



**ÇERÇEVE KAPAK KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİN PERFORMANS  
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**ADEM KAYA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
AĞAÇIŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2016**

Adem KAYA tarafından hazırlanan “ÇERÇEVE KAPAK KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Ağaçşleri Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliğı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

**Başkan :** Prof. Dr. Musa ATAR

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliğı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

**Üye :** Yrd. Doç. Dr. Osman PERÇİN

İç Mimari ve Çevre Tasarımı, Necmettin Erbakan Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 21/10/2016

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Adem KAYA

21/10/2016

# ÇERÇEVE KAPAK KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2016

## ÖZET

Bu çalışmada, çerçeve kapak köşe birleştirmelerin performans özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan 18x50x2790 mm ölçülerinde MDF profil kullanılarak çerçeve köşe birleştirmeler hazırlanmıştır. Köşelerin birleştirilmesinde soketsiz, çift kırılmaç kuyruğu, tek kavelalı, çift kavelalı, çift H-tipi ve bisküvi kavelalı olmak üzere 6 farklı yöntem teknik uygulanmıştır. Birleştirmelerde tutkal olarak endüstride yaygın olarak kullanılan tek komponentli hızlı kurlaşan poliüretan esaslı tutkal ve çift komponentli MDF kit tutkalı olmak üzere iki farklı tutkal kullanılmıştır. Hazırlanan deney örneklerine diyagonal çekme ve diyagonal basınç deneyleri uygulanmıştır. Deney sonuçlarına göre her bir örneğin diyagonal çekme ve diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca kullanılan profillerin yoğunluk ve rutubet miktarı değerleri belirlenmiştir. Deney örnekleri Autodesk Inventor programında modellenerek Autodesk Simulation Mechanical programında yapısal statik analizleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda; en yüksek diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi poliüretan tutkalı çift kavelalı birleştirmelerde (66.0 Nm), en düşük ise MDF kit tutkalı H-tipi birleştirmelerde (24.5 Nm), en yüksek diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi poliüretan tutkalı çift kavelalı birleştirmelerde (67.9 Nm), en düşük ise MDF kit tutkalı H-tipi birleştirmelerde (37.3 Nm), olarak elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 120401  
Anahtar Kelimeler : Çerçeve kapak köşe birleştirmeler, Diyagonal çekme direnci,  
Diyagonal basınç direnci, Kavelalı birleştirmeler, FEM  
Sayfa Adedi : 92  
Danışman : Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL

# DETERMINATION OF PERFORMANCES FOR FRAME DOOR CORNER JOINTS

(M. Sc. Thesis)

Adem KAYA

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

October 2016

## ABSTRACT

This study aims to determine the performance characteristics of corner joints of frame doors. In this respect, frame corner joints were prepared from MDF profiles, sized for 18x50x2790 mm, which are widely used in the furniture industry. The corners were assembled for 6 different methods and techniques without socket joint, dovetail, single grooved, double grooved, double H-type, and biscuit grooved joints. Two different types of glues, which are one component, fast curing polyurethane (PU) based glue and two components MDF kit, were used for the experiments. Diagonal tensile and diagonal compressions were applied to the samples prepared. Based on the results of the experiments, diagonal tensile and diagonal compression moment bearing capacity values were calculated for each sample. Additionally, in the study, the density and humidity amounts of the profiles were determined. The samples were modeled using Autodesk Inventor program, and the structural statistics analyses were conducted with Autodesk Simulation Mechanical program. At the end of the experiments; the highest diagonal tensile moment bearing capacity was obtained in the polyurethane glued, double grooved joints (66.0 Nm), while the lowest values were found in MDF kit glued H-Type joints (24.5 Nm). Similarly, the highest diagonal compression moment bearing capacity was obtained in the polyurethane glued, double grooved joints (67.9 Nm), while the lowest the lowest values were found in MDF kit glued H-Type joints (37.3 Nm).

Science Code : 120401  
Key Words : Frame door corner joints, Diagonal tensile resistance, Diagonal compression resistance, Grooved joints, FEM  
Page Number : 92  
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Nihat DÖNGEL

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim sürecince her türlü desteğini esirgemeyen vakit ayıran ilgilenen danışmanım Yrd. Doç. Dr. Nihat Döngel hocam ile Yrd. Doç. Dr Hasan Özgür İmirzi hocama ve bölüm hocalarıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim. Eğitim öğretim ve hayatım boyunca her zaman yanımda olan, bu günlere gelmemde en büyük emeği olan aileme saygı ve sevgilerimi sunarım. Ayrıca mesai saati içinde ve dışında bana her türlü destek moral motivasyon aşıl原因an çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. Son olarak tezimin hazırlanmasında bana destek olan, emeği geçen herkese teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Bağlantı Elemanları ve Birleştirme Tasarımı.....	5
2.1.1. Tek ve çift kavelalı çerçeve köşe birleştirmeler.....	5
2.1.2. Çift kırlankıç kuyruğu ve çift H-tipi soketli çerçeve köşe birleştirmeler .....	6
2.1.3. Bisküvi kavelalı çerçeve köşe birleştirmeler.....	8
2.1.4. Soketsiz çerçeve köşe birleştirmeler.....	10
2.2. Çerçeve Köşe Birleştirmelerde Performans Deneyleri.....	10
2.3. Autodesk Inventor Professional Tasarım Programı .....	11
2.4. Autodesk Simulation Mechanical Analiz Programı .....	11
3. LİTERATÜR ÖZETİ.....	15
4. MALZEME VE YÖNTEM .....	21
4.1. Malzeme.....	21
4.1.1. Ahşap esaslı kompozit malzemeler.....	21

	<b>Sayfa</b>
4.1.2. Tutkal.....	21
4.1.3. Kavela.....	22
4.1.4. Bisküvi Kavela.....	23
4.1.5. H- tipi ve kırlangıç tipi soketler.....	24
4.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	24
4.2.1. Tek ve çift kavelalı deney örneklerinin hazırlanması.....	25
4.2.2. Bisküvi kavelalı deney örneklerinin hazırlanması.....	27
4.2.3. Kırlangıç soketli deney örneklerinin hazırlanması.....	29
4.2.4. H-tipi soketli deney örneklerinin hazırlanması.....	31
4.2.5. Soketsiz deney örneklerinin hazırlanması.....	32
4.3. Yöntem.....	33
4.3.1. Deney malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlenmesi.	33
4.3.2. Diyagonal çekme moment kapasitesi .....	36
4.3.3. Diyagonal basınç moment kapasitesi .....	38
4.4. Bilgisayar Destekli Modelleme Üç Boyutlu Analizler.....	39
4.4.1. “L” tipi çerçeve köşe birleştirmelerin inventor professional programında modellenmesi.....	39
4.4.2. “L” tipi köşe birleştirmelerin autodesk simulation mechanical programında analizi.....	47
4.4.3. Deney örneklerinde kuvvet-yer değiştirme ilişkileri.....	55
4.4.4. Verilerin değerlendirilmesi.....	55
<b>5. BULGULAR.....</b>	<b>57</b>
5.1. Yoğunluk ve Rutubet Miktarı.....	57
5.2. Eğilme ve Elastikiyet Modülü.....	57
5.3. Diyagonal Çekme Moment Taşıma Kapasitesi.....	57

	<b>Sayfa</b>
5.4. Diyagonal Basınç Moment Taşıma Kapasitesi .....	62
5.5. Kuvvet-Yer Değiştirme İlişkileri.....	66
5.5.1. Diyagonal çekme kuvvet-yer değiştirme ilişkileri.....	66
5.5.2. Diyagonal basınç kuvvet-yer değiştirme ilişkileri.....	71
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>77</b>
6.1. Yoğunluk ve Rutubet Miktarı.....	77
6.2. Eğilme ve Elastikiyet Modülü.....	77
6.3. Diyagonal Çekme Moment Taşıma Kapasitesi Değerleri.....	77
6.4. Diyagonal Basınç Moment Taşıma Kapasitesi Değerleri .....	78
6.5. Kuvvet-Yer Değiştirme İlişkileri.....	79
6.6. Çerçeve Kapak Köşe Birleştirmelerde Deformasyon Tipleri.....	79
6.6.1. Diyagonal çekme deneylerinde deformasyon.....	80
6.6.2. Diyagonal basınç deneylerinde deformasyon .....	83
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>89</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>91</b>

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.1. L-tipi köşe birleştirmelerde deneme deseni.....	25
Çizelge 5.1. MDF profilin yoğunluk ve rutubet değerleri.....	57
Çizelge 5.2. MDF profilin eğilme direnci değerleri .....	57
Çizelge 5.3. Diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi değerleri.....	58
Çizelge 5.4. Tutkal çeşidi ve birleştirme tipinin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	58
Çizelge 5.5. Tutkal çeşidinin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları.....	58
Çizelge 5.6. Birleştirme tipinin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları.....	59
Çizelge 5.7. Tutkal çeşidi-birleştirme tipi etkileşiminin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları.....	60
Çizelge 5.8. Diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi değerleri.....	62
Çizelge 5.9. Tutkal çeşidi ve birleştirme tipinin diyagonal basınç moment taşıma kapasitesine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	62
Çizelge 5.10. Tutkal çeşidinin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları.....	62
Çizelge 5.11. Birleştirme tipinin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları.....	63
Çizelge 5.12. Tutkal çeşidi-birleştirme tipi etkileşiminin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları.....	64
Çizelge 5.13. Diyagonal çekme deneylerinde simulation mechanical ve deney sonuçları karşılaştırmaları.....	67
Çizelge 5.14. Diyagonal çekme deneylerinde simulation mechanical ve deney sonuçları karşılaştırmaları.....	72

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Tek ve çift kavelalı deney örneklerinde kullanılan kavela boyutları.....	23
Şekil 4.2. L tipi çerçeve köşe birleştirme deney örneğinin perspektif görünüşü.....	24
Şekil 4.3. Tek kavelalı deney örneği.....	26
Şekil 4.4. Çift kavelalı deney örneği.....	27
Şekil 4.5. Bisküvi kavelalı deney örneği.....	28
Şekil 4.6. Kırılmaç soketli deney örneği.....	30
Şekil 4.7. H-tipi soketli deney örneği.....	31
Şekil 4.8. Soketsiz deney örneği.....	32
Şekil 4.9. Eğilme deney düzeneği ve boyutları.....	34
Şekil 4.10. Diyagonal çekme deneyinde çerçeve köşe moment kolu mesafeleri.....	36
Şekil 4.11. Diyagonal basınç deneyinde çerçeve köşe moment kolu mesafeleri.....	37
Şekil 5.1. Tutkal çeşidine göre diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi.....	59
Şekil 5.2. Birleştirme tipine göre diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi.....	60
Şekil 5.3. Tutkal çeşidi ve birleştirme tipine göre diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi.....	61
Şekil 5.4. Tutkal çeşidine göre diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi.....	63
Şekil 5.5. Birleştirme tipine göre diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi.....	64
Şekil 5.6. Tutkal çeşidi ve birleştirme tipine göre diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi.....	65
Şekil 5.7. Çekme deney örneklerinin kuvvet-yer değiştirme ilişkileri.....	66
Şekil 5.8. Çekme deneyi ve simulation mechanical sonuçları karşılaştırması.....	67
Şekil 5.9. Basınç deney örneklerinin kuvvet-yer değiştirme ilişkileri.....	71
Şekil 5.10. Basınç deneyi ve simulation mechanical sonuçları karşılaştırması.....	72

## RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Tek ve çift kavelalı köşe birleştirme örneği.....	6
Resim 2.2. Çift kırlangıç köşe birleştirme örneği.....	7
Resim 2.3. H-tipi gönyeburun çerçeve köşe birleştirme örneği.....	8
Resim 2.4. Bisküvi kavela çerçeve köşe birleştirme örneği.....	9
Resim 2.5. Soketsiz çerçeve kapak köşe birleştirme örneği.....	10
Resim 4.1. PU(Poliüretan) ekspres montaj tutkalı.....	21
Resim 4.2. Hızlı yapıştırıcı MDF kit.....	22
Resim 4.3. Kavela .....	23
Resim 4.4. Bisküvi Kavela ve boyutları.....	23
Resim 4.5. H-tipi ve Kırlangıç Soketler ve boyutları .....	24
Resim 4.6. Deney örneklerinin çoklu delik makinesinde delik işlemi.....	27
Resim 4.7. Bisküvi kavela makinesi ve delik işlemi örnek gösterimi.....	28
Resim 4.8. Kırlangıç açma makinesinde delik açma işlemi örnek gösterimi.....	30
Resim 4.9. Kırlangıç delik makinesinde H-tipi soket deliği açma işlemi.....	31
Resim 4.10. Soketsiz deney örneği birleştirme işlemi.....	32
Resim 4.11. Eğilme deney düzeneği ve boyutları .....	36
Resim 4.12. Diyagonal çekme deney örneği ve test düzeneği.....	37
Resim 4.13. Diyagonal basınç deneyi düzeneği ve örneği.....	38
Resim 4.14. İntevor Professional programında proje oluşturma ve isimlendirme.....	39
Resim 4.15. Şablon seçim işleminin gösterimi.....	40
Resim 4.16. 2D sketch oluşturma işlemi ve çalışma düzlemi belirleme.....	41
Resim 4.17. Modellenecek parçanın çizimi ve ölçülendirilmesi.....	41
Resim 4.18. Exturude işleminin yapılması.....	42

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 4.19. Split komutuyla modelin 45 ° kesim işlemi.....	41
Resim 4.20. Tek kavela delik işlemi .....	41
Resim 4.21. Tek kavela yuvasının açılması .....	42
Resim 4.22. Montaj(assembly) sayfasının oluşturulması.....	42
Resim 4.23. Parçaların montaj sayfasına place (yerleştirme) işlemi.....	43
Resim 4.24. Bütün parçaların Place (yerleştirme) işlemi.....	43
Resim 4.25. Kavelanın yerine montajlanması.....	44
Resim 4.26. Parçaların mate(eşleştirme) komutu ile birleştirme işlemi.....	44
Resim 4.27. Montajın tamamlanması ve perspektif görünümü.....	45
Resim 4.28. Simulation mechanical 2014 sonlu elemanlar programında analiz tipinin belirlenmesi.....	46
Resim 4.29. İnceontor programında çizilen 3 boyutlu modelin simulation mechanical programında dosya uzantısı seçim işlemi.....	47
Resim 4.30. İnceontor programında çizilen 3 boyutlu modelin simulation mechanical programına import seçimi.....	47
Resim 4.31. İmport edilen katı modelin similasyon programındaki görünümü.....	48
Resim 4.32. İmport edilen modelin similasyon programında element tipi seçim işlemi.	48
Resim 4.33. Similasyon proramında element tanımlama işlemi.....	49
Resim 4.34. Similasyon programında malzeme seçim işlemi.....	49
Resim 4.35. Modele mesh atama.....	50
Resim 4.36. Birleştirme yüzeylerini birbirine bağlama işlemi.....	51
Resim 4.37. Mesnet şartlarının belirlenmesi.....	52
Resim 4.38. Yük uygulama noktasının belirlenmesi.....	52
Resim 4.39. Yük uygulama işlemi.....	53
Resim 4.40. Yükün büyüklüğü ve yönünün belirlenmesi.....	53
Resim 4.41. Analizin başlatılması.....	54

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 5.1. Tek ve çift kavelalı birleştirmelerde çekme deneyi analiz sonuçları a) Tek kavelalı b) Çift kavelalı.....	68
Resim 5.2. Soketsiz ve bisküvi kavelalı birleştirmelerde çekme deneyi analiz sonuçları a) Soketsiz b) Bisküvi kavela.....	69
Resim 5.3. Kırılmaç ve H-tipi soketli birleştirmelerde çekme deneyi analiz sonuçları a) Kırılmaç b) H-tipi.....	70
Resim 5.4. Tek ve çift kavelalı basınç deneyi analiz sonuçları a) Tek kavela b) Çift kavela.....	73
Resim 5.5. Soketsiz ve bisküvi kavelalı basınç deneyi analiz sonuçları a) Soketsiz b) Bisküvi kavela.....	74
Resim 5.6. Kırılmaç ve H-tipi soketli basınç deneyi analiz sonuçları a) Kırılmaç b) H-tipi.....	75
Resim 6.1. Tek kavelalı deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı.....	80
Resim 6.2. Çift kavelalı deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı.....	81
Resim 6.3. H-tipi deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı.....	81
Resim 6.4. Kırılmaç kuyruğu deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı.....	82
Resim 6.5. Bisküvi kavela deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı.....	82
Resim 6.6. Soketsiz deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı .....	83
Resim 6.7. Tek kavelalı deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı.....	84
Resim 6.8. Çift kavelalı deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı.....	84
Resim 6.9. H-tipi deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı.....	85
Resim 6.10. Kırılmaç deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı.....	85

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 6.11. Bisküvi kavelalı deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı.....	85
Resim 6.12. Soketsiz deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı.....	86



## SİMGELER VE KISALTMALAR

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

### Simgeler

### Açıklamalar

$\delta$	Yoğunluk, g/cm <sup>3</sup>
E	Eğilmede Elastikiyet Modülü
F <sub>max</sub>	Kırılma anındaki maksimum kuvvet, N
F <sub>1</sub>	Maksimum kuvvetin % 10'u, N
F <sub>2</sub>	Maksimum kuvvetin % 40'ı, N
G	Gram
L <sub>t</sub>	Çekme moment kolu (mm)
L <sub>c</sub>	Basınç moment kolu.
L <sub>1</sub>	Eğilmede mesnetler arası mesafe, mm
L <sub>1/2</sub>	Eğilmede mesnet açıklığı, mm
L <sub>2</sub>	Panel uzunluğu, mm
M <sub>c</sub>	Basınçta eğilme momenti kapasitesi,
M <sub>t</sub>	Çekmede eğilme momenti kapasitesi, (mm)
P	Maksimum yük (N),
r	Rutubet, %
t	Panel kalınlığı, mm
V	Hacim

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

ASTM	American Society for Testing and Materials
ANOVA	Analysis of Variance
FEM	Finite Element Method
MDF	Medium Density Fiberboard
PVC	Poli Vinil Clorür
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

## 1. GİRİŞ

Dünyada endüstriyel gelişmeye paralel olarak ağaç malzeme kullanımını artmış olup geçen yüzyılda bol bulunan odun hammaddesi bu yüzyılın sonuna doğru az bulunur olmaya başlamıştır. Şekil ve boyut bakımından yetersiz olan ve az bulunan masif ağaç malzeme yerine, değeri düşük odun hammaddesinin teknik yollarla şekli değiştirilerek ve istenilen kalıba sokularak masif ağaç malzemenin yerine kullanılması dünyada hem kereste israfını gidermiş hem de hammaddenin ekonomik kullanılmasında büyük bir gelişme sağlamıştır. Masif ağaç malzemeye alternatif olması düşüncesiyle geliştirilen ve genel olarak odun kompozit malzemeleri adını verdiğimiz ürünler içerisinde kaplama-kontrapılak yongalevha ve liflevha en belirgin ürünler olmaktadır [1].

Levhalar, en az %80 oranında lif içerdiklerinden ağaç malzemede olduğu gibi yüksek derecede mekanik ve teknolojik özelliklere sahip olmaktadır. Hatta ağaç malzemede olmayan bazı özelliklere sahiptirler bunlardan bazıları budak, çürüklülük, lif kıvrıklığı bulunmadığı gibi homojen bir yapıya sahip olmasından dolayı masif malzeme gibi farklı yönlerde çalışması da söz konusu olmamaktadır. Ayrıca üretiminde uygulanan teknik düzenlemelerle direnç, sertlik ve özgül ağırlık gibi teknolojik özellikler sayesinde boyutları istenilen ölçülerde ayarlanabilmektedir. Bunun yanında işleme kolaylığı, ısı, ses ve rutubet yalıtımında da çeşitli akustik işlemler yapılabilmektedir [1].

Orta yoğunlukta lif levhalar (MDF) homojen yapıda olup doğal odun özelliğinde yapay bir üründür. Yüzeyler ile orta tabaka arasında ki yoğunluk farkı MDF’de daha azdır, dolayısıyla yapısı daha homojendir. Levha yüzeyleri yüzey işlemleri için uygun olup işlem görmüş yüzeylerde zamanla prüzlenme ve parlaklık azalması olmaz. Levha kenarlarının kusursuz olması, kolayca işlenebilmesi, kaplanabilmesi, zımpara istememesi, cilalanması, desen baskı yapılabilmesi ve kolay yapıştırılabilmesi mümkündür. Fiziksel özellikleri çok yüksektir, fakat hafif değildir. Yonga levha ve odundan üretilen diğer levhalara göre daha düşük kaliteli odunlardan üretilmektedir. MDF’nin masif ahşap malzemeye göre bazı üstünlükleri bulunmaktadır. Masif ağaç malzemenin aksine direnç özellikleri farklı yönlerde değişken olmayıp homojen yapıdadır. Masif odunda bulunan budak, çürüklülük ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar ile üç değişik yönde farklı çalışması sonucu görülen çarpılma ve çatlaklar MDF’lerde söz konusu değildir. Bununla birlikte MDF üretiminde uygulanan

çeşitli yöntem ve tekniklerle, direnç, sertlik ve yoğunluk gibi teknolojik özelliklerin yanı sıra boyutlarının da istenildiği gibi ayarlanabilmesi mümkündür. Aynı zamanda çivi, vida ile tespit edilmekte olup boya, cila ve çeşitli kaplama malzemeleriyle kaplanabilme özelliklerine sahiptir. Ayrıca levhalara çeşitli kimyasallar katılarak rutubete, mantarlara, böceklere ve yangına karşı daha dayanıklı hale getirilebilmektedirler [2].

MDF profiller mobilya yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Profiller plakalardan ebatlanıp 0,20 - 0,30 mikron kalınlığına kadar PVC folyo kaplanabilen dekoratif görünümlü bir üründür. Çeşitli renk, desen ve kesitlerde üretilip kapak çerçevesi olarak kullanılmaktadır. MDF tabakaları istenilen ölçülerde ebatlama makinalarında ebatlanarak profil freze hattında şekillendirilerek PVC ile kaplanmaktadır. MDF profillerin kullanım alanları geniş bir kullanım alanına sahip olmakla birlikte bu kullanım alanlarından bazıları büro, ev, otel gibi mekânların tasarım ve dekorasyonunda tüm iç ve dış mobilyalarda, oda takımlarında kapak çerçevesi, çekmece çerçevesi, karyola başlığı gibi çalışmalarda üretim kolaylığı sağlamak ve üretilen mobilyalara estetik görüntü kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır [3].

Bu çalışmada çerçeve kapak köşe birleştirmelerin performans özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda çeşitli çerçeve köşe birleştirme aparatları kullanılmaktadır. Bu aparatların kullanım esnasında maruz kaldığı yükler ve bu yüklerle verdiği tepkiler sonucunda köşe birleşim kısımlarında zamanla açılmalar meydana gelmektedir. Araştırmada endüstride yaygın olarak kullanılan çerçeve köşe birleştirmeler araştırılıp belirlendikten sonra bu birleştirmelerin üzerine gelen yüklerle karşı ne kadar dayanıklılık gösterdiği ve uygulanan yapıştırıcının çerçeve köşe birleştirmelerin dayanıklılığına etkisinin ne ölçüde olduğu araştırılmıştır. Günümüz teknolojisi hızla gelişerek hayatımızda önemli değişiklikler meydana getirmektedir. Özellikle bilişim alanındaki teknolojik gelişmeler ve yenilikler oldukça dikkat çekmekte olup bu gelişmelere uyum sağlama ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu gelişmeler endüstriyel uygulamalarda ciddi kazanımlar sağlamaktadır. Günümüzde fabrikalarda kullanılan çeşitli endüstriyel işlem makinalarına baktığımızda teknolojinin bizlere sağlamış olduğu kolaylıklar ve avantajlar görülmektedir.

