

T.C.

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞAÇIŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

BİLGİSAYARLI NÜMERİK KONTROL (CNC)

MAKİNELERİYLE PANEL MALZEMELERDEN

ÜRETİLMİŞ DEMONTE SANDALYELERİN MEKANİK

PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS / TEZİ

TAYCAN ÇAĞDAŞ SAPMAZ

AĞUSTOS 2019

MUĞLA

T.C.

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞAÇIŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

BİLGİSAYARLI NÜMERİK KONTROL (CNC)

MAKİNELERİYLE PANEL MALZEMELERDEN

ÜRETİLMİŞ DEMONTE SANDALYELERİN MEKANİK

PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS / TEZİ

TAYCAN ÇAĞDAŞ SAPMAZ

AĞUSTOS 2019

MUĞLA

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

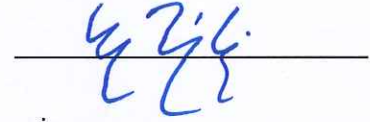
Taycan Çağdaş SAPMAZ tarafından hazırlanan başlıklı tezinin, 29/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Prof. Dr. Yusuf Ziya ERDİL (**Jüri Başkanı**)

Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



Prof. Dr. Ali KASAL (**Danışman**)

Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

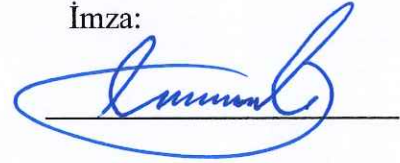
İmza:



Doç.DR Selçuk DEMİRCİ (**Üye**)

Mobilya ve Dekorasyon Bölümü,
Ege Üniversitesi, İzmir

İmza:

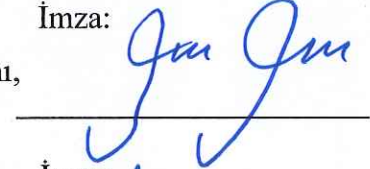


ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Doç. Dr. Ertan ÖZEN

Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

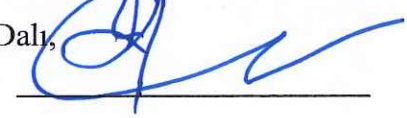
İmza:



Prof. Dr. Ali KASAL

Danışman, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



Dr. Öğr. Üyesi Harun DİLER

II. Danışman, Mobilya ve Dekorasyon Bölümü,
Akdeniz Üniversitesi, Antalya

İmza:



Savunma Tarihi: 29/08/2019

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 yapıldığını da beyan ederim.

Taycan Çağdaş SAPMAZ

29.08/2019



ÖZET

BİLGİSAYARLI NÜMERİK KONTROL (CNC) MAKİNELERİYLE PANEL MALZEMELERDEN ÜRETİLMİŞ DEMONTE SANDALYELERİN MEKANİK PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Taycan Çağdaş SAPMAZ

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali KASAL

Ağustos 2019, 83 sayfa

Mobilya kullanımı ilk çağlardan günümüze pek çok temel ihtiyacı karşılamak amacıyla yapılmıştır. Eski dönemlerde üretilen mobilyalar yapısal özellikleri dikkate alınmadan, deneme yanılma ve gözleme dayalı olarak yapılmaktaydı. Günümüzde mobilya yapımının temelini ise işlevsel tasarım, estetik tasarım ve mühendislik tasarımı oluşturmaktadır. Mobilyada mühendislik tasarımı ve mukavemet analizi kavramları nispeten yeni kavramlar olup, Türkiye dâhil birçok ülkede sistematik olarak uygulanmamaktadır. Dayanımı ve kalitesi yüksek mobilya üretimi için, mobilya mühendislik tasarımı ilkeleri uygulanmalıdır. Bağlantı elemanlarındaki sağlamlık, maliyet ve dayanıklılık sorunu halen yaşanmakta olduğundan bağlantı elemansız birleştirme yöntemlerinin dayanımını araştırmak gerekmektedir. Bu yüzden bu çalışmada bağlantı elemansız birleştirmelerin dayanımları incelenmiştir. Bu çalışmada, daha önce çalışılmamış “bağlantı elemansız” mobilya üretimi konusunda CNC makinelerde işlem görmüş bağlantı elemansız sandalyelerin mukavemetleri belirlenmiş, tasarımı yapılmış sandalyelerin zayıf yönleri ve güçlü yönleri sayısal verilerle belirlenmiştir. Bu verilere göre de geliştirmeler yapılarak bu sandalyelerin yeterli mukavemeti sağlaması için öneriler sunulmuştur. Çalışmanın amacı, CNC makinelerinde seri olarak üretilmiş farklı tiplerdeki bağlantı elemansız sandalyelerin, mühendislik tasarımı yaklaşımıyla ve performans testlerini de

kapsayan ürün mühendisliği yöntemleri kullanılarak performanslarının değerlendirilmesidir. Çalışma kapsamında, bağlantı elemansız 4 farklı sandalye tipi tasarlanmış, üretilmiş ve 3 farklı yönde (önden arkaya, arkadan öne ve yanal) devirli yüklemeler ile test edilmiştir. Sandalyelerin üretiminde 18 mm kalınlığında TS EN 310 standardına uygun yönlendirilmiş yonga levha (OSB), orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) kontrplak (KKP) kullanılmıştır.

Çalışmanın sonucunda, KKP'den üretilmiş deney sandalyelerinin en iyi performansları verdiği, MDF'den üretilen sandalyelerin yanal yöndeki test verileri dışında KKP deney sandalyelerine yakın performans değerleri verdiği anlaşılmaktadır. OSB'den üretilen sandalyelerin performans değerlerinin düşük çıkmasının, OSB malzemesinin mekanik dirençlerinin zayıf olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direnci değerlerinin düşük olması, bu levha türü ile fonksiyonunu güvenilir olarak yerine getirebilen bir taşıyıcı sistem oluşturulamayacağını göstermektedir.

Sonuç olarak, KKP'den üretilen 2 ve 4 numaralı tasarım modelleri ile MDF'den üretilen 4 numaralı model önden arkaya yöndeki yüklemelerde en iyi performansı vermiştir. Yanal yüklemelerde, KKP'den üretilen 3 ve 4 numaralı tasarım modelleri, arkadan öne yüklemelerde MDF'den üretilen 2 ve 4 numaralı tasarım modelleri ile KKP'den üretilen 4 numaralı tasarım modeli en yüksek performansı göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ürün Mühendisliği, Mühendislik Tasarım, Sandalye Performans Testleri, Devirli Basamaklı Artan Yük Metodu

ABSTRACT

EVALUATION OF MECHANICAL PERFORMANCE OF COMPUTERIZED NUMERICAL CONTROL (CNC) MACHINES PANEL MATERIALS

Taycan Çağdaş SAPMAZ

Master of Science (M Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Woodworking Industrial Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali KASAL

August 2018, 83 pages

The use of furniture has been made to meet many basic needs from the early ages to the present day. The furniture produced in ancient times was made on the basis of trial and error and observation, regardless of the structural features. Today, functional design, aesthetic design and engineering design form the basis of furniture making. Furnishing concepts in engineering design and strength analyzes are relatively new concepts and not systematically applied in many countries, including Turkey. For the production of furniture with high strength and quality, the principles of furniture engineering design principles should be applied. Since the strength and durability problems of the fasteners are still experienced, it is necessary to investigate the strength of the fastening methods without fasteners. Therefore, in this study, the strengths of joining without fasteners were investigated. In this study, the strengths of the unassembled chairs, which were processed on CNC machines, were determined with respect to the production of furniture without fasteners, and the weaknesses and strengths of the designed chairs were determined by numerical data. According to these data and suggestions, improvements have been made to ensure sufficient strength of these chairs. The aim of this study is to evaluate the performance of different types of non-fastened chairs which produced in series on

CNC machines by using engineering design approach and product engineering methods including performance tests. Within the scope of the study, 4 different chair types without connection elements are designed, manufactured and tested with 3 different directions (front to back, rear to front and lateral) with rotational loads. In the production of chairs 18 mm thick Oriented Strand Board (OSB) in accordance with TS EN 310 standard, Medium Density Fiberboard (MDF) and Eastern beech (*Fagus orientalis* L.) plywood (KKP) conforming used.

As a result of the study, it is understood that the test chairs produced from KKP are giving the best performances and the chairs produced from MDF give close performance values to the KKP experimental chairs except the lateral test data. It is thought that the low performance values of the chairs produced from OSB are due to the weak mechanical resistance of the OSB material. In particular, the low bending strength, modulus of elasticity and tensile strength perpendicular to the surface indicate that a carrier system cannot be reliably performed with this type of plate.

As a result, design models 2 and 4 made of KKP and model 4 made of MDF gave the best performance in front-to-back loading. In lateral loading, design models 3 and 4 made from ERP, and design models 2 and 4 made from MDF in back-to-front loading and design model 4 made from KKP showed the highest performance.

Keywords: Product Engineering, Engineering Design, Chair Performance Tests, Cyclic Step Incremental Load Method

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez konumun belirlenmesi ve çalışmalarımın tüm aşamalarında bana bilimsel anlamda destek sağlayan, yardımlarını esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Ali KASAL'a, yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım süresince bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli hocalarım Prof. Dr. Yusuf Ziya ERDİL'e, Dr. Öğr. Üys. Harun DİLER ve Öğr. Gör. Emin DOĞAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım boyunca çok değerli yardımlarını gördüğüm Araştırma Görevlisi Tolga KUŞKUN'a gönülden teşekkür ederim.

Deney örneklerinin test aşamasında yardımcı olan Umut KAYMAK, Şeyma AKTÜRK, Bingöl Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Öğr. Gör. Erkan CEYLAN' teşekkür ederim.

Ayrıca bu süreçte ve öğrenim hayatım boyunca maddi manevi yanımda olan, desteklerini ve güvenlerini her an hissettiğim abim Çağatay Candaş SAPMAZ' a, değerli annem Zeliha ÖZSOY' a minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Bu tez çalışması, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi 17/110 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problemin Tanımlanması	5
1.2. Hipotez ve Beklenen Yararlar	6
1.3. Amaçlar	6
1.4. Kapsam ve Yöntem	7
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	8
3. MALZEME VE YÖNTEM	12
3.1. Sandalyelerin Üretiminde Kullanılan Ahşap Esaslı Levhaların Gerekli Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	12
3.1.1. Yoğunluk ve rutubet	14
3.2. Tasarlanan Bağlantı Elemansız Demonte Sandalyeler.....	15
3.3. Tasarlanan Bağlantı Elemansız Sandalyelerin CNC Makinelerde Üretilmesi.....	23
3.3.1. Bağlantı elemansız sandalyelerin teknik çizimleri	23
3.3.2. Bağlantı elemansız sandalyelere ait parçaların CNC makinesinde kesimi	24
3.3.3. Bağlantı elemansız sandalyelerin montajı	26
3.4. Sandalyelere Uygulanan Performans Testleri	28
3.4.1. Önden arkaya yükleme	30
3.4.2. Yanal Yükleme	31
3.4.3. Arkadan öne yükleme	33
3.5. Bağlantı Elemansız Sandalyelerin Performanslarının ALA Deney Yöntemine Göre Değerlendirilmesi	34
4. BULGULAR	36
4.1. Deney Sandalyelerinin Üretiminde Kullanılan Ahşap Esaslı Levhaların Deneylerle Belirlenen Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.....	36
4.2. Deney Sandalyelerinin Ağırlıklarının Ölçülmesi	37
4.3. OSB Deney Sandalyelerinin Performanslarının İncelenmesi	39
4.3.1. OSB deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme performansları.....	39
4.3.1.1. OSB deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri	39

4.3.1.2. OSB deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması	40
4.3.2. OSB deney sandalyelerinin yanıl yükleme performansları	43
4.3.2.1. OSB deney sandalyelerinin yanıl yönde yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri	43
4.3.2.2. OSB deney sandalyelerinin yanıl yönde yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması	45
4.3.3. OSB deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme performansları.....	47
4.3.3.1. OSB deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri	47
4.3.3.2. OSB deney sandalyelerinin arkadan öne yönde yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması	49
4.4. MDF Deney Sandalyelerinin Performanslarının İncelenmesi.....	51
4.4.1. MDF deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme performansları.....	51
4.4.1.1. MDF deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri	51
4.4.1.2. MDF deney sandalyelerinin önden arkaya yönde yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması	52
4.4.2. MDF deney sandalyelerinin yanıl yükleme performansları.....	54
4.4.2.1. MDF deney sandalyelerinin yanıl yönde yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri	54
4.4.2.2. MDF deney sandalyelerinin yanıl yönde yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması	55
4.4.3. MDF deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme performansları.....	57
4.4.3.1. MDF deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri	57
4.4.3.2. MDF deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması	58
4.5. KKP Deney Sandalyelerinin Performanslarının İncelenmesi	61
4.5.1. KKP deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme performansları	61
4.5.1.1. KKP deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri	61
4.5.1.2. KKP deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması	61
4.5.2. KKP deney sandalyelerinin yanıl yükleme performansları	63
4.5.2.1. KKP deney sandalyelerinin yanıl yönde yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri	63
4.5.2.2. KKP deney sandalyelerinin yanıl yönde yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması	64

4.5.3. KKP deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme performansları	66
4.5.3.1. KKP deney sandalyelerin arkadan öne yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri	66
4.5.3.2. KKP deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması	66
4.6. Bağlantı Elemansız Sandalyelerin Performanslarının Karşılaştırılması	68
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
6. KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	83



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1. Model 1 sandalyenin elemanlarına ilişkin ölçüler	18
Çizelge 3. 2. Model 2 sandalyenin parçalarına ilişkin ölçüler	19
Çizelge 3. 3. Model 3 sandalyenin elemanlarına ilişkin ölçüler	20
Çizelge 3. 4. Model 4 sandalyenin parçalarına ilişkin ölçüler	21
Çizelge 3. 5. Azami firelere göre tez çalışmasında kullanılan panel adetleri	24
Çizelge 3. 6. Sandalye deneylerinde çeşitli kullanım düzeyleri için kabul edilir yük değerleri	30
Çizelge 3. 7. Sandalye performans deneylerinde başlangıç yükleri ile yük artış değerleri	30
Çizelge 4. 1. Deneylerde kullanılan ahşap esaslı panel malzemelerin bazı fiziksel özellikleri	37
Çizelge 4. 2. Deneylerde kullanılan ahşap esaslı panel malzemelerin bazı mekanik özellikleri	37
Çizelge 4. 3. Deney modellerinin ağırlık verileri.....	38
Çizelge 4. 4. OSB malzemedен üretilmiş bağlantı elemansız demonte sandalyelerin önden arkaya yüklemedeki performansları.....	41
Çizelge 4. 5. OSB sandalyelerin ALA'ya göre önden arkaya performanslarının değerlendirmesi.....	42
Çizelge 4. 6. OSB malzemedен üretilmiş bağlantı elemansız sandalyelerin yanal yöndeki yükleme performansları	45
Çizelge 4. 7. OSB sandalyelerin ALA'ya göre yanal performanslarının değerlendirmesi.....	46
Çizelge 4. 8. OSB malzemedен üretilmiş bağlantı elemansız sandalyelerin arkadan öne yöndeki yükleme performansları	49
Çizelge 4. 9. Tasarım sandalyelerin ALA'ya göre arkadan öne yönde performans değerlendirmesi.....	50

Çizelge 4. 10. MDF malzemeden üretilmiş bağlantı elemansız sandalyelerin önden arkaya yüklemelerdeki performansları	52
Çizelge 4. 11. MDF sandalyelerin ALA'ya göre önden arkaya performanslarının değerlendirilmesi	53
Çizelge 4. 12. MDF malzemeden üretilmiş bağlantı elemansız sandalyelerin yanal yöndeki yükleme performansları	55
Çizelge 4. 13. MDF sandalyelerin ALA'ya göre yanal yönde performanslarının değerlendirilmesi	56
Çizelge 4. 14. MDF malzemeden üretilmiş bağlantı elemansız sandalyelerin arkadan öne yüklemelerdeki performansları	59
Çizelge 4. 15. MDF sandalyelerin ALA'ya göre arkadan öne yönde performanslarının değerlendirilmesi	60
Çizelge 4. 16. KKP deney sandalyelerinin önden arkaya yüklemelerdeki performansları.....	61
Çizelge 4. 17. KKP deney sandalyelerinin önden arkaya performanslarının değerlendirmesi	62
Çizelge 4. 18. KKP deney sandalyelerinin yanal yöndeki yükleme performansları..	64
Çizelge 4. 19. KKP deney sandalyelerinin yanal yönde performans değerlendirilmesi	65
Çizelge 4. 20. KKP malzemeden üretilmiş bağlantı elemansız sandalyelerin arkadan öne yüklemelerdeki performansları	67
Çizelge 4. 21. KKP sandalyelerin arkadan öne yönde performans değerlendirmesi .	68
Çizelge 4. 22. Deney verilerine göre çoklu varyans analizi.....	69
Çizelge 4. 23. Ahşap esaslı panel türüne göre devirli yük performansı ortalamalarının karşılaştırılması.....	69
Çizelge 4. 24. Sandalye modeline göre devirli yük performansı ortalamalarının karşılaştırılması.....	70
Çizelge 4. 25. Ahşap esaslı panel türü x tasarım modeli ikili etkileşimine göre devirli yük performansı ortalamalarının karşılaştırılması.....	71

Çizelge 5. 1. OSB'den üretilen sandalyelerin ALA'ya göre genel test verileri.....	73
Çizelge 5. 2.MDF'den üretilen sandalyelerin ALA'ya göre genel test verileri.....	74
Çizelge 5. 3.KKP'den üretilen sandalyelerin ALA'ya göre genel test verileri.....	75



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Eğilme dayanımı tayini deney düzeneği (yüzeye dik).....	13
Şekil 3. 2. Eğilme dayanımı tayini deney düzeneği (yüzeye paralel)	14
Şekil 3. 3. Model 1 sandalyenin parça net resmi ve ölçüleri.....	15
Şekil 3. 4. Model 2 sandalyenin parça net resmi ve ölçüleri.....	16
Şekil 3. 5. Model 3 sandalyenin parça net resmi ve ölçüleri.....	16
Şekil 3. 6. Model 4 sandalyenin parça net resmi ve ölçüleri.....	17
Şekil 3. 7. Model 1 sandalyenin montaj net resmi ve ölçüleri	18
Şekil 3. 8. Model 2 sandalye montaj net resmi ve ölçüleri	19
Şekil 3. 9. Model 3 sandalye montaj net resmi ve ölçüleri	20
Şekil 3. 10. Model 4 sandalye montaj resmi ve ölçüleri	21
Şekil 3. 11. 4 farklı modeldeki sandalyelerin kayıt birleştirme detayı.....	22
Şekil 3. 12. CAD programında sandalye tasarım ve panel yerleşimi aşaması.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3. 13. CAD programında azami fire verecek şekilde sandalye parçalarının kesim için panel malzeme üzerine yerleştirilmesi (örnek)	24
Şekil 3. 14. 3 eksenli CNC freze kesim işlemi (a), işlem aşamasında kontrol paneli (b)	25
Şekil 3. 15. Demonte sandalye montaj görüşleri.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3. 16. Kodlama örnek anlatım.....	27
Şekil 3. 17. Sandalye model numaraları.....	27
Şekil 3. 18. Gerçek kullanım koşullarında (a) ve devirli basamaklı yükleme metodunda (b) yaşam eğrisi ile ilk kesişim noktası	29
Şekil 3. 19. Önden arkaya yükleme performans testi.....	31
Şekil 3. 20. Arkadan öne yükleme performans testi	34
Şekil 3. 21. Yanal yönde yükleme performans testi.....	32

Şekil 4. 1. Ahşap esaslı panel malzemelerin rutubet ve yoğunluk deneyleri numuneleri.....	36
Şekil 4. 2. Ahşap esaslı panel malzemelerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyleri.....	36
Şekil 4. 3. Deney sandalyelerinin ağırlıklarının hassas kantar ile ölçülmesi	38
Şekil 4. 4. Önden arkaya yönde yükleme yapılmış deney sandalyelerinin genel deformasyon görünüşü (a) ve deforme olan bağlantı görüntüsü (b)	40
Şekil 4. 5. Önden arkaya yönde OSB'den üretilen sandalyelerin performansı	42
Şekil 4. 6. Yanal yönde yükleme yapılmış deney sandalyelerinin genel deformasyon görünüşleri.....	44
Şekil 4. 7. Yanal yönde OSB'den üretilen sandalyelerin performansı	47
Şekil 4. 8. Arkadan öne yönde yükleme yapılmış deney sandalyelerinin genel deformasyon görünüşleri.....	48
Şekil 4. 9. Arkadan öne yönde OSB'den üretilen sandalyelerin performansı	51
Şekil 4. 10. MDF'den üretilen deney sandalyelerinin önden arkaya yönde genel deformasyon görünüşleri.....	52
Şekil 4. 11. ALA'ya göre önden arkaya yönde MDF'den üretilen sandalyelerin performansı.....	54
Şekil 4. 12. MDF'den üretilmiş deney sandalyelerinin yanal yönde genel deformasyon görünüşleri.....	55
Şekil 4. 13. Yanal yönde MDF'den üretilen sandalyelerin performansı.....	57
Şekil 4. 14. MDF'den üretilmiş deney sandalyelerinin arkadan öne yönde genel deformasyon görünüşleri.....	58
Şekil 4. 15. Arkadan öne yönde MDF'den üretilen sandalyelerin performansı.....	60
Şekil 4. 16. Önden arkaya yönde KKP'den üretilen sandalyelerin performansı	63
Şekil 4. 17. MDF'den üretilmiş deney sandalyelerinin arkadan öne yönde genel deformasyon görünüşleri.....	64
Şekil 4. 18. Yanal yönde KKP'den üretilen sandalyelerin performansı	66

Şekil 4. 19. Arkadan öne yönde KKP'den üretilen sandalyelerin performansı 68



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

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

Semboller	Açıklama
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
cm	Santimetre
mm	Milimetre
E	Eğilme elastikiyet modülü, (N/mm^2)
F	Kuvvet, (N)
F_{maxe}	Eğilme deneyinde kırılma anındaki kuvvet, (N)
gr	Gram
m_0	Tam kuru ağırlık, (g)
m_r	Rutubetli (hava kurusu) ağırlık, (g)
N	Newton
r	Rutubet miktarı, (%)
V_0	Tam kuru hacim, (cm^3)
V_r	Rutubetli (hava kurusu) hacim, (cm^3)
v	Varyasyon katsayısı
δ_0	Tam kuru yoğunluk, (g/cm^3)
δ_r	Rutubetli (hava kurusu) yoğunluk, (g/cm^3)
X	Ortalama değer

Kısaltmalar	Açıklama
ALA	American Library Association (Amerikan Kütüphane Derneği)
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAM	Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli Üretim)
CAE	Computer Aided Engineering (Bilgisayar Destekli Mühendislik)
SEM	Sonlu Elemanlar Metodu
TS	Türk Standartları
CNC	Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Nümerik Kontrol)



1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi kadar eskiye dayanan mobilya kullanımı pek çok temel ihtiyacı karşılamak amacıyla yapılmıştır. İnsanoğlu yemek için masa, uyumak için yatak, dinlenmek için sandalye, depolamak için dolap gibi ihtiyaçlarını mobilya sayesinde karşılamıştır. İlk zamanlarda üretilen mobilyalar yapısal özellikleri dikkate alınarak değil de, uzun deneme yanılma yöntemleri ve gözleme dayalı olarak yapmaktaydılar. Böylelikle nesilden nesile aktarılan bilgiler ve deneyimler köklü değişiklik olmadığı sürece mobilya yapımının temellerini oluşturmuştur. Tasarlanan mobilyaların kullanılabilirlikleri geçmiş deneyimlere göre yargılanmıştır (Eckelman, 1966).

İnsan yapısı gereği çevresinde bulunduğu koşulları şekillendirme, değiştirme, kullanım ve geliştirme güdüsüyle hayatına devam eder. Bu nedenle ortaya çıkan üç tasarım alanı vardır. Tasarım alanlarından ilki olan işlevsel tasarım, mobilyanın ne için kullanılacağına, mobilyadan beklentinin ne olduğunun belirlenmesidir. İkinci olarak estetik tasarım ise, kullanıcı beklentilerinin, moda ve kültürel yapının etkisi ile renk, biçim, doku vb. özelliklerin belirlenmesi ile oluşan sanatsal yaklaşımdır. Üçüncü tasarım alanı olan mühendislik tasarımı da, mobilyada malzeme seçiminin, ergonomik ölçülerin, üretim teknolojilerinin ve imalat tekniklerinin en uygun biçimde belirlenmesi işlemleridir (Efe, 1994).

Günümüzde hem fizyolojik hem de kültürel ihtiyaçları karşılamaya yönelik olarak kullanılan mobilyalar, insan hayatında önemli bir yere sahiptir. Mobilya taleplerinin artması, yeni malzemelerin ve teknolojilerin gelişmesi, üretici firmaların çoğalması sonucunda mobilya ve mobilya grupları eskisi kadar pahalı bir ihtiyaç olmaktan çıkmıştır. Ayrıca, mobilyalar ve/veya mobilya grupları, eskiden olduğu gibi fonksiyonlarını tamamen yitirinceye dek kullanılmamakta olup, moda, psikolojik ihtiyaçlar, hızlı değişen talep ve zevkler vb. etkiler nedeniyle daha sık değiştirilmektedir. Bu gerekçeler dolayısıyla, çok dinamik bir sektör olduğu anlaşılan mobilyanın, her geçen gün talep oranları kitleler bazında çoğalmakta, mobilya ihracatı da buna paralel olarak giderek artan bir eğilim göstermektedir. Bu durum, mobilyaların demonte olarak tasarlanmasını ve üretilmesini zorunlu kılmıştır.

