, geliştirme yöntemi olarak uygulanan rafın alt yüzeyine çıta gömme işleminin panel rijitliği değerlerini olumsuz yönde etkilediği görülmektedir. Özellikle MDFLAM malzemede geliştirme yöntemleri panel rijitliği değerlerini önemli derecede düşürmüştür. Rafların sehim özellikleri üzerinde önemli düzeyde etkili olan panel rijitliği değerlerinin geliştirme yöntemleri sonrasında düşmesi, sehim özelliklerini geliştirmek amacıyla yapılan bu işlemlerin, gerçekte sehim özelliklerini olumsuz etkileyeceği öngörülebilir.

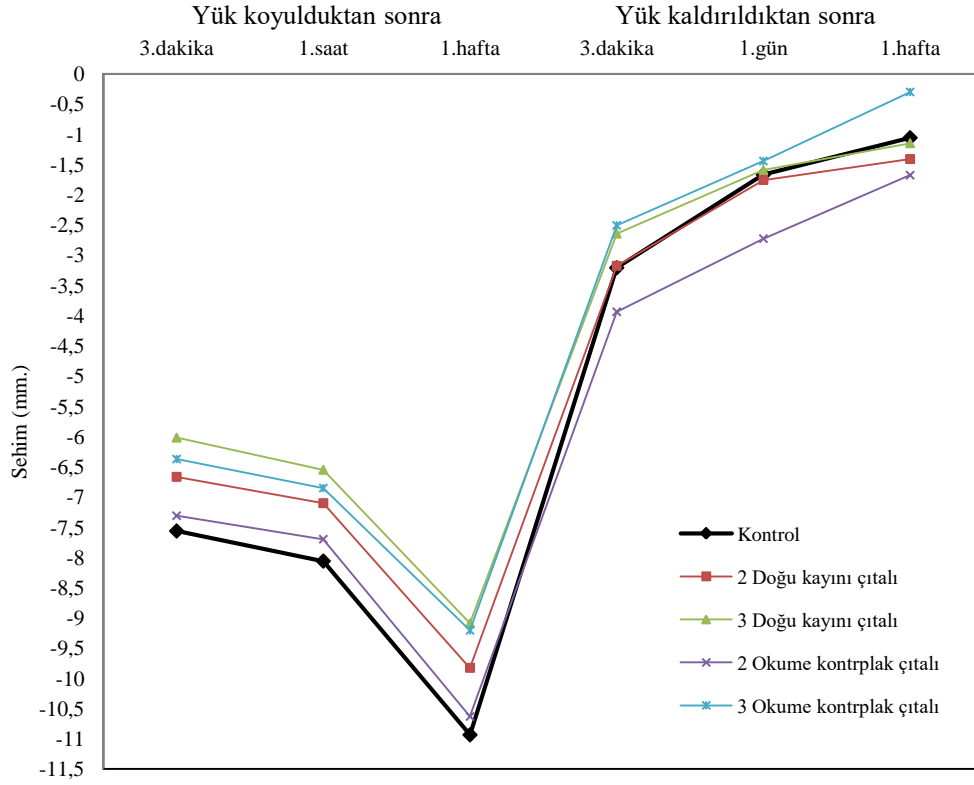
4.2.- Hareketli Rafların Sehim Özelliklerine İlişkin Deney Sonuçları

Hareketli rafları temsilen hazırlanan 50 adet deney örneğinde deneyler sürecinde meydana gelen ortalama sehim miktarlarına ilişkin bulgular Çizelge 4.4.' de verilmiştir.

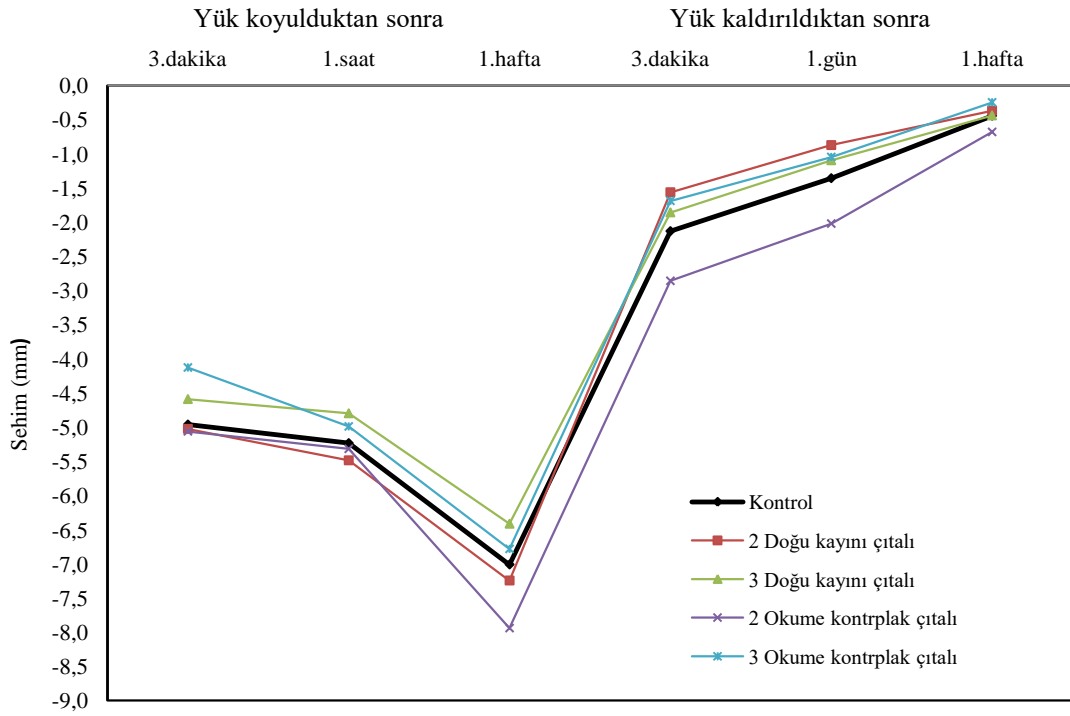
Çizelge 4. 4. Hareketli raflarda deney sürecinde elde edilen sehim miktarlarına ait ortalamalar

Levha türü	Geliştirme yöntemi	Sehim (mm)					
		Yük koyulduktan sonra			Yük kaldırıldıktan sonra		
		3.dakika	1.saat	1.hafta	3.dakika	1.gün	1.hafta
YLLAM	Kontrol	7,56	8,06	10,94	3,21	1,67	1,06
YLLAM	2 Doğu kayını çitalı	6,67	7,10	9,83	3,18	1,76	1,41
YLLAM	3 Doğu kayını çitalı	6,02	6,55	9,09	2,64	1,59	1,15
YLLAM	2 Okume kontrplak çitalı	7,31	7,70	10,63	3,94	2,73	1,68
YLLAM	3 Okume kontrplak çitalı	6,37	6,85	9,21	2,51	1,44	0,30
MDFLAM	Kontrol	4,96	5,23	7,01	2,13	1,36	0,44
MDFLAM	2 Doğu kayını çitalı	5,03	5,49	7,24	1,56	0,87	0,37
MDFLAM	3 Doğu kayını çitalı	4,59	4,80	6,41	1,86	1,10	0,44
MDFLAM	2 Okume kontrplak çitalı	5,06	5,32	7,94	2,86	2,02	0,68
MDFLAM	3 Okume kontrplak çitalı	4,13	4,99	6,78	1,69	1,05	0,25

Hareketli raflarda deney sürecinde meydana gelen sehim miktarları levha türüne göre YLLAM ve MDFLAM raflar için grafiksel olarak sırasıyla Şekil 4.1. ve 4.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 1. YLLAM hareketli rafların sehim miktarları sonuçları



Şekil 4. 2. MDFLAM hareketli rafların sehim miktarları sonuçları

Hareketli raflarda, YLLAM raflara ait ortalamalar dikkate alındığında yüklü 1. haftada en az sehimi Doğu kayını 3 çıtalı geliştirme yöntemi 9,09 mm ile vermiştir. DGO değeri en fazla olan levha türü ise 3 Okume kontrplak çıtalı levha olmuştur. En fazla sehim miktarı ise 2 Okume kontrplak çıtalı geliştirmede 10,94 mm ile elde edilmiştir. Tüm levha türleri BSO' da kontrol grubundan daha iyi sonuç vermişlerdir.

Hareketli raflarda, MDFLAM raflara ait ortalamalar dikkate alındığında yüklü 1. haftada en az sehimi 3 Doğu kayını çıtalı geliştirme yöntemi 6,41 mm ile vermiştir. DGO değeri en düşük sonuçlar 3 Okume kontrplak çıtalı levhalarda elde edilmiştir. En fazla sehim miktarı 2 Okume kontrplak çıtalı geliştirme grubunda ortalama 7,94 mm olarak elde edilmiştir. Kontrol grubu 2 Doğu kayını çıtalı ve 3 Okume kontrplak çıtalı geliştirme grubundan daha iyi sonuçlar vermiş, 3 Doğu kayını çıta ve 3 Okume kontrplak çıta grubuna göre ise olumsuz sonuçlar vermiştir.

Hareketli raflara ait BSO ve DGO değerleri varyasyon katsayılarını ile birlikte Çizelge 4.5.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Deneyleerde kullanılan hareketli raflara ait BSO ve DGO değerleri ile varyasyon katsayıları

Levha türü	Geliştirme yöntemi	BSO	v (%)	DGO (%)	v (%)
YLLAM	Kontrol	79,20	6,25	90,40	3,59
	2 Doğu kayını çıtalı	89,70	17,38	85,90	3,91
	3 Doğu kayını çıtalı	95,60	8,43	87,70	7,95
	2 Okume kontrplak çıtalı	85,70	29,60	83,60	6,50
	3 Okume kontrplak çıtalı	94,00	5,13	96,70	3,57
MDFLAM	Kontrol	123,50	5,34	93,40	8,01
	2 Doğu kayını çıtalı	120,60	11,78	94,90	4,21
	3 Doğu kayını çıtalı	135,60	8,99	93,80	9,39
	2 Okume kontrplak çıtalı	115,50	25,88	91,84	9,38
	3 Okume kontrplak çıtalı	128,70	11,29	96,17	4,68

BSO: Boy/sehim oranı DGO: deformasyon geri dönüş oranı

Hareketli raflarda, verilerin değerlendirilmesinde belirtilen birinci yaklaşıma göre, hem BSO hem de DGO verileri için, kontrol grubunun da geliştirme yöntemi faktörünün bir düzeyi olarak ele alındığı bir analiz yapılmıştır. Buna göre, levha türü, geliştirme yöntemi ve bu faktörlerin ikili etkileşimlerinin BSO ve DGO değerlerine

etkilerini belirlemek amacıyla ayrı ayrı yapılan iki faktörlü varyans analizlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.6.' da verilmiştir.

Çizelge 4. 6. Hareketli raflarda birinci yaklaşıma göre BSO ve DGO değerlerine ilişkin çoklu varyans analizleri sonuçları

BSO	Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P ≤ 0,05
	Levha türü	1	16092,18	16092,18	64,59	0,0000
Geliştirme yöntemi	4	1639,80	409,95	1,64	0,1818 NS	
LT * GY	4	377,72	94,43	0,37	NS	
Hata	40	9964,80	249,12		NS	
Toplam	49	28074,50			NS	
DGO (%)	Levha türü	1	332,82	332,82	9,33	0,0040
	Geliştirme yöntemi	4	411,80	102,95	2,88	0,0343
	LT * GY	4	159,88	39,97	1,12	0,3601 NS
	Hata	40	1426,00	35,65		
	Toplam	49	2330,50			

LT: Levha türü GY: Geliştirme yöntemi NS: İstatistiksel olarak önemsiz

BSO değerleri için yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre levha türünün etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup, geliştirme yöntemi ve ikili etkileşim anlamsız çıkmıştır. DGO için yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre ise levha türü ve geliştirme yöntemi ana faktörlerinin etkileri 0,05 hata payı için anlamlı çıkmış, ikili etkileşim burada da anlamsız bulunmuştur.