Bu amaç doğrultusunda çalışmanın alt amaçları genel olarak;

- Çerçeve kapak köşe birleştirmelerin mukavemeti hakkında veriler elde etme,
- MDF den elde edilmiş çerçeve profillerin yük altındaki davranışlarının belirlenmesi,
- Tek kavelalı, çift kavelalı, kırlangıç kuyruğu soketli, H soketli, bisküvi kavelalı ve soketsiz çerçeve köşe birleştirme tekniklerinin mukavemetlerinin belirlenmesi,

Sonlu elemanlar yöntemi (FEM - Finite Element Method) kullanılarak bilgisayar destekli üç boyutlu yapısal analizleri yapılmıştır. Testlerden elde edilen sonuçlar ile analizden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, sonlu elemanlar metodu ile yapılan üç boyutlu analizlerin çerçeve köşelerin genel mukavemeti açısından istenilen tahmini değerlerin elde edilip edilmeyeceğinin ve ürün mühendisliğinde kullanım imkânına sahip olup olmayacağını araştırılmasıdır.

Yukarıda belirtilen hedeflere ulaşmak için;

- 6 birleştirme tekniği (tek kavela ve çift kavela, çift H tipi soket, çift kırlangıç kuyruğu soket, bisküvi kavela ve soketsiz) 2 tutkal çeşidi (MDF kit ve Poliüretan), 2 deney türü(diyagonal çekme ve diyagonal basınç) ve her örnekten 10 adet olmak üzere, (6x10x2x2=240) toplam 240 adet 1/1 ölçekli deney örneği üretilmiştir.
- Kullanılan malzemelerin yoğunluk ve rutubet miktarları belirlenmiştir.
- MDF profillerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü dirençleri bulunmuştur.
- Diyagonal çekme ve diyagonal basınç moment taşıma kapasiteleri belirlenmiştir.



## 2. GENEL BİLGİLER

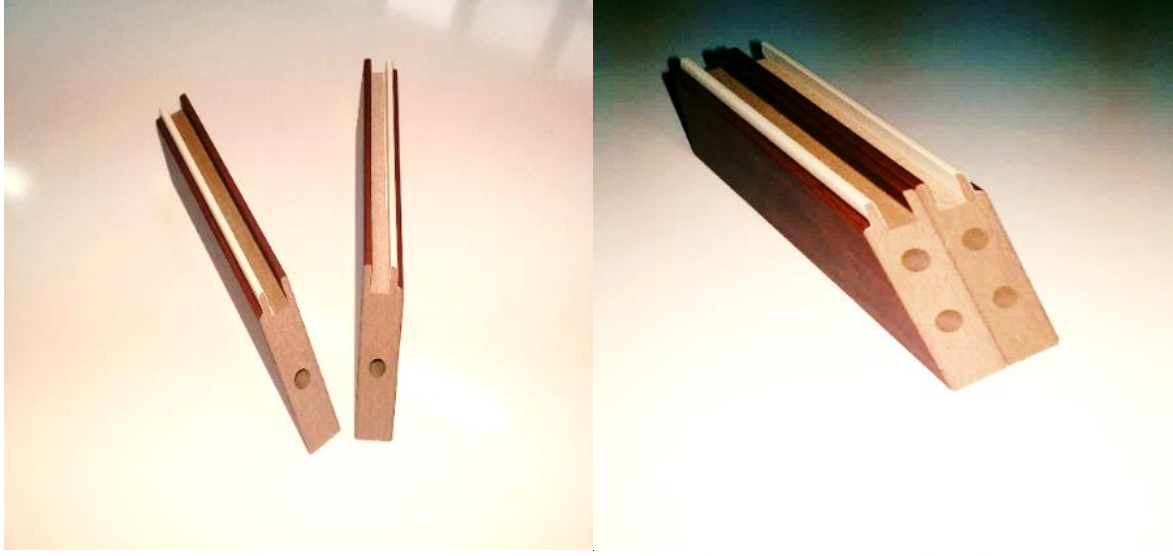
### 2.1. Bağlantı Elemanları ve Birleştirme Tasarımı

#### 2.1.1. Tek ve çift kavelalı çerçeve köşe birleştirmeler

Kavela, iki mobilya elemanını tutkal veya başka bağlantı gereçleriyle birlikte birbirine bağlamak için kullanılan silindirik şeklindeki ahşap çubuklardır. Gerek çerçeve gerekse kutu tipi mobilya elemanlarının birbirine bağlanmasında en yaygın olarak kullanılan birleştirme tekniği kavelalı birleştirmedir. Kavelalı birleştirmeler, hem seri üretim hem de atelye tipi üretim yapan işletmeler için son derece uygun ve yaygın kullanılan bir tekniktir. Çünkü maliyet olarak düşüktür ve kavelalı birleştirme sadece basit delme işlemleri ile yapılabilmektedir. Kavelanın boyutları gövde biçimleri, birim uzunluktaki sayıları gibi faktörlerle beraber kavela deliklerinin açılmasında kullanılan yöntemin doğru seçilmesi ve yeterli yapışmanın sağlanması gibi faktörler kavelalı birleştirmenin sağlamlığı üzerine etkili olmaktadır [4].

Hem çekme hemde basınç direnci üzerinde kavelalar arası uzaklığın ve profil çeşidinin etkisi % 0,1 yanılma olasılığı ile önemli, karşılıklı etkileşimleri ise önemsiz bulunmuştur. Ayrıca kullanılan profil türünün ve boyutunun dirençleri etkilediği ve profil boyutu artışının direnci artırdığı belirlenmiştir [5].

Kavelalı ve yabancı çıtalı birleştirmeler yaklaşık eşit ve normal direnç değerleri göstererek, bunların birbirlerinin yerine kullanılabilmesi belirlenmiştir. Ayrıca kavelalı birleştirmeler işleme ve montaj, yabancı çıtalı birleştirmeler ise birleştirme hattında yükleri eşit karşılamaları bakımından birbirine tercih edilebilmiştir [6]. Tek ve çift kavelalı gönyeburun birleştirme örneği Resim 2.1’de gösterilmiştir.

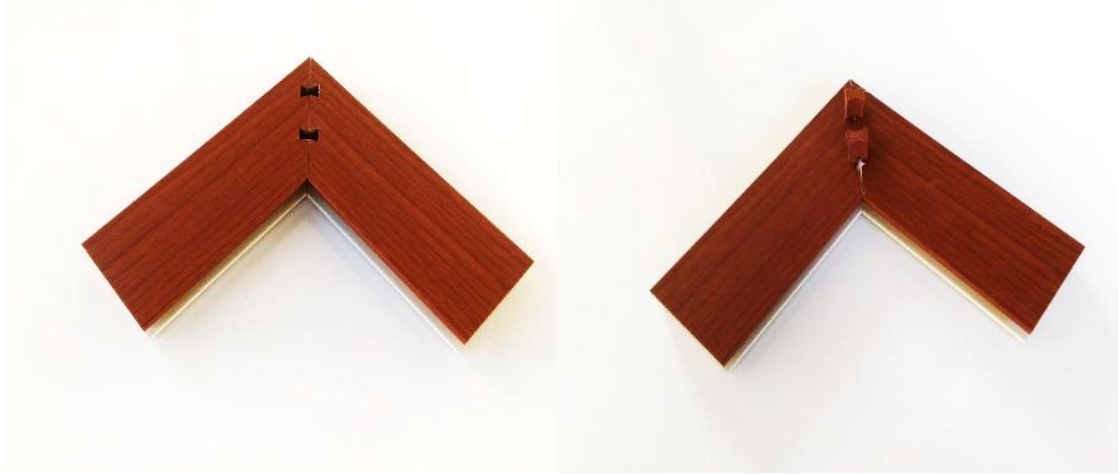


Resim 2.1. Tek ve çift kavelalı köşe birleştirme örneği

Kavelalar mobilya çerçeve yapılarında yaygın kullanıldığından çeşitli köşe birleştirmelerle karşılaştırılmıştır. Kavelalı birleştirmeler ile kırılmalı kuyruğu soketli birleştirmelerin çerçeve birleşiminde kullanımı karşılaştırılmıştır. Kavelalar ile üretilmiş olan ve kırılmalı kuyruğu soketlerle üretilmiş birleştirmelerin diyagonal yüklere karşı direnç karşılaştırması sonucunda kavelalı birleştirmeler kitle üretiminde oldukça kullanılmış çünkü karşı deliklerin kolaylıkla açılabilir olması ve geçmelerin tutkal kuruyuncaya kadar bileşenleri basıçta tutma gerekliliğini ortadan kaldırmıştır [7].

### 2.1.2. Çift kırılmalı kuyruğu ve H-tipi soketli çerçeve köşe birleştirmeler

Kırılmalı, delikleri teknolojik olarak kolayca açılabilir olması nedeniyle seri üretim için uygun bir formdur ve bu yaklaşım birleştirmeden sonra sert hale gelen tutkal katmanını kadar birleştirme durumunda örnekleri tutmanın gerekliliğini ortadan kaldırmıştır. Bu nedenle özellikle çerçeve yapıların çapraz birleşimi, orta kısımları ve çerçeve köşelerde kırılmalı birleştirme soket kullanımı gitgide daha fazla yaygınlaşmıştır [8]. Çift kırılmalı gönyeburun birleştirme örneği Resim 2.2’de gösterilmiştir.



Resim 2.2. Çift kırlangıç köşe birleştirme örneği

Kırlangıç kuyruğu ve H tipi soketler, cam kapaklar ve çerçeve-panel kapaklar, mutfak dolabı kapakları ve resim çerçevelerinde özellikle gönyeburun köşe birleştirmeler ve uçuca birleştirmeleri güçlendirmek için uygun materyal anlamına gelir. Seri üretimde birleştirme aşaması ortak olarak bu soketlerin kullanımı ile ortadan kaldırılabilir [5].

Çekme ve basınç dirençlerinde tek ve çift kırlangıç kuyruğu birleştirmeler en yüksek direnç değerleri göstermiştir. Bu bakımdan direncin zorlu olduğu konstrüksiyonlarda önerilebilirler. Ayrıca bu birleştirme elemanları çeşitli renklerde üretilmekte olup makine ve montaj işlemleri oldukça basittir. Çeşitli konstrüksiyonlardaki kullanımlarında zamanla oluşabilecek tutkal yıkımlanmalarında yeterli direnç gösterecek bir yapıdadır. Bütün bunlar önemli avantajları olarak göz önünde bulundurulabilir [6].

Yapılan bir çalışmada, diyagonal çekme yükü altında, birleştirmelerin dış kenarlarında gerilme konsantrasyonu daha yoğun olduğu belirlenmiştir. Gönyeburun köşe birleştirmelerin mukavemetinde birleştirmelerin iç kenarlarındaki çekme gerilmesinin miktarı üzerinde daha fazla bağlayıcılığa sahip olmuştur. Fakat çapraz karşılaştırmalı yükler altında kombine stres miktarı birleştirmelerin iç kısımlarında diğer kısımlara oranla daha fazla etkiye sahip olmuştur. Böylelikle güçlü çerçeve köşe birleştirme yapmada uygun tasarım oluşturma tasarımcılar için gerekli olmuştur. Birleştirmelerin kenarları ve kırlangıç deliklerinin merkezi arasındaki mesafe 10 mm olarak önerilmiş, H- tipi soketler ve LamMDF kırlangıç soketler ile birlikte gönyeburun çerçeve köşe birleştirme üretiminde güçlü birleştirmeler hazırlamada kullanılabilir [9].