Demonte olarak üretilen mobilyalarda, üretim kolaylığı, nakliye ve depolama maliyetlerinde düşüş, servis hizmetleri (tamir bakım) ve yerinde montaj kolaylığı gibi önemli avantajlar sağlanmaktadır. Demonte olarak üretilmiş mobilyalar portatif olduklarından montaj işlemi mobilyanın kullanılacak olduğu yerde yapılabilmektedir. Sabit mobilyalar, sökülmüş olarak depolanmış demonte olanlara göre daha çok yer kaplayacağından dolayı nakliye veya depolama maliyeti daha yüksek olacaktır. İmalatçılar ve satıcılar açısından önemli olan depolama ve nakliye giderleri azaltıldığı için demonte ürünler tercih edilirler.(Kasal, 2004)

Demonte birleştirme imkânı sağlayan mekanik bağlantı elemanları her tür mobilya konstrüksiyonlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, bu bağlantı elemanlarıyla ilgili üç temel sorun ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlar, estetik sorunlardan kaynaklı, maliyetten kaynaklı ve diğeri teknik sorunlardır. Geçmişte üretilen birçok bağlantı elemanı mobilya yüzeylerinde, yanlarında veya kalınlıklarında görünmekte ve bu durum mobilyanın estetik değerini düşürmektedir. Son yıllarda teknoloji ve ürün tasarımıındaki gelişmeler sayesinde, demonte bağlantı sağlayıp aynı zamanda mobilyaların görünmeyen kısımlarında görev yapan çok kaliteli ve çeşitli bağlantı elemanları üretilmiştir. Bir başka ifadeyle, estetik sorunlarla ilgili durum büyük ölçüde ortadan kalkmıştır. Ancak, bu birleştirme elemanlarının sağlamlığı ve dayanıklılığı ile ilgili teknik sorunlar halen yaşanmaktadır. Mobilya üretimi yapan birçok firma, kullanıcılardan aldığı olumsuz geri dönüşler nedeniyle, bu bağlantı elemanlarıyla üretilen mobilyaların mukavemet özelliklerinin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar yapmaktadır. Ancak, firmalarda Ar-Ge kültürü henüz yeterli düzeyde yerleşmemiş ve AR-GE çalışmalarına hak ettiği önem verilmediğinden, bu tarz çalışmalar sistematik bir bilimsel bakış açısına sahip değildir. Kısaca, araştırma geliştirme birimlerinin başarısı için sistematik, ciddi bilimsel yaklaşımlar gerekli olup, performans testlerini de kapsayan ürün mühendisliği metodolojilerinin ciddiyetle uygulanması gerekmektedir. Bu bağlamda, üniversite – sanayi işbirliğinin ne kadar gerekli olduğu ve bu işbirliklerinin geliştirilmesinin gerekliliği açıkça görülmektedir.

Teknolojinin ilerlemesiyle bilgisayar kontrollü tezgahların kullanımı her geçen gün artmaktadır. 1950’li yıllarda nümerik programlamaya göre çalışan ve bu sisteme göre işlem yapan NC (Numerical Control/ Sayısal Kontrol) tezgahların endüstride kullanılmasına başlanmıştır. Ardından NC tezgahların bilgisayar ile donatılmasıyla

ortaya CNC (Computer Numerical Control / Bilgisayarlı Sayısal Kontrol) tezgahlar çıkmıştır. Her geçen gün kullanımı artmakta olan CNC makineler elektronik ve yazılım teknolojisinin gelişmesiyle daha ucuz hal almaktadır.

1980’li yılların başlarından itibaren CNC makinelerin sistemleri kolaylaşmış, hammadde halindeki malzemenin en doğru ve hızlı şekilde imalatının yapılması hedeflenmiştir. Tasarım aşamasında ve sonrasında üzerindeki değişiklikler sayesinde birçok yeni tasarım örnekleri ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda tasarımı yapılan ürünün doğruluk kontrolü için analiz ve simülasyon imkanları da sunulmuştur. Bu imkan sayesinde zamandan ve maliyetlerden tasarruf yapılması sağlanmıştır.

İmalatta bilgisayarların, parça tasarımının ortaya çıkarılması, revize edilmesi, analiz ve tasarımın optimizasyonu gibi işlerde kullanılması CAD (Computer Aided Design / Bilgisayar Destekli Tasarım) olarak adlandırılır. CAM (Computer Aided Manufacturing) ise, bilgisayar sistemlerinin planlama, yönetme ve bir imalat işleminin kontrolünün doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılmasıdır. CAD/CAM sistemleri, en zor tasarımların bile kolayca yapılabilmesine, kontrolün doğru ve sağlıklı bir şekilde yapılabilmesine ve parçanın üretime hazır hale getirilmesine olanak sağlar.

İnsan hayatındaki tüketim artışından dolayı zaman ve iş gücü tasarrufu ile CNC tezgâhlar günümüzde daha çok kullanılmaya başlamıştır. İmalat endüstrisinin iş hacminin yükselmesi daha hassas, daha çok ve daha kaliteli ürünlere olan ihtiyacı artırdığından günümüzde birçok ürün CNC tezgâhları kullanılarak üretilmektedir.

CNC, G veya M kodlarından oluşan programlar vasıtasıyla çalışır. CAD programlarında tasarımı yapılan ürünler, CAM programlarında kodlamaya dönüştürülebilir. Program ile istenilen işlevi yerine getirerek binlerce ve hatasız işleri sırasıyla gerçekleştirmektedir. Bu işlemleri gerçekleştirirken belirli aşamalardan geçmektedir. Her bir adımda üzerindeki program komutlarını icra ederek gerekli işlemleri yerine getirmek suretiyle istenilen işlevlerin yapılması CNC makineler tarafından sağlanmaktadır.

Mobilya kullanım amacına uygun olduğu kadar estetik bir tüketim ürünü olarak tanımlanabilir. Mobilya kullanılacak olduğu alandaki kullanım görevine uygun olmasının yanında estetik açıdan da beklentileri karşılamalıdır. Ayrıca mobilya, malzeme ve üretim gereklilikleri bakımından ekonomik olmalı ve yapısal (mühendislik) tasarımı da kullanıcıyı tatmin etmelidir. Buna göre ürün mühendisliği, geniş kapsamlı mobilya tasarım sürecinin vazgeçilmezidir (Erdil, 1998).

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, eleman ölçülerinin ve birleştirme konstrüksiyonlarının belirlenmesinde 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 mühendislik tasarımı muhtemel yüklerin analizi ile başlar. Muhtemel yüklerin analizinde mobilyaların kullanım esnasında karşılaşılabilecek yükler kararlaştırılır. Ardından muhtemel elemanların tahmini boyutlarının çıkarılması ve düzeneğin hazırlanması ile devam eder. Dış kuvvetlerin etkisi altında iken oluşan iç kuvvetlerin büyüklük ve dağılımı analizleri yapılır. Sonraki aşamada ise; deney yapısı tekrar düzenlenir ve hiçbir elemanda gereğinden fazla gerilme kalmayınca kadar işlemler tekrar edilir. Son aşama olarak da mobilyanın kullanım esnasında üzerine alacağı dış kuvvetler ile bu yükleri meydana getireceği iç kuvvetleri güvenle taşıyacağı bir konstrüksiyonun tasarımı yapılır (Eckelman, 1991).

Mobilya mühendislik tasarımının son aşaması performans testleridir. Bu testlerin amacı, yapılan ürünün seri üretim hattına girmeden, tüketiciye sunulmadan önce değişiklikleri ve geliştirmeleri yapabilmesi için tasarımcıya geri besleme sağlamaktır. Diğer bir ifade ile performans testleri, mobilyanın kullanıcıya sunulmadan önce, mühendislik sürecinin son aşamasıdır. Performans deneyleri, ürünün tasarlandığı fonksiyonları yerine getirip getirmediğini anlamak için önleyici kullanım deneyleri olarak ifade edilebilir (Erdil, 2002).

1.1. Problemin Tanımlanması

Günümüz itibari ile Türkiye’de mobilya üretiminde iç pazar isteği neredeyse tamamıyla karşılanabilmektedir. Ayrıca, coğrafi konumu ve dinamizmi nedeniyle Türkiye, öncelikle Avrupa ülkeleri olmak üzere ilişkili olduğu tüm ülkelere ürünlerini pazarlayabilecek durumdadır. Ancak, istenen bu durumun gerçekleşebilmesi için, üretilen ürünlerde sürekli bir kalite düzeyinin yerleştirilmesi gerekmektedir. Amaçlanan kalite düzeyinin yerleştirilebilmesi ise bilimsel ve teknik yaklaşımlar gerektirir. Kalitenin temel göstergelerinden bir tanesi de uluslararası kabul görmüş standartlara uyum olarak ifade edilebilir. Dayanımı ve kalitesi yüksek mobilya üretimi için, mobilya mühendislik tasarımı ilkeleri uygulanmalıdır. Böylelikle ürün müşteriye ulaşmadan karşılaşılabilecek sorunlar ortadan kaldırılabileceği için müşteri memnuniyeti ile birlikte kalite de müşteriye sunulmuş olacaktır (Ceylan, 2018).

Günümüz mobilya sektöründe, mobilya tasarımının vazgeçilmez bir aşaması olan mühendislik tasarımı ülkemizde ve dünyada henüz sistematik olarak uygulanmamaktadır. Bunun sonucu olarak da birçok mobilya tasarımı yeterli sağlamlıkta olmadığından kullanımı sırasında görevlerini yerine getirememekte ve kullanılamaz hale gelmektedir. Bazı tasarımlar ise karşılaşılabileceği yüklerden çok daha fazlasını taşıyacak sağlamlıkta üretilmekte ve bu durum hem ekonomik hem de estetik sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Özellikle bu sorun sandalye imalatında çok fazla karşılaşılmaktadır. Tasarlanan ve imalatı yapılan sandalyelerde, dayanıklılık, sağlamlık, ekonomik olmama gibi teknik sorunlar, bunun yanında da gereğinden büyük kesitler ve gereksiz destekleyici/güçlendirici elemanlarına bağlı estetik açıdan sorunlar yaşanmaktadır. Bağlantı elemanlarındaki sağlamlık, malzemet ve dayanıklılık sorunu halen yaşanmakta olduğundan bağlantı elemansız birleştirme yöntemlerinin dayanımını araştırmak gerekmektedir.

Orman kaynaklarının azalması, masif ağaç malzemenin fiyatlarının yüksek olmasına neden olmaktadır. Genel itibariyle masif ağaçtan üretilen sandalye parçalarının daha maliyetli olduğu aşıkardır. Masif ağaç yerine daha uygun fiyatta olan ahşap esaslı levhalar kullanılabilirse ürün maliyetleri oldukça düşecek ve bu sayede orman kaynaklarının da daha fazla azalmasının önüne geçilmiş olunacaktır.

CNC makineler günümüzde kullanımının artması ve üreticiye sağladığı avantajlar küçümsenemez. Orta büyüklükteki bir işletmede sandalye imalatı yapmak için belirli makinelere, kalıplara, şablonlara ve kalifiye çalışanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Buna karşı CNC makinelerde kalıp, şablon ve kalifiye çalışana ihtiyaç duyulmamaktadır. Bir başka avantajı ise, CNC makinelerin çok hassas ve birbiri ile aynı ürünleri seri bir şekilde üretebilmesidir. Bu üretim şekli ile fire oranları da oldukça düşürülecektir. Böylelikle üretim hızı artacak ve ürün maliyetlerinde düşüş sağlanacaktır.

Bu çalışmada kullanılan sandalyelerin demonte olarak üretilmesi de ayrıca bir avantaj sağlamaktadır. Demonte ürünlerde depolama ve nakliye kolaylığından kaynaklı olarak üreticilerin ve satıcıların maliyetlerini düşürülmesi hedeflenmektedir.

Bu tezin literatür taraması sonucunda daha önce CNC makineleriyle panel malzemelerden üretilmiş bağlantı elemansız demonte sandalyelerin mekanik performanslarının incelenmediği görülmüştür. Bu çalışma da demonte olarak panel malzemelerden üretilen bağlantı elemansız sandalyelerin dayanım yüklerini ölçmemize ve bu ölçümler baz alınarak mühendislik tasarımının uygulanmasına katkı sağlamak amaçlanmıştır. Bu yüzden bu çalışmada bağlantı elemansız birleştirmelerin dayanımları incelenecektir.

1.2. Hipotez ve Beklenen Yararlar

Bu çalışmanın hipotezi, “ahşap esaslı panellerden, bilgisayarlı nümerik kontrol (CNC) makineleriyle, yeterli mukavemete sahip bağlantı elemansız sandalyeler tasarlanabilir ve üretilebilir” olarak belirlenmiştir.

1.3. Amaçlar

Bu çalışmanın amacı, CNC makinelerinde MDF, OSB ve kayın kontrplak malzemelerinden seri olarak üretilmiş farklı tiplerdeki bağlantı elemansız demonte sandalyelerin, ALA performans testleri yüklerine göre de ürün mühendisliği yöntemleri kullanılarak performanslarının değerlendirilmesidir. Bu amaca ulaşmak için belirlenen hedefler:

- Bağlantı elemansız 4 farklı sandalye modeli tasarımının yapılması,
- Bağlantı elemansız toplam 108 sandalyenin CNC makinelerinde üretilmesi,
- Sandalyelerin mukavemetlerinin ALA'ya göre kabul edilebilir değerlerin test edilmesi,
- Sandalyelerin, performans testlerindeki deformasyon karakteristiklerine göre zayıf ve güçlü noktalarının belirlenmesi,
- Belirlenen zayıf noktalar dikkate alınarak, geliştirici optimizasyon önerilerinin yapılmasıdır.

Çalışmanın sonucunda, üretilen bağlantı elemansız demonte sandalyelerin, performans testlerini de kapsayan ürün mühendisliği yöntemleri ile mukavemet özellikleri değerlendirilmesi ve arzu edilen performans değerlerini karşılamaları için mukavemet geliştirici optimizasyon önerileri yapılması amaçlanmıştır.

1.4. Kapsam ve Yöntem

Çalışma kapsamında, bağlantı elemansız 4 farklı sandalye tipi tasarlanmış, üretilmiş ve 3 farklı yönde (önden arkaya, arkadan öne ve yanal) devirli yüklemeler ile test edilmiştir. Sandalyelerin üretiminde 18 mm kalınlığında yönlendirilmiş yonga levha (OSB), orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve kayın kontrplak (KKP) olmak üzere 3 farklı ahşap esaslı panel kullanılmıştır. Sonuç olarak, 4 sandalye tipi, 3 farklı ahşap esaslı levha, 3 farklı yönde test ve her bir gruptan 3 yinleme olacak şekilde toplam 108 sandalye üretilmiş ve test edilmiştir. Çalışmada belirlenen amaca ulaşmak için uygulanan aşamalar sırasıyla:

- Literatür incelemesi yapılması
- Bağlantı elemansız demonte sandalye modellerinin tasarlanması,
- Bağlantı elemansız demonte olarak tasarlanan sandalye modellerinin teknik çizimlerinin yapılması ve CNC makinelerinde kesilebilecek formata getirilmesi,
- Bağlantı elemansız sandalye modellerinin CNC makinelerinde üretilmesi ve montajının yapılması (3 ahşap esaslı panel ve 4 tasarım olmak üzere 12 model x 3 yükleme yönü x 3 yinleme = 108 sandalye)

- Sandalyelerin ALA ev içine göre performans testlerinin yapılarak mukavemetlerine ilişkin sayısal verilerin elde edilmesi,
- Sandalyelerin performanslarının ALA spesifikasyonunda verilen kabul edilebilir mukavemet değerlerine göre karşılaştırılması ve değerlendirilmesidir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Mobilya mühendisliği alanında yapılmış olan geçmiş çalışmalar incelendiğinde, çerçeve ya da kutu konstrüksiyonlu mobilyaların mukavemet tasarımı, performans testleri ve değerlendirilmesi, yapısal analizleri gibi konularda pek çok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Özellikle tutkallı ya da mekanik bağlantılı demonte mobilyaların ve/veya birleştirmelerinin tasarımı ve performansına ilişkin çalışmaların geniş ölçüde gerçekleştirildiği dikkat çekmektedir. Son yıllarda ayrıca, bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ve her alanda olduğu gibi bu alanda da kullanılmaya başlanması sayesinde, mobilya mukavemet tasarımında sonlu elemanlar metodu ile yapısal analiz çalışmalarının da yaygınlaştığı görülmektedir. Geçmişte, çeşitli yüklere maruz kalan katı cisimlerde oluşan gerilmeler ve bu yükler sebebiyle oluşan deformasyonlar ve yer değiştirmeler, kesit geometrisinde meydana gelen değişimler, mevcut yükler altındaki elemanların ve birleştirmelerin güvenle görev yapip yapmayacağı, meydana gelen yer değiştirme ve biçim değiştirmelerin kabul edilebilirliği, mühendisler ve fizikçiler tarafından analitik yöntemlerle çözülmeye çalışılmıştır. Ancak günümüzde, daha önceden de belirtildiği gibi, bilgisayar destekli üç boyutlu yapısal analizler bu süreçleri çok daha kolay, hızlı ve güvenilir hale getirmiştir. Kullanım yükleri altında, tasarlanan mobilya sistemindeki gerilme dağılımının istenilen sınır değerlerinin altında kalması sağlandıktan sonra, var olan yükleri taşıyacak optimum eleman ölçülerinin ve birleştirmelerin tasarımının sağlanması mühendislik tasarımı açısından önemlidir (Kasal, 2007).

Eckelman (1966), mobilya mukavemet tasarımında, mobilya üzerinde etkili olacak yüklerin belirlenmesi, bu yüklerin mobilya üzerinde neden olacakları kuvvet

hareketlerinin analizi ile mobilya elemanlarına ve birleştirme noktalarına gelen gerilmelerin analizinin önemini vurgulamıştır.

Eckelman (1988a,b), performans deneyleri temelindeki ana etmenleri analiz ederek sandalye, masa, koltuk ve kutu mobilyalardaki yapısal performans deneyi yöntemlerini anlatmıştır.

Eckelman (1991), bir çalışmasında mobilya mühendislik aşamalarını anlatmıştır. Buna bağlı olarak mobilya mühendislik tasarımının ne kadar önem teşkil ettiğini açıklamıştır.

Gustafsson (1996), huş odunundan hazırlamış olduğu sandalyenin kullanım esnasında karşılaşacağı çeşitli yüklere karşı mukavemetini ölçmüş, daha sonrasında ise aynı sandalyeyi örneğini modelleyerek sonlu elemanlar metodu ile aynı yüklere karşı bazı noktalarındaki gerilmeleri de ölçmüştür. Analiz verileri ile deney verileri arasında anlamlı bir benzerlik olduğunu bildirmiştir.

Eckelman ve Zhang (1995), döşemeli mobilyaların mühendislik tasarımında kullanılan GSA (General Services Administration Performance Test Method for Upholstered Furniture) test modunu tanıtarak, evrensel düzeyde kabul edilebilir performans deney yöntemi için gerekli faktörleri ve kavramları tartışmışlardır.

Gustafson (1997), sandalye çerçevelerinde oluşan iç kuvvetleri analiz etmenin oldukça zor olduğunu fakat bu sorunun sonlu elemanlar metodu kullanılarak azaltılabilmenin mümkün olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında dışbudaktan sandalye çerçeveleri hazırlayarak sonlu elemanlar metodu ile nasıl analiz edileceğini ve tasarlanacağını göstermiş ayrıca elde ettiği sonuçları test sonuçları ile karşılaştırmıştır. Sandalye çerçevelerinin modern bilgisayar yöntemleri kullanarak analiz edilebileceği belirtilmiştir.

Eckelman (1999), devirli basamaklı yük yöntemini (cyclic stepped increasing load method) tanıtır, bu yöntemi kullanarak geliştirilmekte olan bir kısım sandalye performans deneylerini ve kabul edilebilir yük değerlerini vermiştir.

Eckelman ve Erdil (2001), döşemeli koltuk ve kanepeler için geliştirilmiş olan performans deney yönetiminin (FNAE 80-214) içeriğini ve bu yöntemin kullanılabilmesi için oluşturulacak laboratuvarında kullanılacak donanımsal gereksinimleri tanıtmışlardır. Ayrıca, uygulama durumunu göstermesi amacıyla;

hafif, orta ve ağır kullanımları gösteren kabul edilebilir yük değerlerini belirtmişlerdir.

Haviarova ve diğerleri (2001), gelişmekte olan bazı ülkelerde okul sandalye ve sıralarının pahalı ve uygunsuz tasarlandığını belirterek, lamine ahşap malzemede ve kontrplaktan öğrenci sandalyesi tasarlamışlardır. Tasarladıkları bu sandalyelerin hali hazırda kullanılanlara göre mukavemetinin daha sağlam olduğunu ve maliyetlerinin daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Yine bu çalışmada lamine ahşap malzemelerden yeterli sağlamlıkta okul mobilyası üretebildiklerini kanıtlamışlardır.

Kasal ve diğerleri (2007), tutkalsız-vidalı olarak birleştirilmiş ahşap ve kompozit malzemelerin üç farklı yan çerçeve tipi oluşturularak deneysel ve sonlu elemanlar analizini yapmışlardır. Deney sonuçlarına göre, üç farklı yan çerçeve tipi ile oluşturulmuş koltuk iskeletleri farklı mekanik özellikler göstermişlerdir ve sonlu eleman analizinin anlamlı değerler verdiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak mobilyalarda kritik noktaların birleştirmeler olduğunu, eğilme direnci yüksek malzemelerle daha mukavemetli birleştirmeler yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Kılıçalp (2007), sonlu elemanlar metodu ile kutu mobilyalarda kullanılan bazı modeller bağlantı elemanlarının direnç özelliklerini incelemiştir. Deney sonuçları ile sonlu eleman analizinden elde edilen deformasyon miktarları arasında uyum gözlemlenmiştir. Doğu kayını odunu daha fazla direnç gösterdiğinden çift çektermeli bağlantı elemanı ile birlikte kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Laemlaksakul (2008), mobilya tasarımındaki en önemli gereklilikler güç ve dayanıklılık olduğunu belirtmiştir. Güç ve dayanıklılığı belirleyen sayısal bir yöntem başarılı bir şekilde geliştirilmiş ve sandalyelerin kalite kontrol ve yapısal tasarımı için kullanılmaktadır. Bu çalışmada statik ve dinamik yüklemeler altında lamine bambu sandalyelerin dayanıklılık testi analizi değerlendirilmektedir. ISO 7173 sayısal modeli (Mobilya – Sandalye ve Tabureler – Güç ve Dayanıklılığın incelenmesi), yapısal hataları, örnek testlerin maliyetini ve süreci azaltmak için lamine bir ürüne sanal test yapılmasını içerir. Simülasyonlar doğrusal olmayan dinamik sonlu elemanlar (FE) yazılımını içerir. Sanal testler, lamine bambu sandalye tasarımının geliştirilmesini sağlamıştır.

İyiiiş (2009), kutu tipi mobilyalarda kavelalı ve kavelalı-vida köşe birleştirmelerin moment taşıma performanslarının analizini sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak

yapmıştır. Deneylerde malzeme olarak yonga levha ve lif levha (MDF), yapıştırıcı olarak polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır. Deney örnekleri statik yük altında diyagonal basınç ve diyagonal çekme testlerine tabi tutulmuştur. Deney sonuçlarına göre MDF ile üretilen kavelalı-vidalı köşe birleştirmelerin daha fazla yük taşıdığı bulunmuştur. Sonlu elemanlar metodu ile elde edilen sonuçların deney sonuçları ile örtüştüğü ortaya koyulmuştur.

Koç ve diğerleri (2010), sonlu elemanlar yönteminin ağaç malzemede kullanmanın zorluklarını incelemiş, bu bağlamda yaptıkları testleri sonlu elemanlar programıyla yaptıkları testlerle karşılaştırmışlardır.

Yapılan literatür incelemesi sonucunda, bu çalışmada vurgulanmaya çalışılan “bağlantı elemansız ve demonte” mobilya üretimi konusunda herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. İncelenen çalışmalar genellikle, tutkallı ya da mekanik bağlantı elemanlı demonte mobilyaların ve/veya birleştirmelerin yapısal özelliklerinin ve çeşitli yüklemeler karşısındaki performanslarının belirlenmesine ve değerlendirilmesine yöneliktir. Bu bağlamda, bağlantı elemansız mobilya kavramı hem ulusal hem de uluslararası anlamda özgün bir kavram olarak görünmekte olup, bu yaklaşıma uygun mobilyaların tasarlanması, üretilmesi ve mukavemet açısından gösterdikleri performansların belirlenmesi, bu kavramın mobilya sektörüne tanıtılması, kazandırılması ve yaygınlaştırılması adına son derece önemlidir. Bağlantı elemansız mobilya yaklaşımı, sektörde tasarımcı ve üreticilere hem teknik hem de ekonomik anlamda birçok avantajlar sağlayacaktır. Bu nedenle, bu çalışma bağlantı elemansız mobilya yaklaşımına yönelik çalışmaların birincisi olması adına önemli bir çalışma olup, bu çalışmanın başarısı, gelecekte bu konuda yapılacak çalışmalar için teşvik edici ve tetikleyici olma özelliği taşımaktadır. Bu çalışmanın kapsamı, sadece bağlantı elemansız sandalye tasarımı, üretimi ve performans değerlendirmeleri ile sınırlandırılmış olup, gelecekte özellikle bu yaklaşımın döşemeli oturma mobilyalarının iskeletlerinin üretimine uyarlanabilmesine ilişkin yapılabilecek çok geniş kapsamlı ve yaygın etkisi çok yüksek olabilecek çalışmalar yapılabilmesi adına bir ön çalışma niteliği taşımaktadır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Sandalyelerin Üretiminde Kullanılan Ahşap Esaslı Levhaların Gerekli Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

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

Bu çalışmada, deneylerde kullanılan ahşap esaslı malzemelerin yüzeye dik (Şekil 3.1) ve yüzeye paralel (Şekil 3.2) eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri (TS EN 310) ilgili standartta belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir. Deney örnekleri, boyutlar 410 x 50 x 18 mm olacak şekilde 10'ar adet hazırlanmıştır.