Varyans analizinde anlamlı bulunan levha türü faktörünün BSO değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla LSD kritik değeri 9,023 için yapılan karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 7. Levha türünün birinci yaklaşıma göre BSO değerlerine etkilerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

Levha türü	BSO	
	X _{ort}	HG
YLLAM	88,96	B
MDFLAM	124,80	A

LSD± 9,023

HG: homojenlik grubu

X_{ort} : Grup ortalaması

Karşılaştırma sonuçlarına göre, MDFLAM levhadan elde edilen rafların BSO değeri ortalama 124,80 ile YLLAM levhadan elde edilen raflara göre % 29 daha yüksek değerler vermişlerdir. Hareketli raflarda YLLAM levhadan üretilen raflarda boy/sehim ideal oranı olarak TS 9215'de belirtilen 100 değerine ulaşılammış, ancak

MDFLAM levhadan üretilen raflarda 124,8 değeri ile ideal oran sağlanmıştır. Panel rijitliği değerlerine bakıldığında YLLAM levhaların, MDFLAM levhalara göre % 24 oranında daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Buna göre, elde edilen BSO değerlerindeki yakın sonuçlar da dikkate alındığında, panel rijitliğinin BSO değerlerini direk olarak etkilemiş olduğu söylenebilir.

Levha türünün DGO değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla LSD kritik değeri 3,461 için yapılan karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 8. Levha türünün birinci yaklaşıma göre DGO değerlerine etkilerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

Levha türü	DGO (%)	
	X _{ort}	HG
YLLAM	88,92	B
MDFLAM	94,08	A

LSD± 3,461

Levha türüne ait ortalamaların karşılaştırılması sonucunda, MDFLAM levhadan elde edilen raflar YLLAM levhadan elde edilen raflara göre % 6 oranında daha fazla DGO değeri bulunmuştur. Genel olarak her iki malzemedden üretilen rafların da, yük altında oluşan deformasyonları yük kaldırıldıktan sonra yüksek oranlarda geri kazandıkları görülmüştür.

Geliştirme yönteminin ortalama değerleri DGO üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, LSD kritik değeri 5,472 için yapılan karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4. 9. Geliştirme yönteminin birinci yaklaşıma göre DGO değerlerine etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları

Geliştirme yöntemi	DGO (%)	
	X _{ort}	HG
Kontrol	92,00	AB
2 Doğu kayını çıtalı	90,50	B
3 Doğu kayını çıtalı	90,80	B
2 Okume kontrplak çıtalı	87,70	B
3 Okume kontrplak çıtalı	96,50	A

LSD ± = 5.472

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda 3 çita Okume kontrplak ile geliştirilmiş raflar % 96,50 ile en büyük DGO değerine sahip olmuştur. İkinci olarak kontrol grubu %

92,00 oranı ile gelmektedir. 2 ve 3 çıtalı Doğu kayını ile 2 çıtalı Okume kontrplak raflar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Rafların DGO değerlerine bakıldığında, en büyük ile en küçük değerler arasında % 10'luk bir fark olduğu görülmektedir.

Hareketli raflar için verilerin değerlendirilmesinde belirtilen ikinci yaklaşıma göre, hem BSO hem de DGO değerleri için kontrol grubu dikkate alınmayıp, levha türü, çita malzemesi ve çita sayısı faktörlerinin ve etkileşimlerinin hem BSO hem de DGO değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin olarak yapılan 3 faktörlü varyans analizleri sonuçları Çizelge 4.10.' da verilmiştir.

Çizelge 4. 10. Hareketli raflarda ikinci yaklaşıma göre BSO ve DGO değerlerine ilişkin varyans analizleri sonuçları

	Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P ≤ 0,05
BSO	Levha türü	1	11424,40	11424,40	37,718	0,0000
	Çita malzemesi	1	193,60	193,60	0,63	NS
	LT * ÇM	1	28,90	28,90	0,09	NS
	Çita sayısı	1	1081,60	1081,60	3,57	0,0679 NS
	LT*ÇS	1	122,50	122,50	0,40	NS
	ÇM*ÇS	1	0,10	0,10	0,00	NS
	LT*ÇM*ÇS	1	10,00	10,00	0,03	NS
	Hata	32	9692,40	302,88		
	Toplam	39	22553,50			
DGO (%)	Levha türü	1	330,62	330,62	9,12	0,0049
	Çita malzemesi	1	21,02	21,02	0,58	NS
	LT*ÇM	1	30,62	30,62	0,84	NS
	Çita sayısı	1	207,02	207,02	5,71	0,0229
	LT*ÇS	1	81,22	81,22	2,24	0,14442 NS
	ÇM*ÇS	1	180,62	180,62	4,98	0,0327
	LT*ÇM*ÇS	1	30,62	30,62	0,84	NS
	Hata	32	1159,60	36,23		
	Toplam	39	2041,37			

ÇM: Çita malzemesi ÇS: Çita sayısı

BSO ve DGO değerleri için yapılan varyans analizlerinde; BSO değerleri üzerinde, yalnızca ana faktörlerden levha türünün etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuş olup, diğer faktörlerin ve etkileşimlerin etkisi ise istatistiksel anlamda önemli değildir. DGO değerleri için yapılan varyans analizi sonucunda da yine ana faktörlerden levha türü ve çita sayısı değişkenleri, ikili etkileşimlerden ise çita malzemesi* çita sayısı etkileşimi anlamlı çıkmış, diğer faktör ve etkileşimlerin DGO değerlerine etkisi ise istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuşlardır.

Varyans analizinde anlamlı bulunan ana faktör Levha türünün, BSO değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla LSD kritik değeri 11,21 için yapılan karşılaştırma sonuçlarına ilişkin ortalamalar Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 11. Levha türünün ikinci yaklaşıma göre BSO değerlerine etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları

Levha türü	BSO	
	X _{ort}	HG
YLLAM	91,35	B
MDFLAM	125,20	A

LSD± 11,21

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, MDFLAM levhadan elde edilen rafların BSO değeri 125,20 ile en iyi sonucu verirken, YLLAM levhadan elde edilen raflarda bu değer 91,35 olarak elde edilmiştir. Burada YLLAM' dan elde edilen raflar MDFLAM' dan elde edilen raflara göre % 27 daha düşük değerler vermişlerdir. Sonuçlar, kontrol grubunun dahil edildiği birinci yaklaşımla karşılaştırıldığında YLLAM raflarda BSO değeri 88,96' dan 91,35' e çıkarak % 2, MDFLAM raflarda ise 124,80'den 125,20'ye çıkarak % 0,3 oranında artış göstermiştir. Burada, YLLAM levhalarda kontrol grubunun BSO değerini azalttığı, MDFLAM levhalarda ise kontrol grubunun BSO üzerinde etkili olmadığı sonucuna varılabilir.

Levha türünün DGO değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla LSD kritik değeri 3,878 için yapılan karşılaştırma sonuçlarına ait ortalamalar Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 12. Levha türünün ikinci yaklaşıma göre DGO değerlerine etkisine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları

Levha türü	DGO (%)	
	X _{ort}	HG
YLLAM	88,50	B
MDFLAM	94,25	A

LSD± 3,878

Yapılan karşılaştırma sonuçlarında, MDFLAM levhadan elde edilen raflar, % 94,25 DGO oranı ile en yüksek sonucu vermiştir. YLLAM levhadan elde edilen raflarda ise bu oran % 88,50 olarak elde edilmiştir. YLLAM raflar MDFLAM raflara göre % 6 daha düşük deformasyon geri dönüş oranı vermişlerdir. Sonuçlar kontrol grubunun

dâhil edildiği birinci yaklaşımla karşılaştırıldığında, YLLAM raflarda DGO oranının % 88,92'den % 88,50'ye düşerek % 2 azaldığı, MDFLAM raflarda ise % 94,08'den % 94,25'e çıkarak arttığı ancak bu artış değerlerinin önemli düzeyde olmadığı görülmüştür.

Çıta sayısının DGO üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla LSD kritik değeri 3,878 için yapılan karşılaştırma sonuçlarına ilişkin ortalamalar Çizelge 4.13.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 13. Çıta sayısının ikinci yaklaşıma göre DGO üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları

Çıta sayısı	DGO (%)	
	X _{ort}	HG
2	89,10	B
3	93,65	A

LSD± 3,878

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, 3 çıtalı rafların DGO ortalamaları % 93,65, 2 çıtalı raflarda ise % 89,10 olarak elde edilmiştir. Buna göre, 2 çıtalı raflar 3 çıtalı rafa göre % 5 oranında daha düşük değerler vermişlerdir. Bir başka ifade ile çıta sayısının dolayısıyla da çıta kanallarının artması rafın esnekliğini arttırarak rijitliğini düşürmüştür.

Çıta malzemesi*çıta sayısı ikili etkileşiminin DGO değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla LSD kritik değeri 3,878 için yapılan karşılaştırma sonuçlarına ilişkin ortalamalar Çizelge 4.14.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 14. Çıta malzemesi * çıta sayısı ikili etkileşiminin ikinci yaklaşıma göre DGO üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları

Çıta malzemesi	Çıta sayısı	DGO (%)	
		X _{ort}	HG
Doğu kayını	2	90,50	B
	3	90,80	B
Okume kontrplak	2	87,70	B
	3	96,50	A

LSD ± = 5.484

İkili etkileşim sonuçlarına göre, 3 Okume kontrplak çıtalı rafların DGO değerleri % 97 ile en yüksek sonucu vermiştir. Diğer tüm gruptaki raflar arasındaki farklar

0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemsizdir. Daha önceden de belirtildiği gibi 3 çıta kanalı açılması, levhaların esnekliğini artırmakta ve buna bağlı olarak da rijitlik azalmaktadır.

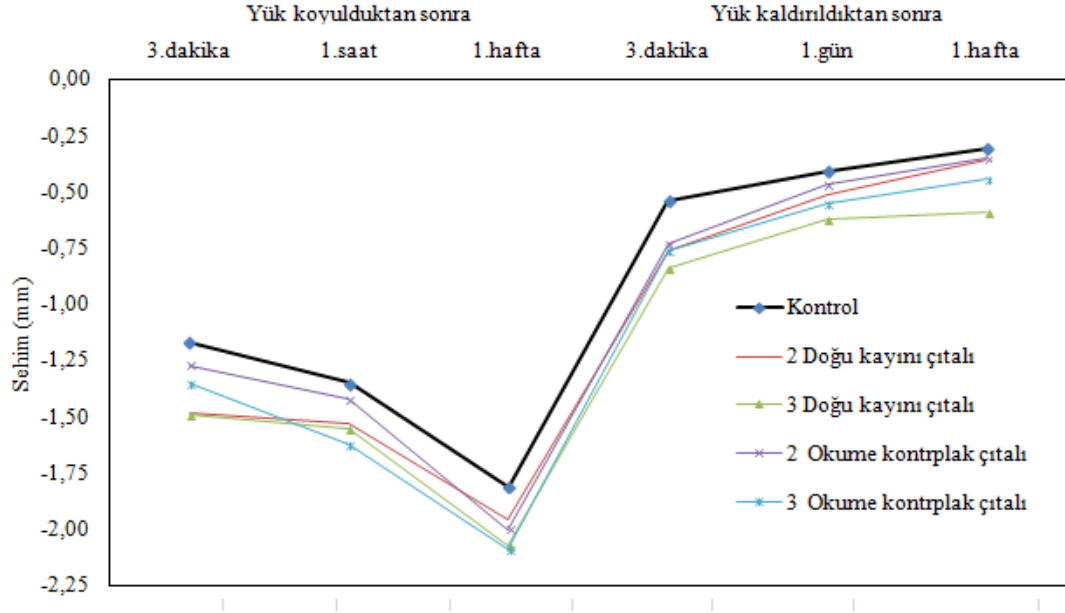
4.3- Sabit Rafların Sehim Özelliklerine İlişkin Deney Sonuçları

Sabit rafları temsilen hazırlanan 100 adet deney örneğine ait deney sürecinde belirlenen sehim miktarlarına ait ortalamalar, birleştirme tipi, levha türü ve geliştirme yöntemine göre Çizelge 4.15.'de verilmiştir.