Uygulanan yükün ve ahşap kompozit malzemenin türü göz önüne alınarak kırılmaç soketler ve H-tipi soketler arasında eğilme momenti kapasitesinde önemsenmeyecek kadar farklılıklar ortaya çıkmış, fakat genel olarak kırılmaç soketler H-tipi soket ile birleştirilenden % 3.6 daha büyük kapasiteye sahip olmuştur. Tutkallı ve tutkalsız kırılmaç birleştirmelerin eğilme momenti kapasitesi arasındaki ortalama fark % 31 bulunmuştur. Bundan dolayı ağır yük gerilmesine tabi tutulmuş olan birleştirmelerin yapısal elemanlarında kırılmaç soketler ile gönyeburun çerçeve köşelerde güçlü tutkal kullanımı tavsiye edilmiştir [10]. H-tipi gönyeburun köşe birleştirme örneği Resim 2.3’de gösterilmiştir.



Resim 2.3. H-tipi çerçeve köşe birleştirme örneği

### 2.1.3. Bisküvi kavelalı çerçeve köşe birleştirmeler

Bisküvi kavelalar mobilya endüstrisinde yaygın kullanılmakta olan birleştirme aparatlarından biridir. Özellikle L-tipi çerçeve köşelerin birleştirilmesinde ve gönyeburun çerçeve köşelerde alternatif birleştirme aparatı olarak kullanılmaktadır.

Uygulanan yükün tipi ne olursa olsun gönyeburun birleştirmelerin tamamında tutkallı ve tutkalsızların her ikisinde tek kavelalı birleştirilmiş birleştirmelerde, 20 birleştirmenin 3 ü dışında, çift kavelalı birleştirmelerde, 20 örneğin 17 sinde ve yabancı çitalı birleştirmelerde, 20 birleştirmenin 9 u dışında ahşap kompozit panellerin kenarlarında derin çatlaklar ve kopmalar ortaya çıkmıştır. Yonga levha’ dan üretilmiş panellerin, MDF’ den üretilmiş birleştirmelere kıyasla daha büyük deformasyon gözlemlenmiştir. Bu sonuç, yonga levhaların özgül ağırlığının ve içsel eğilme kuvvetinin düşük olması ile ilişkilendirilmiştir.

Gönyeburun kesilmiş oluklu birleştirmelerin durumunda, iç duvar yüzeylerinin yerini tutan kama yeri ve oluk arasında tutkal katmanı olmasına rağmen en yüksek deformasyon meydana gelmiştir. Kırılma ve H-tipi soketlerde önemsiz bozunmalar ve deformasyonlar gözlemlenmiştir. 20 tek kavelalı birleştirmenin 17 sinde kavela bağlı olduğu delikten MDF veya yonga levha liflerin önemli bir miktarı ile birlikte geri çekilmiştir. Bu 20 çift kavelalı birleştirmelerin 3 ü haricinde meydana gelmiş. Çift kavela ile bağlı birleştirmelerde, çekme yükü altında 10 örneğin 4 ünde panel çatlakları ile birleşik alt kavela kayması ortaya çıkmıştır. Ayrıca basınçta birleştirmelere yük uygulandığında birleştirmelerin dış köşelerinde panellerin kenarı üzerinde bozunmalar ortaya çıkmıştır [10]. Bisküvi kavela çerçeve köşe birleştirme örneği Resim 2.4’de gösterilmiştir.



Resim 2.4. Bisküvi kavela çerçeve köşe birleştirme örneği

Yapılan deneylerde kutu tipi ve gönyeburun çerçeve köşe birleştirmelerde ısı işlem görmüş ve görmemiş kayın ve ladin ağaç malzeme kullanılarak örnekler bisküvi kavela ve kavela ile birleştirilmiş ve üzerine gelen yüklere karşı dayanıklılığı karşılaştırılmıştır. Isıl işlem uygulanan malzemelerin daha kırılma ve hassas olduğu gözlemlenmiş, bu yüzden ısı işlem görmüş ağaç malzemenin makinası için kesici aletlerin keskin olarak kullanılması gerektiği vurgulanmıştır. Kutu tipi birleştirmelerde maksimum yük karşısında ısı işlem görmemiş kayın ağaç malzeme ve kavelalı birleştirmede bozukluk belirlenmiştir. Maksimum yükte ladin ve kayın örneklerinden hazırlanmış bisküvi kavelalı birleştirmeler, kavelalı birleştirmelerden düşük bulunmuştur. 190 °C sıcaklık artışında modifiye edilmiş ladin ahşap ve kayından hazırlanmış bisküvi birleştirmeler ile yapılmış kutu tipi birleştirmelerin bozulma yükleri ortalamaları modifiye edilmemiş örneklerle karşılaştırılmıştır. Kavela ile yapılmış kutu tipi birleştirmelerde bozulma yükü bisküvi ile yapılmış olan birleştirmelerden daha yüksek

çıkılmıştır. Bazı birleştirme tiplerinde ladin ahşapla kayın ahşaptan hazırlanmış birleştirmelerin yüksek bozulma yükleri karşılaştırılmıştır. En yüksek bozulma yükü, modifiye edilmemiş kavelalı ladin ağaç malzemedan üretilen kutu tipi çerçeve köşelerde bulunmuştur. En düşük bozulma yükü ise bisküvi kavelalar ile birleştirilmiş 210 °C de modifiye edilmiş kayın ağaç malzemedan hazırlanan birleştirmelerde bulunmuştur [11].

#### 2.1.4. Soketsiz çerçeve köşe birleştirmeler

Soketsiz çerçeve köşe birleştirmeler aşırı yüke maruz kalmayan çerçeve köşe yapımında kullanılabilir. Bu tür birleştirmeler daha çok küçük boyutlu ve üzerine aşırı yükleri almayan fotoğraf çerçevesi gibi küçük ebatlı çerçeve köşe birleştirmelerin üretiminde kullanılmıştır. Soketsiz çerçeve köşe birleştirme örneği Resim 2.5’de gösterilmiştir.



Resim 2.5. Soketsiz çerçeve köşe birleştirme örneği

#### 2.2. Çerçeve Köşe Birleştirmelerde Performans Deneyleri

Mobilya performans deneyleri aşaması, mobilya ürün mühendisliğinin son aşamasıdır. Bu deneylerin amacı, kullanım esnasında karşılaşılabilecek muhtemel sıkıntıları önceden belirlemek ve mobilya henüz kullanım aşamasına gelmeden ve üretimi gerçekleştirilmeden önce çeşitli geliştirmeleri yapmak için tasarımcının geri dönüt almasını sağlamıştır. Performans deneyleri, mobilya kullanıma sunulmadan önce mobilya mühendislik sürecinde son aşamadır. Sonuç olarak, performans deneyleri, üründen istenilen fonksiyonların elde edilip edilemeyeceğini belirlemek için hızlı bir şekilde varsayım sağlama olarak tanımlanmıştır [4].

### **2.3. Autodesk Inventor Professional Tasarım Programı**

Autodesk inventor bir mekanik tasarım aracıdır. 3 boyutlu parça tasarımı, montaj modelleme ve otomatik teknik resim üretimi için geliştirilmiş araçlar içerir. Günümüz teknolojisinde, bu bir standart yapıya dönüşmüştür. Bu kavramlardan ilki “parametrik yapı”dır. Parametrik yapı, kabaca bir modelin-model herşey olabilir- geometrisinin parametreler ile tanımlanmasıdır. Parametrik yapı modellerin geometrilerinin ölçüler ve parametreler ile tanımlanması yanında, bunların bir bilgi olarak modele seçkin olması anlamına da gelmektedir [12].

Parametrik yapı modelin tüm tarihinin saklanması ve bu tarihe istenildiği zaman geri dönülmesi ve geleceğin değiştirilmesi demektir, aynı zamanda parametrik yapı revizyonların en kolay ve hızla gerçekleşmesini sağlamaktadır. Ayrıca katı malzeme yüzeylerine malzeme tanımlaması da yapılabilmektedir. Program hem parça hem montaj bazı durumlarda komple tasarım özellikleri sunmaktadır. Son olarak dökümantasyon yani teknik resim oluşturma kısmında belli bir görünüşe sahip olan parçanın veya montajın ölçülendirme ve detaylandırma işlemlerinin yapıldığı kısımlardan oluşmaktadır. Model ve teknik resim dosyaları arasında olan ilişki sayesinde modelin, oluşturulan teknik resimleri, bunların üzerinde herhangi bir değişiklik yapıldığı zaman otomatik olarak değişmesini sağlamaktadır. Günümüzde mekanik tasarım araçlarının olmazsa olmazlarından birisi de bu olmaktadır [12].

### **2.4. Autodesk Simulation Mechanical Analiz Programı**

Bugünkü endüstride katı geometrilerin modellenmesinde, parçaların birleştirilmesinde ve onlara benzer çizimlerin oluşturulmasında bahsedilen parçaların üretilmesinde CAD (Computer Aided Design) yaygın olarak kullanılmıştır. Bu birleştirmelerin ve parçaların analizleri halen daha FEA (Finite Element Analysis) paket destekleri kullanılmaksızın el ile yapılmaktadır. Multifizik analizler için sonlu elemanlar analizinin kullanım avantajı, yapmaya sahip olmadığımız varsayımları basitleştiriyor ve böylece daha etkili, daha net parçalar tasarlanmış olabilmektedir. FEA ayrıca çoğu analiz sorularının içindekini anlamayı sağlamak el hesaplamaları ile ölçülmeyebilir. Sapmaların tamamı, yorulma süresi, birleşim veya karmaşık kısımların doğal çınlanım sıklığı gibi problemlerin belirlenmesi yapılamamaktadır. FEA güçlü bir araç olduğu için daha fazla dikkat çekici ve endüstride

daha fazla değerli olmaktadır. Autodesk' den programa ait olmayan geometrik uygulamaları programa alabilmek mümkündür. Bu kısımda onları analiz yapmayı istemek için kullanıcı ihtiyaçları bir CAD dosyasına sahiptir. Bazı geometrilerin versiyonları STEP, IGES, Autodesk Inventor, Solidworks gibi birkaç modül ile sağlanmaktadır. Video gösterimlerinde iki versiyon kullanılmakta, Solidworks ve Inventor, Autodesk Simulation Multiphysics içerisine aldığımızda hangi seçilmiş resim, özdeş geometri nasıl farklı görünecek veya bunun diğer sonlu elemanlar analiz yazılım paketlerinde nasıl olacağı, bu bilgisayar üzerinde hangi yazılım oluşturulmuşsa ona bağlı olmaktadır [13].

Programın diğer modülünde programa ait olmayan geometriler düzenlenebilmekte ve analiz için program uygunluk düzenlemeleri yapılabilenekte ayrıca programın diğer bir modülünde CAD modellerden parametrelerin alınmasına olanak sağlamaktadır. Bu da daha detaylı analizlerin sonuçlarına hızlı ve kolay ulaşma imkânı sağlamaktadır. Ayrıca program similasyon için çeşitli kontak tiplerine sahip olmaktadır. Böylelikle yapılacak analizin kontak yapılması istenen kısımları yani yüzey kontak veya kenar kontak gibi çeşitli kontak özellikleri tanımlanabilmektedir. Malzeme özellikleri tanımı yapılarak kullanılan malzemenin ne tür bir malzeme olduğu ve hangi kullanım özelliklerine sahip olduğu belirlenerek daha sağlıklı sonuçların alınması sağlanmaktadır. Programda son olarak çağrılan modelin üzerinde yapılması istenilen analizlerin istenilen kısımda ve noktada daha hassas olabilmesi için program similasyon için örgü modelinin ilkelerine sahiptir. Bu özellik analizde gerilmelerin sonuçlarını daha hassas olarak almaya yardımcı olmaktadır [13].