Mesnet (destek) açıklıkları (L_s) 360 mm olarak alınmıştır. Deneylerde kuvvet numunelerin tam ortasından uygulanmış ve deney cihazının yükleme hızı dakikada 2 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Kırılma anındaki maksimum yük (F_{maxe}) için eğilme direnci (σ_e);

$$\sigma_e = \frac{3}{2} \times \frac{F \times L_s}{b \times h^2} \quad \text{N/mm}^2$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Eğilme deneylerinde, eğilmede elastiklik modülü değerleri de hesaplanmıştır. Sehimler (yer değiştirme) deney parçasının ortasından komperatör yardımıyla (yükleme başlığının altından) 0,1 mm hassasiyetle ölçülmüş ve ölçüm sırasında uygulanan yükün değeri de 0,1 g hassasiyetle ölçülerek, “yük-sehim” diyagramı

izilmiştir. Elastiklik modülü (E), yk-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, (F₁) ve (F₂) kuvvetleri farkına (F) karşılık oluşan çökme miktarı (f) olmak üzere, elastikiyet modülü (E) ;

$$E = \frac{F \times Ls^3}{4 \times b \times h^3 \times f} \quad \text{N/mm}^2$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

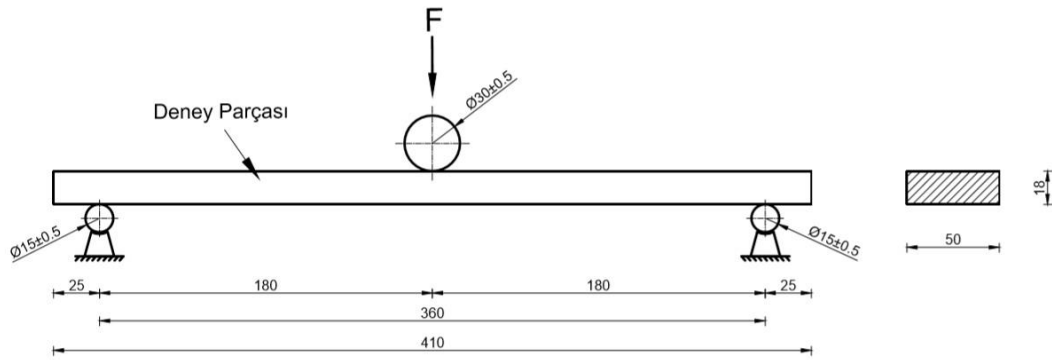
E : Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm²)

ΔF : Yük-sehim oranlılık bölgesindeki yük artışı (N), (F₂-F₁)

F₁ : Yaklaşık olarak maksimum kuvvetin % 10'u (N)

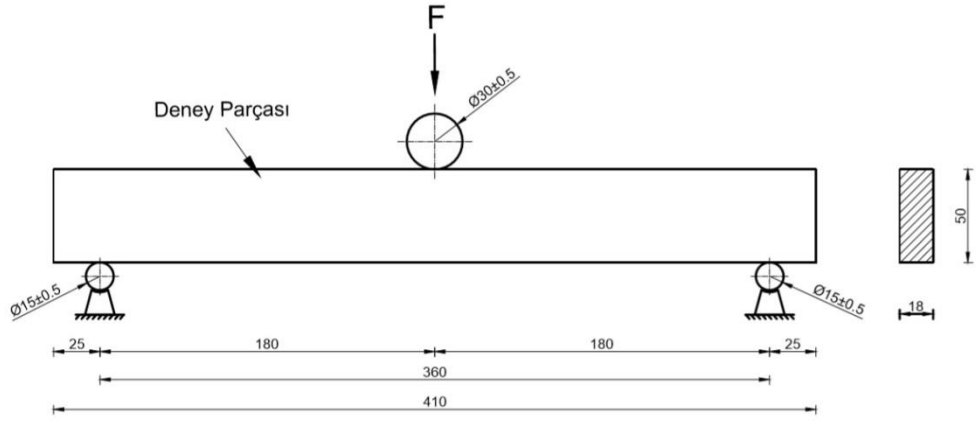
F₂ : Yaklaşık olarak maksimum kuvvetin % 40'ı (N)' dır.

Δf : (F₂ - F₁) kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır.



Çizim zerindeki ller mm cinsinden verilmiştir.

şekil 3. 1. Eğilme dayanımı tayini deney düzeneği (yzeeye dik)



Çizim üzerindeki ölçüler mm cinsinden verilmiştir.

Şekil 3. 2. Eğilme dayanımı tayini deney düzeneği (yüzeye paralel)

3.1.1. Yoğunluk ve rutubet

OSB, MDF ve KKP malzemelerinden üretilmiş deney örneklerinin yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla TS 2472 standardındaki belirtilen esaslara uyulmuştur. Her ahşap esaslı malzeme türünden 10'ar adet olmak üzere toplam 30 adet örnek hazırlanmış, daha sonra bu örnekler $\pm 0,01$ g duyarlıklı terazi ile tartılmıştır. 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 $103 \pm 2^\circ\text{C}$ de 24 saat bekletilmişlerdir, 6 saat aralıklarla yapılan iki tartı arasındaki fark, deney parçası ağırlığının % 0,5'ine eşit veya daha az olduğu zaman değişmez ağırlığa ulaştıkları kabul edilerek tam kuru ağırlıklar (M_0) belirlenmiştir. Tekrar dijital kumpas kullanılarak boyutları ölçülmek suretiyle tam kuru hacimleri (V_0) hesaplanmıştır. Tam kuru (δ_0) ve hava kurusu (δ_{12}) yoğunlukların belirlenmesi için sırasıyla;

$$\delta_0 = \frac{m_0}{V_0} \quad \text{ve} \quad \delta_{12} = \frac{m_{12}}{V_{12}} \quad \text{g/cm}^3$$

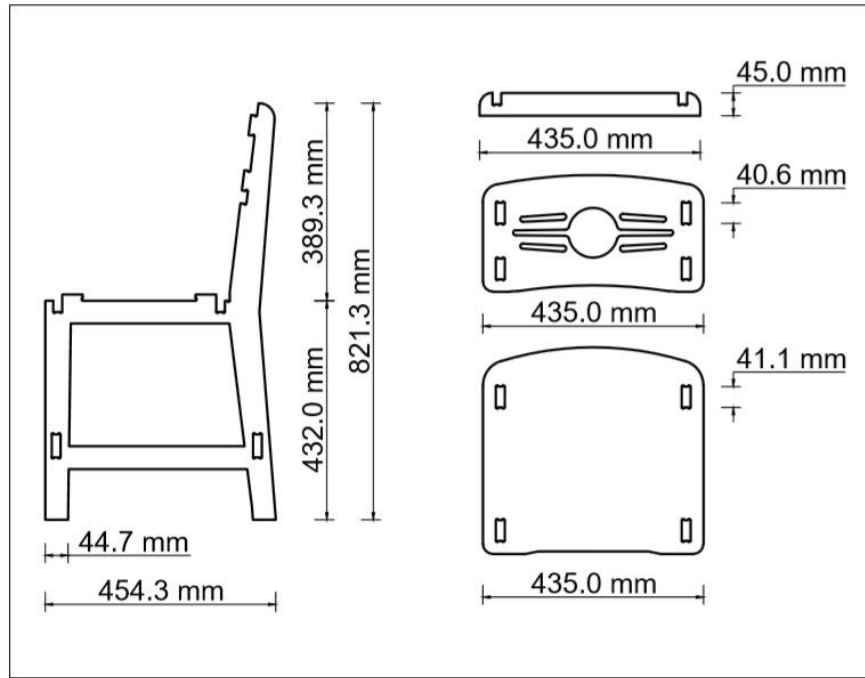
Rutubet (r) kontrolü için ahşap esaslı malzemelerde TS 2471 esaslarına uyularak,

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

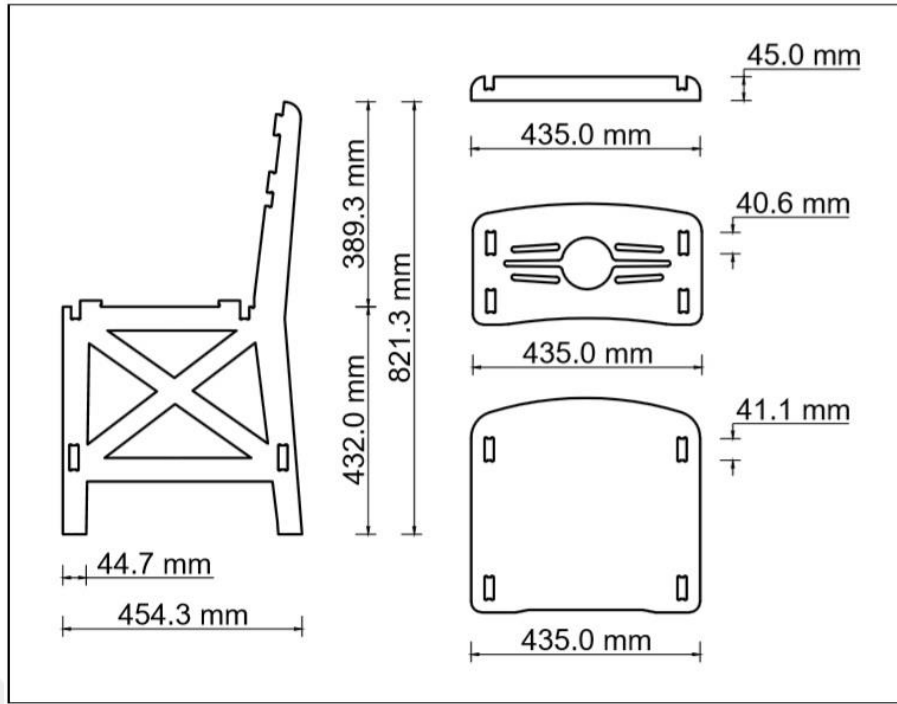
eşitlikleri kullanılmıştır.

3.2. Tasarlanan Bağlantı Elemansız Demonte Sandalyeler

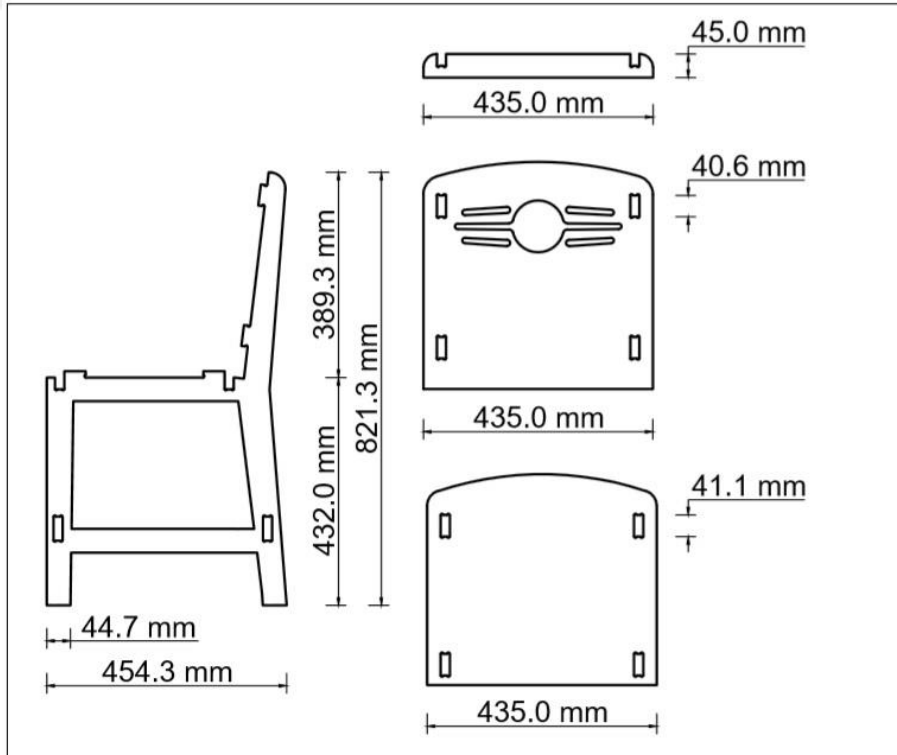
Çalışma kapsamında, 2 yan çerçeve tipi ve 2 arkalık bağlantısı olmak üzere 4 farklı tipte bağlantı elemansız sandalye tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan 4 farklı tipteki her bir sandalye 2 yan çerçeve, 1 oturak, 1 sırt, 4 kayıt olmak üzere toplamda 8 parçadan oluşmaktadır. Şekil 3.3 ile Şekil 3.10 arasındaki görsellerde sandalye modellerinin ölçüleri ve net resmi, Çizelge 3.1 ile Çizelge 3.4 elemanların ölçüleri verilmiştir.



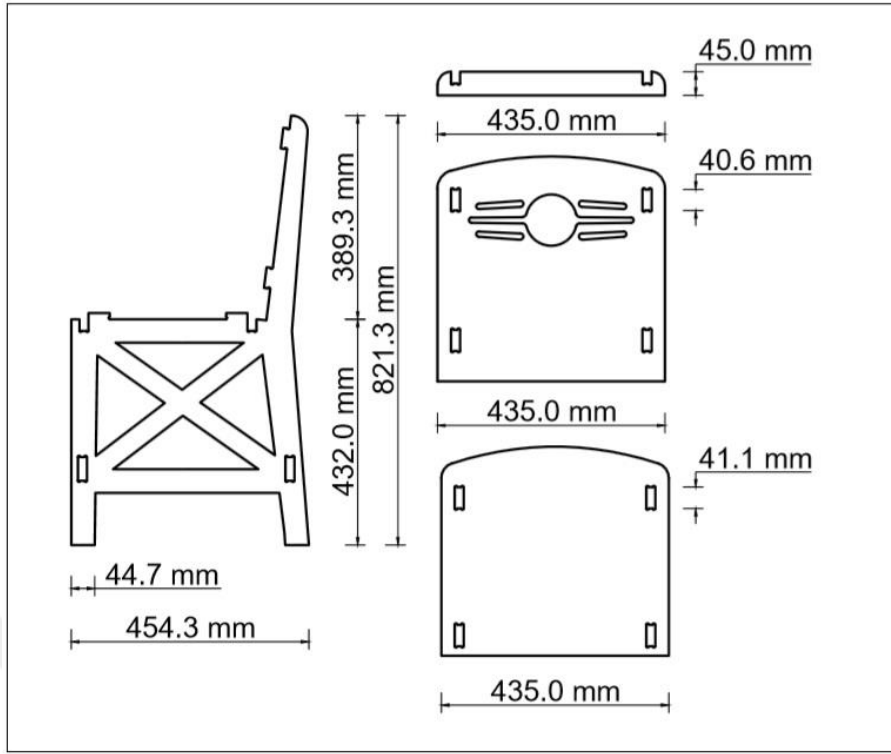
Şekil 3. 3.Model 1 sandalye elemanlarının net resmi ve ölçüleri



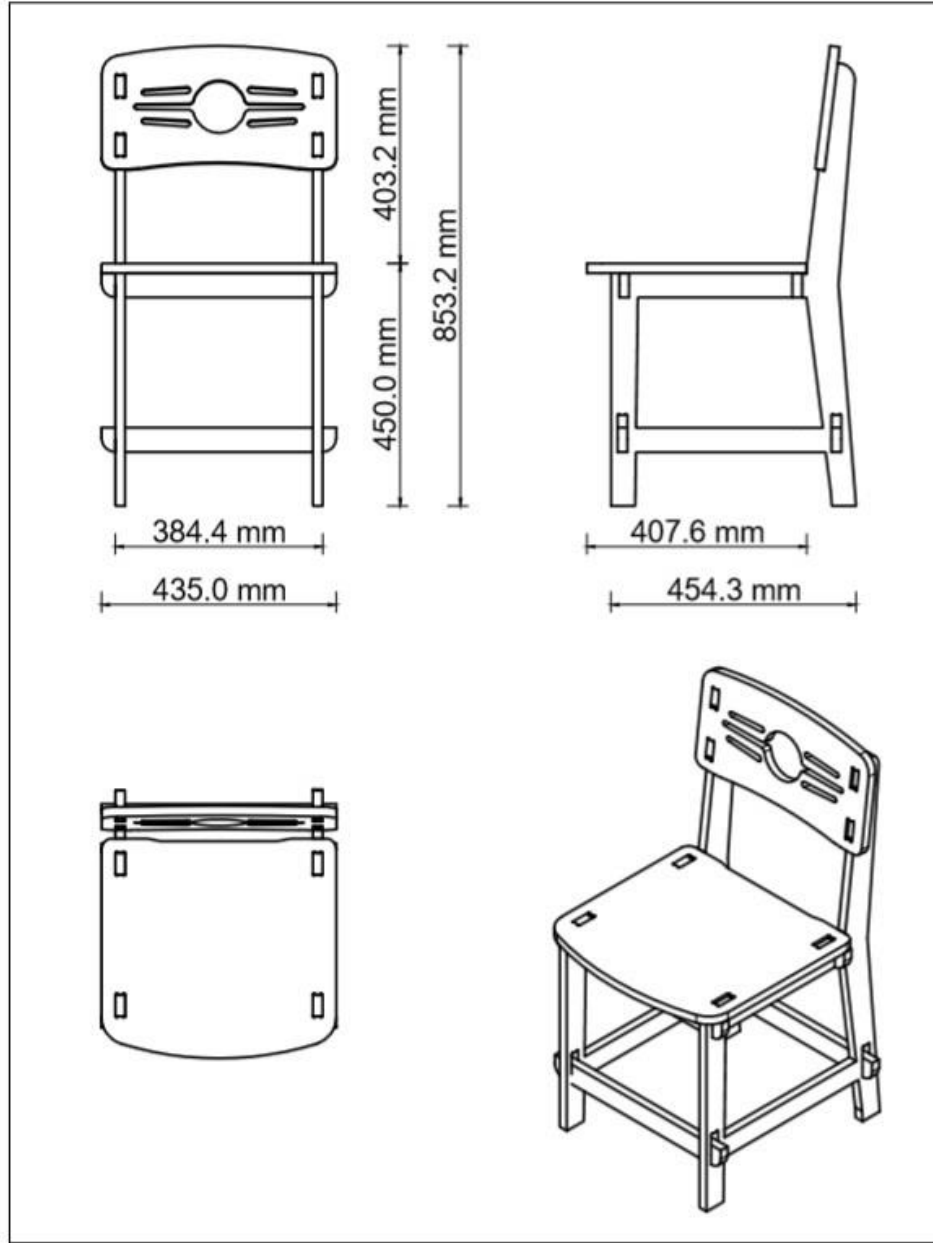
Şekil 3. 4. Model 2 sandalye elemanlarının net resmi ve ölçüleri



Şekil 3. 5. Model 3 sandalye elemanlarının net resmi ve ölçüleri



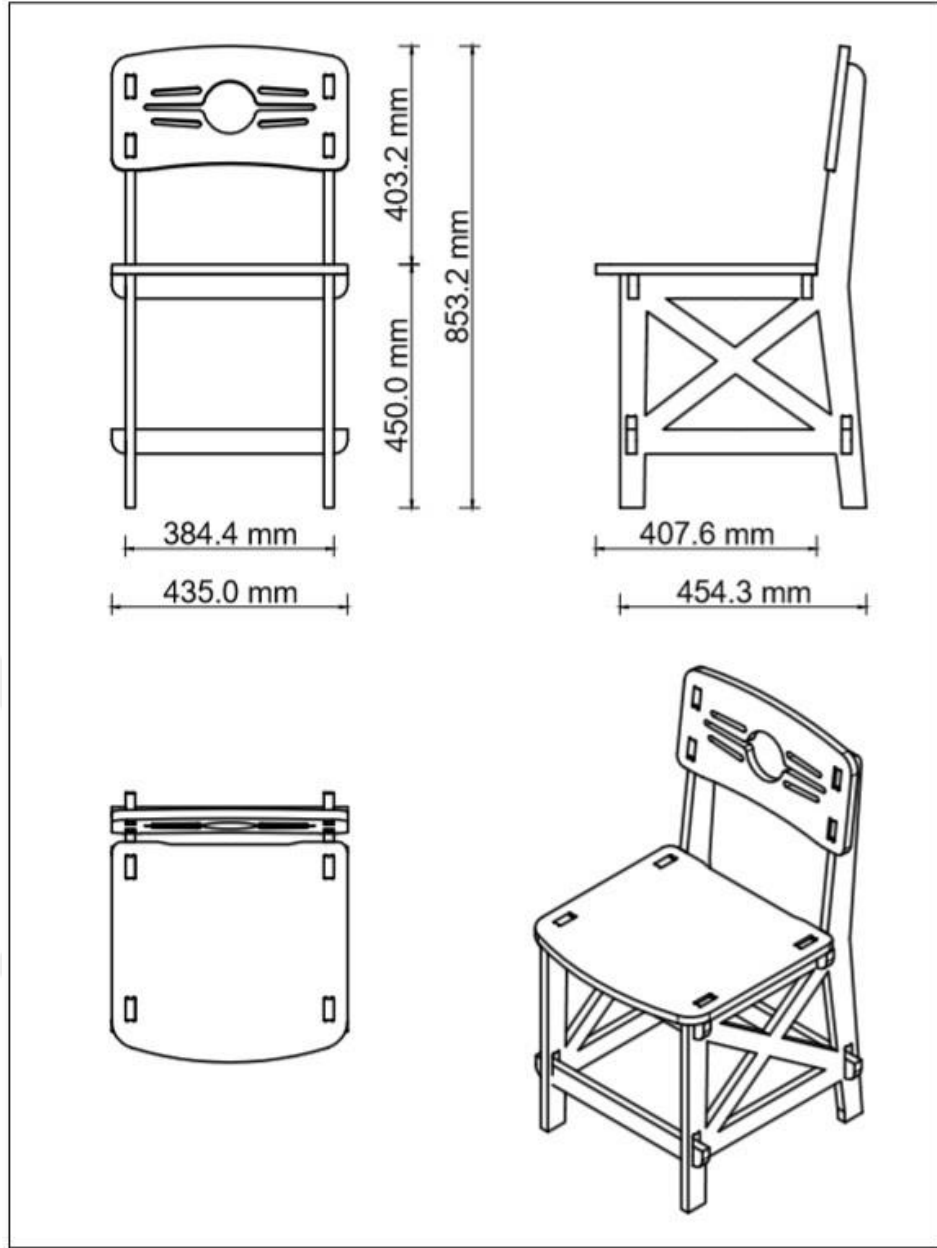
Şekil 3. 6. Model 4 sandalye elemanlarının net resmi ve ölçüleri



Şekil 3. 7. Model 1 sandalyenin montaj net resmi ve ölçüleri

Çizelge 3. 1. Model 1 sandalyenin elemanlarına ilişkin ölçüler

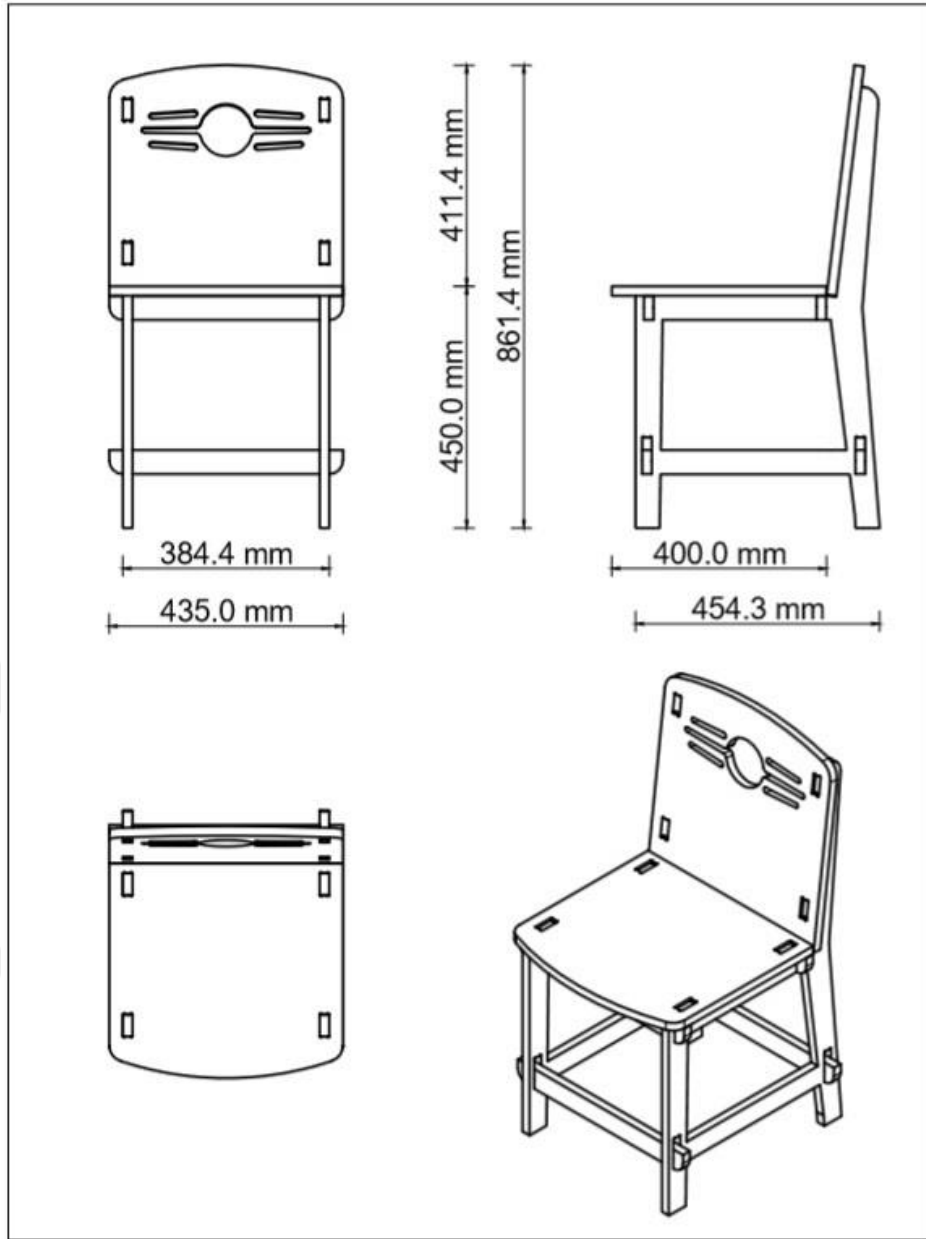
Eleman Adı	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Kullanılan Adet
Yan Çerçeve	821,3	454,3	18	2
Ara Kayıt	435	45	18	4
Sırt	435	230,1	18	1
Oturak	435	407,6	18	1