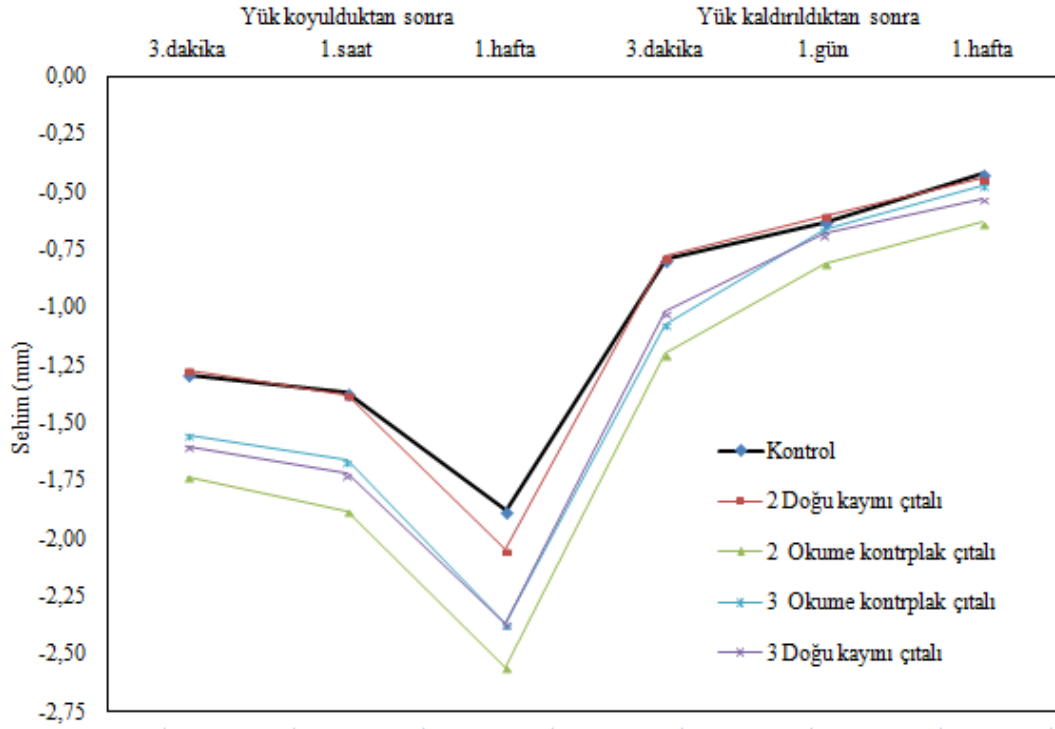
Çizelge 4. 15. Sabit raflarda deney sürecinde elde edilen sehim miktarları ortalamaları

Birleştirme tipi	Levha türü	Geliştirme yöntemi	Sehim (mm)					
			Yük koyulduktan sonra			Yük kaldırıldıktan sonra		
			3. dakika	1. saat	1. hafta	3. dakika	1. gün	1. hafta
Vidalı	YLLAM	Kontrol	1,17	1,35	1,81	0,54	0,41	0,31
Vidalı	YLLAM	2 Doğu kayını çıtalı	1,48	1,53	1,96	0,76	0,51	0,36
Vidalı	YLLAM	3 Doğu kayını çıtalı	1,27	1,42	2,00	0,73	0,47	0,35
Vidalı	YLLAM	2 Okume kontrplak çıtalı	1,49	1,55	2,07	0,84	0,62	0,59
Vidalı	YLLAM	3 Okume kontrplak çıtalı	1,35	1,62	2,09	0,76	0,55	0,44
Vidalı	MDFLAM	Kontrol	1,29	1,37	1,88	0,79	0,63	0,42
Vidalı	MDFLAM	2 Doğu kayını çıtalı	1,27	1,38	2,05	0,78	0,60	0,44
Vidalı	MDFLAM	3 Doğu kayını çıtalı	1,60	1,72	2,37	1,02	0,68	0,53
Vidalı	MDFLAM	2 Okume kontrplak çıtalı	1,73	1,88	2,56	1,20	0,81	0,63
Vidalı	MDFLAM	3 Okume kontrplak çıtalı	1,55	1,66	2,37	1,07	0,66	0,47
Minifiksli	YLLAM	Kontrol	1,19	1,27	1,69	0,88	0,67	0,51
Minifiksli	YLLAM	2 Doğu kayını çıtalı	1,06	1,19	1,68	0,83	0,71	0,60
Minifiksli	YLLAM	3 Doğu kayını çıtalı	1,09	1,14	1,58	0,87	0,65	0,51
Minifiksli	YLLAM	2 Okume kontrplak çıtalı	1,15	1,19	1,45	0,60	0,45	0,38
Minifiksli	YLLAM	3 Okume kontrplak çıtalı	1,21	1,43	1,89	0,94	0,41	0,26
Minifiksli	MDFLAM	Kontrol	1,44	1,51	1,90	0,85	0,59	0,54
Minifiksli	MDFLAM	2 Doğu kayını çıtalı	0,98	1,05	1,42	0,52	0,25	0,22
Minifiksli	MDFLAM	3 Doğu kayını çıtalı	1,47	1,60	1,93	0,76	0,41	0,39
Minifiksli	MDFLAM	2 Okume kontrplak çıtalı	1,16	1,23	1,71	0,76	0,64	0,54
Minifiksli	MDFLAM	3 Okume kontrplak çıtalı	1,27	1,33	2,01	1,02	0,65	0,57

Sabit raflardan, vidalı birleştirmeli YLLAM levha türüne ait deney örneklerinde deney sürecinde meydana gelen sehim miktarları ortalamalarına ait grafik Şekil 4.3.'de, MDFLAM levha türüne ait deney örneklerinde meydana gelen sehim miktarları ortalamalarına ait grafik ise Şekil 4.4.'de verilmiştir.



Şekil 4. 3. Vidalı birleştirmeli YLLAM sabit rafların sehim miktarları sonuçları



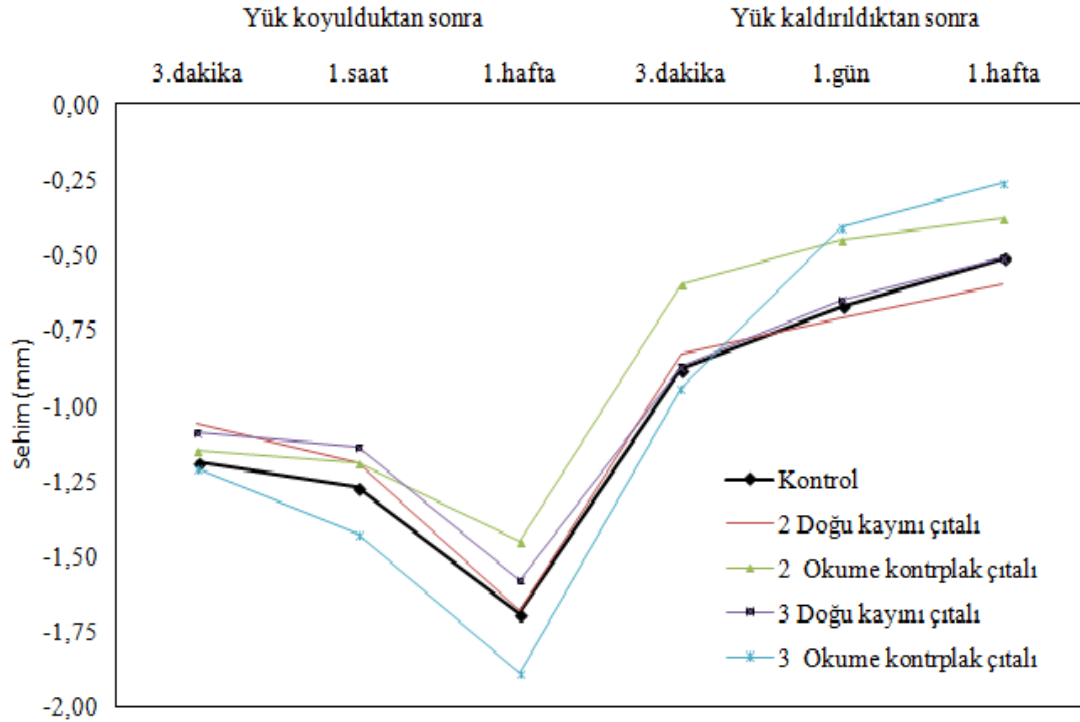
Şekil 4. 4. Vidalı birleştirmeli, MDFLAM sabit raflarının sehim miktarlarına ait sonuçlar

Sabit raflarda, vidalı birleştirmeli YLLAM örneklere ait ortalamalar dikkate alındığında, yüklü halde 1. hafta sonunda en düşük sehim miktarını kontrol grubu

örnekler 1,81 mm ile vermiştir. En yüksek sehım miktarını ise 2,09 mm ile 3 Okume kontrplak ıtalı örnekler vermiştir. Vidalı birleştirmeli sabit YLLAM raflarda, tüm geliştirme yapılmış örnek gruplarının kontrol grubundan daha olumsuz sonuçlar vermesi dikkat çekicidir.

Sabit raflarda, vidalı birleştirmeli MDFLAM örneklere ait ortalamalar dikkate alındığında, yüklü halde 1. hafta sonunda en düşük sehım miktarını geliştirme yapılmamış olan kontrol grubu 1,88 mm ile vermiştir. En yüksek sehım miktarlarını ise; 2,56 mm ile 2 Okume kontrplak ıtalı geliştirme grubu vermiştir. Vidalı birleştirmeli sabit MDFLAM raflarda da tüm geliştirme grupları, kontrol grubundan daha olumsuz sonuçlar vermiştir.

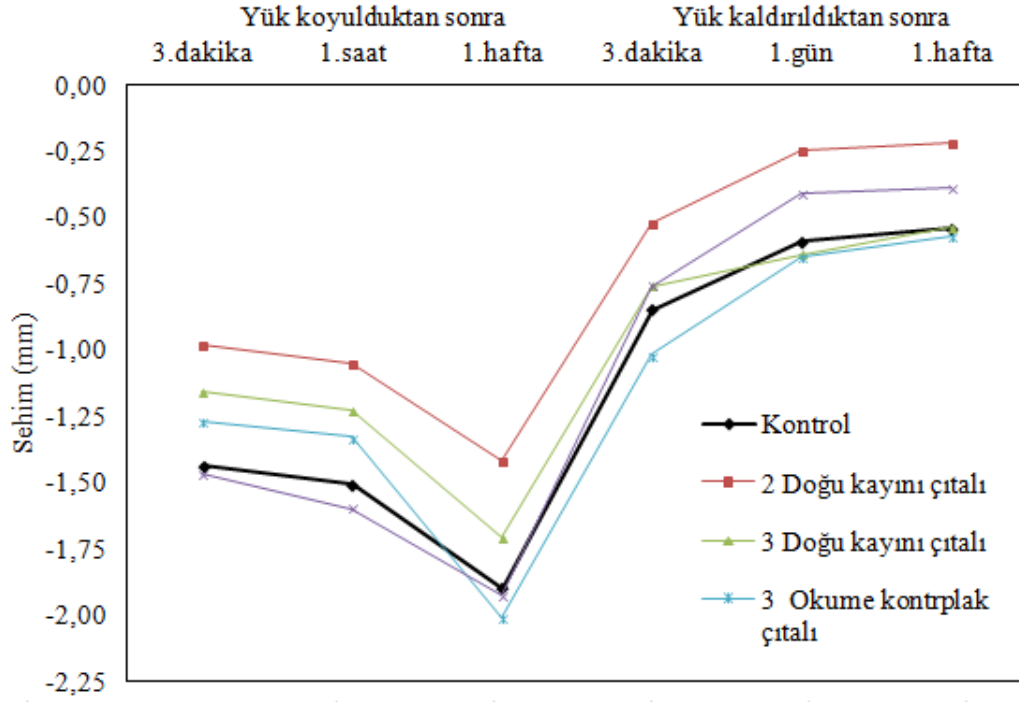
Sabit raflarda, minifiksli birleştirme uygulanmış, YLLAM ve MDFLAM deney örneklerinde deney sürecinde meydana gelen sehım miktarları ortalamalarına ilişkin grafikler Şekil 4.5. ve 4.6.' da sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 4. 5. Minifiksli birleştirmeli, YLLAM sabit raflarının sehım miktarlarına ait sonuçlar

Sabit raflarda, minifiksli birleştirmeli YLLAM deney örneklerine ait ortalamalar dikkate alındığında, yüklü halde 1. hafta sonunda en yüksek sehım miktarını 3 Okume kontrplak ıtalı raflar 1,89 mm ile vermiştir. En düşük sehım miktarları ise,

1,45 mm ile 2 Okume kontrplak ıtalı geliştirme grubunda elde edilmiştir. 3 Okume kontrplak ıtalı geliştirme grubu dışındaki tüm gruplarda kontrol grubundan daha düşük sehim miktarları elde edilmiştir. En yüksek sehim miktarını veren 3 Okume kontrplak ıtalı grup ile kontrol grubu arasındaki fark yaklaşık % 23' dür.