Programın doğrusal analiz bölümü bulunmakta, bu bölümde Autodesk Simulation kullanımını doğrusal analizleri yerine getirmek için kullanılan metodlar ve teorileri sunmaktadır. Bu kısım çok önemli çünkü günlük temel sınıflandırma üzerinde mühendisler tarafından problemin büyüklüğü çözülmüş. Doğrusal bir analiz tanımı sorumlu parametrelerin girdi parametrelerine karşı planlı bir doğrusal çizgidir. Bu kısımda bir doğrusal analiz doğrusal malzemeleri içerir. Analizlerin bazılarında doğrusal olmayan tepkiler gibi geniş uzamalar, gerilme rijitliği veya burulma içeriyor olabilir. Ancak bütün bu durumlarda malzeme izotropik-doğrusal-elastic malzeme olacaktır. Ayrıca sanal çalışma denklemini kısmında gerilmeler için dengenin farklı eşitlik modülünde, dengenin tüm ifadelerini yansıtmadaki sanal çalışma denklemini geliştirmede kullanıldı. Denge ile ilgili

olarak denklemin ilk geliştirilen bozuk biçimlerde ve zorlama eşleniğinin koşulları ve yazılmış gerilme ölçümleri ile ilgili bir dayanak düzenleşimi belirtildi. Programın diğer bir modülü olan kiriş unsuru eşitliğinde, simulation mechanical gibi sonlu elemanlar üretiminde uygulanmış eşitlik kısmında, eşitlik gösterimi kiriş elementler için artan yük ve tanjant katılık matrislerinin içerikleri geliştirilmiş. Bir kiriş element seçim sebebi gerekli birleştirmelerin sanal çalışma denklemleri el ile dışarı taşınabilir olmaktadır. Daha fazla karmaşık elementlerde 3D brick(tuğla) gibi bütünleyici değerlendirme metodu olan gauss tümlevi kullanılır [13].

Programda statik analiz uygulamaları yapılmaktadır. Statik analiz yavaşça uygulanmış yükleri kapsar. Analizler dinamik tepki oluşturmaz veya düzenli durum yükleri var olmadan önce geçici dinamikler sonlandırılmış olur. Bir mekanik sistem veya parçaların kuvvet değerlendirmesinde analiz tipleri muhtemelen yaygın olarak uygulanmıştır. Bu aşamadan sonra programda analiz başlatma aşaması olan (running the simulation) kısmında analiz başlatılır [13].



### 3. LİTERATÜR ÖZETİ

Özkaya, Burdurlu, İlce ve Ciritcioğlu (2010), kırangıç kuyruğu çerçeve köşe birleştirmelerde yönlendirilmiş lif levha (OSB)'nin diyagonal çekme dayanımını araştırmıştır. 18 mm kalınlığındaki OSB levhalardan mekanik bağlantı elemanı olarak tek ve çift PVC kırangıç kuyruğu soket, yapıştırıcı olarak PVAc (Polivinil asetat), PU (poliüretan) ve (CU), siyanoakrilat kullanılmıştır. Sonuç olarak kullanılan tutkal tipine ve birleştirme numaralarına göre en yüksek diyagonal çekme dayanımı PVAc tutkalı ile yapıştırılmış tek kırangıç kuyruğu çerçeve köşe birleştirmede en düşük diyagonal çekme dayanımı tutkalsız tek kırangıç kuyruğu çerçeve köşe birleştirmelerde bulunmuştur. Birleşim çeşidi ve tutkal tipine göre en yüksek PVAc tutkalı ve tek kırangıç kuyruğu soket sonra PU tutkallı tek kırangıç kuyruğu ve PVAc tutkallı ve çift kırangıç kuyruğu takip etmiştir. Sonuçlara göre kırangıç kuyruğu köşe birleştirmelerde, tek kırangıçkuyruğu soketli ve PVAc tutkallı tercih edilebilmiştir [14].

Altun, Burdurlu ve Kılıç (2010), gönyeburun çerçeve köşe birleştirmelerde eğilme momenti kapasitesi üzerinde tutkal tipinin etkisini incelemiştir. 18 mm kalınlığındaki lif levha (Medium Density Fiberboard) profil üç tip yapıştırıcı PVAc (Polivinil asetat), PU (poliüretan) ve (CU), siyanoakrilat kullanılmıştır. Çerçeve birleştirme aparatı olarak kırangıç kuyruğu pvc soket ve tek adet kırangıç kuyruğu soket kullanılmıştır. Basma ve çekme olmak üzere iki çeşit metod uygulanmıştır. Araştırma sonucunda basınç deneylerinde en yüksek PVAc tutkalı sonra PU, CA ve en düşük WA (tutkalsız) birleştirmede görülmüştür. Çekme deneylerinde ise en yüksek değeri CA, sonra PVAc, PU ve en düşük değer WA tutkalsız birleştirmelerden elde edilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak CA tutkalı gönyeburun kırangıç kuyruğu tek soketli çerçeve köşe birleştirmelerde tercih edilebileceğini belirlemişlerdir [8].

Maleki, Derikvand, Dalvand ve Ebrahimi (2012), çalışmalarında diyagonal çekme kuvveti altında kırangıçkuyruğu soketler ile gönyeburun mobilya çerçeve köşe birleştirmelerin yük taşıma kapasitelerini incelemişlerdir. Plastik kırangıç kuyruğu soket, H tipi birleştirme soketi ve 16 mm kalınlığındaki MDF (Orta Yoğunlukta Lif Levha) ve Pb (Yonga Levha) dan deney örneklerini hazırlamışlardır. Yapıştırıcı olarak PVAc tutkalı kullanılmış ve hazırlanan örneklere eğilme, basınç, çekme deneyleri yapılmış ve sonuç olarak eğilme

direncinde H tipi birleştirme kırılmaç kuyruğu birleştirmeden daha g¼c¼l¼ çıkmış ve MDF ¼rnekleri Pb deney ¼rneklerinden %13 daha g¼c¼l¼ bulunmuş. Birleştirmelerin kenarları ve kırılmaç kuyruğu soketlerin delik merkezleri arasındaki mesafe 10 mm olarak ¼nerilmiřtir. H tipi soketler, MDF ve kırılmaç kuyruğu soketler ile g¼nyeburun k¼ře birleştirme ¼retimi sağlam birleştirmeler için kullanılabilmiiştir [9].

Malkoçoğlu ve Arz (2007), mobilya da MDF profillerden ¼retilen çerçevelerin dirençleri ¼zerine bazı fakt¼rlerin etkisini araştırmıştır. Deney ¼rneęi olarak 18 mm kalınlığında 70 mm genişliğinde ve 22 mm kalınlığında 50 mm genişliğinde MDF profil kullanımış, birleştirmelerde yivli kavela ve plastik kırılmaç kuyruğu g¼nyeburun birleştirme y¼ntemleri seçilmiştir. Birleştirmede etil syanakrilat (ECA) esaslı hızlı yapıştırıcı, diğer birleştirmelerde polivinilklor¼r (PVC) ve polivinilasetat PVAc tutkalları kullanılmıştır. Her iki birleştirme y¼nteminde de PVC tutkalı PVAc tutkalına g¼re daha y¼ksek değerleri g¼sterdięi belirlenmiştir. Kavelalar arasında ki mesafe artışında her iki profil t¼r¼nde direncin arttığı g¼zlemlenmiřtir [5].

Malkoçoğlu ve etin (2009), mobilyada 22 mm MDF profillerden ¼retilen çerçevelerin dirençleri ¼zerine birleştirme y¼ntemlerinin etkisini incelemiştir. Birleştirmelerde kavelalı, d¼z g¼nyeburun (soketsiz), yabancı ıtalı, tek plastik kırılmaç kuyruğu, çift plastik kırılmaç kuyruğu g¼nyeburun birleştirme y¼ntemi uygulanmıştır. Syanakrilat (ECA) esaslı hızlı yapıştırıcı ve polivinilklor¼r (PVC) tutkalı tercih edilmiştir. Çekme direnci en y¼ksek, sırasıyla çift kırılmaç kuyruğu birleştirme, yabancı ıtalı, tek kırılmaç kuyruğu, kavelalı birleştirme ve en d¼ř¼k değer soketsiz birleştirme şeklinde olmuştur. Basınç değerlerinde ise çift ve tek kırılmaç kuyruğu birleştirme en b¼y¼k daha sonra kavelalı ve g¼nyeburun birleştirmeler en d¼ř¼k sonuç yabancı ıtalı birleştirmeden elde edilmiştir [6].

Dolvand, Ebrahimi, Haftkhani, Maleki (2013), kırılmaç kuyruğu soket ile ¼retilmiř mobilya çerçevelerde k¼ře birleştirmelerin diyagonal basınç ve çekme kapasitesini etkileyen fakt¼rlerin analizi ¼zerinde çalışmışlar. alışmalarında deney ¼rnekleri 150 x 50 x 20 mm meşe keresteden hazırlanmış. Yapıştırıcı olarak polivinil asetat (PVAc) ve siyanoakrilat (CA) tutkalı kullanımış. Kırılmaç kuyruğu soket, H tipi soket ve 6, 8, 10 mm çapında ve 30 mm uzunluğunda yivli kayın kavela kullanılmış ve farklı ¼l¼lerde birleştirilerek karşılaştırılmıştır. Deney ¼rnekleri bilgisayar kontroll¼ (instron model 4486)

makinada test edilmiştir. Yük oranı  $5 \text{ mm min}^{-1}$  belirlenerek örnekler test edilmiş. Sonuç olarak birleştirme tipine, soket tipine, kırangıç kuyruğu soket sayısına, tutkal özelliğine göre en yüksek tek kırangıç kuyruğu ve PVAc tutkalı ile yapıştırılmış çerçeve köşelerde ve daha sonra da çift kırangıç kuyruğu ve PVAc tutkallı birleştirmeler takip etmiştir. En düşük sonuçları H tipi soketli ve tutkalsız çerçeve köşe birleştirmelerden elde etmişlerdir [7].

Derikvand ve Eckelman (2015), MDF ve PB dan yapılmış gönyeburun L biçimli çerçeve köşe birleştirmelerin eğilme momenti kapasitesini araştırmış. Araştırmada 16 mm kalınlığında (orta yoğunlukta lamineli liflevha) MDF ve (lamineli liflevha) PB kullanılmış. Çalışmada pvc den üretilmiş kırangıç kuyruğu soket, H tipi soket, yivli kavak kavela ve 3 mm kalınlığında kontraplaktan yapılmış üç katmanlı birleştirici kama kullanılmış. Yapıştırıcı olarak PVAc tutkalı tercih edilmiş. Araştırma sonucunda LamMDF den üretilmiş örneklerinde en yüksek basınç ve çekme değerleri kırangıç kuyruğu soketli çerçeve köşe birleştirmede gözlemlenmiş ve onu sırayla H tipi, çift kavela, konraplak kama, tek kavela tutkalsız kırangıç kuyruğu ve tutkalsız H tipi birleştirme takip etmiştir. PB' da ise en yüksek değerleri kırangıç kuyruğu soketli birleştirmeden elde edilmiş ve sırasıyla H tipli soket, çift kavela, konraplak kama, tek kavela, tutkalsız kırangıç kuyruğu ve tutkalsız H tipi köşe birleştirmeler takip etmiştir [10].