Şekil 3. 8. Model 2 sandalye montaj net resmi ve ölçüleri

Çizelge 3. 2. Model 2 sandalyenin parçalarına ilişkin ölçüler

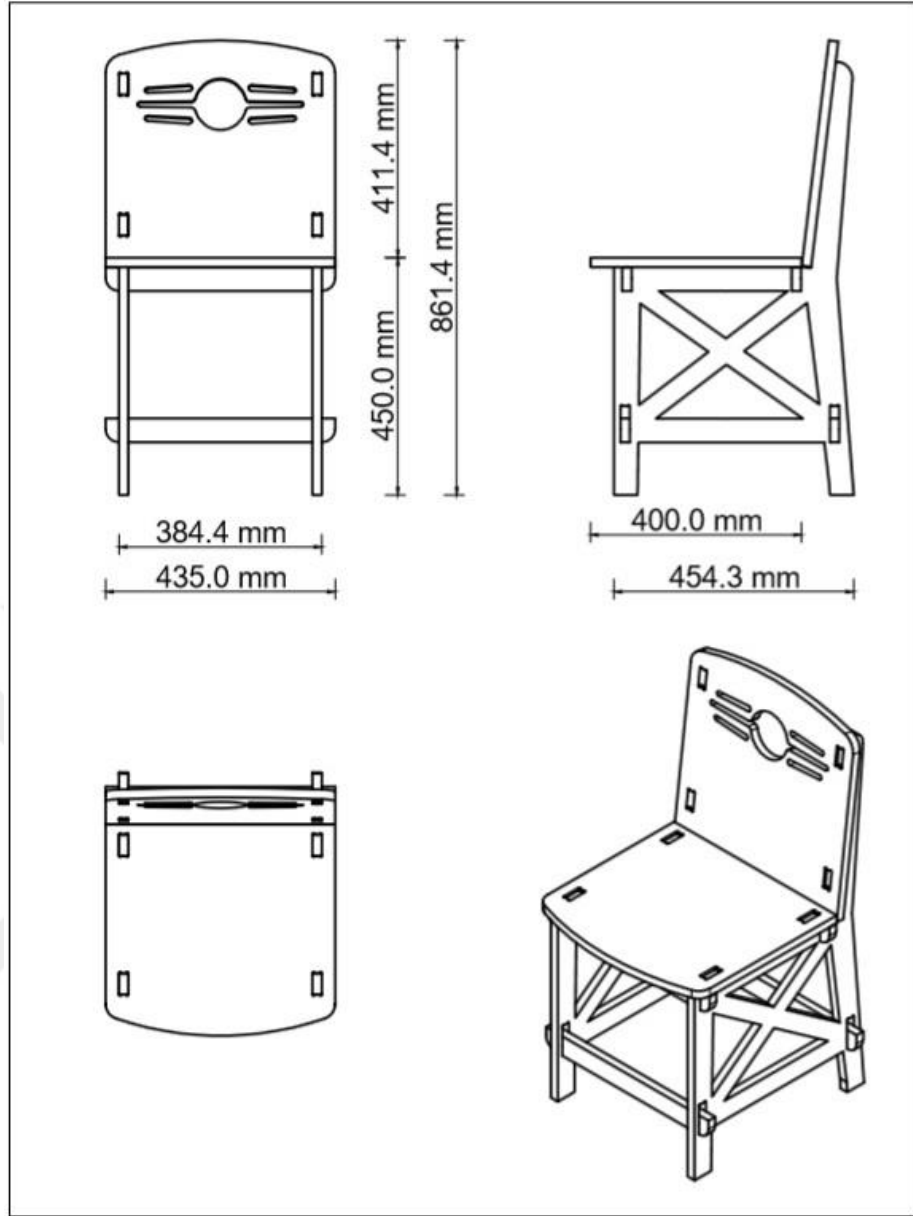
Eleman Adı	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Kullanılan Adet
Yan Çerçeve	821,3	454,3	18	2
Ara Kayıt	435	45	18	4
Sırt	435	230,1	18	1
Oturak	435	407,6	18	1



Şekil 3. 9. Model 3 sandalye montaj net resmi ve ölçüleri

Çizelge 3. 3. Model 3 sandalyenin elemanlarına ilişkin ölçüler

Eleman Adı	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Kullanılan Adet
Yan Çerçeve	821.3	454.3	18	2
Ara Kayıt	435	45	18	4
Sırt	435	430	18	1
Oturak	435	400	18	1

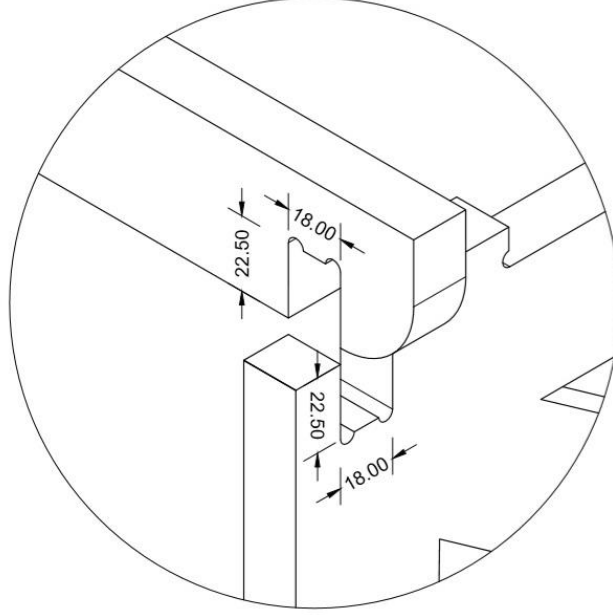


Şekil 3. 10. Model 4 sandalye montaj resmi ve ölçüleri

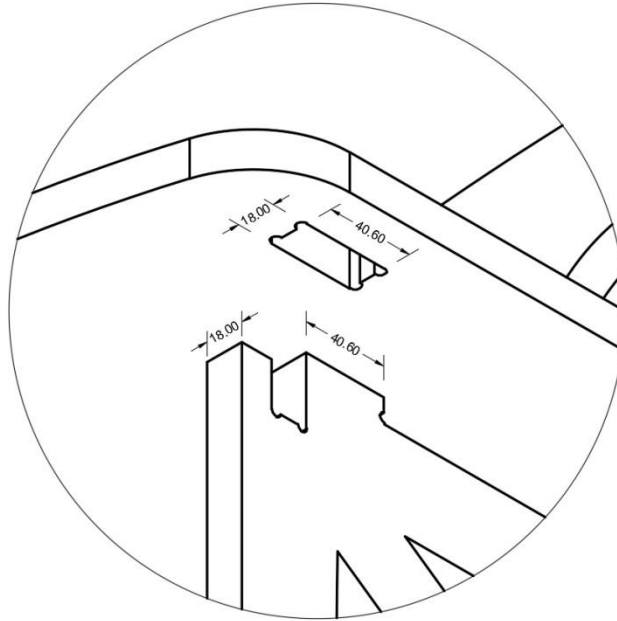
Çizelge 3. 4. Model 4 sandalyenin parçalarına ilişkin ölçüler

Eleman Adı	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Kullanılan Adet
Yan Çerçeve	821,3	454,3	18	2
Ara Kayıt	435	45	18	4
Sırt	435	430	18	1
Oturak	435	400	18	1

Tasarımı yapılmış 4 farklı modeldeki sandalyelerin ara kayıtları ile yan panel bağlantısı arasında uygulanan birleştirme Şekil 3.11’de, oturak ve yan çerçeve bağlantı detayı Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3. 11. 4 farklı modeldeki sandalyelerin kayıt birleştirme detayı



Şekil 3. 12. 4 farklı model sandalyedeki oturak ve çerçeve birleştirme detayı

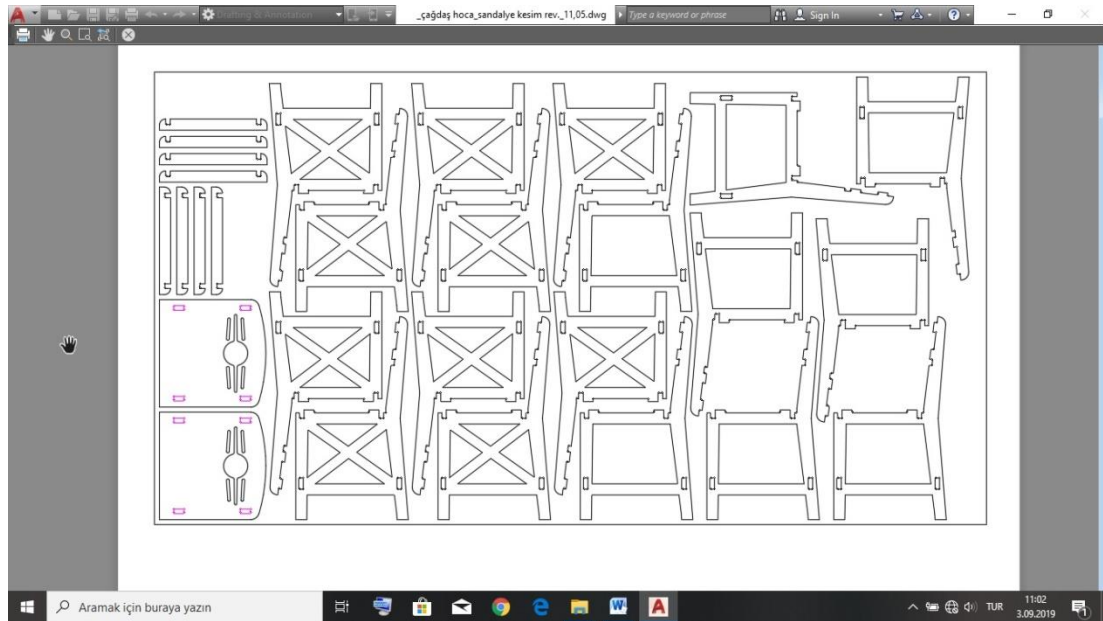
3.3. Tasarlanan Bağlantı Elemansız Sandalyelerin CNC Makinelerde Üretilmesi

Tasarlanan bağlantı elemansız sandalyelere ilişkin prototipler, mukavemetlerinin değerlendirilebilmesi adına, performans testleri için 1/1 ölçülerinde üretilmiştir. Üretimde, 18 mm kalınlığında OSB , MDF ve KKP kullanılmıştır.

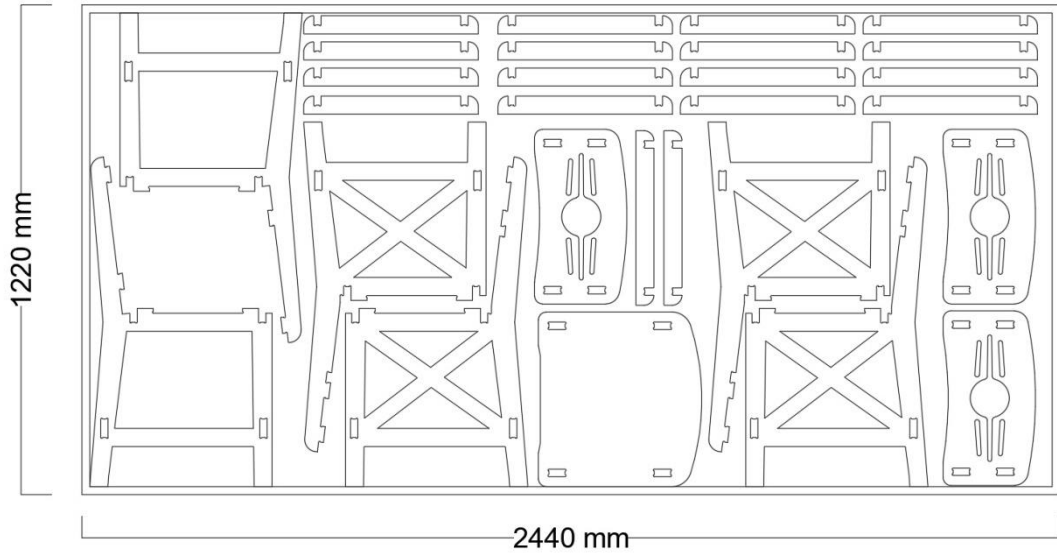
Sandalyelerin üretim aşamasında ilk olarak, tüm modellere ilişkin parçaların teknik çizimleri yapılmış ve ardından parça resimleri tabaka malzemeler üzerine en az fire verecek şekilde çizim programı üzerinde yerleştirilmiştir. Tabaka üzerine yerleştirilmiş olan çizim CAM programı yardımıyla kodlaması yapılarak 3 eksenli CNC makinesinde kesimi yapılmıştır. Son olarak da montaj işlemleri yapılarak üretimleri tamamlanmıştır.

3.3.1. Bağlantı elemansız sandalyelerin teknik çizimleri

Bağlantı elemansız sandalyeler günümüzde oldukça yaygın olarak üretilen bir CAD programında (Şekil 3.13) modellenerek tasarlanmıştır ve panel malzemeler üzerine gerekli sandalye adedini karşılayacak kadar, azami fire verecek şekilde parça yerleşimi sağlanmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3. 13. CAD programında çizim ve panel yerleştirme işlemi



Şekil 3. 14. CAD programında azami fire verecek şekilde sandalye parçalarının kesim için panel malzeme üzerine yerleştirilmesi (örnek)

Ahşap esaslı panel malzemeler en az fire verecek şekilde CAD programında ayarlanmış ardından 3 eksenli CNC freze tezgahında kesimi yapılmıştır. Bu çalışma için gerekli azami panel sayıları Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3. 5. Azami firelere göre tez çalışmasında kullanılan panel adetleri

Kullanılan Panel Malzeme	Panel Ebatları	Kesilecek Sandalye Adedi	Kullanılan Panel Adedi
MDF	3360 x 1830 mm	36	8,5
OSB	2440 x 1220 mm	36	16
Kayın Kontrplak	2200 x 1700 mm	36	14

3.3.2. Bağlantı elemansız sandalyelere ait parçaların CNC makinesinde kesimi

Tasarımı yapılan sandalyeler yine oldukça yaygın olarak kullanılan bir CAM programında bıçak çapı, bıçak ilerleme hızı, dalma hızı, kesim hızı, kesim yeri vb. ayarlamalar yapılarak kodlaması CAM programı tarafından çıkartılmıştır.

Alımı yapılmış olan panel malzemeler 3 eksenli freze makinesi tezgahına her defasında 1 adet olmak üzere kesim için yerleştirilmiştir. Ardından makinenin bir

parçası olan vakum motoru sayesinde panel malzeme tezgah üzerine hava çekimi (vakum) yapılarak sabitlenmiştir. Yerleştirme işlemi gerçekleştikten sonra makinenin planlanan şekilde kesim yapabilmesi için sıfır noktası ayarı yapılmıştır.

Panel malzeme tezgah üzerine sabitlendikten sonra makinenin taret diye adlandırılan bıçakları barındıran kısmına 3mm çapında 18mm malzeme kesimine uygun bıçak takılmıştır. Bıçak takıldıktan sonra bıçak boyu ve çapı makineye tanıtılmış ve kesime hazır hale getirilmiştir.

CAM programında hazırlanan kodlama 3 eksenli freze makinesine yerel ağ yoluyla aktarılmış ve makinenin ekranı üzerinde simülasyonu yapılarak olası hatalar izlenmiştir (Şekil 3.15.b). Hata görülmemesi durumunda makineye ‘başla’ komutu verilerek kesim işlemine geçilmiştir (Şekil 3.15.a).

Yaklaşık 3000 ile 5000 satır kodlama aralığında olan işlemler panel başına ortalama 20 dakika civarında sürmüştür. Bıçağın çapının küçük olmasından ve dolayısıyla kırılmasının önüne geçmek amacıyla ilerleme hızı düşük tutulmuştur. Bu çalışmada 3 mm bıçak kullanılmasının nedeni ise; kayıtların ve çerçevelerdeki kilit kanallarının köşe noktalarında bıçağın dönüş hareketi yüzünden ovallik vermesindendir. Aksi taktirde (çapı daha büyük bıçakla kesilmesi durumunda), ilerleme hızının artmasıyla bu süre daha da kısaltılabilir.



a



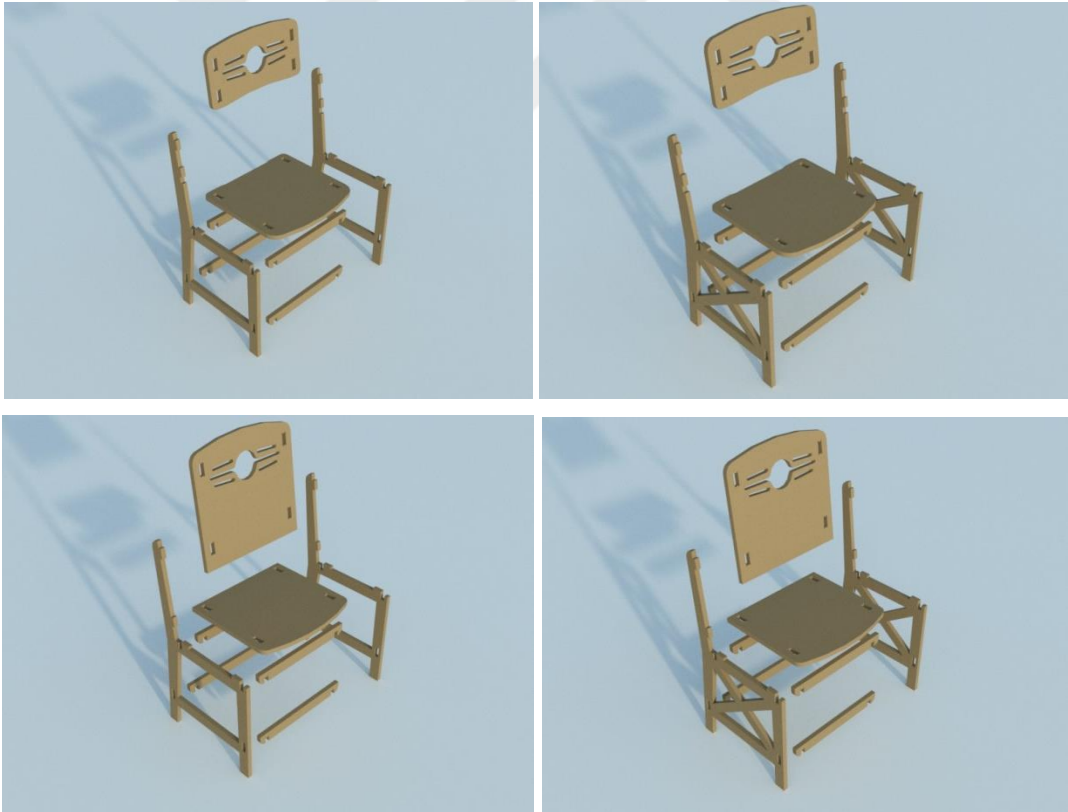
b

Şekil 3. 15. 3 eksenli CNC freze kesim işlemi (a), işlem aşamasında kontrol paneli (b)

3.3.3. Bağlantı elemansız sandalyelerin montajı

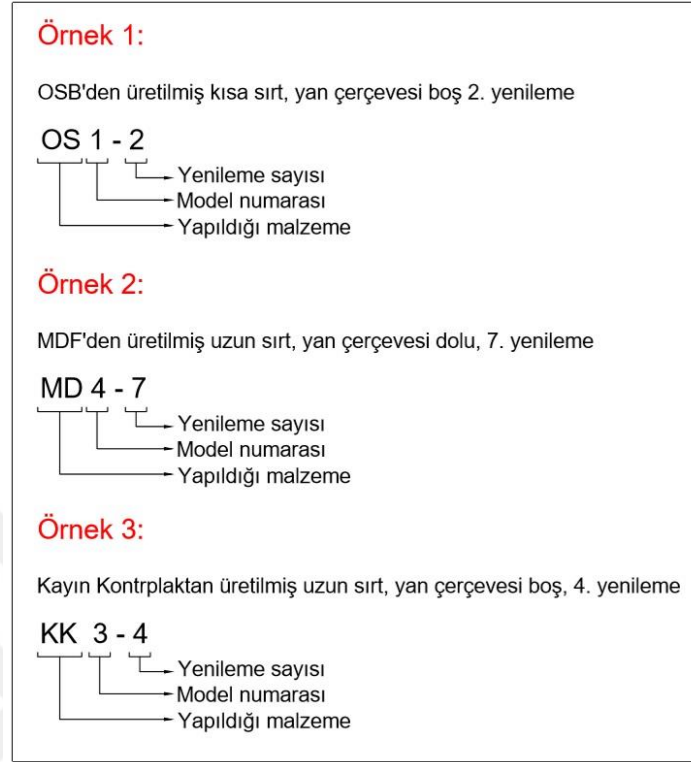
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakóltesi test laboratuvarına getirilen paketlenmiş sandalyeler burada montajı yapılmak üzere koruma amaçlı yapılan ambalajlarından çıkartılmış ve demonte parçalar kendi aralarında gruplandırılmıştır.

Montaj aşamasında öncelikli olarak aynı modele ait 2 yan çerçeve dikey konumda tutulmakta ve ardından her sandalye için kesilmiş 4 ara kayıt yan çerçeveler üzerinde kilit kanallarına hizalanarak plastik yüzeyli çekik yardımıyla kanala yerleştirilmiştir. Ardından hazırlanmış olan sırt parçası alınarak yan çerçeve üzerindeki konumuna hizalanarak yine plastik yüzeyli çekik yardımıyla yerleştirilmiştir. Son olarak da, oturak parçasını yan çerçeve üzerinde yer alan kanallara gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu işlemler esnasında hiçbir bağlantı elemanı veya tutkal türevi kullanılmadan birleştirmeler geręekleřtirilmiřtir. şekil 3.16’ da ahşap esaslı panel malzemelerden üretilmiş sandalye modellerinin patlatılmış montaj resimleri yer almaktadır.

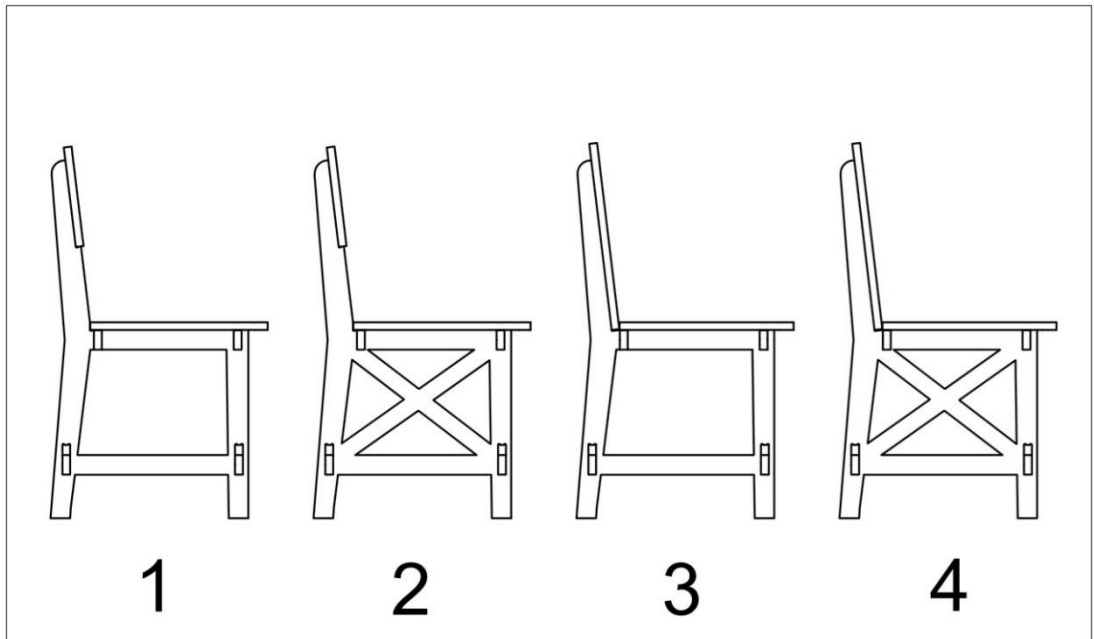


şekil 3. 16. Sandalye modelleri patlatılmış görüntüleri

Montajı bitmiş her sandalye test aşamasına hazır bir şekilde kodlanarak istiflenmiştir. Sandalyelere verilmiş olan kodlama sistemi Şekil 3.17 ‘da örnek olarak anlatılmıştır.



Şekil 3. 17. Kodlama örnek anlatım



Şekil 3. 18. Sandalye model numaraları

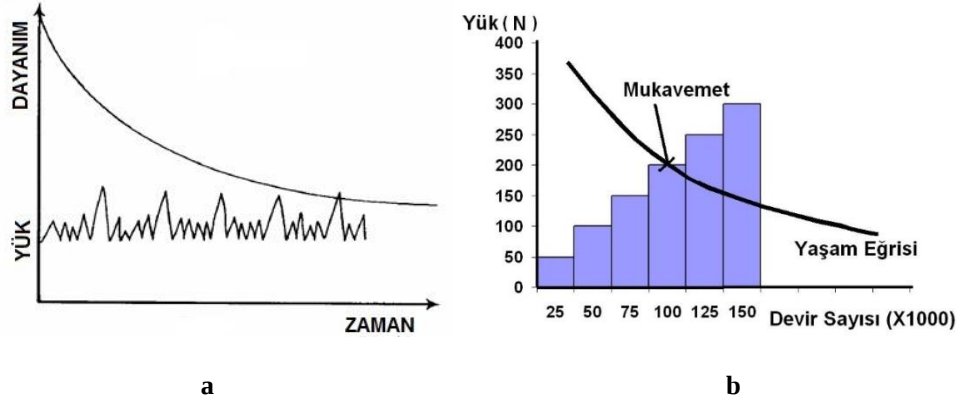
Şekil 3.18’de ahşap esaslı panel malzemelerden üretilmiş sandalyelerin model numaraları ile sırt ve alt çerçeve şekilleri yer almaktadır.

3.4. Sandalyelere Uygulanan Performans Testleri

Bağlantı elemansız sandalyeler, devirli basamaklı artan yükleme metodu (cyclic stepped increasing method) ile “American Library Association” ALA raporunda belirtilen esaslara göre performans testlerine alınmıştır. Daha sonra deney sonuçları, sandalyeler için geliştirilmiş olan bu deney yöntemine göre değerlendirilmiş ve her grubun bu deney yönteminde önceden belirlenmiş olan hafif, orta ve ağır olmak üzere kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırması yapılmıştır (ALA, 1982).

Bu test sisteminin metodolojisinde, kullanıcıların yük uygulama eylemlerini, bir başka ifadeyle koltukların gerçek kullanım şartlarını en rasyonel şekilde temsil eden “devirli basamaklı artan yükleme” metodu kullanılmaktadır. Gerçek kullanımlarda ürünler sistematik, standart veya belirli bir yükleme geçmişi içerisinde olmayıp yorulma sonucunda dayanımın aşıldığı noktada deformasyona uğramaktadır (Şekil 3.18a). Devirli basamaklı artan yükleme metodu ise, yaşam eğrisi ile zorlayıcı kuvvetlerin etkilerinin ilk kesişim noktası belirlenerek herhangi bir ürünün, gerçek yaşam süresi boyunca karşılaşıacağı muhtemel zorlanmalara karşı gösterebileceği performansı en iyi şekilde simüle etmek üzere tasarlanmıştır (Şekil 3.18b). Sonuçta bu yöntem ile; sistematik olmayan yormaya dayalı yükleme geçmişi, sistematik bir şekilde devirli basamaklı artan yükleme şeklinde temsil edilmektedir. Bu standart metotta her bir performans testi için kullanılan belirlenmiş kritik parametreler;

- a) Başlangıç yükü (N)
- b) Yük artış değeri (N)
- c) Her kademedeki devir sayısı (devir)
- d) Devir oranı (dev/dak)
- e) Toplam devir sayısı (devir)’ dir.