Şekil 4. 6. Minifiksli birleştirmeli, MDFLAM sabit raflarının sehim miktarlarına ait sonuçlar

Sabit raflarda, minifiksli birleştirmeli YLLAM deney örneklerine ait ortalamalar dikkate alındığında, yüklü halde 1. hafta sonunda en yüksek sehim miktarını 3 okume kontrplak ıtalı geliştirme grubu 2,01 mm ile vermiştir. En düşük sehim miktarı ise; 1,42 mm ile 2 Doğu kayını ıtalı geliştirme grubunda elde edilmiştir. 3 ve 2 Okume kontrplak ıtalı geliştirme grupları dışındaki gruplar kontrol grubundan iyi sonuç vermişlerdir. Buna göre, sabit rafların geliştirme yönteminde çıta sayısına bakılmaksızın çıta malzemesinin etkili olduğu söylenebilir. ıta sayısında da 3 yerine 2 çıta ile geliştirme yapılmasının daha avantajlı olduğu görülmektedir. En yüksek sehim miktarının elde edildiği 3 Okume kontrplak ıtalı gruplar ile kontrol grubu arasındaki fark yaklaşık % 29' dur.

Sabit raflarda hem BSO hem de DGO değerlerine ilişkin veriler ve istatistikler Çizelge 4.16.' da verilmiştir.

Çizelge 4. 16. Sabit raflarda hesaplanan BSO ile DGO değerleri ve varyasyon katsayıları

Levha türü	Birleştirme tipi	Geliştirme yöntemi	BSO	v (%)	DGO (%)	v (%)
YLLAM	Vidalı	Kontrol	524,14	34,68	80,87	27,73
		2 Doğu kayını çıtalı	462,80	23,26	79,20	16,18
		3 Doğu kayını çıtalı	441,90	17,13	82,40	6,07
		2 Okume kontrplak çıtalı	420,50	10,61	71,90	5,02
		3 Okume kontrplak çıtalı	431,80	22,02	79,50	10,84
	Minifiksli	Kontrol	463,50	9,71	77,80	19,23
		2 Doğu kayını çıtalı	423,30	7,27	78,60	10,88
		3 Doğu kayını çıtalı	365,80	6,58	77,80	6,74
		2 Okume kontrplak çıtalı	343,50	15,36	75,80	7,17
		3 Okume kontrplak çıtalı	370,00	12,78	80,90	8,22
MDFLAM	Vidalı	Kontrol	552,90	34,39	72,70	21,59
		2 Doğu kayını çıtalı	522,00	14,53	64,80	13,97
		3 Doğu kayını çıtalı	571,10	25,02	68,00	9,65
		2 Okume kontrplak çıtalı	617,80	19,72	74,70	10,92
		3 Okume kontrplak çıtalı	469,80	18,23	85,00	10,71
	Minifiksli	Kontrol	463,40	14,90	71,70	5,77
		2 Doğu kayını çıtalı	637,10	27,51	86,20	13,19
		3 Doğu kayını çıtalı	458,50	16,43	80,40	7,66
		2 Okume kontrplak çıtalı	516,30	14,92	69,00	9,18
		3 Okume kontrplak çıtalı	440,20	17,22	72,20	10,28

Birinci yaklaşıma göre; kontrol grubu da dâhil edilerek, levha türü, birleştirme tipi, geliştirme yöntemi faktörleri ve bu faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin BSO değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.17.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 17. Sabit raflarda birinci yaklaşıma göre BSO değerlerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P ≤ 0,05
Levha türü	1	250900,81	250900,81	24,23	0,0000
Birleştirme tipi	1	70915,69	70915,69	6,85	0,0106
LT * BT	1	2371,69	2371,69	0,22	NS
Geliştirme yöntemi	4	89027,26	22256,81	2,15	0,0822 NS
LT * GY	4	90559,34	22639,83	2,18	0,0778 NS
BT * GY	4	59236,06	14809,01	1,43	0,2315 NS
LT * BT x GY	4	32352,06	8088,01	0,78	
Hata	80	828093,20	10351,16		
Toplam	99	1423456,11			

BT: Birleştirme Tipi

Sabit raflarda, birinci yaklaşıma göre kontrol grubu dahil edilmeden, levha türü, birleştirme tipi, geliştirme yöntemi ve bu faktörlerin etkileşimlerinin BSO değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, levha türü ve birleştirme tipi ana faktörlerinin rafların BSO değeri üzerindeki etkileri 0,05 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bunun dışındaki tüm ana faktörler ve etkileşimler istatistiksel olarak önemsizdir. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için varyans analizinde anlamlı bulunan faktörlere LSD testi uygulanmıştır.

Ana faktörlerden levha türünün BSO değerleri üzerindeki etkilerine ait ortalamaların hesaplanan 40,49 LSD kritik değerleri için karşılaştırılması Çizelge 4.18.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 18. Sabit raflarda birinci yaklaşıma göre, levha türünün BSO değerlerine etkilerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

Levha türü	BSO	
	X _{ort}	HG
YLLAM	424,70	B
MDFLAM	524,90	A

LSD± 40,49

Yapılan karşılaştırmada, YLLAM levhadan elde edilen raflar 424,70 BSO değeri ile MDFLAM levhadan elde edilen raflara göre % 20 daha düşük değerler vermişlerdir. Burada, yine panel rijitliği değerinin etkisini görmek mümkündür. Her iki levhadan elde edilen raflar da, TS 9215'e göre ideal BSO değeri olarak verilen 100 değerinin oldukça üzerinde sonuçlar vermişlerdir. Raflar sabit üretildiğinde hareketli raflara göre 4-5 kat iyi BSO değerlerine ulaşılmıştır. Bu nedenle rafların mümkün olduğunca sabit raf olarak üretilmesinin sehim özellikleri bakımından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Birleştirme tipi faktörünün BSO değerleri üzerindeki etkilerine ait ortalamaların hesaplanan 40,49 LSD kritik değerleri için karşılaştırılması Çizelge 4.19.' da verilmiştir.

Çizelge 4. 19. Sabit raflarda birinci yaklaşıma göre, birleştirme tipinin BSO değerlerine etkilerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

Birleştirme tipi	BSO	
	X _{ort}	HG
Vidalı	501,50	A
Minifiksli	448,20	B

LSD± 40,49

Birleştirme tipine göre yapılan karşılaştırmalar sonucunda, vida ile yapılan bileştirmeye ait rafların BSO değeri 501,50 ile en iyi sonucu vermiştir. Minifiks ile yapılan birleştirmeli raflar ise 448,20 BSO ile vidalı birleştirmeli sabit raflara göre malzemenen elde edilen rafa göre % 11 oranında daha düşük değerler vermişlerdir. Bunun nedeni, minifiksin levha yüzeyine tutunmada vida ile birleştirmeye nazaran daha düşük mukavemete sahip olması ile açıklanabilir. Literatürde yapılan bir araştırmada (Efe ve diğerleri, 2007) vidalı birleştirme tipinin minifiks ile birleştirmeye göre yaklaşık 4 kat daha yüksek mukavemete sahip olduğu görülmüştür. Buna göre, birleştirmenin daha mukavemetli olması dolayısıyla, rafta meydana gelen sehim miktarının da azaldığı sonucu çıkarılabilir.

Sabit raflarda, birinci yaklaşıma göre, kontrol grubu da dahil edilerek, levha türü, birleştirme tipi ve geliştirme yöntemi faktörlerinin ve bu faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin DGO değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.20.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 20. Sabit raflarda birinci yaklaşıma göre DGO değerlerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P ≤ 0,05
Levha türü	1	408,04	408,04	4,15	0,0448
Birleştirme tipi	1	33,64	33,64	0,34	NS
LT * BT	1	73,96	73,96	0,75	NS
Geliştirme yöntemi	4	442,54	110,63	1,12	0,3501 NS
LT * GY	4	125,66	31,41	0,31	NS
BT * GY	4	758,86	189,71	1,93	0,1132NS
LT * BT * GY	4	1295,74	323,93	3,29	0,0149NS
Hata	80	7858,40	98,23		
Toplam	99	10996,84			

Varyans analizi sonuçlarına göre, levha türü ana faktörü ve levha türü-birleştirme tipi-geliştirme yöntemi üçlü etkileşiminin, sabit rafların DGO değerleri üzerindeki etkileri 0,05 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bunun dışındaki tüm ana faktörler ve etkileşimler ise istatistiksel olarak önemsizdir. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için varyans analizinde anlamlı bulunan faktör ve etkileşime LSD testi uygulanmıştır.

Levha türünün sabit rafların DGO değerlerine etkilerine ait ortalamaların, hesaplanan 3,945 LSD kritik değerleri için karşılaştırılması Çizelge 4.21.' de verilmiştir

Çizelge 4. 21. Sabit raflarda birinci yaklaşıma göre levha türünün DGO değerlerine etkilerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

Levha türü	DGO (%)	
	X_{ort}	HG
YLLAM	78,56	A
MDFLAM	74,52	B

LSD± 3,945

Yapılan karşılaştırmada YLLAM levhadan elde edilen rafların DGO değerleri ortalama % 78,56 olarak elde edilmiştir. MDFLAM levhadan elde edilen raflar da ise DGO değeri ortalama % 74,52' dir. Buna göre, YLLAM' dan elde edilen raflar MDFLAM' dan elde edilen raflara göre % 5 daha yüksek DGO değeri vermişlerdir.

Sabit raflarda, levha türü*birleştirme tipi*geliştirme yöntemi üçlü etkileşiminin DGO değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla 12,47 LSD kritik değerleri kullanılarak yapılan karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.22.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 22. Sabit raflarda levha türü*levha birleştirme tipi*geliştirme yöntemi üçlü etkileşiminin birinci yaklaşıma göre DGO değerlerine etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları

Geliştirme yöntemi	YLLAM				MDFLAM			
	Vidalı		Minifiksli		Vidalı		Minifiksli	
	X _{ort}	HG	X _{ort}	HG	X _{ort}	HG	X _{ort}	HG
Kontrol	81,00	ABCD	78,00	ABCDE	72,80	BCDEF	71,60	CDEF
2 Doğu kayını Çıtalı	79,40	ABCDE	78,40	ABCDE	64,80	F	86,40	A
3Doğu kayını Çıtalı	82,40	ABC	78,00	ABCDE	68,00	EF	80,40	ABCDE
2 Okume kontrplak Çıtalı	72,00	CDEF	76,00	ABCDEF	74,80	ABCDEF	69,20	DEF
3 Okume kontrplak Çıtalı	79,40	ABCDE	81,00	ABCD	85,00	AB	72,20	CDEF

LSD± 12,47

Üçlü etkileşim sonuçlarına göre; en yüksek DGO değerlerini MDFLAM levhadan üretilmiş, minifiksli birleştirme tipine sahip 2 doğu kayını çıtalı raflar % 86,40 ile vermişlerdir. İkinci sırayı ise yine MDFLAM levhadan üretilmiş, vidalı birleştirme tipine sahip 3 Okume kontrplak çıtalı raflar % 85,00 ile vermişlerdir. YLLAM levhadan üretilmiş vidalı birleştirme tipi kontrol grubu ve YLLAM levhadan üretilmiş minifiksli birleştirme tipi 3 Okume kontrplak çıtalı rafların DGO değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir. En düşük DGO değerleri ise MDFLAM levhadan üretilmiş vidalı birleştirme tipine sahip 2 Doğu kayını çıtalı raflarda ortalama % 64,80 ile elde edilmiştir.