Kuzman, Kutnar, Ayrılmış ve Kariz (2015), Bazı ahşap birleştirmelerin mekanik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisini araştırmışlar. Ladin ve kayın ahşap lamellerden yapılmış deney malzemeleri ilk olarak  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  oda sıcaklığında  $65 \%$  rutubette kondüsyonlama yapılmış. Farklı iki sıcaklıkta  $190$  ve  $210 \text{ }^\circ\text{C}$  3 saat başlangıç vakumu ile bir laboratuvar ortamında örneklere ısı işlem uygulanmıştır. Örneklerin kurutmadan önceki ve kurutmadan sonraki ağırlıkları hesaplanarak standart iklimlendirme şartlarında  $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  ve  $65 \pm 5 \%$  rutubette kondüsyonlanmış. Örnekler kutu ve çerçeve tipi köşe birleştirmelerden sıcaklık uygulanmış ve uygulanmamış olan bisküvi kavela ve kavela lamellerden hazırlanmış. Kavela ölçüleri  $8 \times 30 \text{ mm}$  ve bisküvi kavela ölçüleri yaklaşık olarak  $53 \times 19 \times 4 \text{ mm}$  olan lameller hazırlanmış. Yapıştırıcı olarak polivinil asetat (Dorus MD 072) tutkalı kullanılmış ve metre kareye  $200 \text{ g/cm}^3$  tutkal uygulanmış. Örnekler üniversal test makinası (Zwick Z100) test makinasında test edilmiş. Makine ilerleme hızı dakikada  $3\text{mm}$  olacak şekilde sabit yük uygulanmıştır. Sonuç olarak test boyunca ısı işlem uygulanmış örneklerin daha kırılğan olduğu gözlemlenmiş. Maksimum yükte kutu ve kavelalı ısı işlemsiz kayın ahşap

birleştirmede başarısızlık belirlenmiş. Maksimum yükte bisküvi birleştirmeler en düşük olarak ladin ve kayın ahşap malzemelerin her ikisinde bulunmuş. İşlem görmemiş ladin ve kavelalı birleştirmelerde maksimum yükte en yüksek başarısızlık çerçeve tipi birleştirmelerde bulunmuştur [11].

Abdulzadeh, Ebrahimi, Layeghi ve Ghassemieh (2015), birleşik gerilimler altında değişime uğramış ahşap elemanların gerilim kapasitesi üzerinde analitik ve deneysel çalışmalar yapmışlardır. Birleştirmeler için elemanlar flfrl kayın ahşaptan seçilmiş. Ahşap kayından kavelalar hazırlanarak 10 x 30 mm boyutlarında ölçülendirilmiş. Elemanları birleştirmek için mekanik sıkıştırıcı kullanılmıştır. Nem içeriği, yoğunluğu ve örnek kontrolleri ISO 3130 ve ISO 3131'e göre llmştir. Liflere dik çekme, paralel basınç ve liflere dik basınç, liflere paralel makaslama ve test malzemeerinin sertliği ASTM D-143'e göre belirlenmiştir. Yapıştırıcı olarak polivinil asetat (PVAc) tutkalı ve çift komponentli epoxy tutkalı (jalasanj 797C) rneklerin üretim sürecinde kullanılmıştır. Her iki tutkal da oda sıcaklığında kullanılmıştır. Deneysel rnekleri oda sıcaklığında ve 30 KN yük kapasiteli niversal test makinası (instron 4486) da yapılarak hızı dakikada 5 mm olarak belirlenmişlerdir. Çalışma sonucunda diyagonal basınç altında gerilmenin maksimum değeri furfurun en düşük bölümünde ve işlem görmemiş kayın ahşabın furfurlu kısımlarında gözlenmiştir. Minimum gerilme ise yüksek furfurlu ahşap kısımlarda ortaya çıkmıştır. Gönyeburun birleştirmelerde diyagonal basınç yükü altında en yüksek gerilimin ortaya çıktığı belirtilmiştir [15].

Taghiyari (2013), kırlangıç kuyruğu MDF gönyeburun birleştirmeler ve donmuş karbondioksit işlenmiş bisküvi ve sıcak buharın mekanik kuvveti üzerinde nano suyalıtlımlı ve nano gümüşün etisini araştırmıştır. Çalışmada MDF profiller 50 mm genişlik 18 mm kalınlığa sahip olan malzemedenden ve plastik kırlangıç kuyruğu soket 3 katmanlı kontraplaktan elde edilmiş 0 numara ölçülerinde (15 mm genişlik 45 mm uzunluk), 10 numara olarak bilinen (19 mm genişlik 53 mm uzunluk) ve 20 numara olarak bilinen (23mm genişlik ve 60 mm uzunlukta) bisküvi kavelalar kullanılmıştır. Bu üç ölçülü bisküvi kavelaların tamamı kayın ahşaptan elde edilmiştir. Yapıştırıcı olarak siyanoakrilat tutkalı kullanılmıştır. Tek ve çift kırlangıç kuyruğu soketli birleştirmelerde siyanoakrilat tutkalı kullanılmadan yapılmıştır. İlk aşamada toplamda yedi farklı birleşim kombinasyonu ve 10 numara olan soketlerden yapılmış olanlar çalışılmıştır. Mekanik testler 10KN kapasiteli

instron 4486 üniversal test makinasında yapılmıştır. Testler dakikada 3 mm/min yük hızıyla yapılmış. Sonuç olarak çift kırılmaç kuyruğu soketli en yüksek 3080N kuvveti göstermiş ve tutkalsız tek kırılmaç kuyruğu soketli birleştirme ise en düşük kuvvet yaklaşık 20N ile 890N arasında olduğu gözlemlenmiştir [16].

Efe ve Kasal (2007), çeşitli masif ve kompozit ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesini incelemiştir. Çalışmada masif ağaç malzeme olarak 1. sınıf doğu kayını, kompozit ağaç malzeme olarak 18 mm kalınlığında, TS 46 esaslarına uygun dokuz katmanlı okume kotraplak (OKP), TS 64 standartlarında orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve EN 300 standartlarda üretilmiş, yönlendirilmiş yonga levha (OSB) kullanılmıştır. Deneylerde malzemelerin fiziksel özellikleri; yoğunluk ve rutubet oranı belirlenmiş, mekanik olarak ise; liflere paralel çekme, liflere paralel basınç, liflere paralel kesme, liflere dik eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünü hesaplanmıştır. Deney sonucunda masif ağaç malzemeler, kompozit ağaç malzemelere göre daha yüksek direnç değerleri vermiştir. Kompozit ağaç malzemelerden OKP ve bazı durumlarda da MDF kabul edilebilir değerler vermiş, bu durumun mühendislik yaklaşımıyla birçok üstün özellikleri olan bu malzemelerin mobilya üretiminde kullanılabilmesi belirtilmiştir [17].

Vassil ve Assia (2006), masif ahşaptan üretilmiş gönyeburun birleştirmelerin uç köşelerinin basınç altında test edilmesini ve en son eğilme dayanımını incelemiştir. Çalışmalarında akça ağaç, çam ve ceviz tercih edilmiştir. Tutkallı ve tutkalsız plastik kırılmaç soketli köşe birleştirme, çift kavelalı köşe birleştirme ve zıvana ve açık zıvana ile üretilmiş, 4 tip gönyeburun uç köşe birleştirme kullanılmıştır. Tutkal olarak polivinil asetat (PVAc) tutkallı tercih edilmiştir. Her birleştirme tipinden 10 adet üretilmiştir. Örnekler FP 100 universal test makinasında test edilmiştir. Herbir örneğin testinde zamana göre statik yük gereklilikleri 60±30 s aralığı içerisinde gerçekleşmiştir. Deney sonucunda en yüksek eğilme momenti ceviz ahşabın zıvanalı ve açık zıvanalı birleşiminden elde edilmiştir. Bunun iki sebebi var birincisi, geniş tutkal alanı, diğer sebep ise, ceviz ahşabın en iyi mekanik özelliklere sahip olmasıdır. Sonraki en yüksek eğilme momenti yaklaşık 31-32 % ile masif ceviz ile çift kavelalı birleştirmelerden ve masif ceviz ile plastik soketli birleştirmelerde ortaya çıkmıştır [18].



## 4. MALZEME VE YÖNTEM

### 4.1. Malzeme

#### 4.1.1. Ahşap esaslı kompozit malzemeler

Deney örnekleri ülkemizde mobilya endüstrisinde yaygın kullanılmakta olan, yüzeyi dekoratif PVC folyo kaplı 2790 x 18 x 50 mm ölçülerinde olan MDF profilden elde edilmiştir.

#### 4.1.2. Tutkal

Deneylerde tek komponentli PU ve çift komponentli hızlı MDF kit olmak üzere 2 farklı tutkal kullanılmıştır.

Tek komponentli PU tutkalı mobilya endüstrisinde çerçeve köşe birleştirmelerde yaygın kullanılmakta olan tek komponentli, poliüretan esaslı, hızlı kurlaşan, pres süresi kısa, bir çok yüzeye ahşap, MDF, beton, metal, polistiren, pvc, granit, polikarbonat, cam, seramik gibi yapı malzemelerinin yapıştırılmasında kullanılan bir tutkaldır. Ayrıca DIN/EN 204 standartlarında ve D4 mukavemetine sahip olduğu belirtilmiştir. Açık sarı renkte 1,13 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluğa sahip olan tutkal + 5 °C ile + 35 °C arası çalışma sıcaklığında uygulanması gerekmektedir [19].



Resim 4.1. PU(Poliüretan) ekspres montaj tutkalı

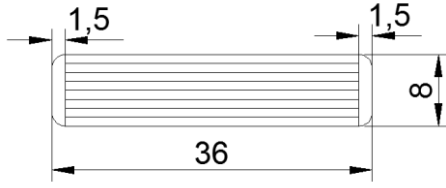
Deneyleerde kullanılan hızlı MDF kit tutkalı çift komponentli kullanım imkânına sahip ve çeşitli kullanım alanlarında ahşap parçaların montaj ve tamiratında, MDF, kauçuk, deri ve plastik yüzeylerde, özellikle hızlı kûrlenme istenen uygulamalarda tercih edilmektedir. Yüksek yapışma gücü, dikey yüzeylerde kullanıma uygun, akma yapmayan, yüksek vizkoziteli olduğu için özellikle gözenekli ve yapıştırılması zor yüzeylerde yapışma gücünün artmasını sağlar. Tutkalın kullanılacağı alanların yüzeyi temiz, kuru, her türlü kir ve yağdan arındırılmış olması gerekmektedir. Uygulama yapılacak yüzeylerden birine aktivatör uygulanır ve yüzeyin kuruması beklenir. Diğer yüzeye yapıştırıcı uygulandıktan sonra yüzeyler bir araya getirilerek birkaç saniye sıkıca bastırılarak yapışma sağlanmaktadır. Görünüşü renksiz yoğunluğu  $1,05 \pm 0,01 \text{ gr/cm}^3$ , parlama noktası  $>81 \text{ }^\circ \text{C}$  uygulama sıcaklığı  $+5 \text{ }^\circ \text{C}$  ile  $+30 \text{ }^\circ \text{C}$  arasında uygulanmaktadır [19].



Resim 4.2. Hızlı yapıştırıcı MDF kit

#### 4.1.3. Kavela

Deneyleerde 8 mm çapında 1000 mm boyunda, yivli gövdeli kayın kavela piyasadan hazır olarak alınıp 8 x 36 mm kullanım ölçülerinde ebatlandırılarak kavela uç kısımlarına pah kırılmıştır. Kullanılan kavela ölçüleri Şekil 4.1 de verilmiştir. Ayrıca kavelalar Resim 4.3 de gösterilmiştir.