Şekil 3. 19. Gerçek kullanım koşullarında (a) ve devirli basamaklı yükleme metodunda (b) yaşam eğrisi ile ilk kesişim noktası (Eckelman, 1988a,b; ALA, 1982; Erdil, 2002)

Devirli basamaklı artan yükleme metodunda, her bir performans testi önceden belirlenmiş olan bir yük değeri için her aşamada 25000 devir yük uygulanmakta ve devir oranı yaklaşık olarak 20 dev/dak alınmakta ve bu aşama tamamlandığında, yük değeri yine önceden belirlenmiş bir oranda arttırılarak birinci aşamadaki işlemler tekrarlanmaktadır. Test edilen bir mobilyanın performansı, 25000 devri başarıyla tamamlayan en büyük yük değeri olarak kabul edilir. Bu işlemler, kabul edilebilir tasarım yük değerlerine ulaşıncaya veya mobilyada herhangi bir açılma, kırılma vb. gibi deformasyonlar meydana gelinceye kadar devam ettirilmektedir (ALA 1982).

Bağlantı elemansız sandalyelere, ALA standardında belirtilen test yöntemlerinden, önden–arkaya, arkadan–öne ve yanal olmak üzere 3 farklı yönde yükleme yapılmıştır. Buna göre, çalışmada toplam 108 adet sandalye 1/1 ölçülerde sandalye test edilmiştir.

ALA deney yönteminde, sandalye performans deneyleri için belirlenmiş olan kabul edilebilir yük değerleri Çizelge 3.6’da, başlangıç yükleri ve yük artış değerleri ise Çizelge 3.7’de verilmiştir. Bu deney yönteminde, hafif kullanımlar ev içi ve özel mekanlardaki kullanımları, orta kullanımlar çok yoğun olmayan büro vb. mekanlardaki kullanımları, ağır kullanımlar ise yoğun kullanımı olan hastane, okul, kütüphane, hava alanı, vb. mekanlardaki kullanımları temsil etmektedir.

Çizelge 3. 6. Sandalye deneylerinde çeşitli kullanım düzeyleri için kabul edilir yük değerleri

Deney Türü	Hafif (Ev içi) Kullanım (N)	Orta Kullanım (N)	Ağır Kullanım (N)
Önden Arkaya Yükleme	1334	1557	2002
Arkadan Öne Yükleme	1001	1446	1890
Yanal Yükleme	890	1112	1334

Çizelge 3. 7. Sandalye performans deneylerinde başlangıç yükleri ile yük artış değerleri

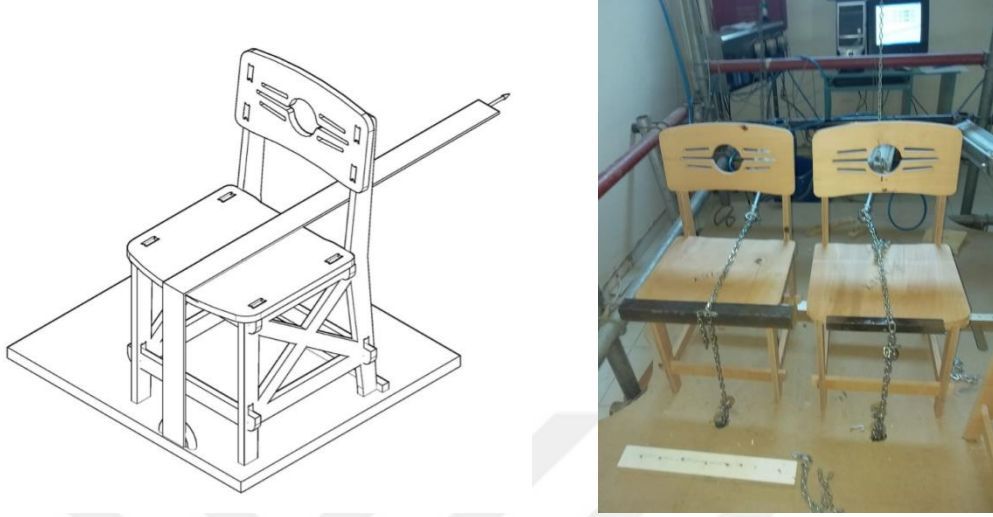
Deney Türü	1.Aşama		2.Aşama	
	Başlangıç Yüğü	Yük Artışı	Devam eden yükleme	Yük Artışı
Önden Arkaya Yükleme	445	111	1112	222
Arkadan Öne Yükleme	445	111	1001	222
Yanal Yükleme	222	111	1112	222

3.4.1. Önden arkaya yükleme

Bu test yöntemi, sandalye oturma çerçevesi sisteminin bir kayış yardımı ile önden arkaya doğru çekilerek zorlanmasını ve bu yüklemenin sandalyede kalıcı deformasyon, birleştirme yerlerinde açılma, elemanlarda kırılma vb. oluncaya kadar devam ettirilmesini konu almaktadır (Şekil 3.20). Bu testin amacı yan çerçevelerdeki birleştirmelerin mukavemetinin test edilmesidir. Yan çerçevedeki birleştirmelerde, uygulanan birleştirme konstrüksiyonlarının tekniğine uygun yapıp yapılmadığının anlaşılmasını sağlayacak bir testtir. Bu yükleme biçimi, kullanım sırasında sandalyede oturma ve aynı anda arkaya yaslanma eylemini temsil eder.

Deneylerde dakikada 20 devir olacak şekilde arkadan öne yönünde ve yatay doğrultuda bir yükleme yapılmıştır. Deneylere 444 N'luk bir yükleme ile başlanmış olup, her başarılı tamamlanan 25000 devir sonrası yük değeri 111 N arttırılmak sureti

ile testlere devam edilmiştir. Her tamamlanan 1112 N'luk yük değerinden sonra, yük artışı değeri 112 N'dan 224 N'a çıkarılmıştır (ALA, 1982; Eckelman, 1999).



Şekil 3. 20. Önden arkaya yükleme performans testi

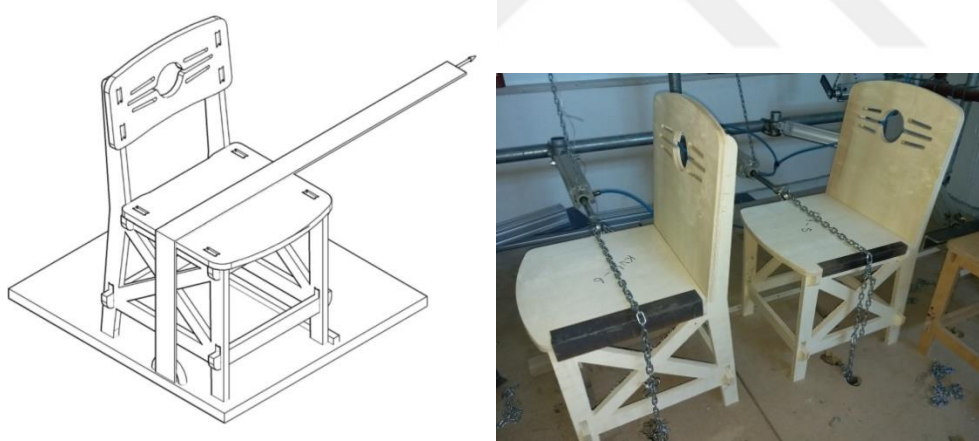
Deney düzeneğinde, Şekil 3.20'de görüldüğü gibi, prototip deney sandalyesinin arka ayaklarının arka kısmına, sandalyenin arkaya doğru kaymasını engellemek amacıyla destek parçaları yerleştirilmiştir. Önden arkaya yükleme, pistonla kilitli bir şekilde tutturulmuş bir zincir yardımıyla yapılmış olup, çekme yükünü uygulayacak pistonla bağlı olan yükleme kayışı, sandalyenin genişlik yönünde tam ortasında yer almıştır. Deneylerde yüklemeler sandalye elemanlarında kırılma, birleştirme yerlerinin açılması vb. gibi aşırı deformasyon hali oluşup, yük taşıma özelliği kayboluncaya kadar bu sistemde arttırılarak devam ettirilmiş ve sandalyenin kırıldığı andaki devir sayısı ve yük değeri sandalyenin yaşam ömrü olarak kaydedilmiştir. Elde edilen mukavemet değeri, ALA'da verilen hafif, orta ve ağır kabul edilebilir tasarım yükleri de dikkate alınarak karşılaştırma yapılmıştır. ALA'da verilen hafif, orta ve ağır kabul edilebilir servis yükleri sırasıyla 1334 N, 1557N ve 2002 N'dur (ALA, 1982; Eckelman, 1999).

3.4.2. Yanal Yükleme

Bu test yöntemi, sandalye oturma çerçevesi sisteminin yana doğru itilerek zorlanmasını ve bu yüklemenin sandalyede kalıcı deformasyon, birleştirme

yerlerinde açılma, elemanlarda kırılma vb. oluncaya kadar devam ettirilmesini konu almaktadır (Şekil 3.21). Bu testin yönteminde esas olan, sandalyenin yanıl yöndeki zorlayıcı kuvvetlere karşı göstereceğı performansın belirlenmesidir. Bu tür yüklemelerle, sandalye kullanıcıların herhangi bir sebeple yana doğru eğilmesi, uzanması veya özellikle yan taraflarındaki bir kişi ile sohbet etme esnasında kolçağı doğru yaslanarak sandalyeyi yanıl yönde zorlaması gibi eylemlerde karşılaşılr. Bu testin amacı yan çerçeveleri birbirine bağlayan elemanların (ön kayıt, arka kayıt, ara kayıtlar) birleştirme yerlerinin mukavemetinin test edilmesidir. Bu test yöntemi, anılan birleştirmelerde, uygulanan birleştirme konstrüksiyonlarının tekniğine uygun yapılrp yapılmadığının anlaşılmasını sağlayacak bir testtir.

Deneylerde dakikada 20 devir olacak Şekilde yanıl yönde ve yatay doğrultuda bir yükleme yapılmıştır. Deneylere 222 N'luk bir yükleme ile başlanmış olup, her başarılı tamamlanan 25000 devir sonrası yük değeri 111 N arttırılmak suretiyle testlere devam edilmiştir. Her tamamlanan 1112 N'luk yük değeriinden sonra, yük artışı değeri 111 N'dan 222 N'a çıkarılmıştır (ALA, 1982; Eckelman, 1999).



Şekil 3. 21. Yanal yönde yükleme performans testi

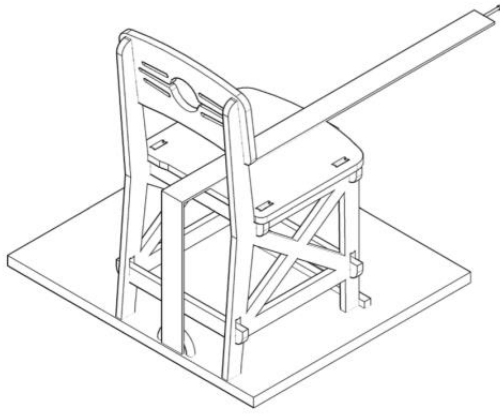
Deney düzeneğinde, Şekil 3.21'de görüldüğü gibi, deney sandalyesinin yan alt kısmına, sandalyenin yana doğru kaymasını engellemek amacıyla destek parçaları yerleştirilmiştir. Yanal yükleme, pistona kilitli bir şekilde tutturulmuş bir zincir yardımıyla yapılacak olup, çekme yükünü uygulayacak pistona bağlı olan yükleme zinciri sandalyenin derinlik yönünde tam ortasında yer almıştır. Deneylerde yüklemeler sandalye elemanlarında kırılma, birleştirme yerlerinin açılması vb. gibi

aşırı deformasyon hali oluşup, yük taşıma özelliği kayboluncaya kadar bu sistemde arttırılarak devam ettirilmiş ve sandalyenin kırıldığı andaki devir sayısı ve yük değeri sandalyenin yaşam ömrü olarak kaydedilmiştir (ALA, 1982; Eckelman, 1999). Daha sonra bu değerler ALA'da verilen hafif, orta ve ağır kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılmıştır. ALA'de verilen hafif, orta ve ağır kabul edilebilir servis yükleri sırasıyla 890 N, 1112 N ve 1334 N'dur.

3.4.3. Arkadan öne yükleme

Bu test yöntemi, sandalye oturma çerçevesi sisteminin arkadan öne doğru itilerek zorlanmasını ve bu yüklemenin sandalyede kalıcı deformasyon, birleştirme yerlerinde açılma, elemanlarda kırılma vb. oluncaya kadar devam ettirilmesini konu almaktadır. Bu testin amacı, önden arkaya yükleme testinde olduğu gibi, yan çerçevelerdeki birleştirmelerin mukavemetinin test edilmesidir. Yükleme yönünün değiştirilmesi halinde, yan çerçevedeki birleştirmelerde, uygulanan birleştirme konstrüksiyonlarının tekniğine uygun yapıp yapılmadığının anlaşılmasını sağlayacak bir testtir. Bu yükleme biçimi, kullanım sırasında sandalyede oturma ve aynı anda öne doğru eğilme, öne doğru hareket etme, arkaya doğru sandalyenin ön ayaklarını yerden kaldıracak şekilde yaslanma ve aniden öne bırakma vb. gibi eylemleri temsil etmektedir.

Deneylerde dakikada 20 devir olacak şekilde arkadan öne yönde ve yatay doğrultuda bir yükleme yapılmıştır (Şekil 3.22). Deneylere 445 N'luk bir yükleme ile başlanacak olup, her başarılı tamamlanan 25000 devir sonrası yük değeri 111 N arttırılmak suretiyle testlere devam edilmiştir. Her tamamlanan 1001 N'luk yük değerinden sonra, yük artışı değeri 111 N'dan 222 N'a çıkarılmıştır (ALA, 1982; Eckelman, 1999).



Şekil 3. 22. Arkadan öne yükleme performans testi

Deney düzeneğinde, Şekil 3.22’de görüldüğü gibi, prototip deney sandalyesinin ön ayaklarının ön alt kısmına, sandalyenin öne doğru kaymasını engellemek amacıyla destek parçaları yerleştirilmiştir. Arkadan öne yükleme, pistonla kilitli bir şekilde tutturulmuş bir zincir yardımıyla yapılmış olup, çekme yükünü uygulayacak pistonla bağlı olan yükleme zinciri, sandalyenin genişlik yönünde tam ortasında yer almıştır. Deneylerde yüklemeler sandalye elemanlarında kırılma, birleştirme yerlerinin açılması vb. gibi aşırı deformasyon hali oluşup, yük taşıma özelliği kayboluncaya kadar bu sistemde arttırılarak devam ettirilecek ve sandalyenin kırıldığı andaki devir sayısı ve yük değeri sandalyenin yaşam ömrü olarak kaydedilmiştir (ALA, 1982; Eckelman, 1999). Daha sonra bu değerler ALA’ da verilen hafif, orta ve ağır kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılmıştır. ALA’da verilen hafif, orta ve ağır kabul edilebilir servis yükleri sırasıyla 1001 N, 1446 N ve 1890 N’dir (ALA, 1982; Eckelman, 1999).

3.5. Bağlantı Elemansız Sandalyelerin Performanslarının ALA Deney Yöntemine Göre Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında, bağlantı elemansız deney sandalyeleri devirli basamaklı artan yükleme ile önden arkaya, arkadan öne ve yanal olmak üzere 3 farklı yönde testlere alınmışlardır. Devirli basamaklı artan yüklemeler gerçek kullanım koşullarını en iyi şekilde temsil etmekte ve daha gerçekçi performans değerleri vermektedir. Ayrıca,

ALA (1982), GSA (2001), gibi Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'nın birçok ülkesinde mobilya performans testleri için kullanılan rapor ve standartlardaki kabul edilebilir tasarım (kullanım) yükleri devirli yüklemelere göre verilmektedir.

Bağlantı elemansız deney sandalyelerinin önden arkaya, arkadan öne ve yanıl yönde devirli basamaklı yükleme performansı değeri, ALA deney yönteminde verilen kabul edilebilir “hafif”, “orta” ve “ağır” kullanım yük değeri ile karşılaştırılmış ve sandalyelerin gerçek kullanım koşullarına ilişkin değeriendirmeler yapılmıştır.

Bu deney yönteminde, hafif kullanımlar ev içi ve özel mekânlardaki kullanımları, orta kullanımlar çok yoğun olmayan büro vb. mekânlardaki kullanımları, ağır kullanımlar ise yoğun kullanımı olan hastane, okul, kütüphane, hava alanı, vb. mekânlardaki kullanımları temsil etmektedir.

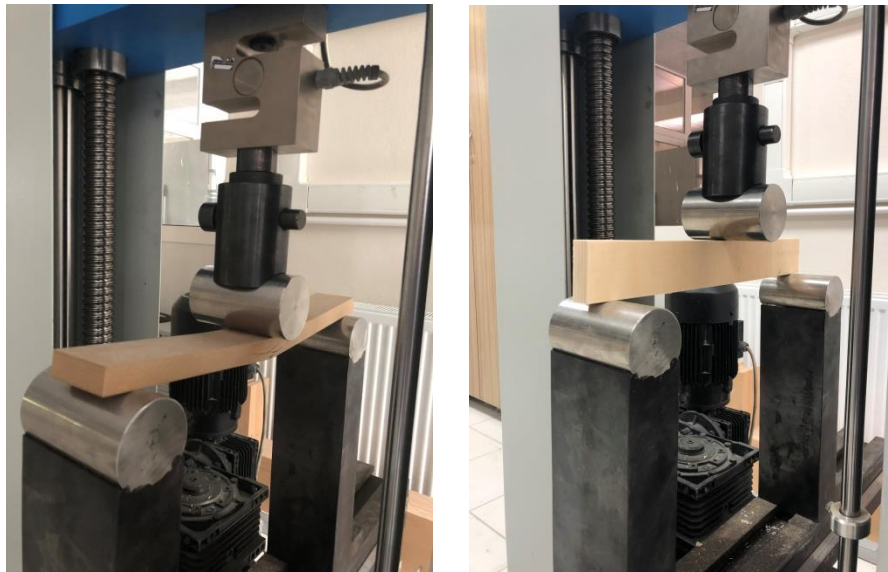
4. BULGULAR

4.1. Deney Sandalyelerinin Üretiminde Kullanılan Ahşap Esaslı Levhaların Deneylerle Belirlenen Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Bağlantı elemansız ahşap esaslı panel malzemeden üretilmiş deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan OSB, MDF ve KKP malzemeleri için yapılan rutubet oranı, tam kuru yoğunluk ve rutubetli yoğunluk deneylerinden (Şekil 4.1) elde edilen sonuçlar varyasyon katsayıları ile birlikte Çizelge 4.1’de, eğilme direnci ve elastikiyet modülü (Şekil 4.2) verileri de Çizelge 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4. 1. Ahşap esaslı panel malzemelerin rutubet ve yoğunluk deneyleri numuneleri



Şekil 4. 2. Ahşap esaslı panel malzemelerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyleri

Çizelge 4. 1. Deneylerde kullanılan ahşap esaslı panel malzemelerin bazı fiziksel özellikleri

Malzeme	Test Rutubeti		Test Rutubeti Yoğunluğu		Tam Kuru Yoğunluk	
	X (%)	v (%)	X (g/cm ³)	v (%)	X (g/cm ³)	v (%)
OSB	8,3	11,9	0,56	3,17	0,53	3,77
MDF	7,2	12,9	0,70	1,04	0,69	1,49
KKP	11,2	13,5	0,54	2,65	0,47	5,03

X: Aritmetik ortalama, v: Varyasyon katsayısı

Çizelge 4. 2. Deneylerde kullanılan ahşap esaslı panel malzemelerin bazı mekanik özellikleri

Malzeme	Test Yönü	Eğilme Direnci		Elastikiyet Modülü	
		X (N/mm ²)	v (%)	X (N/mm ²)	v (%)
OSB	Yüzeye Dik	10,40	18,26	1516	12,96
	Yüzeye Paralel	7,65	9,73	1119	12,92
MDF	Yüzeye Dik	12,57	4,21	3583	2,10
	Yüzeye Paralel	28,79	1,21	2604	2,50
KKP	Yüzeye Dik	23,40	4,64	6601	8,07
	Yüzeye Paralel	28,79	1,21	5615	3,90

4.2. Deney Sandalyelerinin Ağırlıklarının Ölçülmesi

Çalışmanın başlangıç aşamasında ahşap esaslı panellerden üretilmiş her model sandalyenin ağırlıkları 0,1 kg hassasiyetindeki kantar yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 4.3). Ölçümlerden elde edilen veriler Çizelge 4.3'te yer almaktadır.



Şekil 4. 3. Deney sandalyelerinin ağırlıklarının hassas kantar ile ölçülmesi

Çizelge 4. 3. Deney modellerinin ağırlık verileri

Malzeme	Model No	X (kg)	v (%)
OSB	1	4,94	1,47
	2	5,69	1,37
	3	6,11	0,98
	4	6,57	1,08
MDF	1	6,58	1,01
	2	7,16	1,22
	3	7,68	0,87
	4	8,32	0,94
KKP	1	6,86	1,06
	2	7,49	0,80
	3	7,65	0,93
	4	9,00	0,79

Ağırlıkları belirlenen ahşap esaslı panel levhalardan yapılmış olan sandalyelerin ölçülen ortalama ağırlıkları ve varyasyon katsayıları belirlenmiş olup, elde edilen bu veriler sandalye modellerinin malzeme cinsine göre ağırlıklarının ne kadar değişiklik yaptığı gözlemlenmiştir.

4.3. OSB Deney Sandalyelerinin Performanslarının İncelenmesi

4.3.1. OSB deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme performansları

4.3.1.1.OSB deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri

Bağlantı elemansız OSB'den üretilmiş deney sandalyelerinin, önden arkaya yüklemelere karşı göstermiş oldukları deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, yükün yüklendiği noktadan itibaren sandalye sisteminin bütününün önden arkaya doğru yer değiştirmesi (defleksiyon) gözlemlenmiştir.

OSB malzemesinden üretilmiş 4 farklı modeldeki sandalyenin önden arkaya yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, arka alt kayıt ile yan panel bağlantı noktasında kırılma şeklinde deformasyon meydana gelmiştir. Tüm testlerde sadece birleştirme yerlerinde deformasyonlar gözlemlenmiş olup, başka herhangi bir sandalye elemanında kırılma vb. deformasyon gözlemlenmemiştir (Şekil 4.4).



a



b



c



d

Şekil 4. 4. Önden arkaya yönde yükleme yapılmış deney sandalyelerinin genel deformasyon görünüşü (a,c) ve deforme olan bağlantı görüntüsü (b)

4.3.1.2.OSB deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması

Bağlantı elemansız OSB'den yapılmış deney sandalyelerinin, önden arkaya yükleme performansı değerleri, devir sayıları, ortalamaları ve varyasyon katsayıları ile birlikte Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4. 4. OSB malzemeden üretilmiş bağlantı elemansız demonte sandalyelerin önden arkaya yüklemedeki performansları

Sandalye Kodu	Kırılma Yüğü			Devir Sayısı			
	Kırılma Yüğü (N)	X (N)	v (%)	Kırılma Yüğü Devir sayısı	Toplam Devir Sayısı	X	v (%)
OSB1 -1	778	816	7,9	2671	102671	117946	12,6
OSB1 -2	890			7403	132403		
OSB1 -3	778			18764	118764		
OSB 2 -1	1334	1483	17,3	14301	214301	231501	15,4
OSB 2 -2	1334			7603	207603		
OSB 2 -3	1779			22599	272599		
OSB 3 -1	667	704	9,1	21143	96143	95754	4,7
OSB 3 -2	778			15	100015		
OSB 3 -3	667			16103	91103		
OSB 4 -1	1000,8	1149	14,8	5703	155703	179790	13,3
OSB 4 -2	1112			7763	180263		
OSB 4 -3	1334,4			3403	203403		

Önden arkaya yönde yapılan testlerde, OSB'den üretilmiş 1 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçevesi boş) ortalama kırılma değeri 815 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 7,9, ortalama devir sayısı 117946, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 12,6 olarak belirlenmiştir.

2 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 1487 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 17,3, ortalama devir sayısı 231501, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 15,4 olarak belirlenmiştir.

3 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve boş) ortalama kırılma değeri 704 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 9,1, ortalama devir sayısı 95754, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 4,7 olarak belirlenmiştir.

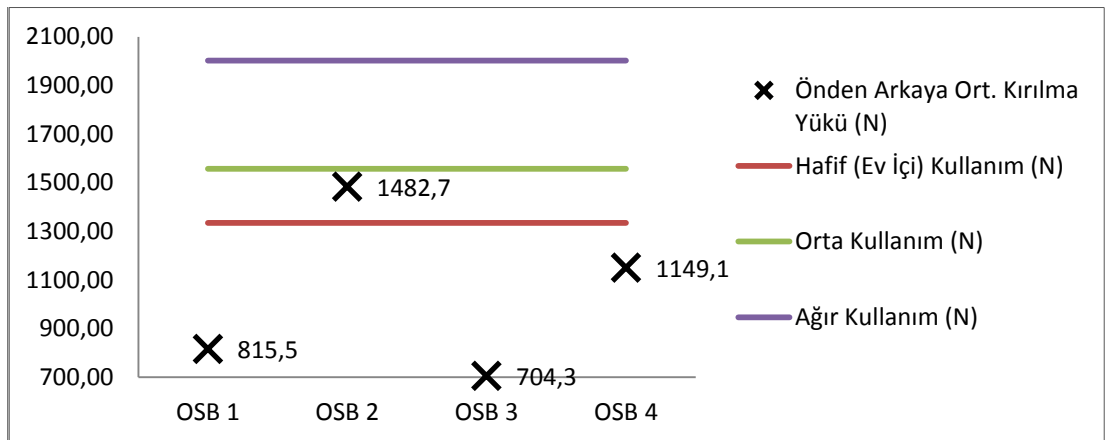
4 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 1149N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 14,8, ortalama devir sayısı 179790, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 13,3 olarak belirlenmiştir.

4 farklı model sandalyenin, önden arkaya yükleme performanslarının ALA'daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılması Çizelge 4.5 de verilmiştir.