Sabit raflarda, ikinci yaklaşıma göre, kontrol grubu dahil edilmeden, levha türü, birleştirme tipi, çıta malzemesi ve çıta sayısı faktörlerinin ve bu faktörlerin ikili, üçlü ve dörtlü etkileşimlerinin BSO değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan dört faktörlü varyans analizi sonuçları Çizelge 4.23.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 23. Sabit raflard a ikinci yaklaşıma göre levha türü, birleştirme tipi, çıta malzemesi ve çıta sayısının BSO değerlerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P ≤ 0,05
Levha türü	1	295731,20	295731,20	36,09	0,0000
Birleştirme tipi	1	45696,80	45696,80	5,57	0,0212
LT * BT	1	4992,80	4992,80	0,60	NS
Çıta malzemesi	1	23324,45	23324,45	2,84	0,0964NS
LT * ÇM	1	84,05	84,05	0,01	NS
BT * ÇM	1	7722,45	7722,45	0,94	NS
LT * BT* ÇM	1	3781,25	3781,25	0,46	NS
Çıta sayısı	1	48511,25	48511,25	5,92	0,0178
LT * ÇS	1	30654,45	30654,45	3,74	0,0575NS
BT * ÇS	1	9812,450	9812,45	1,19	0,2779NS
LT * BT * ÇS	1	5678,45	5678,45	0,69	NS
ŞM *ÇS	1	135,20	135,20	0,016	NS
LT *ÇM *ÇS	1	13939,20	13939,20	1,70	0,1968NS
BT * ÇM * ÇS.	1	38720,00	38720,00	4,72	0,0334
LT * BT * ÇM * ÇS	1	19220,00	19220,00	2,34	0,1305NS
Hata	64	524362,80	8193,16		
Toplam	79	1072366,80			

Varyans analizi sonuçlarında; levha türü, birleştirme tipi ve çıta sayısı ana faktörleri ile birleştirme tipi- çıta malzemesi- çıta sayısı üçlü etkileşiminin BSO değerleri üzerindeki etkileri 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Çıta malzemesi ana faktörü ve diğer tüm ikili, üçlü ve dördü etkileşimlerin etkisi ise istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur.

Sabit raflarda levha türünün BSO değerlerine etkilerine ait ortalamaların hesaplanan LSD 40,43 kritik değeri kullanılarak yapılan karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.24.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 24. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre levha türünün, BSO değerlerine etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları

Levha türü	BSO	
	X _{ort}	HG
YLLAM	407,50	B
MDFLAM	529,10	A

LSD± 40,43

Yapılan karşılaştırma sonuçlarında, MDFLAM levhadan elde edilen rafların ortalama BSO değeri 529,10 bulunurken, YLLAM levhadan elde edilen raflar da ise bu değer ortalama 407,50 olarak elde edilmiştir. BSO değerlerinde, MDFLAM raflar YLLAM raflara göre % 23 daha yüksek sonuçlar vermişlerdir. Birinci yaklaşım ile karşılaştırma yapıldığında; YLLAM raflar 424,70 değerinden 407,50 değerine düşerken, MDFLAM raflar ise 524,90 değerinden 529,10 değerine yükselmiştir. Buna göre, YLLAM levhada kontrol grubu ortalamaya dahil edildiği zaman BSO değerlerinin yükselmesi, geliştirme yöntemlerinin YLLAM levhanın sehim özelliklerini olumsuz etkilediği sonucuna varılabilir. MDFLAM levha için ise, her ne kadar kontrol grubu ortalama BSO değerlerini rakamsal olarak düşürse de, bu düşüş oranının % 1 gibi bir değerde olmasından dolayı sehim özelliklerinin etkilenmediği sonucu çıkarılabilir.

Sabit raflarda birleştirme tipinin BSO değerlerine etkilerine ait ortalamaların LSD kritik değeri 40,43 için karşılaştırması Çizelge 4.25.' de verilmiştir

Çizelge 4. 25. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre birleştirme tipinin BSO değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

Birleştirme tipi	BSO	
	X_{ort}	HG
Vidalı	492,20	A
Minifiksli	444,40	B

LSD± 40,43

Karşılaştırma sonuçlarına göre, vidalı birleştirmeli raflar 492,20 ortalama BSO ile 444,40 ortalama BSO değerli minifiksli birleştirmeli raflardan % 10 daha yüksek sonuçlar vermişlerdir. Daha önceden de belirtildiği gibi, birleştirmenin mukavemeti sehim miktarlarını olumlu yönde etkilemektedir. Literatürde de vidalı birleştirmenin minifiksli birleştirmeye üstünlük sağladığı çalışmalar bulunmaktadır (Efe ve diğerleri, 2012). Birleştirme tipinin BSO üzerindeki etkiler, birinci yaklaşım ile karşılaştırıldığında, vidalı birleştirme tipinde BSO değeri 501,50'den 492,20' ye düşerek % 2, minifiksli birleştirme tipi için ise 448,20 den 444,20'ye düşerek % 1 gibi önemsiz oranlarda azalmıştır.

Sabit raflarda çita sayısının BSO değerlerine etkilerine ait ortalamaların LSD 40,43 kritik değerleri için karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.26.' da verilmiştir

Çizelge 4. 26. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre çita sayısının BSO değerlerine etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları

Çita sayısı	BSO	
	X _{ort}	HG
2	492,90	A
3	443,70	B

LSD± 40,43

Karşılaştırma sonuçlarına göre, 2 çitalı geliştirilmiş rafların ortalama BSO değeri 492,90, 3 çitalı geliştirilmiş rafların ortalama BSO değeri ise 443,70 olarak elde edilmiştir. Buna göre, 2 çitalı geliştirilmiş raflar 3 çitalı geliştirilmiş raflara göre % 11 daha iyi sehim özellikleri göstermişlerdir. Bir başka ifadeyle, çita sayısının dolayısıyla rafın alt yüzeyine açılan kanal sayısının artışı sehim özelliklerini olumsuz etkilemiştir.

Rafları geliştirmesi öngörülen çitalar için açılan kanalların alt yüzeyde olması, deney sırasında yayılı eğilme yükü altındaki rafın çekmeye zorlanan tarafında (asal eksenin alt yüzeyi) kalmasına neden olmuş ve kanal duvarlarının dış tarafa doğru açılmasına ve oradaki tutkal hattının kopmaya zorlanmasına neden olmuştur. Ayrıca, açılan kanallar raf alt yüzeyinde çürütme etkisi yaparak çürütülmüş bölgelerdeki atalet momentini düşürmüş ve rafın daha esnek ve eğilme kabiliyetinin artmasına katkı sağlayarak sehim miktarının fazla olmasına neden olmuştur.

Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre, birleştirme tipi* çita malzemesi* çita sayısı üçlü etkileşiminin BSO değerlerine etkilerine ait ortalamaların LSD 80,87 kritik değerleri için karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.27.' de verilmiştir.

Sabit raflarda, kontrol grubu dahil edilmeden ikinci yaklaşıma göre, levha türü, birleştirme tipi, çita malzemesi ve çita sayısı faktörlerinin ve bu faktörlerin ikili, üçlü ve dördü etkileşimlerinin DGO değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan dördü varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.28.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 27. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre birleştirme tipi*çıtı malzemesi* çıtı sayısı üçlü etkileşiminin BSO değerlerine etkilerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

Birleştirme tipi	Çıtı malzemesi	Çıtı sayısı	BSO	
			X _{ort}	HG
Vidalı	Doğu kayını	2	492,30	ABC
		3	506,60	AB
	Okume kontrplak	2	519,20	A
		3	450,70	ABCD
Minifiksli	Doğu kayını	2	530,30	A
		3	412,30	CD
	Okume kontrplak	2	429,90	BCD
		3	405,10	D

LSD ± = 80,87

Çizelge 4. 28. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre; levha türü birleştirme tipi, çıtı malzemesi ve çıtı sayısının değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin yapılan varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P ≤ 0,05
Levha türü	1	208,01	208,01	3,38	0,0703 NS
Birleştirme tipi	1	78,01	78,01	1,27	0,2639 NS
LT* BT	1	74,11	74,11	1,20	0,2761 NS
Çıtı malzemesi	1	21,01	21,01	0,34	NS
LT* ÇM	1	40,61	40,612	0,66	NS
BT * ÇM	1	535,61	535,612	8,72	0,0044
LT*BT* ÇM	1	1256,11	1256,112	20,45	0,0000
Çıtı sayısı	1	201,61	201,612	3,28	0,0747 NS
L T*ÇS	1	6,61	6,612	0,10	NS
BT*ÇS	1	154,01	154,013	2,50	0,1182 NS
LT*BT*ÇS	1	35,11	35,112	0,57	NS
ÇM*ÇS	1	208,01	208,013	3,38	0,0703 NS
LT* ÇM*ÇS	1	12,01	12,013	0,19	NS
BT*ÇM*ÇS	1	2,81	2,813	0,04	NS
LT* BT * ÇM* ÇS	1	0,31	0,313	0,00	NS
Hata	64	3930,40	61,413		
Toplam	79	6764,38			

Üçlü karşılaştırma sonuçlarına göre, BSO değerlerinde en olumlu sonuçlar ortalama olarak 530,30 ile minifiksli birleştirmeli ve 2 Doğu kayını çıtalı geliştirilmiş raflar ile vidalı birleştirmeli ve 2 Okume kontrplak çıtalı geliştirilmiş raflarda 519,20 ile elde edilmiştir. Burada dikkat çeken, geliştirme yönteminde minifiksli birleştirmeler için Doğu kayını, vidalı birleştirmeler için ise Okume kontrplak çıtı malzemesinin daha uygun olmasıdır. En düşük BSO değerleri minifiks birleştirmeli ve 3 Okume kontrplak çıtalı geliştirilmiş raflarda ortalama 405,10 ile elde edilmiştir.

Çoklu varyans analizi sonuçlarında; birleştirme tipi* çıta malzemesi ikili etkileşimi ve levha türü*birleştirme tipi* çıta malzemesi üçlü etkileşimi 0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Tüm ana faktörler ve diğer ikili, üçlü ve dörtlü etkileşimlerin DGO değerleri üzerinde etkisi ise istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur.

Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre, birleştirme tipi*çıta malzemesi ikili etkileşiminin DGO değerleri üzerindeki etkilerine ait ortalamaların LSD 4,951 kritik değerleri için karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.29.' da verilmiştir.

Çizelge 4. 29. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre birleştirme tipi*çıta malzemesi etkileşiminin DGO değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları

Birleştirme tipi	Çıta malzemesi	DGO (%)	
		X _{ort}	HG
Vidalı	Doğu kayını	73,65	B
	Okume kontrplak	77,80	AB
Minifiksli	Doğu kayını	80,80	A
	Okume kontrplak	74,60	B

LSD ± = 4,951

İkili karşılaştırma sonuçlarına göre en yüksek DGO değerleri ortalama % 80,80 ile minifiksli birleştirmeli ve Doğu kayını çıtalı geliştirilmiş raflarda ve vidalı birleştirmeli ve Okuma kontrplak çıtalı geliştirilmiş raflarda % 77,80 ile elde edilmiştir. Diğer gruplar arasındaki farklılıklar 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. DGO değerlerinde de, çıta malzemesi ile birleştirme tipi arasındaki ilişki BSO değerlerindeki gibi çıkmıştır. Burada da vidalı birleştirmeler için Okume kontrplak çıta malzemesi, minifiksli birleştirmeler için ise Doğu kayını çıta malzemesinin kullanımı daha uygun sonuçlar vermiştir.

Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre, varyans analizinde anlamlı bulunan levha türü*birleştirme tipi*çıta malzemesi üçlü etkileşiminin DGO değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların LSD 7,001 kritik değerleri için karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.30.' da verilmiştir.