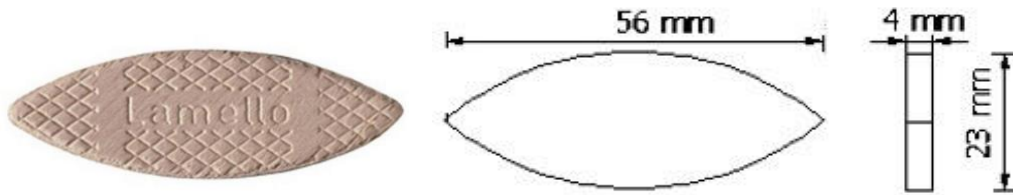
Şekil 4.1. Tek ve çift kavelalı deney örneklerinde kullanılan kavela boyutları (ölçüler mm)



Resim 4.3. Kavela

#### 4.1.4. Bisküvi kavela

Deneyleerde sıkıştırılmış kırmızı kayından üretilmiş 56 x 23 x 4 mm ölçülerinde lamello marka bisküvi kavela piyasadan hazır olarak tedarik edilmiştir. Kırılmalara karşı oldukça dayanıklı ve oluklu yüzeye sahiptir. Yüzey, köşeler ve çerçevelerde kullanılmakta olan bu malzeme üniversal bir sisteme sahip olmaktadır. Düz kullanılabildiği gibi çeşitli açılarda kullanılabilme imkânlarına sahiptir. Ahşap köşe birleştirmelerde MDF, HDF ve sunta gibi malzemelerin köşe birleştirme sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bisküvi kavela ve boyutları Resim 4.4’de gösterilmiştir.

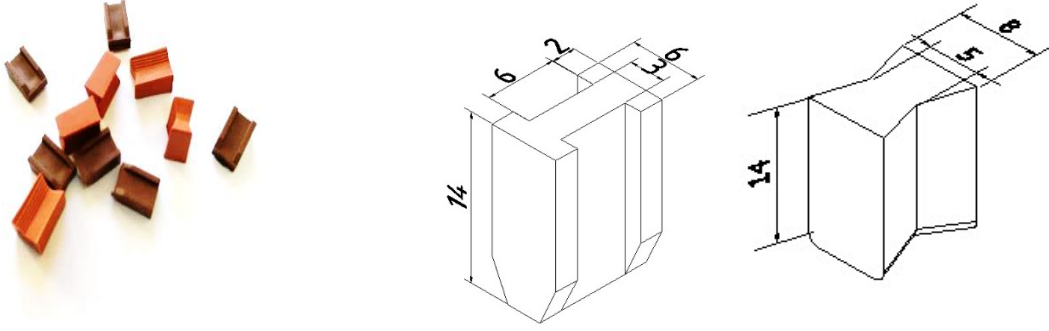


Resim 4.4. Bisküvi Kavela ve boyutları

#### 4.1.5. H- Tipi ve kırlangıç tipi pvc soketler

Deney örneklerinin birleştirilmesinde kullanılan plastik H-tipi ve kırlangıç tipi soketler ahşap ve kompozit malzemeden üretilmiş çerçeve profillerin köşe birleşim kısımlarında sağlam ve pratik birleştirme aparatı olarak geniş kullanım imkânlarına sahiptirler.

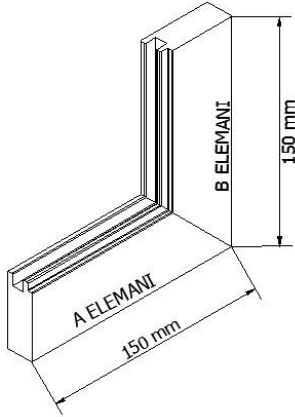
Kullanılan soketler piyasadan H-tipi soket için 6 x 10 x 14 mm ölçülerinde ve kırlangıç soket için ise 8 x 10 x 14 mm ölçülerinde hazır olarak temin edilmiştir. Soketlerin görünüşü ve boyutları Resim 4.5’de gösterilmiştir.



Resim 4.5. H-tipi ve Kırlangıç Soketler ve boyutları (ölçüler mm)

#### 4.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney örnekleri (A) ve (B) olmak üzere iki elemandan oluşmaktadır. A ve B elemanlarının ölçüleri 150 x 18 x 50 mm olarak hazırlanmıştır. Örneklere ait perspektif çizim Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. L tipi çerçeve köşe birleştirme deney örneklerinin perspektif görünüşü

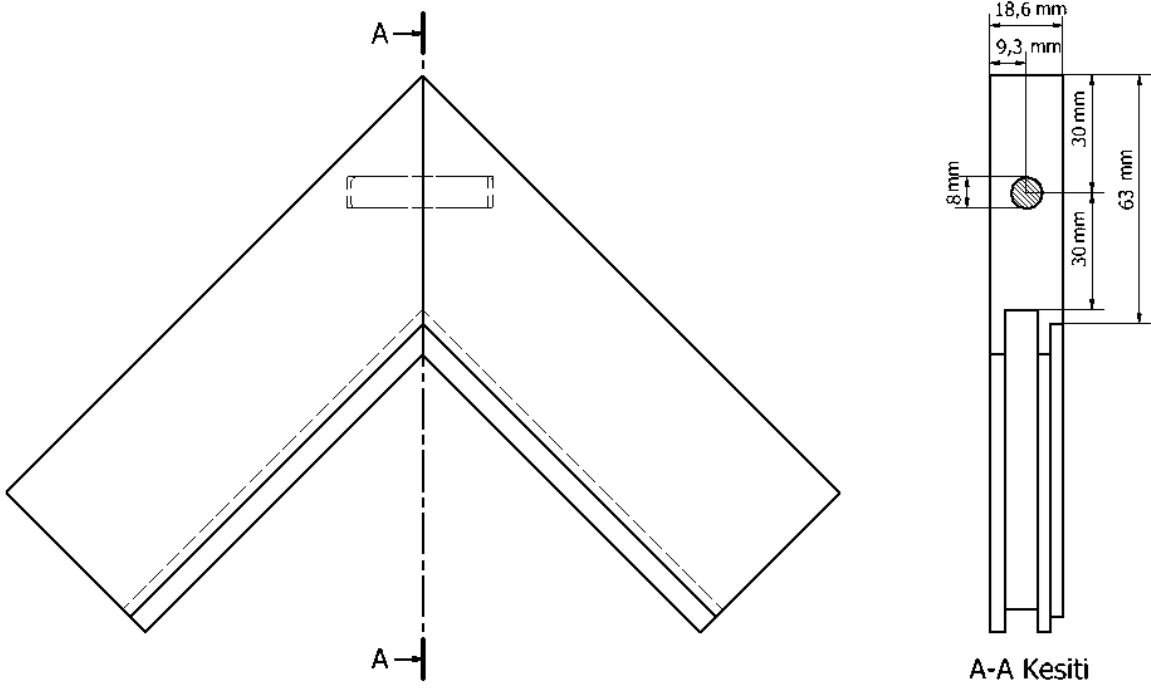
Çizelge 4.1. L-tipi köşe birleştirmelerde deneme deseni

Deney Yöntemi	Tutkal Tipi	Birleştirme Tipi	Levha Kalınlığı	Tekerrür
Diyagonal Çekme	MDF Kit	Tek Kavela	18	10
		Çift Kavela		10
		Soketsiz		10
		Bisküvi Kavela		10
		Kırlangıç-Tipi		10
		H-Tipi		10
	Poliüretan	Tek Kavela		10
		Çift Kavela		10
		Soketsiz		10
		Bisküvi Kavela		10
		Kırlangıç-Tipi		10
		H-Tipi		10
Diyagonal Basınç	MDF Kit	Tek Kavela	18	10
		Çift Kavela		10
		Soketsiz		10
		Bisküvi Kavela		10
		Kırlangıç-Tipi		10
		H-Tipi		10
	Poliüretan	Tek Kavela		10
		Çift Kavela		10
		Soketsiz		10
		Bisküvi Kavela		10
		Kırlangıç-Tipi		10
		H-Tipi		10
	Toplam			240

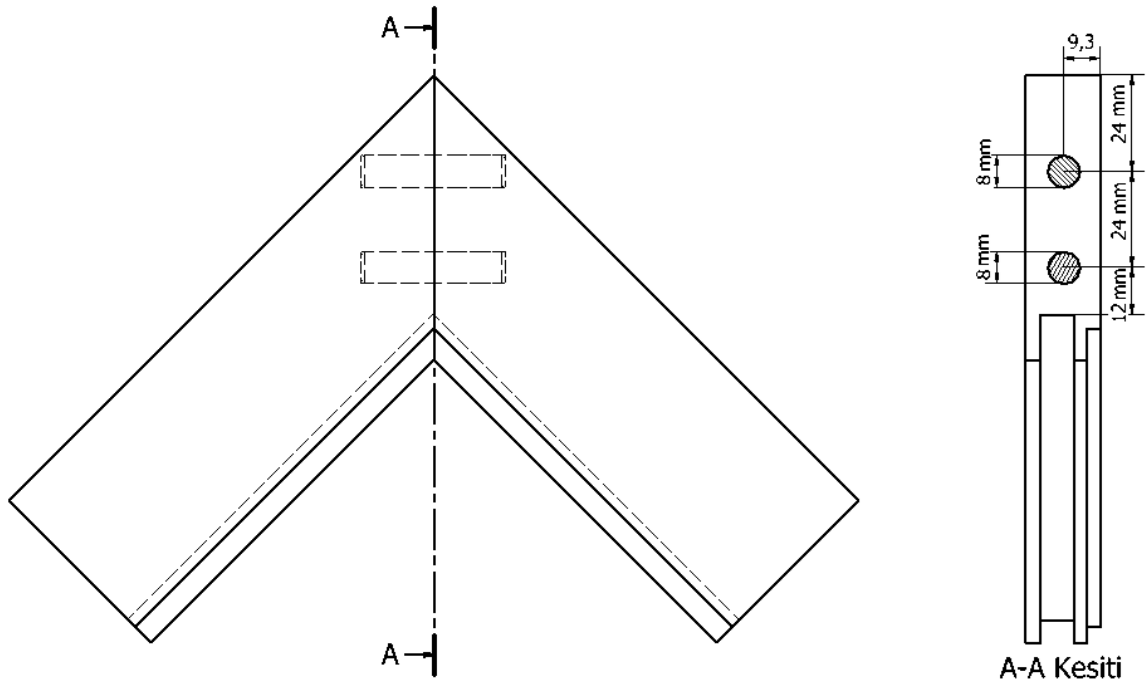
#### 4.2.1. Tek ve çift kavelalı deney örneklerinin hazırlanması

Deney örneklerinin A ve B elemanı istenilen ölçülerde ebatlandırılmıştır. Daha sonra kalıp yardımıyla deney örneklerinin baş kısımları daire testere makinasında 45° açıyla kesilmiştir. A ve B elemanları üzerine kavela deliklerinin yeri belirlenerek markalanmıştır. Tek ve çift kavelalı çerçeve köşe birleştirmelerde elemanların kavela delikleri, tek kavelalı çerçeve köşe elemanlarda kavela deliği kullanılan profilin genişlik ve kalınlık yönünde tam orta ekseninde olacak şekilde ayarlanmıştır. Ayrıca TS 4539 [20]'da belirtilen şartlar doğrultusunda kavela delikleri açılmıştır. Kavela delikleri Gazi Üniversitesi Makina

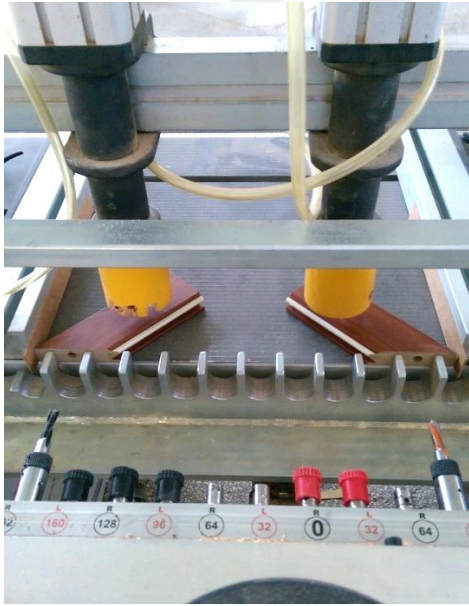
Laboratuvarında bulunan çoklu delik makinası ile açılmıştır. Tek kavelalı deney örneği gösterimi Şekil 4.3'de verilmiştir. Çift kavelalı çerçeve köşe birleştirmelerde ise elemanların kavela delikleri profil uç noktasından ve kavelaların merkezleri arasındaki mesafe 24 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Çift kavelalı deney örneği gösterimi Şekil 4.4'de verilmiştir. Deney örneklerinin çoklu delik makinesinde delik işlemleri Resim 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Tek kavelalı deney örneği