Çizelge 4. 5. OSB sandalyelerin ALA'ya göre önden arkaya performanslarının değerlendirilmesi

MODEL	Önden Arkaya Ort. Kırılma Yüğü (N)	Hafif (Ev İçi) Kullanım (N)	Sonuç	Orta Kullanım (N)	Sonuç	Ağır Kullanım (N)	Sonuç
OSB1	815,5	1334	Başarısız	1557	Başarısız	2002	Başarısız
OSB2	1482,7	1334	Başarılı	1557	Başarısız	2002	Başarısız
OSB3	704,3	1334	Başarısız	1557	Başarısız	2002	Başarısız
OSB4	1149,1	1334	Başarısız	1557	Başarısız	2002	Başarısız

Önden arkaya yükleme testlerinde, 4 model ve toplamda 12 sandalye için elde edilen veriler, ABD’de sandalyelerin performanslarının değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş ve kullanılmakta olan, ALA (American Library Association) teknoloji standartlarında belirlenmiş olan ‘hafif’, ‘orta’ ve ‘ağır’ kullanım koşullarına ilişkin kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, test edilen 4 farklı modeldeki sandalyenin sadece 2 numaralı modeli hafif (ev içi) kullanım koşullarını karşılamıştır. Orta ve ağır kullanım sınırını geçebilen herhangi bir model olmamıştır. Sonuç olarak, bağlantı elemansız sandalye modellerine ilişkin tasarımların OSB’den üretilmesi halinde ev içi yükleme koşullarını dahi karşılayamadıkları belirlenmiştir. Buna göre, bu çalışmada tasarlanan bağlantı elemansız sandalyelerine ilişkin tasarımlar uygun bulunmamış ve önemli mukavemet arttırıcı geliştirmelere ihtiyaç duydukları anlaşılmıştır. 4 farklı model sandalyenin, önden arkaya yükleme performanslarını gösteren grafik Şekil 4.5’de sunulmuştur.



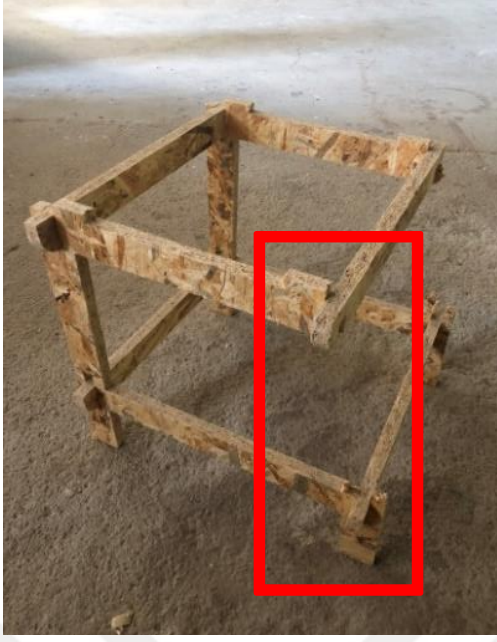
Şekil 4. 5. Önden arkaya yönde OSB'den üretilen sandalyelerin performansı

4.3.2. OSB deney sandalyelerinin yanal yükleme performansları

4.3.2.1.OSB deney sandalyelerinin yanal yönde yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri

Bağlantı elemansız OSB'den üretilmiş deney sandalyelerinin, yanal yönde yüklemelere karşı göstermiş oldukları deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, yükün yüklendiği noktadan itibaren sandalye sisteminin bütününe yanal yönde yer değiştirmesi gözlemlenmiştir.

OSB malzemesinden üretilmiş 4 farklı modeldeki sandalyelerin yanal yönde yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, yan panel oturma yüksekliği seviyesinden kırılmalar ve üst ara kayıt ile yan panel bağlantı noktasında kırılma şeklinde deformasyon meydana geldiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.6).



a



b



c



d

Şekil 4. 6.Yanal yönde yükleme yapılmış deney sandalyelerinin genel deformasyon görünüşleri (a,c,d), yanal yönde deformasyon yakın görünüş (b)

4.3.2.2.OSB deney sandalyelerinin yanal yönde yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması

Bağlantı elemansız OSB'den yapılmış deney sandalyelerinin, yanal yönde yükleme performansı değerleri, devir sayıları, ortalamaları ve varyasyon katsayıları ile birlikte Çizelge 4.6' de verilmiştir.

Çizelge 4. 6. OSB malzemeden üretilmiş bağlantı elemansız sandalyelerin yanal yöndeki yükleme performansları

Sandalye Kodu	Kırılma Yüğü (N)	Kırılma Yüğü		Devir Sayısı			
		X (N)	v (%)	Kırılma Yüğü Devir sayısı	Toplam Devir Sayısı	X	v (%)
OSB1 -4	445	482	13,3	11254	61254	63011	21,7
OSB1 -5	556			2503	77503		
OSB1 -6	445			276	50276		
OSB 2 -4	667	556	20,0	5160	105160	80757	27,3
OSB 2 -5	556			10	75010		
OSB 2 -6	445			12101	62101		
OSB 3 -4	667	556	20,0	3	100003	82141	19,3
OSB 3 -5	556			1719	76719		
OSB 3 -6	445			19701	69701		
OSB 4 -4	556	519	12,3	17601	92601	74010	27,4
OSB 4 -5	445			2310	52310		
OSB 4 -6	556			2119	77119		

Devirli yükleme metodu ile yanal yönde yapılan testlerde, OSB'den üretilmiş 1 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçevesi boş) ortalama kırılma değeri 482 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 13,3, ortalama toplam devir sayısı 63011, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 21,7 olarak belirlenmiştir.

2 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 556 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 20, ortalama devir sayısı 80757, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 27,3 olarak belirlenmiştir.

3 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve boş) ortalama kırılma değeri 556 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 20, ortalama devir sayısı 82141, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 19,3 olarak belirlenmiştir.

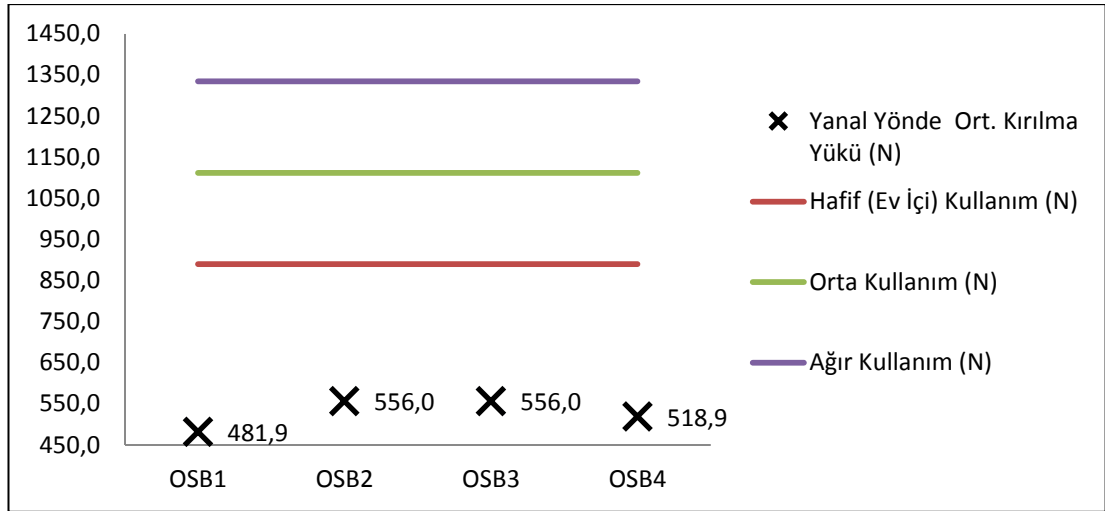
4 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 519 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 12,3, ortalama devir sayısı 74010, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 27,4 olarak belirlenmiştir.

4 farklı model sandalyenin, yanal yönde yükleme performanslarının ALA'daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılması Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 7. OSB sandalyelerin ALA'ya göre yanal performanslarının değerlendirilmesi

MODEL	Yanal Yönde Ort. Kırılma Yüğü (N)	Hafif (Ev İçi) Kullanım (N)	Sonuç	Orta Kullanım (N)	Sonuç	Ağır Kullanım (N)	Sonuç
OSB1	482	890	Başarısız	1112	Başarısız	1334	Başarısız
OSB2	556	890	Başarısız	1112	Başarısız	1334	Başarısız
OSB3	556	890	Başarısız	1112	Başarısız	1334	Başarısız
OSB4	519	890	Başarısız	1112	Başarısız	1334	Başarısız

Yanal yönde yükleme testlerinde, 4 model ve toplamda 12 sandalye için elde edilen veriler, yanal yönde yükleme performanslarının ALA'daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılmasını gösteren grafik Şekil 4.7'de sunulmuştur. Buna göre, yanal yönde test edilen 4 farklı modeldeki sandalyenin hiçbiri hafif (ev içi) kullanım sınırının üstünde dayanım sağlamamaktadır. Sonuç olarak, bağlantı elemansız sandalye modellerine ilişkin tasarımların OSB'den üretilmesi halinde ev içi yükleme koşullarını dahi karşılayamadıkları belirlenmiştir. Buna göre, bu çalışmada tasarlanan bağlantı elemansız sandalyelerine ilişkin tasarımlar uygun bulunmamış ve önemli mukavemet artırıcı geliştirmelere ihtiyaç duydukları anlaşılmıştır.



Şekil 4. 7. Yanal yönde OSB'den üretilen sandalyelerin performansı

4.3.3. OSB deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme performansları

4.3.3.1.OSB deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri

Bağlantı elemansız OSB'den üretilmiş deney sandalyelerinin, arkadan öne yüklemelere karşı göstermiş oldukları deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, yükün yüklendiği noktadan itibaren sandalye sisteminin bütününün arkadan öne doğru yer değiştirmesi gözlemlenmiştir.

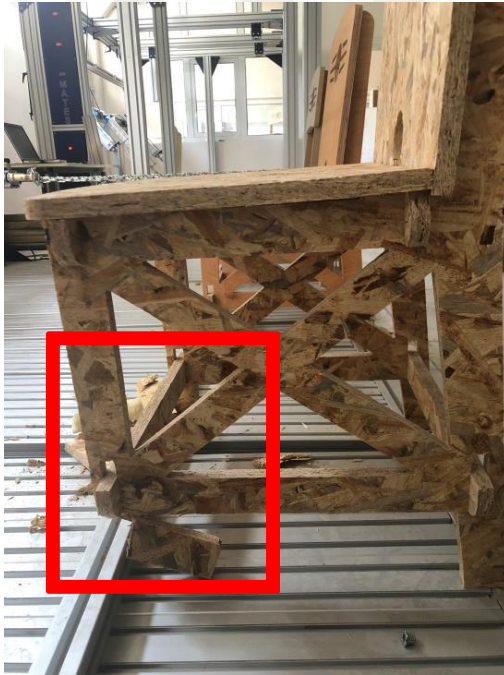
OSB malzemesinden üretilmiş 4 farklı modeldeki sandalyelerin arkadan öne yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, arka alt kayıt ile yan panel bağlantı noktasında kırılma (Şekil 4.8.a, Şekil 4.8.d) ve ön ayak kırılması şeklinde deformasyon meydana gelmiştir (Şekil 4.8.b, Şekil 4.8.c).



a



b



c



d

Şekil 4. 8. Arkadan öne yönde yükleme yapılmış deney sandalyelerinin genel deformasyon görünümleri (a,b,c,d)

4.3.3.2.OSB deney sandalyelerinin arkadan öne yönde yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması

Bağlantı elemansız OSB'den yapılmış deney sandalyelerinin, arkadan öne yönde yükleme performansı değerleri, devir sayıları, ortalamaları ve varyasyon katsayıları ile birlikte Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4. 8. OSB malzemeden üretilmiş bağlantı elemansız sandalyelerin arkadan öne yöndeki yükleme performansları

Sandalye Kodu	Kırılma Yüğü (N)	Kırılma Yüğü		Devir Sayısı			
		X (N)	v (%)	Kırılma Yüğü Devir sayısı	Toplam Devir Sayısı	X	v (%)
OSB1 -1	778	778	0,0	5764	80764	79951	4,7
OSB1 -2	778			788	75788		
OSB1 -3	778			8301	83301		
OSB 2 -1	778	890	12,5	20003	95003	112946	14,0
OSB 2 -2	890			18764	118764		
OSB 2 -3	1001			71	125071		
OSB 3 -1	667	667	0,0	19706	69706	60024	16,3
OSB 3 -2	667			10301	60301		
OSB 3 -3	667			65	50065		
OSB 4 -1	1001	964	6,6	12024	137024	134746	7,5
OSB 4 -2	1001			18641	143641		
OSB 4 -3	890			23574	123574		

Devirli yükleme metodu ile arkadan öne yönde yapılan testlerde, OSB'den üretilmiş 1 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçevesi boş) ortalama kırılma değeri 778 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama toplam devir sayısı 79951, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 4,7 olarak belirlenmiştir.

2 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 890 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 12,5, ortalama devir sayısı 112946, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 14,0 olarak belirlenmiştir.

3 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve boş) ortalama kırılma değeri 667 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı 0%, ortalama devir sayısı 60024, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 16,37 olarak belirlenmiştir.

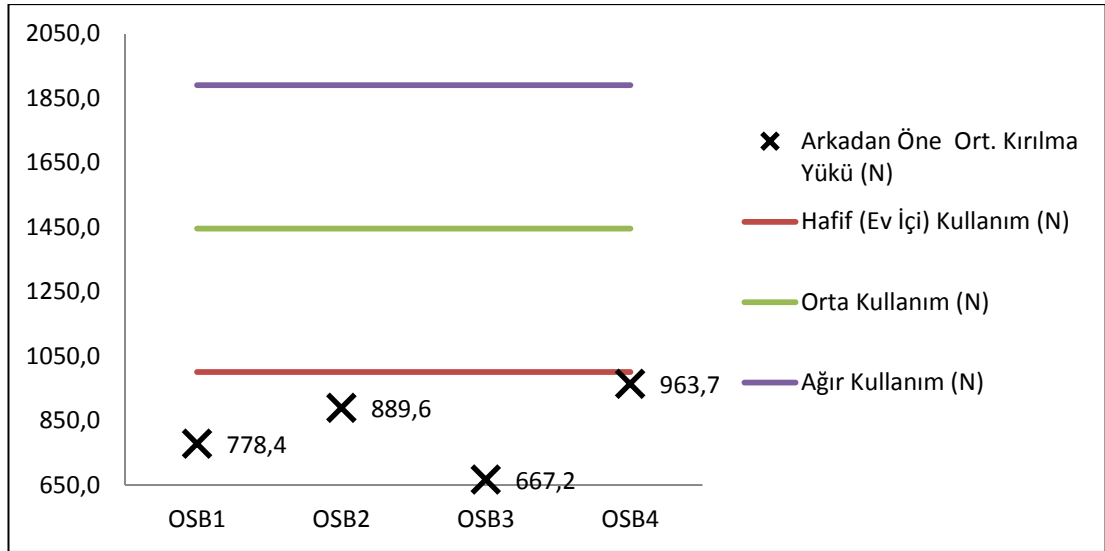
4 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 964 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 6,6, ortalama devir sayısı 134746, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 7,5 olarak belirlenmiştir.

4 farklı model sandalyenin, arkadan öne yönde yükleme performanslarının ALA'daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılması Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4. 9. Tasarım sandalyelerin ALA'ya göre arkadan öne yönde performans değerlendirmesi

MODEL	Arkadan Öne Ort. Kırılma Yüğü (N)	Hafif (Ev İçi) Kullanım (N)	Sonuç	Orta Kullanım (N)	Sonuç	Ağır Kullanım (N)	Sonuç
OSB1	778	1001	Başarısız	1446	Başarısız	1890	Başarısız
OSB2	890	1001	Başarısız	1446	Başarısız	1890	Başarısız
OSB3	667	1001	Başarısız	1446	Başarısız	1890	Başarısız
OSB4	964	1001	Başarısız	1446	Başarısız	1890	Başarısız

Arkadan öne yönde yükleme testlerinde, 4 model ve toplamda 12 sandalye için elde edilen veriler, arkadan öne yükleme performanslarının ALA'daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılmasını gösteren grafik Şekil 4.9'de sunulmuştur. Buna göre, arkadan öne yönde test edilen 4 farklı modeldeki sandalyenin hiçbiri hafif (ev içi) kullanım sınırının üstünde dayanım sağlamamaktadır. Sonuç olarak, bağlantı elemansız sandalye modellerine ilişkin tasarımların OSB'den üretilmesi halinde ev içi yükleme koşullarını dahi karşılayamadıkları belirlenmiştir. Buna göre, bu çalışmada tasarlanan bağlantı elemansız sandalyelerine ilişkin tasarımlar uygun bulunmamış ve önemli mukavemet arttırıcı geliştirmelere ihtiyaç duydukları anlaşılmıştır.



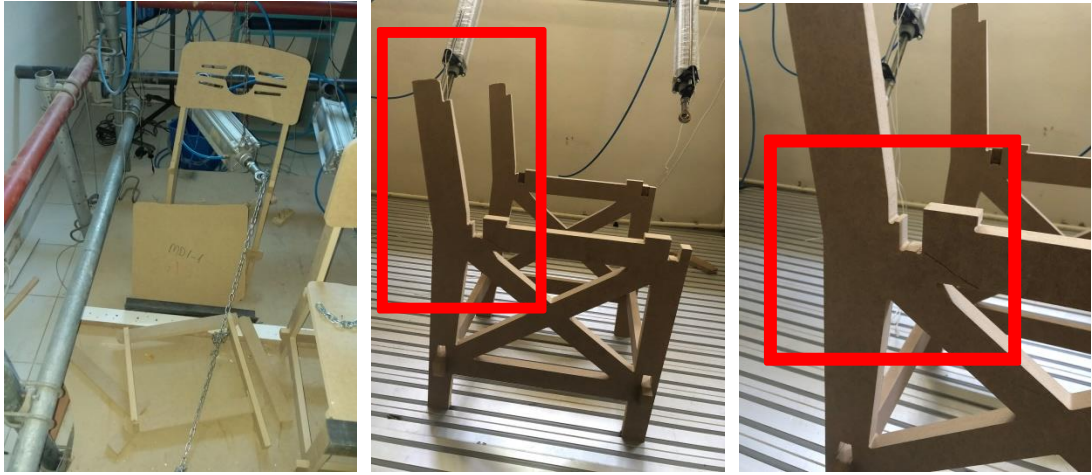
Şekil 4. 9. Arkadan öne yönde OSB'den üretilen sandalyelerin performansı

4.4. MDF Deney Sandalyeninin Performanslarının İncelenmesi

4.4.1. MDF deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme performansları

4.4.1.1. MDF deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri

MDF malzemesinden üretilmiş 4 farklı modeldeki sandalyenin önden arkaya yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, yan gövde üzerinde oturak ile sırt kısmının birleşme noktasından kırılmalar (Şekil 4.8.a), yan panel arkalık kısmı ile üst arka kayıt kısmının olduğu yerden kırılma gerçekleşmiştir (Şekil 4.8.b ve Şekil 4.8.c).



Şekil 4. 10. MDF'den üretilen deney sandalyelerinin önden arkaya yönde genel deformasyon görünümleri

4.4.1.2. MDF deney sandalyelerinin önden arkaya yönde yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması

MDF’den yapılmış deney sandalyelerinin, önden arkaya yükleme performansı değerleri, devir sayıları, ortalamaları ve varyasyon katsayıları ile birlikte Çizelge 4.10’ da verilmiştir.

Çizelge 4. 10. MDF malzemeden üretilmiş bağlantı elemansız sandalyelerin önden arkaya yüklemelerdeki performansları

Sandalye Kodu	Kırılma Yüğü (N)	Kırılma Yüğü		Devir Sayısı			
		X (N)	v (%)	Kırılma Yüğü Devir sayısı	Toplam Devir Sayısı	X	v (%)
MDF1-1	1557	1631	7,9	10397	210397	215174	4
MDF1-2	1557			10113	210113		
MDF1-3	1779			12	225012		
MDF2-1	2446	2446	0,00	25000	325000	314710	2,8
MDF2-2	2446			8876	308876		
MDF2-3	2446			10254	310254		
MDF3-1	1779	1557	14,3	21408	246408	213433	14,5
MDF3-2	1334			10131	185131		
MDF3-3	1557			8761	208761		
MDF4-1	2446	2446	0,00	25000	325000	325000	0,00
MDF4-2	2446			25000	325000		
MDF4-3	2446			25000	325000		

Önden arkaya yönde yapılan testlerde, MDF'den üretilmiş 1 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçevesi boş) ortalama kırılma değeri 1631 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 7,9, ortalama devir sayısı 215174, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 4 olarak belirlenmiştir.

2 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 2446N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama devir sayısı 314710, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 2,8 olarak belirlenmiştir.

3 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve boş) ortalama kırılma değeri 1556 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 14,3, ortalama devir sayısı 213433, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 14,5 olarak belirlenmiştir.

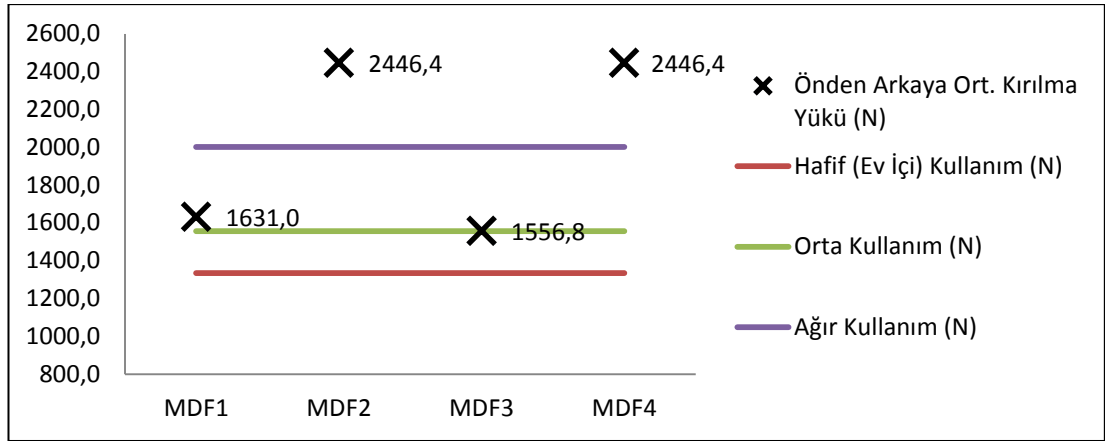
4 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 2446 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama devir sayısı 325000, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 0 olarak belirlenmiştir.

4 farklı model sandalyenin, önden arkaya yükleme performanslarının ALA'daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılması Çizelge 4.11.' de verilmiştir.

Çizelge 4. 11. MDF sandalyelerin ALA'ya göre önden arkaya performanslarının değerlendirilmesi

MODEL	Önden Arkaya Ort. Kırılma Yüğü (N)	Hafif (Ev İçi) Kullanım (N)	Sonuç	Orta Kullanım (N)	Sonuç	Ağır Kullanım (N)	Sonuç
MDF1	1631,0	1334,4	<i>Başarılı</i>	1556,8	<i>Başarılı</i>	2001,6	Başarısız
MDF2	2446,4	1334,4	<i>Başarılı</i>	1556,8	<i>Başarılı</i>	2001,6	<i>Başarılı</i>
MDF3	1556,8	1334,4	<i>Başarılı</i>	1556,8	<i>Başarılı</i>	2001,6	Başarısız
MDF4	2446,4	1334,4	<i>Başarılı</i>	1556,8	<i>Başarılı</i>	2001,6	<i>Başarılı</i>

Önden arkaya yükleme testlerinde, 4 model ve toplamda 12 sandalye için elde edilen veriler, önden arkaya yönde ağır yüklere karşı dayanım gösterdiği ve ağır yüklerin üzerindeki değerde kırıldığı gözlemlenmiştir. 4 farklı model sandalyenin, önden arkaya yükleme performanslarını gösteren grafik Şekil 4.11'de sunulmuştur.



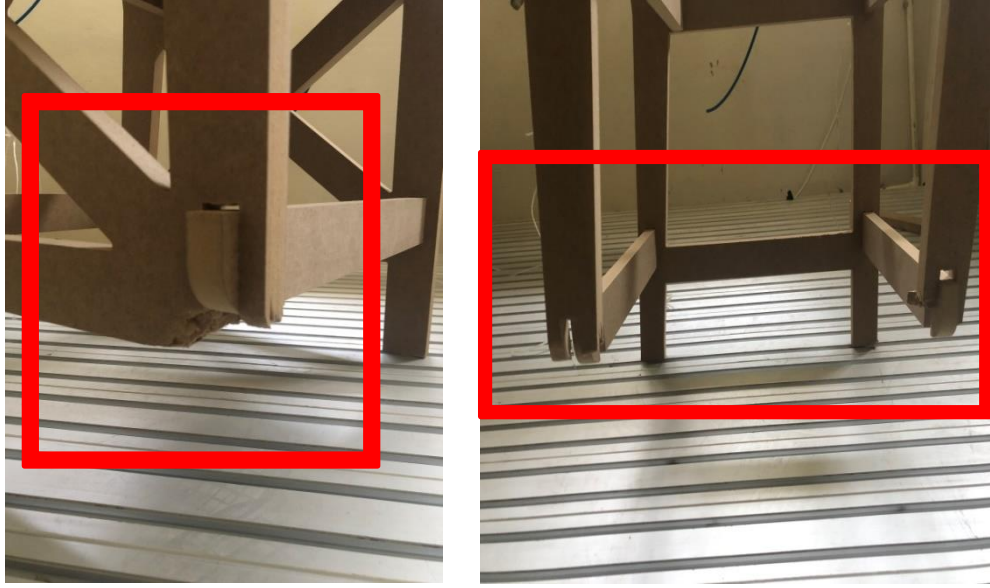
Şekil 4. 11. ALA'ya göre önden arkaya yönde MDF'den üretilen sandalyelerin performansı

4.4.2. MDF deney sandalyelerinin yanıl yüklenme performansları

4.4.2.1.MDF deney sandalyelerinin yanıl yönde yüklenme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri

MDF deney sandalyelerinin, yanıl yönde yüklemelere karşı göstermiş oldukları deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, yükün yüklendiği noktadan itibaren sandalye sisteminin bütününün yanıl yönde yer değıştirmesi gözlemlenmiştir.