Çizelge 4. 30. Sabit raflarda ikinci yaklaşıma göre levha türü*birleştirme tipi*çita malzemesi üçlü etkileşiminin DGO değerlerine etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırma sonuçları

Levha türü	Birleştirme tipi	Çita malzemesi	DGO (%)	
			X _{ort}	HG
YLLAM	Vidalı	Doğu kayını	80,90	AB
		Okume kontrplak	75,70	BC
	Minifiksli	Doğu kayını	78,20	AB
		Okume kontrplak	78,50	AB
MDFLAM	Vidalı	Doğu kayını	66,40	D
		Okume kontrplak	79,90	AB
	Minifiksli	Doğu kayını	83,40	A
		Okume kontrplak	70,70	CD

LSD ± = 7,001

Üçlü karşılaştırma sonuçlarına göre, en yüksek DGO değerleri MDFLAM levhadan minifiksli birleştirmeli ve Doğu kayını çita ile geliştirilmiş raflarda ortalama % 83,40 ile elde edilmiştir. En düşük DGO değerleri ise MDFLAM levhadan üretilen vidalı birleştirmeli ve Doğu kayını çita ile geliştirilmiş raflarda ortalama % 66,40 ile elde edilmiştir.

4.4. Hareketli Raflarda Tahmin Edilen ve Gerçek Sehım Miktarlarının Karşılaştırılması

Düzgün yayılı yüklerle yüklenmiş olan hareketli rafların sehım miktarları için mekanikte kabul edilen;

$$y = \frac{5qL^4}{384EI} \quad (4.1)$$

genel formülü literatürde de birçok araştırmacı tarafından önerilmiş ve kullanılmıştır (Eckelman (2003). Burada;

q = Raf boyunca uygulanan birim yükü (yük/boy) (N/mm),

L = Raf boyunu (mm),

E = Elastikiyet modülünü (N/mm²),

I = Atalet momentini (N/mm⁴)

ifade etmektedir. Atalet momentini ise dikdörtgen kesitli elemanlar için;

$$I = \frac{wt^3}{12} \quad (4.2)$$

formülünden hesaplanmaktadır. Formülde;

w = Raf derinliğini (mm),

t = Raf kalınlığını (mm)

ifade etmektedir. Bu genel sehım formülü, bu çalışmada denenen hareketli raflar için uygulandığında;

t = 18 mm

w =280 mm

L = 864 mm

$I = (280 \cdot 18^3) / 12 = 136080 \text{ mm}^4$

F= Rafe uygulan yük, hareketli raflar için 41,80 kg =410 N

q= F/L =410/864=0,474 N/mm

E= YLLAM levhalar için=2369 N/mm², MDFLAM levhalar için=4122 N/mm²

verilerine göre hareketli YLLAM raflar için sehım oranı;

$$y = \frac{5 \times 0,474 \times 864^4}{384 \times 2369 \times 136080} = 10,67 \text{ mm}$$

hareketli MDFLAM raflar için ise sehım oranı;

$$y = \frac{5 \times 0,474 \times 864^4}{384 \times 4122 \times 136080} = 6,13 \text{ mm}$$

olarak hesaplanmıştır. Çalışmada, geliştirme çalışması yapılmış rafların elastikiyet modülü değerleri, geliştirme çalışması yapılmamış olan kontrol grubu raflarına göre değişiklik göstermesi beklenen bir durumdur. Bu çalışmada, geliştirme yapılmış rafların panel rijitliği değerleri deneylerle hesaplanmış olduğundan, elastikiyet modülü değerleri “panel rijitliği – elastikiyet modülü” ilişkisinden yararlanılarak belirlenmiştir. Bu ilişki için mekanikteki;

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (4.3)$$

genel eşitliğinden yararlanılmış ve her bir raf tipi için elastikiyet modülü değerleri teorik olarak hesaplanmıştır. Burada;

G = Panel rijitliğini (N/mm^2),

E = Elastikiyet modülünü (N/mm^2),

ν = Poisson oranını

ifade etmektedir. Hesaplamalarda, kontrol grubu YLLAM ve MDFLAM için teorik olarak elde edilen elastikiyet modülü değerleri, gerçek testlerde elde edilen değerlerden yüksek bulunmuştur. Bu nedenle, teorik ve gerçek deney sonuçlarını birbirlerine yaklaştırarak doğru sehim değerleri elde edebilmek amacıyla YLLAM ve MDFLAM için düzeltme katsayıları kullanılmıştır. Düzeltme katsayıları, teorik değerlerin gerçek test değerlerine oranlanmasıyla hesaplanmış; YLLAM için ($4676/2369=1,97$) 1,97 ve MDFLAM için ise ($7234/4122=1,76$) 1,76 olarak elde edilmiştir. Elde edilen değerler Çizelge 4.31.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 31. Her bir raf tipi için hesaplanan elastikiyet modülü değerleri

Levha türü	Geliştirme yöntemi	G (N/mm^2)	ν	Teorik E (N/mm^2)	Düzeltilme katsayısı (Teorik/deney)	Gerçek E (N/mm^2)
YLLAM	Kontrol	1798	0,30	4676	1,97	2369
	2 Doğu kayını çıtalı	1341	0,30	3487	1,97	1767
	3 Doğu kayını çıtalı	1245	0,30	3236	1,97	1640
	2 Okume kontrplak çıtalı	1321	0,30	3435	1,97	1740
	3 Okume kontrplak çıtalı	1098	0,30	2854	1,97	1446
MDFLAM	Kontrol	2494	0,45	7234	1,76	4122
	2 Doğu kayını çıtalı	1689	0,45	4897	1,76	2790
	3 Doğu kayını çıtalı	1499	0,45	4348	1,76	2477
	2 Okume kontrplak çıtalı	1910	0,45	5540	1,76	3157
	3 Okume kontrplak çıtalı	1390	0,45	4031	1,76	2297

Buna göre, hesaplanan teorik sehim sonuçlarının deneylerde yüklü bir hafta sonucunda elde edilen ortalama sehim miktarları değerleriyle karşılaştırılması Çizelge 4.32.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 32. BSO deney sonuçlarının genel sehim formülü değerleriyle karşılaştırılması

Levha türü	Geliştirme yöntemi	Yük koyulduktan 1 hafta sonraki gerçek sehim miktarı (mm)	Teorik sehim miktarı (mm)	Gerçek/Teorik
YLLAM	Kontrol	10,94	10.67	1.03
	2 Doğu kayını çıtalı	9,83	14.31	0.69
	3 Doğu kayını çıtalı	9,09	15.41	0.59
	2 Okume kontrplak çıtalı	10,63	14.52	0.73
	3 Okume kontrplak çıtalı	9,21	17.48	0.53
MDFLAM	Kontrol	7,01	6.13	1.14
	2 Doğu kayını çıtalı	7,24	9.06	0.80
	3 Doğu kayını çıtalı	6,41	10.20	0.63
	2 Okume kontrplak çıtalı	7,94	8.01	0.99
	3 Okume kontrplak çıtalı	6,78	11.00	0.62

Yapılan karşılaştırmada hareketli raflarda kontrol grupları olan 2 raf türünün formül değerinin üzerinde sehim gösterip, diğer tüm grupların ise teorik değerlerin altında sehim değerleri verdiği görülmüştür. En yüksek fark % 47 ile YLLAM 3 okume kontrplak çıtalı geliştirme türünde elde edilmiş olup, teorik ve gerçek sehim değerlerinin genellikle yakın sonuçlar verdiği söylenebilir Levha türü açısından genel ortalamalara bakıldığında YLLAM rafların MDFLAM raflardan daha düşük miktarlarda sehim yaptıkları görülmektedir.

4.5. Hareketli ve Sabit Raflarda BSO Değerlerinin Literatürde ve Türk Standartlarında Verilen Kabul Edilebilir Değerlerle Karşılaştırılması

Hareketli ve sabit rafların BSO değerlerinin TS 9215' de verilmiş kabul edilebilir 1/100 ve Eckelman (2003)' de verilmiş 1/165 kabul edilebilir değerleri ile karşılaştırma sonuçları hareketli raflar ve sabit raflar için sırasıyla Çizelge 4.33. ve 4.34.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 33. Hareketli rafların BSO değerlerinin TS 9215 ve Eckelman (2003) ile karşılaştırılması

Levha Türü	Geliştirme Yöntemi	Test BSO değeri	TSE 9215 kabul edilebilir BSO değeri	TSE 9215'e göre sonuç	Eckelman (2003) kabul edilebilir BSO değeri	Eckelman (2003)' e göre sonuç
YLLAM	Kontrol	79	100	Başarısız	165	Başarısız
	2 Doğu kayını çıtalı	88	100	Başarısız	165	Başarısız
	3 Doğu kayını çıtalı	95	100	Başarısız	165	Başarısız
	2 Okume kontrplak çıtalı	81	100	Başarısız	165	Başarısız
	3 Okume kontrplak çıtalı	94	100	Başarısız	165	Başarısız
MDFLAM	Kontrol	123	100	Başarılı	165	Başarısız
	2 Doğu kayını çıtalı	119	100	Başarılı	165	Başarısız
	3 Doğu kayını çıtalı	135	100	Başarılı	165	Başarısız
	2 Okume kontrplak çıtalı	109	100	Başarılı	165	Başarısız
	3 Okume kontrplak çıtalı	127	100	Başarılı	165	Başarısız

Hareketli rafların BSO değerlerinin, TS 9215 ve Eckelman (2003)' de verilen kabul edilebilir BSO değerleri ile karşılaştırılması sonucunda, hiç bir grubun Eckelman (2003)' de verilen 1/165 değerine ulaşamadığı ve tüm grupların başarısız olduğu görülmüştür. TS 9215'e göre yapılan karşılaştırma sonuçlarında ise, YLLAM grupların gerekli BSO değerini sağlayamayarak başarısız olurken, MDFLAM grupların ise standartta verilmiş olan 1/100 değerinden yüksek değerler vererek başarılı olduğu anlaşılmıştır. Buna göre MDFLAM rafların sehim özellikleri açısından YLLAM raflara tercih edilmesi önerilebilir.

Çizelge 4. 34. Sabit rafların BSO değerlerinin TS 9215 ve Eckelman (2003) ile karşılaştırılması

Birleştirme tipi	Levha türü	Geliştirme yöntemi	Test BSO değeri	TSE 9215 kabul edilebilir BSO değeri	TSE 9215'e göre sonuç	Eckelman (2003) kabul edilebilir BSO değeri	Eckelman (2003) 'e göre sonuç
Vidalı	YLLAM	Kontrol	477	100	Başarılı	165	Başarılı
		2 Doğu kayını çıtalı	441	100	Başarılı	165	Başarılı
		3 Doğu kayını çıtalı	432	100	Başarılı	165	Başarılı
		2 Okume kontrplak çıtalı	417	100	Başarılı	165	Başarılı
		3 Okume kontrplak çıtalı	413	100	Başarılı	165	Başarılı
	MDFLAM	Kontrol	460	100	Başarılı	165	Başarılı
		2 Doğu kayını çıtalı	421	100	Başarılı	165	Başarılı
		3 Doğu kayını çıtalı	365	100	Başarılı	165	Başarılı
		2 Okume kontrplak çıtalı	338	100	Başarılı	165	Başarılı
		3 Okume kontrplak çıtalı	364	100	Başarılı	165	Başarılı
Minifiksli	YLLAM	Kontrol	511	100	Başarılı	165	Başarılı
		2 Doğu kayını çıtalı	514	100	Başarılı	165	Başarılı
		3 Doğu kayını çıtalı	547	100	Başarılı	165	Başarılı
		2 Okume kontrplak çıtalı	596	100	Başarılı	165	Başarılı
		3 Okume kontrplak çıtalı	457	100	Başarılı	165	Başarılı
	MDFLAM	Kontrol	455	100	Başarılı	165	Başarılı
		2 Doğu kayını çıtalı	608	100	Başarılı	165	Başarılı
		3 Doğu kayını çıtalı	448	100	Başarılı	165	Başarılı
		2 Okume kontrplak çıtalı	505	100	Başarılı	165	Başarılı
		3 Okume kontrplak çıtalı	430	100	Başarılı	165	Başarılı

Sabit rafların BSO değerlerine bakıldığında, tüm grupların hem TS 9215 hem de Eckelman (2003)' de verilen kabul edilebilir sehim oranlarını karşıladığı ve başarılı olduğu görülmüştür. Buna göre, kutu mobilyalarda rafların düşey elemanlara sabitlenmesi durumunda, sehim özellikleri açısından bir problem meydana gelmeyeceği söylenebilir.

YLLAM levhadan üretilen raflar TS 9215' deki 1/100 BSO değerinin ortalama 4,81 katı, MDFLAM levhadan üretilen raflar ise 4,39 katı daha yüksek sonuçlar vermişlerdir. Çizelge 4.34. incelendiğinde, BSO açısından minifiksli birleştirmelerin,

vidalı birleştirmelere üstünlük sağladığı anlaşılmaktadır. Vidalı birleştirme uygulanmış raflar TS 9215' deki 1/100 değerinin ortalama 4,12 katı, minifiksli birleştirmeler ise 5,07 katı daha yüksek sonuçlar vermişlerdir.

Aynı karşılaştırma Eckelman (2003) için yapıldığında, YLLAM levhadan üretilen raflar 1/165 BSO değerinin ortalama 3,56 katı, MDFLAM levhadan üretilen raflar ise 2,67 katı daha yüksek sonuçlar vermişlerdir. Vidalı birleştirme uygulanmış raflar 1/165 değerinin ortalama 2,5 katı, minifiksli birleştirmeler ise 3,07 katı daha yüksek sonuçlar vermişlerdir.

TS 9215' te ayrıca, yük kaldırıldıktan 1 hafta sonraki kalıcı sehim miktarları için de 1/200 kabul edilebilir BSO değeri verilmektedir. Buna göre, bu çalışmada denenen hareketli ve sabit rafların, yük kaldırıldıktan 1 hafta sonraki kalıcı sehim miktarlarına göre elde edilen BSO değerleri, standartta verilen kabul edilebilir kalıcı BSO değerleriyle karşılaştırılmıştır. Deneylemlerden elde edilen kalıcı sehim miktarlarına göre hesaplanan BSO değerlerinin, TS 9215' teki kabul edilebilir BSO kalıcı sehim oranı olan 1/200 ile karşılaştırması hareketli ve sabit raflar için sırasıyla Çizelge 4.35. ve 4.36.'da verilmiştir.

Çizelge 4. 35. Hareketli raflarda yük kaldırıldıktan 1 hafta sonraki kalıcı sehime göre hesaplanan BSO değerlerinin TSE 9215 ile karşılaştırılması

Levha türü	Geliştirme yöntemi	Yük kaldırıldıktan 1 hafta sonraki kalıcı sehim (mm)	Yük kaldırıldıktan 1 hafta sonraki BSO değeri	TS 9215 kabul edilebilir kalıcı BSO değeri	TS 9215'e göre sonuç
YLLAM	Kontrol	1,06	815	200	Başarılı
YLLAM	2 Doğu kayını çitalı	1,41	612	200	Başarılı
YLLAM	3 Doğu kayını çitalı	1,15	751	200	Başarılı
YLLAM	2 Okume kontrplak çitalı	1,68	515	200	Başarılı
YLLAM	3 Okume kontrplak çitalı	0,30	2861	200	Başarılı
MDFLAM	Kontrol	0,44	1946	200	Başarılı
MDFLAM	2 Doğu kayını çitalı	0,37	2335	200	Başarılı
MDFLAM	3 Doğu kayını çitalı	0,44	1964	200	Başarılı
MDFLAM	2 Okume kontrplak çitalı	0,68	1267	200	Başarılı
MDFLAM	3 Okume kontrplak çitalı	0,25	3484	200	Başarılı

Çizelge 4. 36. Sabit raflarda yük kaldırıldıktan 1 hafta sonraki kalıcı sehime göre hesaplanan BSO değerlerinin TSE 9215 ile karşılaştırılması

Birleştirme tipi	Levha türü	Geliştirme yöntemi	Yük kaldırıldıktan 1 hafta sonraki kalıcı sehime (mm)	Yük kaldırıldıktan 1 hafta sonraki BSO değeri	TS 9215 kabul edilebilir kalıcı BSO değeri	TS 9215'e göre sonuç
VİDALI	YLLAM	Kontrol	0,31	2787	200	Başarılı
		2 Doğu kayını çıtalı	0,36	2400	200	Başarılı
		3 Doğu kayını çıtalı	0,35	2469	200	Başarılı
		2 Okume kontrplak çıtalı	0,59	1464	200	Başarılı
		3 Okume kontrplak çıtalı	0,44	1964	200	Başarılı
	MDFLAM	Kontrol	0,42	2057	200	Başarılı
		2 Doğu kayını çıtalı	0,44	1964	200	Başarılı
		3 Doğu kayını çıtalı	0,53	1630	200	Başarılı
		2 Okume kontrplak çıtalı	0,63	1371	200	Başarılı
		3 Okume kontrplak çıtalı	0,47	1838	200	Başarılı
MİNİFİKSİLİ	YLLAM	Kontrol	0,51	1694	200	Başarılı
		2 Doğu kayını çıtalı	0,60	1440	200	Başarılı
		3 Doğu kayını çıtalı	0,51	1694	200	Başarılı
		2 Okume kontrplak çıtalı	0,38	2274	200	Başarılı
		3 Okume kontrplak çıtalı	0,26	3323	200	Başarılı
	MDFLAM	Kontrol	0,54	1600	200	Başarılı
		2 Doğu kayını çıtalı	0,22	3927	200	Başarılı
		3 Doğu kayını çıtalı	0,39	2215	200	Başarılı
		2 Okume kontrplak çıtalı	0,54	1600	200	Başarılı
		3 Okume kontrplak çıtalı	0,57	1516	200	Başarılı

Hem hareketli hem de sabit raflarda, yük kaldırıldıktan 1 hafta sonra kalan sehime miktarlarına göre hesaplanan BSO değerlerinin, TS 9215' te verilen 1/200 kabul edilebilir oranı ile karşılaştırılması sonucunda, tüm grupların standartta verilen değerlerden çok daha yüksek sonuçlar vererek başarılı olduğu görülmektedir.

Hareketli raflar, kalıcı sehime miktarına göre hesaplanan BSO değerlerinde standarttaki kabul edilebilir değerin ortalama 8,3 katı, sabit raflar ise 10,3 katı gibi çok büyük oranlarda yüksek değerler vermişlerdir. Vidalı birleştirme uygulanmış raflar TS 9215' deki 1/100 değerinin ortalama 10 katı, minifiksli birleştirmeler ise 10,6 katı daha yüksek sonuçlar vermişlerdir.

Hareketli raflarda, YLLAM levhadan üretilen raflar TS 9215' deki 1/200 BSO değerinin ortalama 5,6 katı, MDFLAM levhadan üretilen raflar ise 11 katı daha yüksek sonuçlar verirken bu oranlar sabit raflarda YLLAM için 10,8; MDFLAM için ise 9,9 olarak elde edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde yaygın olarak kullanılan MDFLAM ve YLLAM panellerden elde edilen hareketli ve sabit rafların düzgün yayılı yorma yükleri altındaki sehim özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, rafların alt yüzeylerine açılan kanallara, PVAc tutkalı ile okume kontrplak ve Doğu kayınından hazırlanmış çıtalar gömülerek güçlendirme yapılmış ve kontrol örnekleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sayısal veriler, istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve ilgili standart ile literatürdeki bazı çalışmalarda verilen kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılmıştır.

Hareketli raflardan elde edilen sonuçlara göre BSO değerlerinde MDFLAM levhadan üretilen raflar, YLLAM levhadan üretilen raflara göre % 29 oranında daha olumlu sonuçlar vermiştir. Panel rijitliği değerlerine bakıldığında yaklaşık aynı oranda MDFLAM levhanın üstün olduğu deneylerle belirlenmiş olup, levhaların panel rijitliği değerlerinin direk olarak sehim özellikleri üzerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle hareketli raf üretiminde, ekonomik ve teknik hususlarda dikkate alınarak MDFLAM levha türünün YLLAM levha türüne tercih edilmesi önerilebilir.

Hareketli raflarda, geliştirme yönteminin BSO değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir. Kontrol grubu da dahil olmak üzere, en olumlu sonuç ile en olumsuz sonuçlar arasında %10 gibi küçük bir fark gözlenmiştir. Bu durum, geliştirme uygulamalarındaki işçilik ve maliyet hususları da dikkate alındığında mantıklı görünmemektedir. Bu nedenle, bu çalışmada uygulanan ve denenen geliştirme yöntemleri hem ekonomik hem de teknik açılarından önerilmemektedir.

Hareketli raflarda kontrol grubu dikkate alınmadan yapılan istatistiksel değerlendirmede, BSO değerleri üzerinde YLLAM levhadan üretilen raflarda kontrol

grubunun genel ortalamayı % 2 oranında olumsuz etkilediği, MDFLAM levhadan üretilen raflarda kontrol grubunun etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Geliştirme yönteminde, 2 çitanın 3 çıtaya göre % 11 daha olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Çıta malzemesi ve çıta sayısı ikili etkileşiminde ise okume okume kontrplağın 3 çıta olarak kullanımının en olumlu sonucu verdiği, Doğu kayını 2 ve 3 çıta olarak kullanımının ve okume kontrplağın 2 çıta olarak kullanımının ise BSO değerleri açısından belirgin bir fark oluşturmadığı belirlenmiştir.

Sabit raflardan elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde BSO değerleri, MDFLAM levhadan üretilen raflarda YLLAM levhadan üretilen raflara göre % 20 daha olumlu sonuçlar vermiştir. Burada da levhaların panel rijitliği değerlerinin etkisinden bahsetmek mümkündür. Bu nedenle sabit raf üretiminde de hareketli raflarda olduğu gibi MDFLAM levhanın tercih edilmesi önerilmektedir.

Sabit raflarda, birleştirme tipinin BSO değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, vidalı birleştirme tipinin, minifiksli birleştirme tipine göre % 11 daha olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. İşçilik ve maliyet açısından da avantajlı olduğu dikkate alınır, sabit rafların düşey elemanlara bağlantısında vidalı birleştirmenin kullanılması önerilmektedir.

Sabit raflarda, levha türü –birleştirme tipi ve geliştirme yöntemi üçlü etkileşiminin BSO değerlerine etkisine ilişkin karşılaştırma sonuçları incelendiğinde, YLLAM levha için birleştirme tipleri arasında istatistiksel olarak dikkate değer bir fark olmadığı, MDFLAM levha için ise minifiksli birleştirmenin vidalı birleştirmeye göre % 3 daha olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Ancak iki levha arasındaki bu fark, BSO değerleri dikkate alındığında MDFLAM levha türünden sabit raf yapmayı gerektirecek oranda değildir. Buna göre, sabit raflarda YLLAM levhanın kullanılması ekonomik açıdan önerilebilir.

Sabit raflarda kontrol grubu dahil edilmediğinde ortalama BSO değerleri YLLAM levhalarda oran % 5 düşmüş, MDFLAM levhalarda ise %1 artmıştır. Buna göre, geliştirme yönteminin YLLAM rafların sehim özelliklerini geliştirirken, MDFLAM rafların sehim özelliklerini ise az da olsa olumsuz etkilemiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, TS 9215'deki kabul edilebilir BSO değerleri ile kıyaslandığında, YLLAM levhalardan üretilen hareketli rafların tamamı 1/100 BSO değerinin altında kalmış ve gerekli koşulları sağlayamamıştır. Sabit raflarda ise, 1/100 BSO değerinin ortalama olarak 4,6 katı üzerinde sonuçlar elde edilmiş ve tüm gruptaki raflar gerekli koşulları sağlamışlardır. Sabit raflarda birleştirme tipine bakıldığında, minifiksli birleştirme tipi standartta verilen değerin ortalama 5,07 katı değerler verirken, vidalı birleştirmelerde bu değer standart değerinin ortalama 4,12 katı olarak gerçekleşmiştir. Ancak ekonomik açıdan vidalı birleştirme önerilmektedir. Eckelman (2003) tarafından verilen 1/165 değeri için yapılan kıyaslamada ise, hareketli rafların tümünün 165 değerinin altında kalarak başarısız olduğu, sabit rafların ise bu oranın yaklaşık 3 katı üzerinde sonuçlar vererek başarılı olduğu görülmüştür. Hem hareketli hem de sabit tüm raf grupları, standartta verilen yük kaldırıldıktan 1 hafta sonraki kabul edilebilir BSO değeri olan 1/200 oranını yaklaşık 8 kat geçmişlerdir.