4 farklı modeldeki sandalyelerin yanıl yönde yüklenme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, alt ara kayıt kısmından (Şekil 4.12.a ve Şekil 4.12.b) deformasyonlar tespit edilmiştir.



a

b

Şekil 4. 12. MDF’den üretilmiş deney sandalyelerinin yanal yönde genel deformasyon görüşleri (a,b)

4.4.2.2.MDF deney sandalyelerin yanal yönde yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması

MDF deney sandalyelerinin, yanal yönde yükleme performansı değerleri, devir sayıları, ortalamaları ve varyasyon katsayıları ile birlikte Çizelge 4.12’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 12. MDF malzemeden üretilmiş bağlantı elemansız sandalyelerin yanal yöndeki yükleme performansları

Sandalye Kodu	Kırılma Yüğü (N)	Kırılma Yüğü		Devir Sayısı			
		X (N)	v (%)	Kırılma Yüğü Devir sayısı	Toplam Devir Sayısı	X	v (%)
MDF1-4	778	704	9,1	1076	126076	119867	4,8
MDF1-5	667			18761	118761		
MDF1-6	667			14764	114764		
MDF2-4	100	107	6	180	175180	194264	8,7
MDF2-5	1112			7600	207600		
MDF2-6	1112			12	200012		
MDF3-4	778	778	0,00	1736	126736	127175	1,9
MDF3-5	778			4786	129786		
MDF3-6	778			4	125004		
MDF4-4	1112	100	19,3	3184	203184	182420	25,2
MDF4-5	778			4701	129701		
MDF4-6	1112			14376	214376		

Yanal yönde yapılan testlerde, MDF’den üretilmiş 1 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçevesi boş) ortalama kırılma değeri 704 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 9,1, ortalama devir sayısı 119867, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 4,8 olarak belirlenmiştir.

2 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 1075 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 6, ortalama devir sayısı 194264, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 8,7 olarak belirlenmiştir.

3 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve boş) ortalama kırılma değeri 778 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama devir sayısı 127175, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 1,90 olarak belirlenmiştir.

4 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 1001N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 19,3, ortalama devir sayısı 182420, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 25,2 olarak belirlenmiştir.

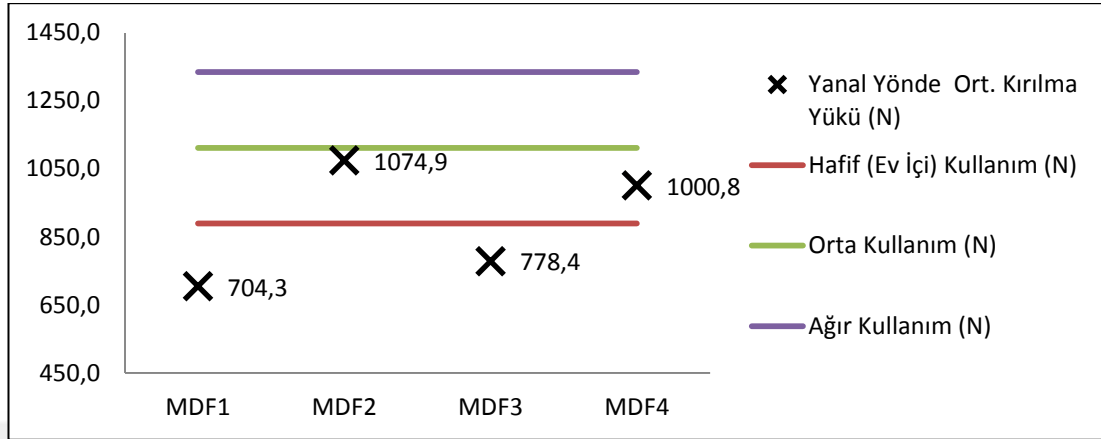
4 farklı model sandalyenin, yanal yönde yükleme performanslarının ALA’daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılması Çizelge 4.13.’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 13. MDF sandalyelerin ALA’ya göre yanal yönde performanslarının değerlendirilmesi

MODEL	Yanal Yönde Ort. Kırılma Yüğü (N)	Hafif (Ev İçi) Kullanım (N)	Sonuç	Orta Kullanım (N)	Sonuç	Ağır Kullanım (N)	Sonuç
MDF1	704,3	889,6	Başarısız	1112,0	Başarısız	1334,4	Başarısız
MDF2	1074,9	889,6	Başarılı	1112,0	Başarısız	1334,4	Başarısız
MDF3	778,4	889,6	Başarısız	1112,0	Başarısız	1334,4	Başarısız
MDF4	1000,8	889,6	Başarılı	1112,0	Başarısız	1334,4	Başarısız

Yanal yönde yükleme testlerinde, 4 model ve toplamda 12 sandalye için elde edilen veriler incelendiğinde, bağlantı elemansız sandalye modellerine ilişkin tasarımların MDF’den üretilmesi halinde ev içi yükleme koşullarını model 2 ve model 4 dışında karşılayamadıkları belirlenmiştir. Buna göre, bu çalışmada tasarlanan bağlantı elemansız sandalyelerine ilişkin tasarımlar uygun bulunmamış ve önemli mukavemet

arttırıcı geliştirmelere ihtiyaç duydukları anlaşılmıştır. 4 farklı model sandalyenin, yanal yönde yükleme performanslarını gösteren grafik şekil 4.13’de sunulmuştur.



şekil 4. 13. Yanal yönde MDF’den üretilen sandalyelerin performansı

4.4.3. MDF deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme performansları

4.4.3.1.MDF deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri

Bağlantı elemansız MDF’den üretilmiş deney sandalyelerinin, arkadan öne yüklemelere karşı göstermiş oldukları deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, yükün yüklendiğı noktadan itibaren sandalye sisteminin bütününün arkadan öne doğru yer değıştirmesi gözlemlenmiştir.

4 farklı modeldeki sandalyenin arkadan öne yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, üst arka kayıt kısmı ile sandalye sırt kısmının birleşme notasında deformasyondan kaynaklı kırılma meydana geldiğı görülmüştür, başka herhangi bir sandalye elemanında kırılma vb. deformasyon gözlenmemiştir (şekil 4.14).



a



b



c

Şekil 4. 14. MDF'den üretilmiş deney sandalyelerinin arkadan öne yönde genel deformasyon görünümleri (a,b,c)

4.4.3.2.MDF deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması

Bağlantı elemansız MDF'den yapılmış deney sandalyelerinin, arkadan öne yükleme performansı değerleri, devir sayıları, ortalamaları ve varyasyon katsayıları ile birlikte Çizelge 4.14' de verilmiştir.

Çizelge 4. 14. MDF malzemeden üretilmiş bağlantı elemansız sandalyelerin arkadan öne yüklemadaki performansları

Sandalye Kodu	Kırılma Yüğü (N)	Kırılma Yüğü		Devir Sayısı			
		X (N)	v (%)	Kırılma Yüğü Devir sayısı	Toplam Devir Sayısı	X	v (%)
MDF1-7	2113	2039	6,30	18654	268654	262557	4,8
MDF1-8	2113			21002	271002		
MDF1-9	1890			23015	248015		
MDF2-7	2335	2335	0,00	25000	300000	300000	0,0
MDF2-8	2335			25000	300000		
MDF2-9	2335			25000	300000		
MDF3-7	2113	2039	6,30	1002	251002	247890	3,7
MDF3-8	2113			5210	255210		
MDF3-9	1890			12457	237457		
MDF4-7	2335	2335	0,00	25000	300000	300000	0,0
MDF4-8	2335			25000	300000		
MDF4-9	2335			25000	300000		

Arkadan öne yönde yapılan testlerde, MDF’den üretilmiş 1 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçevesi boş) ortalama kırılma değeri 2039 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 6,3, ortalama devir sayısı 262557, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 4,8 olarak belirlenmiştir.

2 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 2335 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama devir sayısı 300000, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0 olarak belirlenmiştir.

3 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve boş) ortalama kırılma değeri 2038 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 6,3, ortalama devir sayısı 247890, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 3,7 olarak belirlenmiştir.

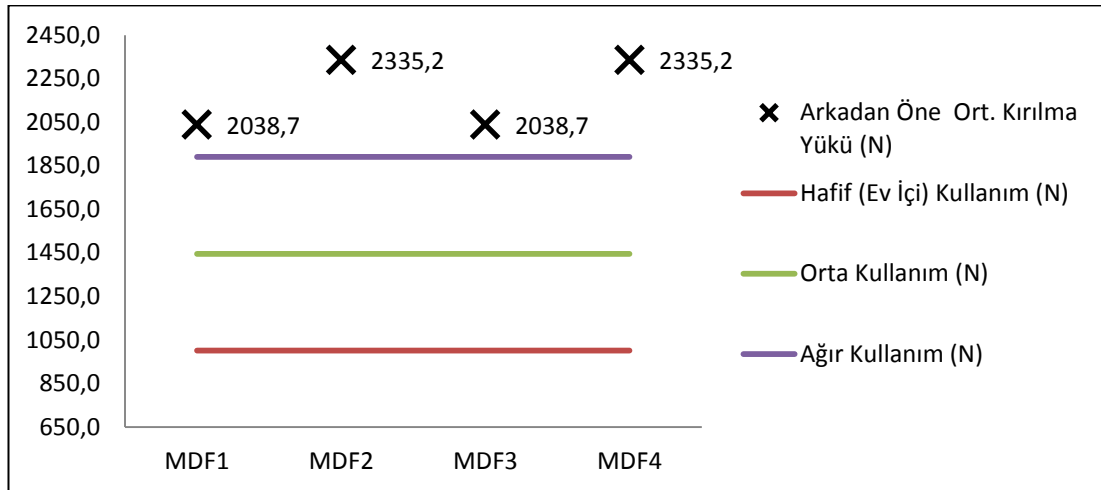
4 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 2335 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama devir sayısı 300000, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 0 olarak belirlenmiştir.

4 farklı model sandalyenin, arkadan öne yönde yükleme performanslarının ALA’daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılması Çizelge 4.15.’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 15. MDF sandalyelerin ALA'ya göre arkadan öne yönde performanslarının değerlendirilmesi

MODEL	Arkadan Öne Ort. Kırılma Yüğü (N)	Hafif (Ev İçi) Kullanım (N)	Sonuç	Orta Kullanım (N)	Sonuç	Ağır Kullanım (N)	Sonuç
MDF1	2038,7	1000,8	Başarılı	1445,6	Başarılı	1890,4	Başarılı
MDF2	2335,2	1000,8	Başarılı	1445,6	Başarılı	1890,4	Başarılı
MDF3	2038,7	1000,8	Başarılı	1445,6	Başarılı	1890,4	Başarılı
MDF4	2335,2	1000,8	Başarılı	1445,6	Başarılı	1890,4	Başarılı

Arkadan öne yükleme testlerinde, 4 model ve toplamda 12 sandalye için elde edilen veriler, bağlantı elemansız sandalye modellerine ilişkin tasarımların MDF'den üretilmesi halinde ağır yüklere dayandığı görülmüştür. Buna göre, bu çalışmada tasarlanan bağlantı elemansız sandalyelerine ilişkin tasarımlar uygun bulunmuştur. 4 farklı model sandalyenin, arkadan öne yönde yükleme performanslarını gösteren grafik Şekil 4.15'de sunulmuştur.



Şekil 4. 15. Arkadan öne yönde MDF'den üretilen sandalyelerin performansı

4.5. KKP Deney Sandalyelerinin Performanslarının İncelenmesi

4.5.1. KKP deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme performansları

4.5.1.1.KKP deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri

KKP deney sandalyelerinin, önden arkaya yüklemelere karşı göstermiş oldukları deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, yükün yüklendiği noktadan itibaren sandalye sisteminin bütününün önden arkaya doğru yer değiştirmesi gözlemlenmiştir.

KKP malzemesinden üretilmiş 4 farklı modeldeki sandalyenin önden arkaya yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, ağır yük değerinin altında herhangi bir deformasyon gözlemlenmemiştir.

4.5.1.2.KKP deney sandalyelerinin önden arkaya yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması

Bağlantı elemansız KKP'den yapılmış deney sandalyelerinin, önden arkaya yükleme performansı değerleri, devir sayıları, ortalamaları ve varyasyon katsayıları ile birlikte Çizelge 4.16' de verilmiştir.

Çizelge 4. 16. KKP deney sandalyelerinin önden arkaya yüklemedeki performansları

Sandalye Kodu	Kırılma Yüğü (N)	Kırılma Yüğü		Devir Sayısı			
		X (N)	v (%)	Kırılma Yüğü Devir Sayısı	Toplam Devir Sayısı	X	v (%)
KKP1-1	2224	2224	0,0	25000	300000	300000	0,0
KKP1-2	2224			25000	300000		
KKP1-3	2224			25000	300000		
KKP2-1	2224	2372	5,4	25000	300000	316667	4,6
KKP2-2	2446			25000	325000		
KKP2-3	2446			25000	325000		
KKP3-1	2224	2224	0,0	25000	300000	300000	0,0
KKP3-2	2224			25000	300000		
KKP3-3	2224			25000	300000		
KKP4-1	2446,4	2446	0,0	25000	325000	325000	0,0
KKP4-2	2446,4			25000	325000		
KKP4-3	2446,4			25000	325000		

Önden arkaya yönde yapılan testlerde, KKP'den üretilmiş 1 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçevesi boş) ortalama kırılma değeri 2224 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama devir sayısı 300000, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 0 olarak belirlenmiştir.

2 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 2372 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 5,4, ortalama devir sayısı 316667, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 4,6 olarak belirlenmiştir.

3 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve boş) ortalama kırılma değeri 2224 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama devir sayısı 300000, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 0 olarak belirlenmiştir.

4 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 2446 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama devir sayısı 325000, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 0 olarak belirlenmiştir.

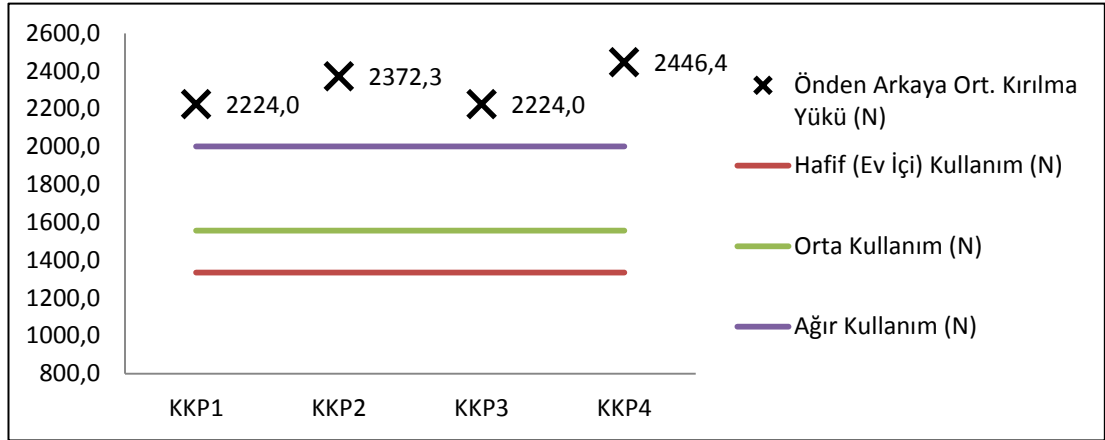
4 farklı model sandalyenin, önden arkaya yükleme performanslarının ALA'daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılması Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4. 17. KKP deney sandalyelerinin önden arkaya performanslarının değerlendirilmesi

MODEL	Önden Arkaya Ort. Kırılma Yüğü (N)	Hafif (Ev İçi) Kullanım (N)	Sonuç	Orta Kullanım (N)	Sonuç	Ağır Kullanım (N)	Sonuç
KKP1	2224,0	1334,4	Başarılı	1556,8	Başarılı	2001,6	Başarılı
KKP2	2372,3	1334,4	Başarılı	1556,8	Başarılı	2001,6	Başarılı
KKP3	2224,0	1334,4	Başarılı	1556,8	Başarılı	2001,6	Başarılı
KKP4	2446,4	1334,4	Başarılı	1556,8	Başarılı	2001,6	Başarılı

Önden arkaya yükleme testlerinde, 4 model ve toplamda 12 sandalye için elde edilen veriler doğrultusunda, hepsi de testi ağır yüklerin üstünde tamamlamış olup deforme olmadan bitirmiştir. Sonuç olarak, bağlantı elemansız sandalye modellerine ilişkin tasarımların KKP örneklerin halinde önden arkaya yönde ağır yükleri bile karşılayabildikleri görülmüştür. Buna göre, bu çalışmada tasarlanan bağlantı elemansız demonte sandalyelerin tasarımları uygun bulunmuştur. 4 farklı model

sandalyenin, önden arkaya yükleme performanslarını gösteren grafik Şekil 4.16’de sunulmuştur.



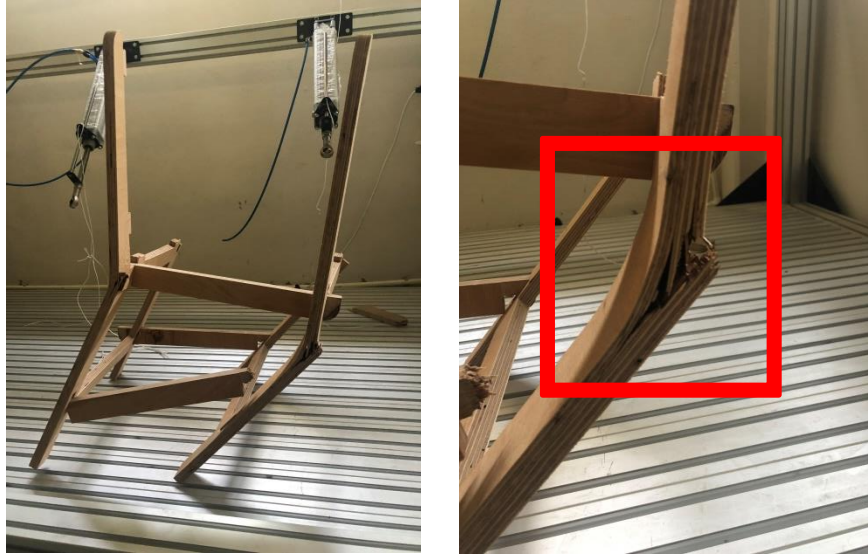
Şekil 4. 16. Önden arkaya yönde KKP deney sandalyelerinin performansı

4.5.2. KKP deney sandalyelerinin yanal yükleme performansları

4.5.2.1.KKP deney sandalyelerinin yanal yönde yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri

KKP deney sandalyelerinin, yanal yönde yüklemelere karşı göstermiş oldukları deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, yükün yüklendiği noktadan itibaren sandalye sisteminin bütününün yanal yönde yer değiştirmesi gözlemlenmiştir.

4 farklı modeldeki sandalyelerin yanal yönde yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, yan panel oturma yüksekliği altında deformasyonlar görülmüştür (Şekil 4.17).



Şekil 4. 17. MDF deney sandalyelerinin arkadan öne yönde genel deformasyon görünüşleri

4.5.2.2. KKP deney sandalyelerinin yanal yönde yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması

KKP deney sandalyelerinin, yanal yönde yükleme performansı değerleri, devir sayıları, ortalamaları ve varyasyon katsayıları ile birlikte Çizelge 4.18' de verilmiştir.

Çizelge 4. 18. KKP deney sandalyelerinin yanal yöndeki yükleme performansları

Sandalye Kodu	Kırılma Yüğü (N)	Kırılma Yüğü		Devir Sayısı			
		X (N)	v (%)	Kırılma Yüğü Devir sayısı	Toplam Devir Sayısı	X	v (%)
KKP1-4	1557	1557	0,00	23761	273761	265005	3,2
KKP1-5	1557			14471	264471		
KKP1-6	1557			6784	256784		
KKP2-4	1557	1483	8,7	4761	254761	251678	8,5
KKP2-5	1334			4001	229001		
KKP2-6	1557			21272	271272		
KKP3-4	1557	1705	7,5	23012	273012	274656	0,5
KKP3-5	1779			876	275876		
KKP3-6	1779			79	275079		
KKP4-4	1779	1631	15,8	6771	281771	269467	10,3
KKP4-5	1779			13864	288864		
KKP4-6	1334			12766	237766		

Yanal yönde yapılan testlerde, KKP'den üretilmiş 1 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçevesi boş) ortalama kırılma değeri 1557 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama toplam devir sayısı 265005, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 3,21 olarak belirlenmiştir.

2 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 1483 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 8,7, ortalama devir sayısı 251678, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 8,5 olarak belirlenmiştir.

3 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve boş) ortalama kırılma değeri 1705 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 7,5, ortalama devir sayısı 274656, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 0,5 olarak belirlenmiştir.

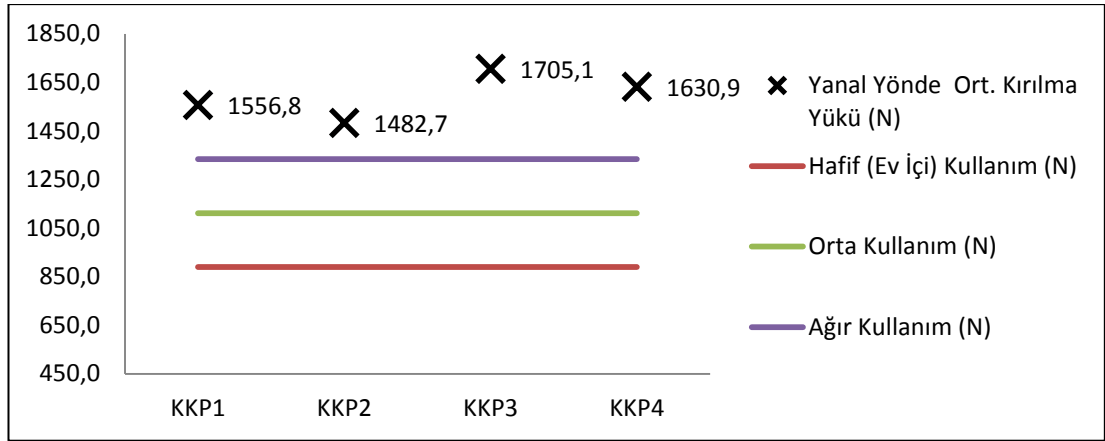
4 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 1630 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı %15,8, ortalama devir sayısı 269467, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise %10,3 olarak belirlenmiştir.

4 farklı model sandalyenin, önden arkaya yükleme performanslarının ALA'daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılması Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4. 19. KKP deney sandalyelerinin yanal yönde performans değerlendirilmesi

MODEL	Yanal Yönde Ort. Kırılma Yüğü (N)	Hafif (Ev İçi) Kullanım (N)	Sonuç	Orta Kullanım (N)	Sonuç	Ağır Kullanım (N)	Sonuç
KKP1	1557	890	<i>Başarılı</i>	1112	<i>Başarılı</i>	1334	<i>Başarılı</i>
KKP2	1483	890	<i>Başarılı</i>	1112	<i>Başarılı</i>	1334	<i>Başarılı</i>
KKP3	1705	890	<i>Başarılı</i>	1112	<i>Başarılı</i>	1334	<i>Başarılı</i>
KKP4	1631	890	<i>Başarılı</i>	1112	<i>Başarılı</i>	1334	<i>Başarılı</i>

4 farklı model sandalyenin, yanal yönde yükleme performanslarının ALA'daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılmasını gösteren grafik Şekil 4.18'de sunulmuştur. Buna göre, yanal yönde test edilen 4 farklı modeldeki sandalyenin hepsi de kabul edilebilir ağır yüklerin üzerinde değerler vermiştir.



Şekil 4. 18. Yanal yönde KKP deney sandalyelerinin performansı

4.5.3. KKP deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme performansları

4.5.3.1.KKP deney sandalyelerin arkadan öne yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri

Bağlantı elemansız KKP'den üretilmiş deney sandalyelerinin, arkadan öne yüklemelere karşı göstermiş oldukları deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, yükün yüklendiği noktadan itibaren sandalye sisteminin bütününün arkadan öne doğru yer değiştirmesi gözlemlenmiştir.

KKP malzemesinden üretilmiş 4 farklı modeldeki sandalyenin arkadan öne yükleme deneylerindeki deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, ağır yüklerin altında herhangi bir deformasyon görülmemiştir. Deney numuneleri ağır yüklerin üstünde kırılmadığı görüldüğü için test sonlandırılmış daha fazla yük artışına gidilmemiştir.

4.5.3.2.KKP deney sandalyelerinin arkadan öne yükleme performansı ve kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırılması

KKP deney sandalyelerinin, arkadan öne yükleme performansı değerleri, devir sayıları, ortalamaları ve varyasyon katsayıları ile birlikte Çizelge 4.20' de verilmiştir.

Çizelge 4. 20. KKP malzemeden üretilmiş bağlantı elemansız sandalyelerin arkadan öne yüklemedeki performansları

Sandalye Kodu	Kırılma Yüğü (N)	Kırılma Yüğü		Devir Sayısı			
		X (N)	v (%)	Kırılma Yüğü Devir sayısı	Toplam Devir Sayısı	X	v (%)
KKP1-7	2113	2113	0,0	25000	275000	275000	0,0
KKP1-8	2113			25000	275000		
KKP1-9	2113			25000	275000		
KKP2-7	2335	2335	0,0	25000	300000	300000	0,0
KKP2-8	2335			25000	300000		
KKP2-9	2335			25000	300000		
KKP3-7	2113	2113	0,0	25000	275000	275000	0,0
KKP3-8	2113			25000	275000		
KKP3-9	2113			25000	275000		
KKP4-7	2335	2335	0,0	25000	275000	275000	0,0
KKP4-8	2335			25000	275000		
KKP4-9	2335			25000	275000		

Arkadan öne yönde yapılan testlerde, KKP'den üretilmiş 1 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçevesi boş) ortalama kırılma değeri 2113 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama toplam devir sayısı 275000, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 0 olarak belirlenmiştir.

2 numaralı modelin (kısa sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 2335 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama devir sayısı 300000, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0 olarak belirlenmiştir.

3 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve boş) ortalama kırılma değeri 2112 N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama devir sayısı 275000, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 0 olarak belirlenmiştir.

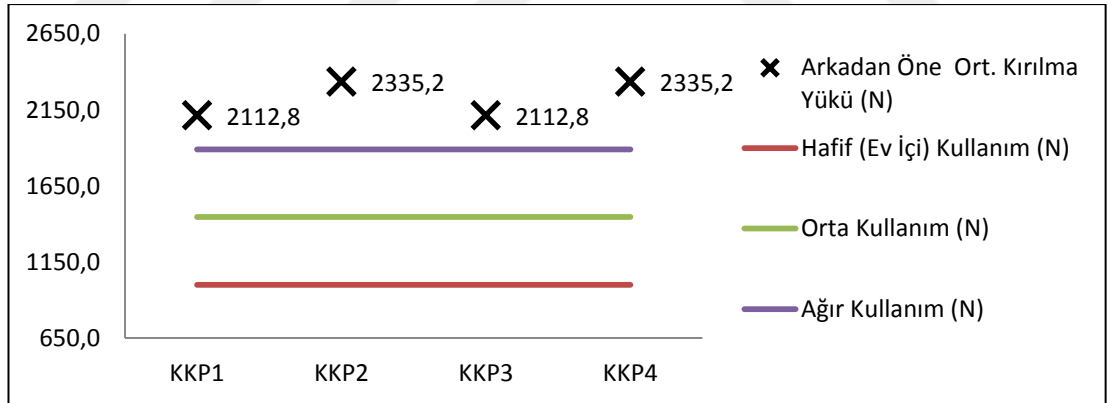
4 numaralı modelin (uzun sırt, yan çerçeve dolu) ortalama kırılma değeri 2335N, buna ilişkin varyasyon katsayısı % 0, ortalama devir sayısı 300000, buna ilişkin varyasyon katsayısı ise % 0 olarak belirlenmiştir.

4 farklı model sandalyenin, arkadan öne yükleme performanslarının ALA'daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılması Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4. 21. KKP sandalyelerin arkadan öne yönde performans değerlendirilmesi

MODEL	Arkadan Öne Ort. Kırılma Yüğü (N)	Hafif (Ev İçi) Kullanım (N)	Sonuç	Orta Kullanım (N)	Sonuç	Ağır Kullanım (N)	Sonuç
KKP1	2112,8	1000,8	<i>Başarılı</i>	1445,6	<i>Başarılı</i>	1890,4	<i>Başarılı</i>
KKP2	2335,2	1000,8	<i>Başarılı</i>	1445,6	<i>Başarılı</i>	1890,4	<i>Başarılı</i>
KKP3	2112,8	1000,8	<i>Başarılı</i>	1445,6	<i>Başarılı</i>	1890,4	<i>Başarılı</i>
KKP4	2335,2	1000,8	<i>Başarılı</i>	1445,6	<i>Başarılı</i>	1890,4	<i>Başarılı</i>

4 farklı model sandalyenin, arkadan öne yönde yükleme performanslarının ALA'daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılmasını gösteren grafik Şekil 4.19'da sunulmuştur. Buna göre, arkadan öne yönde test edilen 4 farklı modeldeki sandalyenin hepsi de kabul edilebilir ağır yüklerin üzerinde değerler vermiştir. Bu doğrultuda KKP'den yapılan 4 farklı modeldeki sandalye modellerinin hepsi ağır kullanım koşullarına dayanım sağladığı görülmüştür.



Şekil 4. 19. Arkadan öne yönde KKP deney sandalyelerinin performansı

4.6. Bağlantı Elemansız Sandalyelerin Performanslarının Karşılaştırılması

Ahşap esaslı panel türünün ve tasarım modelinin, deney sandalyelerinin önden arkaya, yanal ve arkadan öne yönlerdeki devirli yük taşıma performansları üzerindeki etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi (MANOVA) sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4. 22. Deney verilerine göre çoklu varyans analizi

Yükleme Yönü	Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali (p<0,05)
ÖNDEN ARKAYA	Ahşap Esaslı Panel Türü	2	13156828	6578414	336,00	0,000
	Tasarım Modeli	3	2794589	931530	47,58	0,000
	AEP × TM	6	989235	164873	8,42	0,000
	Hata	24	469887	19579		
	Toplam	35	17410540			
YANAL	Ahşap Esaslı Panel Türü	2	6789314	3394657	282,37	0,000
	Tasarım Modeli	3	127433	42478	3,53	0,030
	AEP × TM	6	275475	45912	3,82	0,008
	Hata	24	288527	12022		
	Toplam	35	7480748			
ARKADAN ÖNE	Ahşap Esaslı Panel Türü	2	15259640	7629820	2468,11	0,000
	Tasarım Modeli	3	847376	282459	91,37	0,000
	AEP × TM	6	169681	28280	9,15	0,000
	Hata	24	74193	3091		
	Toplam	35	16350890			

AEP : Ahşap esaslı panel türü TM : Tasarım modeli

Varyans analizi sonuçlarına göre, ahşap esaslı panel türü ve tasarım modeli ana faktörlerinin ve ikili etkileşimlerinin, önden arkaya, yanal ve arkadan öne yönlerdeki devirli yük taşıma performansına etkileri 0,05 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Çizelge 4.22’de, hesaplanan F değerleri incelendiğinde, ahşap esaslı panel sandalyelerin devirli yük taşıma performansı üzerindeki etkisinin daha fazla, tasarım modelinin ise nispeten daha az etkili olduğu söylenebilir. Ana faktörlerin ve ikili etkileşimlerin belirgin etkilerinin görülmesi açısından ana faktörlere ve eş zamanlı etkilere ilişkin karşılaştırma testleri yapılmıştır.

Ana faktörlerden ahşap esaslı panel türünün, sandalyelerin önden arkaya, yanal ve arkadan öne devirli yük taşıma performansı üzerindeki etkilerine ait ortalamaların karşılaştırılması Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4. 23. Ahşap esaslı panel türüne göre devirli yük performansı ortalamalarının karşılaştırılması

Ahşap Esaslı Panel Türü	Önden Arkaya Yüklemeye Performansı		Yanal Yüklemeye Performansı		Arkadan Öne Yüklemeye Performansı	
	X	HG	X	HG	X	HG
OSB	890	C	417	C	732	B
MDF	1890	B	778	B	2131	A
KKP	2335	A	1464	A	2094	A

Ahşap esaslı panel türüne göre yapılan karşılaştırmalar sonucunda, önden arkaya, yanıl ve arkadan öne testlerde en yüksek dayanımı KKP deney sandalyeleri vermiştir. OSB'den üretilen sandalyeler en düşük performansı göstermişken, MDF'den üretilen sandalyeler KKP'den üretilen sandalyelere yakın performans değerleri vermişlerdir.

Çizelge 4.23'e göre, KKP'den üretilen sandalyeler OSB'den üretilen sandalyelere göre; önden arkaya testlerde % 162, yanıl testlerde % 251, arkadan öne testlerde ise % 186 oranında daha iyi performans göstermişlerdir. MDF'den üretilen sandalyeler OSB'den üretilen sandalyelere göre; önden arkaya testlerde % 112, yanıl testlerde % 87, arkadan öne testlerde ise % 191 daha iyi performans göstermişlerdir. KKP'den üretilen sandalyeler MDF'den üretilen sandalyelere göre; önden arkaya testlerde % 24, yanıl testlerde % 88 oranda daha dayanıklı çıkmasına rağmen arkadan öne testlerde % 2 daha zayıf olarak bulunmuştur.

Ana faktörlerden tasarım modelinin, sandalyelerin önden arkaya, yanıl ve arkadan öne devirli yük taşıma performansı üzerindeki etkilerine ait ortalamaların karşılaştırılması Çizelge 4.24'de verilmiştir.

Çizelge 4. 24.Sandalye modeline göre devirli yük performansı ortalamalarının karşılaştırılması

Tasarım Modeli	Önden Arkaya Yükleme Performansı		Yanıl Yükleme Performansı		Arkadan Öne Yükleme Performansı	
	X	HG	X	HG	X	HG
1	1446	B	791	B	1582	C
2	2002	A	914	A	1730	B
3	1409	B	890	A-B	1446	D
4	1965	A	951	A	1853	A

Tasarım modeline göre yapılan karşılaştırmalar sonucunda, 4 ve 2 numaralı modellerin her bir yükleme yönünde de, 1 ve 3 numaralı modellere göre daha yüksek performans gösterdiği görülmektedir. Önden arkaya ve yanıl yükleme yönünde, 4 numaralı model ile 2 numaralı model arasındaki performans değerleri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. 1 numaralı model 2 numaralı modele göre; önden

arkaya yüklemede % 45, yanal yüklemede % 16 ve arkadan öne yüklemede ise % 9 oranında daha düşük performans göstermiştir. 1 numaralı model 3 numaralı modele göre; önden arkaya yüklemede % 3 ve arkadan öne yüklemelerde daha düşük performans, yanal testlerde % 13 daha iyi performans göstermektedir. 1 numaralı model 4 numaralı modele göre; önden arkaya yüklemelerde % 36, yanal yönde % 20, arkadan öne test yönteminde ise % 17 daha düşük performans vermiştir.

Ahşap esaslı panel türü x tasarım modeli ikili etkileşiminin, sandalyelerin önden arkaya, yanal ve arkadan öne devirli yük taşıma performansı üzerindeki etkilerine ait ortalamaların karşılaştırılması Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4. 25.Ahşap esaslı panel türü x tasarım modeli ikili etkileşimine göre devirli yük performansı ortalamalarının karşılaştırılması

Ahşap Esaslı Panel Türü	Tasarım Modeli	Önden Arkaya Yükleme Performansı		Yanal Yükleme Performansı		Arkadan Öne Yükleme Performansı	
		X	HG	X	HG	X	HG
OSB	1	704,27	D	370,67	F	667,20	F
	2	1260,27	B	444,80	E-F	815,47	E
	3	593,07	D	444,80	E-F	556,00	G
	4	1000,80	C	407,73	F	889,60	E
MDF	1	1408,53	B	593,07	D-E	1964,53	C-D
	2	2298,13	A	963,73	C	2335,20	A
	3	1408,53	B	667,20	D	1890,40	D
	4	2446,40	A	889,60	C	2335,20	A
KKP	1	2224,00	A	1408,53	A-B	2112,80	B
	2	2446,40	A	1334,40	B	2038,67	B-C
	3	2224,00	A	1556,80	A	1890,40	D
	4	2446,40	A	1556,80	A	2335,20	A

Çizelge 4.25’e göre, KKP’den üretilmiş deney sandalyelerinin en iyi performansları verdiği, MDF’den üretilen sandalyelerin yanal yöndeki test verileri dışında KKP deney sandalyelerine yakın performans değerleri verdiği görülmektedir. OSB’den üretilen sandalyelerin performans değerlerinin düşük çıkmasının, ahşap esaslı panel OSB malzemesinin mekanik dirençlerinin zayıf olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direnci değerlerinin düşük olması, bu levha türü ile fonksiyonunu güvenilir olarak yerine getirebilen bir taşıyıcı sistem oluşturulamayacağını göstermektedir.

Sonuç olarak, KKP'den üretilen 2 ve 4 numaralı tasarım modelleri ile MDF'den üretilen 4 numaralı tasarım modeli önden arkaya yöndeki yüklemelerde en iyi performansı vermiştir. Yanal yüklemelerde, KKP'den üretilen 3 ve 4 numaralı tasarım modelleri, arkadan öne yüklemelerde MDF'den üretilen 2 ve 4 numaralı tasarım modelleri ile KKP'den üretilen 4 numaralı tasarım modeli en yüksek performansı göstermiştir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, CNC makinelerinde MDF, OSB ve kayın kontrplak (KKP) malzemelerinden seri olarak üretilmiş farklı tiplerdeki bağlantı elemansız sandalyelerin, mühendislik tasarımı yaklaşımıyla ve performans testlerini de kapsayan ürün mühendisliği yöntemleri kullanılarak performanslarının incelenerek, ALA'ya göre yeterlilikleri karşılaştırıp, bağlantı elemansız da yeterli dayanımların sağlanabilmesi amaçlanmıştır.

Bu doğrultuda üretilen 3 farklı ahşap esaslı panel malzemeden üretilen 4 farklı modeldeki sandalyenin performanslarına göre veriler incelendiğinde eğilme direncinin düşük olduğu malzemelerden yapılan sandalyelerin dayanımının yetersiz geldiği görülmüştür.

Çizelge 5. 1. OSB deney sandalyelerinin ALA'ya göre genel test verileri

TEST YÖNTEMİ	MODEL	HAFİF (EV İÇİ) KULLANIM (N)	SONUÇ	ORTA KULLANIM (N)	SONUÇ	AĞIR KULLANIM (N)	SONUÇ
ÖNDEN ARKAYA	OSB 1	1334	Başarısız	1557	Başarısız	2002	Başarısız
	OSB2		Başarılı		Başarısız		Başarısız
	OSB3		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	OSB4		Başarısız		Başarısız		Başarısız
YANAL	OSB1	890	Başarısız	1112	Başarısız	1334	Başarısız
	OSB2		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	OSB3		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	OSB4		Başarısız		Başarısız		Başarısız
ARKADAN ÖNE	OSB1	1001	Başarısız	1446	Başarısız	1890	Başarısız
	OSB2		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	OSB3		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	OSB4		Başarısız		Başarısız		Başarısız

Çizelge 5.1'deki verilere bakılacak olunursa 4 farklı modeldeki sandalyenin hiçbirisi ALA tarafından ev içi kullanıma dahi uygun görülmemektedir. Bunun nedeninin OSB'den üretilmiş deney sandalyelerinin malzemeden kaynaklı olarak dayanımının düşük olmasıdır. OSB malzemelerden üretilen deney sandalyeleri kullanıma uygun değildir.

Çizelge 5. 2.MDF deney sandalyelerinin ALA'ya göre genel test verileri

TEST YÖNTEMİ	MODEL	HAFİF (EV İÇİ) KULLANIM (N)	SONUÇ	ORTA KULLANIM (N)	SONUÇ	AĞIR KULLANIM (N)	SONUÇ
ÖNDEN ARKAYA	MDF1	1334	<i>Başarılı</i>	1557	<i>Başarılı</i>	2002	Başarısız
	MDF2		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	MDF3		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		Başarısız
	MDF4		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
YANAL	MDF1	890	Başarısız	1112	Başarısız	1334	Başarısız
	MDF2		<i>Başarılı</i>		Başarısız		Başarısız
	MDF3		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	MDF4		<i>Başarılı</i>		Başarısız		Başarısız
ARKADAN ÖNE	MDF1	1001	<i>Başarılı</i>	1446	<i>Başarılı</i>	1890	<i>Başarılı</i>
	MDF2		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	MDF3		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	MDF4		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>

Çizelge 5.2 incelendiği zaman ahşap esaslı MDF sandalyelerin yanıl testler dışında nispeten ağır yükleri dahi karşıladığı gözlemlenmiştir. ALA'ya göre önden arkaya testlerdeki Model 2 ve model 4 (yan çerçevesi dolu olan sandalye modelleri) dışında ağır yükleri karşılayamamıştır. Bu veriler göz önüne alındığı zaman yan çerçeve içerisindeki çapraz sabit kayıtlın önden arkaya ve arkadan öne testlerde dayanımı arttırdığı söylenebilir.

MDF'den yapılan sandalyelerin test verilerine göre yanıl yöndeki dayanımları Model 2 ve Model 4 ün ev içi kullanımları karşılaması dışında başarılı görölmemiştir. Bu yüzden, MDF'den üretilecek sandalyelerin tasarımlarında yanıl yöndeki kuvvetlere karşı dayanımı arttırıcı önemli revizyonlar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 5. 3.KKP deney sandalyelerin ALA'ya göre genel test verileri

TEST YÖNTEMİ	MODEL	HAFİF (EV İÇİ) KULLANIM (N)	SONUÇ	ORTA KULLANIM (N)	SONUÇ	AĞIR KULLANIM (N)	SONUÇ
ÖNDEN ARKAYA	KKP1	1334	<i>Başarılı</i>	1557	<i>Başarılı</i>	2002	<i>Başarılı</i>
	KKP2		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	KKP3		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	KKP4		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
YANAL	KKP1	890	<i>Başarılı</i>	1112	<i>Başarılı</i>	1334	<i>Başarılı</i>
	KKP2		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	KKP3		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	KKP4		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
ARKADAN ÖNE	KKP1	1001	<i>Başarılı</i>	1446	<i>Başarılı</i>	1890	<i>Başarılı</i>
	KKP2		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	KKP3		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	KKP4		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>

Çizelge 5.3'de görüldüğü üzere ahşap esaslı KKP (kayın kontrplak) malzemeden üretilen sandalyeler ALA'ya göre ağır yüklerin üstünde yüklere kadar dayanmıştır. Yalnız KKP'den üretilen sandalyelerin 9 kg ağırlığa kadar ulaşması hem kullanım açısından bir sorun olmaktadır hem de nakliye edileceği durumda sorun yaratmaktadır. Bu yüzden KKP'den üretilen tasarımların ağırlıkları ile ilgili bir revizyon yapılabilir.

Bu çalışma kapsamında, performans testlerini de kapsayan ürün mühendisliği metodolojisi uygulanarak bağlantı elemansız demonte sandalyelerin mekanik performansları değerlendirilmiştir. Bu sayede tasarımı yapılmış sandalyelerin zayıf yönleri ve güçlü yönleri sayısal verilerle belirlenmiş, bu verilere göre bu sandalyelerin yeterli mukavemete getirilmesi için öneriler yapılmıştır.

Sonuçta kullanıcıların yaşam kalitesine ve bu alandaki bilimsel birikime katkı sağlanmış, ayrıca ülke ekonomisine ve doğal kaynakların etkin ve verimli kullanılmasına da yarar sağlayacak çıktılar elde edilmiştir.

Bilgisayar destekli üretim teknolojisinin hızla geliştiği ve kullanımının yaygınlaştığı günümüzde, bağlantı elemansız tasarlanan bir mobilyanın üretimine geçilmeden önce mukavemeti hakkında ön bilgiler elde edilebilmesi ve bu bilgilere göre gerekli değişikliklerin yapılarak optimizasyonun sağlanması, tasarımcıların ve üreticilerin işini kolaylaştıracaktır. Sonuç olarak, mobilyada kalite göstergesi estetik ve dayanım olduğundan, geliştirilen yöntemler, bilgisayar destekli üretimler ve performans

deneyleriyle, ÷lkemiz mobilya endüstrisi Avrupa Standartları kalitesinde hatta daha kaliteli mobilyalar üreterek ÷lkemiz ekonomisine katkıda bulunacağı söylenebilir.

Çalışmanın sonuçları, üreticiler ve tasarımcılar açısından hem teknik hem de ekonomik anlamda yararlar sağlanacaktır. Çalışmanın sonuçlarına göre; kapalı döşemeli koltuk iskeletlerinde de bağlantı elemansız demonte üretim biçiminin uygulanmasına yönelik bilimsel çalışmalar yapılmasının gerekliliğı de ortaya çıkmıştır.



6. KAYNAKLAR

American Library Associations (ALA), *The Use of Performance Tests and Quality Assurance Programs in the Selection of Library Chairs*, Library Technology Reports, (1982), 18, 5: 483–571.

Beer, F., P., Johnston, E., R., (1987), *Mechanics of Materials, SI Metric Edition*, McGraw – Hill Ryerson Limited, 75-79.

Bozkurt, Y., Göker, Y., (1987), *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi*. Orman Fakültesi Yayın No: 3445/388, 374 sayfa

Bozkurt, Y., Göker, Y., (1996), *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi*, Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 229-234

Cai, L., Wang, F., (1993), *Influence of the Stiffness of Corner Joint on Case Furniture Deflection*, Holz als Roh-und Werkstoff, 51 : 406-408.

Cals., (1991), CERG/SMIC, *Concurrent Engineering Information Center: Definitions of Concurrent Engineering*, Forest Products Society , Mexico, 2-3.

Cross, N., (2000), *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design 3rd Edition*, John Wiley & Sons, Ltd, New York, 2-4.

Çayıroğlu, İ., (2014), *Bilgisayar Destekli Tasarım ve Analiz (Ansys)*, Ders notu.

Çolakoğlu, M. H., Apay, A. C., (2012), *Finite Element Analysis Of Wooden Chair Strength In Free Drop*, *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 7(7), pp. 1105 - 1114, 9 February.

Eckelman, C. A., (1968), *Furniture Frame Analysis and Design*, Ph.D. Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 10-16.

Eckelman, C., A., (1978), *The Strength Design of Furniture*, Text Book, Tim Tech, Inc. 303 North, 350 West Road, West Lafayette, Indiana, 47906, USA, 3-12.

Eckelman, C., A., (1988a) Performance Testing of Furniture. Part I. Underlying Concepts, *Forest Product Journal*, 38 (3) : 44–48.

Eckelman, C., A., (1988b) Performance Testing of Furniture. Part II. A Multipurpose Universal Structural Performance Test Method, *Forest Product Journal*, 38 (4): 13–18.

Eckelman, C., A., (1991), *Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture*, Text Book, *Purdue University*, West Lafayette, Indiana, USA, 5459.

Eckelman, C., A., (1999), Performance Testing of Side Chair, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 57 : 227–234.

Eckelman, C. A., Erdil, Y. Z., (1999), Furniture Engineering and Quality of Life, I. *International Furniture Congress*, İstanbul, 306-332.

Eckelman, C., A., (2003) Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture, Text Book, *Purdue University*, West Lafayette, Indiana, USA, 5459.

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

Eckelman, C., A., Erdil, Y., Z., (2001) General Services Administration Upholstered Furniture Test Method – FNAE 80 – 214 : A Description of the Method with Drawings, *Purdue University, Department of Forestry and Natural Resources*, Extension Publication Fnr – 176, 1159 Forestry Bldg., West Lafayette, 47907, Indiana, USA.

Eckelman, C., A., Zhang, J., L., (1995), Uses of the General Services Administration Performance Test Method for Upholstered Furniture in the Engineering of Upholstered Furniture Frames, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 53 (4) : 261–267.

Efe, H., (1994), *Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri*, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 398s.

Erdil, Y., Z., (1998), *Strength Analysis and Design of Joints of Furniture Frames Constructed of Plywood and Oriented Strand–Board*, Master of Science, Purdue University Graduate School, West Lafayette, Indiana, USA, 1-9).

Erdil, Y., Z., (2002), *Integrated Product Engineering and Performance Testing of Furniture*, Ph.D. Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2-19.

Göde, F., (2005), Ahşap çekmecede köşe birleştirme tekniklerinin çekme direncine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 3-40.

Gustafsson, S. I., (1997), Optimising Ash Wood Chairs, *Wood Science and Technology*, 31 (4) : 291-301.

Güntekin, E., (2004), Kavelalı mobilya köşe birleştirmelerinin sonlu elemanlar analizi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1: 159-169.

Jamaludin, M. A., (1995), *Prediction of the strength of typical furniture and its immediate members*, Ph.D. Dissertation, Mississippi State University.

Kasal, A., (2004), *Masif ve kompozit ağaç malzemelerden üretilmiş çerçeve konstrüksiyonlu koltukların Performansı*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 7-15.

Kasal, A., (2006), *Determination of the strength of various sofa frames with finite element analysis*, Gazi Üniversitesi Journal of Science, 19 (4): 191-203.

Kasal, B., Pullela S. V., (1995), Development of Analytical Models For Furniture, Furniture Manufacturing and Management Center, *Technical Report*, 95-01: 182.

Koç, K. H., Kizilkaya, K., Erdinler, E. S., Korkut, D. S., (2011), *The Use of Finite Element Method In The Furniture Industry African Journal of Business Management* Vol. 5(3), pp. 855-865, 4 February.

Kuskun, T., Kasal, A., Haviarova, E., Kilic, H., Uysal, M., Erdil Y., Z., (2018), Relationship between static and cyclic front to back load capacity of wooden chairs, and evaluation of the strenght values according to acceptable desing values. *Wood and Fiber Science*, 50(4):1-9.

Kuşkun, T., (2013), *Zıvana ölçülerinin ve yükleme tipinin sandalye mukavemetine etkileri ve gerçek deney sonuçlarının sonlu elemanlar analizi sonuçlarıyla karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 122-124.

Likos E, Haviarova E, Eckelman CA, Erdil YZ, Özçiftçi A (2012), Tecnical note: Static versus cyclic load capacity of side chairs constructed with mortise and tenon joints. *Wood Fiber Science* 45(2):223-227.

Nicholls, T., Crisan, R., (2002), Study of the StressStrain State in Corner Joints and Box Type Furniture Using Finite Element Analysis (FEA), *Holz als Roh- und Werkstoff*, 60 : 66-71.

Smardzewski, J., (1998), Numerical Analysis of Furniture Constructions, *Wood Science and Technology*, 32 (4) : 273-286.

Smardzewski, J., Gawroński, T., (2001), Fem Algorithm For Chair Optimisation Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, *Wood Technology*, Volume 4, Issue 2.

Smardzewski J., Gawroński T., (2003), Gradient Optimisation of Skeleton Furniture With Different Connections, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, *Wood Technology*, Volume 6, Issue 1. (2003).

Smardzewski, J., Prekrat, S., (2009), Optimisation of a Sofa Frame in the Integrated Cad-Cae Environment, *Electronic Journal Of Polish Agricultural Universities*, 12-4, 1-9.

Topçu, M., Taşgetiren, S., (1998), *Mühendisler İçin Sonlu Elemanlar Metodu, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları*, Yayın No: 007, Denizli

TS 2470, Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler, *T.S.E.*, Ankara, (1976).

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

USDA Forest Product Laboratory, *Wood Handbook*, USDA Agricultural Handbook 72, USDA Forest Service, Forest Product Laboratory, Madison, WI, USA, 4245 (1987).

Yılmaz, T., (2011), *Sandalye çerçevelerinin sonlu elemanlar analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Suleyman Demirel University, Isparta, Turkey.

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

Ceylan, E., *Ahşap sandalyelerde eleman kesit ölçülerine göre ağırlık-mukavemet optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Mugla Sıtkı Kocman University, Mugla, Turkey.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Taycan Çağdaş SAPMAZ

Uyruk : T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi: ANTALYA - 20/11/1983

Medeni Hali : BEKAR

Telefon : 0533 190 14 20

E-posta : thetaycan@hotmail.com, csapmaz@akdeniz.edu.tr

Eğitim

Alınan Derece	Alınan Kurum	Mezuniyet Yılı
Lise	Antalya Lisesi	2001
Lisans	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi	2007

Yabancı Dil(ler)

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

İş Deneyimi Bilgileri

Çalıştığı Kurum	Çalıştığı Pozisyon	Süre
Tunçay Kontrplak (Bolu)	Kalite Yönetim Müdürü	2 yıl – 2007/2009
19 Mayıs Üniversitesi (Samsun)	Öğretim Görevlisi	1 yıl – 2009/2010
Akdeniz Üniversitesi (Antalya)	Öğretim Görevlisi	9 yıl – 2010/Halen