Çalışmada denenen sabit raf gruplarının tamamı kontrol grupları da dahil olmak üzere standartlarda ve literatürde verilen kabul edilebilir değerleri karşılamış ve başarılı olmuşlar, hareketli raflardan da MDFLAM grupların bazıları TS 9215 standardını karşılamışlardır. Bunun dışında kalan tüm hareketli raf grupları ilgili standart ve literatürde önerilen kabul edilebilir değerleri yakalayamamış ve başarısız olmuştur. Buna göre, kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda yatay elemanlardan olan rafların, düşey elemanlara mümkün olduğunca sabit birleştirmeli olarak üretilmesi ile sehim probleminin önüne geçilebilecektir. Sabit birleştirmenin uygulanmasının mümkün olmadığı durumlarda, hareketli raflarda sabit birleştirme etkisi verebilecek raf pimi sistemleri geliştirilebilir.

Çalışmada denenen geliştirme yöntemi, rafların panel rijitliği değerlerini düşürmüş ve buna paralel olarak da rafların sehim özellikleri olumsuz etkilenmiştir. Buna göre, geliştirme yöntemi olarak öngörülen, rafın alt yüzeyine kanal açılarak tutkal ile çıta gömme işleminin, gerçekte rafların sehim özelliklerini olumsuz etkilediği anlaşılmıştır. Hatta çıta sayısının dolayısıyla da rafın alt yüzeyine açılan kanal sayısının artması, panel rijitliğini ve sehim özelliklerini daha da olumsuz etkilemiştir. Burada, açılan kanalların yükün uygulandığı rafın üst yüzeyinin tersinde yani alt

yüzeyde olması ve yayılı yorma yükleri altında asal eksenin alt kısmında kalan alt yüzeylerin önemi bir levha yüzeyine paralel çekme etkisinde kalması sehim özelliklerini olumsuz etkilemiştir.

Bu çalışmada hareketli ve sabit rafların sehim miktarları ve BSO değerleri bazı bölümlerde aynı kategoride yer alarak karşılaştırılmış olmasına rağmen, gerçekte bu iki raf tipi standartlara uyulmak suretiyle, farklı yük şiddetleri altında denenmişlerdir. Sabit raflar hareketli raflara kıyasla daha düşük şiddetteki yük değerlerine maruz bırakılmış ve sehim ölçümleri yapılmıştır. Daha makul bir karşılaştırma yapabilmek ve daha objektif sonuçlar alabilmek adına, ileriki çalışmalarda bu iki raf tipinin aynı şiddetteki yükler altında denenmesi ve sehimlerin buna göre alınması daha uygun olacaktır. Ayrıca, bu çalışmada denenen sabit raflarda arkalık paneli kullanılmış olması ve bu arkalık panelinin raflara vidalanması da, sabit rafları hareketli raflara göre çok daha avantajlı duruma getirmiştir. İleriki çalışmalar için, arkalıksız sabit rafların da denenmesi ve hareketli raflarla aynı şiddetteki yükleme koşullarına maruz bırakılarak karşılaştırma yapılması birleştirmelerin etkisinin daha açık ve net bir şekilde görülebilmesini sağlayacaktır. Ayrıca, raf genişliğine göre optimum raf boyunun belirlenmesine yönelik çalışmaların da yapılması gerekmektedir.

Çalışma sonuçları, mobilya tasarımcılarının ve üreticilerinin işini kolaylaştıracak, bu sayede bilimsel veriler ışığında daha bilinçli mobilyalar tasarlanabilecektir. Sonuçta, tasarımın amacına ve fonksiyonuna uygun kutu konstrüksiyonlu mobilyalar üretilmesi mümkün olabilecek ve dolayısıyla da insanların yaşam kalitesi arttırılabilecektir.

Sonuç olarak, mobilyada kalite göstergesi estetik ve sağlamlık olduğundan, geliştirilen yöntemler ve performans testleriyle, ülkemiz mobilya endüstrisinin Avrupa standartları kalitesinde hatta daha kaliteli mobilyalar üreterek ülkemiz ekonomisine katkıda bulunacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim, (2012) Polisan PVAc tutkal bilgi formu 2012
- Anonim, (2015) *Mobilya Ürünleri Meclisi Sektör Raporu 2014*, TOBB, Ankara
- Aslan Emin (2006) *Kutu konstrüksiyonlu mobilyalarda minifiksli köşe birleştirmelerin moment taşıma performanslarının belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Atar M. (1994) *Mobilya endüstrisinde hareketli ahşap dolap rafların sabit yükler altında sehimleri* Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Cassens, D. and Eckelman C. A. (1995)., *Face Holding Strength of Treated Metal Insert in Reconstitued Wood Products*, Forest Products Journal, 35 (3): 18-22
- Danacı, Serdar (2010) *Kılavuz Delik Çap Ve Derinliklerinin Çeşitli Masif Ağaç Malzeme Ve Ahşap Esaslı Levhaların Vida Tutma Mukavemetine Etkileri* Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Eckelman, C. E. (2003) *Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture*. Chapter IV Simplified Methods of Furniture Analysis West Lafayette Indiana.
- Efe, H. (1993)., *Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Ahşap Levhaların Soket-Vida Tutma Yetenekleri 2*. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi, Trabzon, 319-339
- Efe, Hasan (1994) *Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış, Özellikleri*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Efe, H., (1999). “*Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyada Sabit (Yabancı Çıtalı) ve Demonte (Trapez) Köşe Birleştirmelerin Çekme ve Basma Dirençleri*”, Politeknik Dergisi, 2(4): 43-51, Ankara
- Efe, H., Kasal, A.(2000), *Tabla Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Eğilme Direnci Özellikleri*, Teknoloji Dergisi, 4(4) 33-45.
- Efe, H., Kasal, A., Diler, H. (2003)., *Kutu Konstrüksiyonlu Vidalı Mobilya Köşe Birleştirmelerde Eğilme Moment Dirençleri*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 6(1): 97-110.

- Efe, H., Deniz, E., Kasal, A. ve Kuşkun, T. (2007) *Çeşitli Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi*", Politeknik Dergisi, 10(3)
- Efe ve diğerleri *Kutu Konstrüksiyonlu Vidalı Mobilya Köşe Birleştirmelerde Eğilme Moment Dirençleri* AKÜ Fen Bilimleri Dergisi Sayı 6(1), 97-110.
- Efe, H.,Kasal, A., Çağatay K. ve Kuşkun, T. (2012) *T-Tipi Mobilya Birleştirmelerinde Çeşitli Birleştirme Yöntemlerinin Çekme Mukavemetine Etkileri*", Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 2012, 12 (2): 251-260.
- Erdil, Y., Z., Zhang, J., L., Eckelman, C., A., (2002). "Holding Strength of Screws in Plywood and Oriented Stranboard", Forest Product Journal, 52(6) 55-62.
- Fujimoto, Y. and Mori, M(1983). , *Performance Of Wood Screw Joints For Particleboard*, Science Bulletin Of The Faculty Of Agriculture, 38 (1): 45-47.
- Göktaş ve diğerleri (2004) *Ağaç Levhalardan Yapılan Vidalı Birleştirmeli Rafların Yüzeye Dik (Lateral) Yük Taşıma Performansları*, Teknoloji, Cilt 7 Sayı 3 445-453.
- Güntekin, E. (2003), *Montaja Hazır Mobilya Birleştirmelerinin Performansları*, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2: 37-48.
- Hayashi, Y. Eckelman, A.C., *Design of Corner Block With Anchor Bolt Table Joints*, Forest Products Journal, 36(2), 44-48, 1986.
- ISO 7170 (2005) Furniture -- Storage units -- Determination of strength and durability ISO Switzerland
- İmirzi, H.Ö.(2008) *Farklı yapım teknikleri ve değişik kalınlıklardaki levhalar ile üretilmiş kutu tipi mobilyaların mukavemet özellikleri*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 271s
- Jivkov V. (2010) *Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries*, Salsuzburg Üniversty ,Kuchl Austria PTF BPI.
- Kasal, A. (2004), *Masif ve Kompozit Ağaç malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Ankara.
- Kasal, A., Şener S., Belgin M. Ç. ve Efe H., (2006). *Bending Strength of Screwed Corner Joints with Different Materials*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 19 (3), 155-161.

- Kasal, A. (2008)., *Effect of The Number of The Screws and Scriv Size on Moment Capacity of Furniture Corner Joints in Case Construction*, Forest Product Journal, 58(6): 36-44.
- Madriz, C. (1997) *Cost and Strength Analysis of Corner Joints Constructed With Different Fasteners Used in the Kitchen Cabinet Industry*, Yüksek lisans tezi, Purdue University.
- Saltık, B. (2013) *Ofis mobilyasında kullanılan bağlantı sistemlerini araştırılması* Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ozarska, B. ve Harris, G. *Effect Of Cyclic Humidity On Creep Behaviour Of Wood-Based Furniture Panels* Electronic Journal Of Polish Agricultural Universities (10) 1-10.
- Örs, Y., Efe, H., Kasal, A. (2001), *Kutu Konstrüksiyonlu Vidalı Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Çekme Direnci*, Politeknik Dergisi, 4(4) 1-9, Ankara.
- Tankut, N.D., Tankut, A., Eckelman, C. ve Gibson, H., (2003) *Improving the deflection characteristics of shelves and side walls in panel-based cabinet furniture* Forest Products Society J.53(10) 56-64.
- Tankut, A., Tankut, N.D., Gibson, H. ve Eckelman, C. (2003), *Design and testing of bookcase frames constructed with round mortise and tenon joints* Forest Products Society J.53(10) 80-86.
- TS EN 636 (2014) Kontrplak – Özellikler T.S.E. Ankara.
- TS 3891,(1983) Yapıştırıcılar- Polivinil asetat esaslı emülsiyon (ahşap malzeme için), T.S.E. Ankara.
- TS. 9215, (1991), Ahşap Mobilya Mukavemet ve denge deneyleri, T.S.E. Ankara.
- TS ISO 8992, (2008) Bağlama elemanları - cıvatalar, vidalar, saplamalar ve somunların genel özellikleri, T.S.E. Ankara.
- TS 64-1 EN 622-1, (2005) Lif levhalar - Özellikler - Bölüm 1: Genel özellikler, T.S.E. Ankara.
- TS 64-3 EN 622-3, (2005) Lif levhalar - Özellikler - Bölüm 3: Orta sert levhaların özellikleri, T.S.E. Ankara.
- TS EN 310, (1999) Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı Ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini, T.S.E. Ankara.

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

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

URL 2015 <http://www.woodbin.com/calcs/sagulator/> 23 Haziran 2015.

Wan Quan Liu, Eckelman C. A(1999).., “Effect of Number of Fastener on the Strength of Corner Joints For Cases”, Forest Products Journal, 8 (1): 93-95.

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

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Beytullah SAYGILI
Uyruk : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : AFYONKARAHİSAR 25.05.1978
Medeni Hali :Evli
Telefon : 0 505 626 12 25
E-posta : beytullahs@hotmail.com

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	Aydın Mimar Sinan End. Meslek Lisesi	1993
Lisans	Gazi Üniversitesi	1997
Yüksek Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	

İş Tecrübesi

Yıl	Yer	Pozisyon/görev
1997-2014	Didim Mesleki Eğitim Merkezi	Öğretmen ve yönetici
2014-	Söke Özel Eğitim Mesleki Eğt. Mrk.	Öğretmen

Yabancı Dil(ler)

Dil (İngilizce, vs)	Başlangıç	Orta	İleri
Yazma		X	
Konuşma		X	
Anlama		X	
Okuma		X	