Şekil 4.4. Çift kavelalı deney örneği

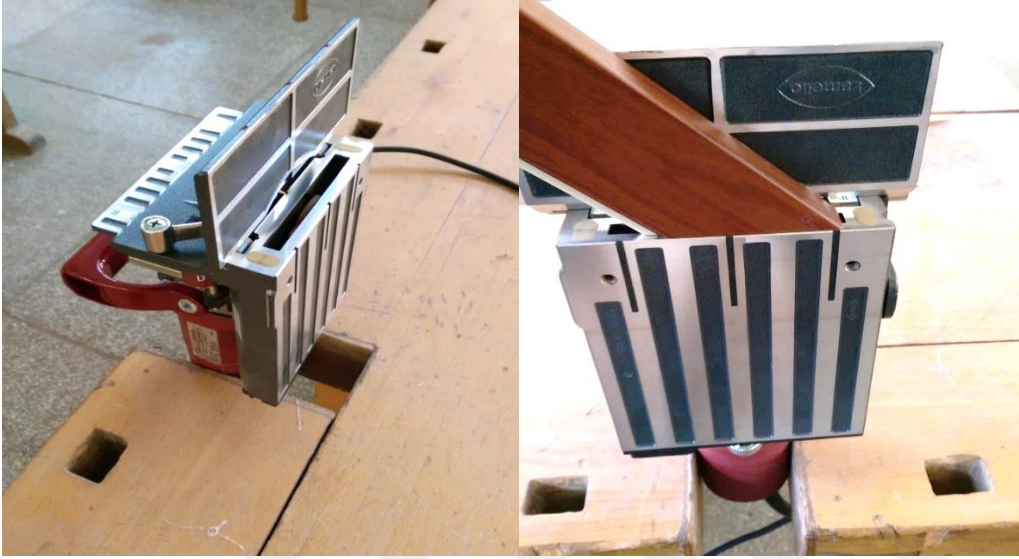


Resim 4.6. Deney örneklerinin çoklu delik makinesinde delik işlemi

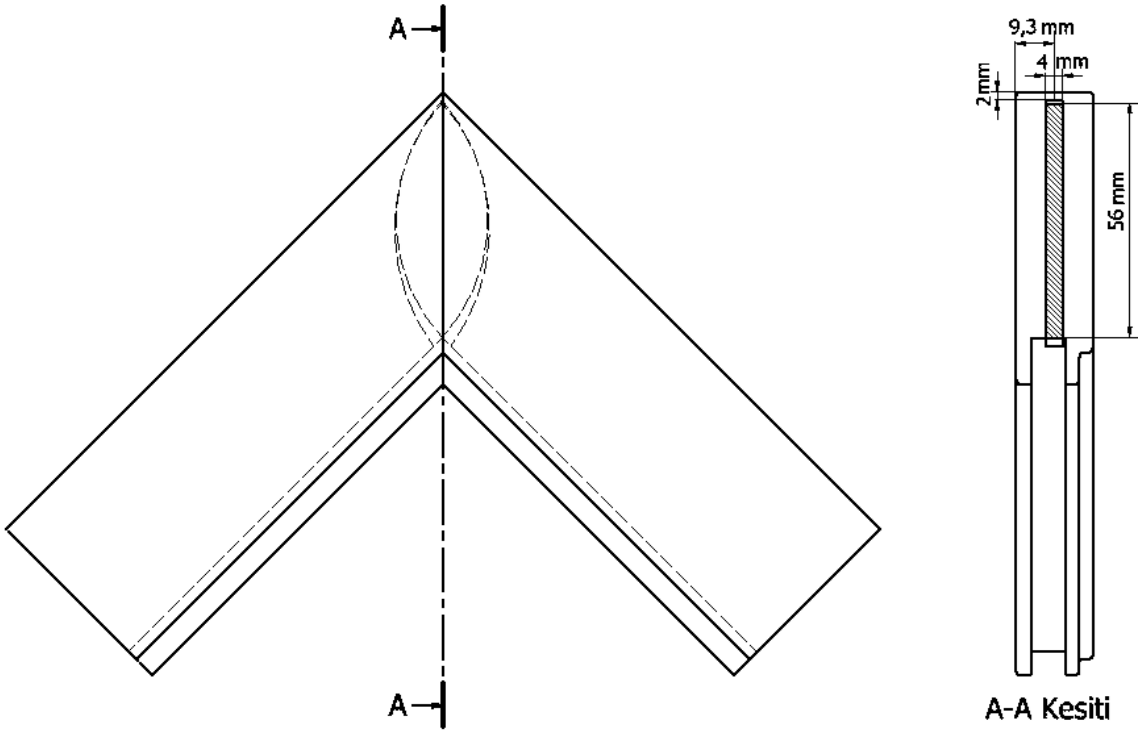
#### 4.2.2. Bisküvi kavelalı deney örneklerinin hazırlanması

Bisküvi kavelalı deney örneklerinin hazırlanmasında lamello marka bisküvi kavela piyasadan hazır olarak 56 x 23 x 4 mm ölçülerinde alınarak daha sonra yine Lamello bisküvi

kavela makinesi ile kavela deliği açılmıştır. Bisküvi kavela delikleri 45° kesilmiş olan MDF çerçeve profilin uç noktasından 2 mm mesafe bırakılarak makinede kavela yuvaları açılmıştır. Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Deney örneklerinin lamello makinasındaki işlemleri Resim 4.7’de gösterilmiştir.



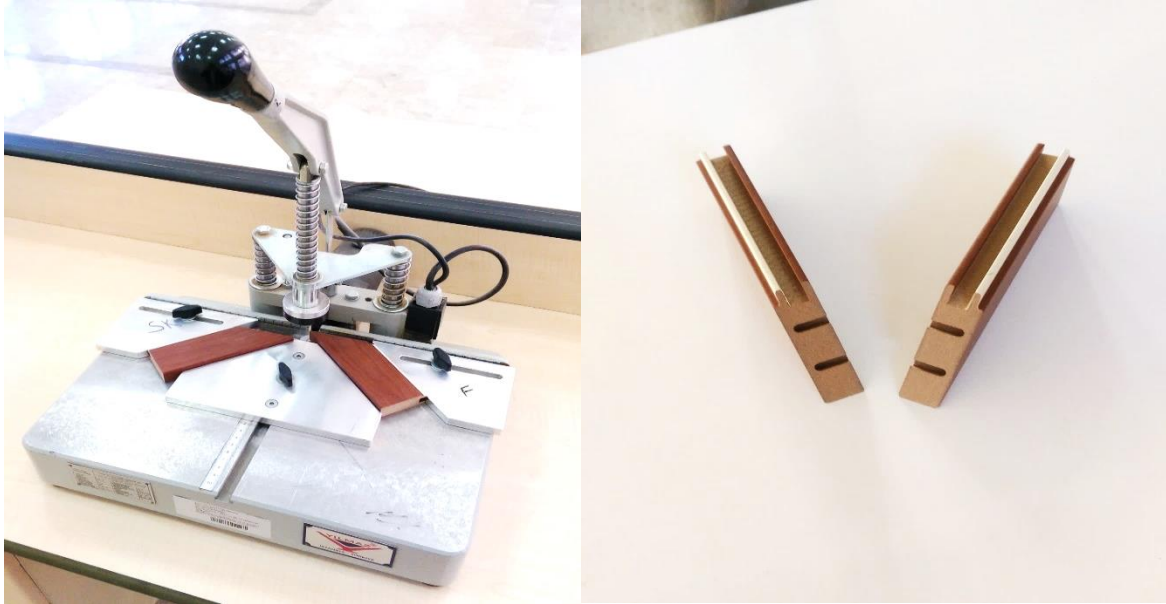
Resim 4.7. Bisküvi kavela makinesi ve delik işlemi örnek gösterimi



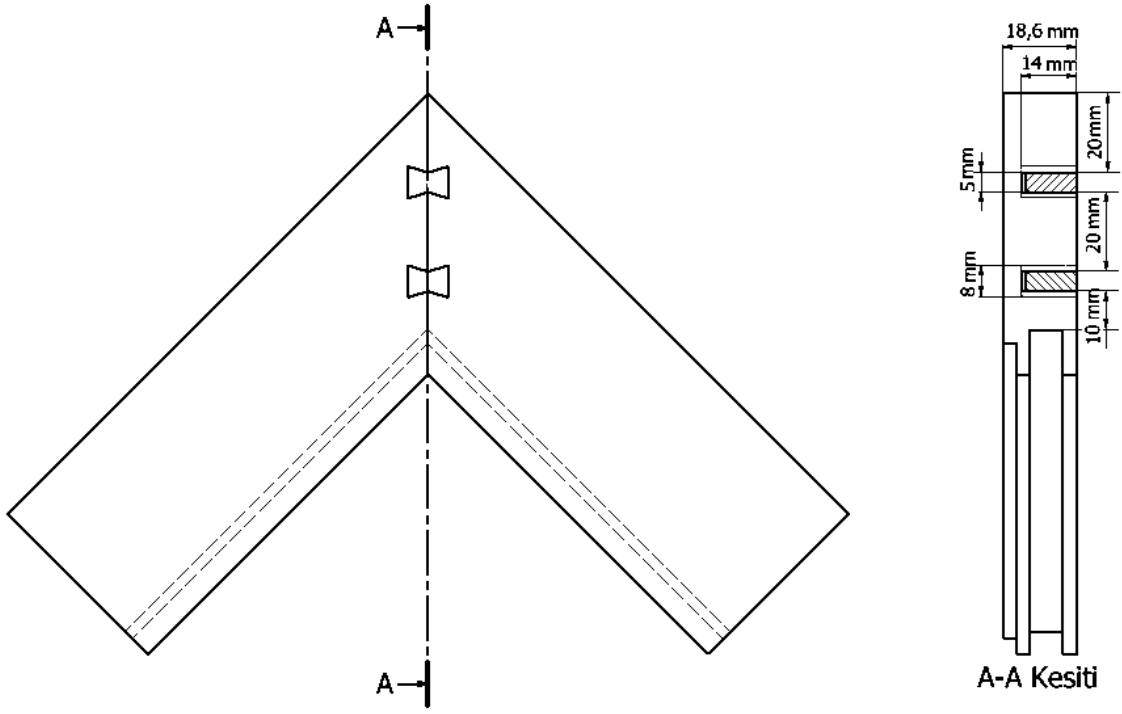
Şekil 4.5. Bisküvi kavelalı deney örneği

### 4.2.3. Kırlangıç soketli deney örneklerinin hazırlanması

Kırlangıç soketli deney örneklerinin hazırlanmasında plastik kırlangıç soketler ve kırlangıç kesici uç piyasadan hazır olarak alınmıştır. Plastik soketler 14 x 10 x 8 mm ölçülerinde olup MDF profilin uç noktasından 20 mm mesafe bırakılarak kırlangıç soketin orta noktası profilin kenar kesit eksenine gelecek şekilde ve kırlangıç soketin boyutunda profilin 14 mm içerisine geçecek şekilde kırlangıç açma makinesinde soket delikleri açılmıştır. Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Deney örneklerinin kırlangıç makinesinde delik açma işlemleri Resim 4.8’de gösterilmiştir.



Resim 4.8. Kırlangıç açma makinesinde delik açma işlemi örnek gösterimi



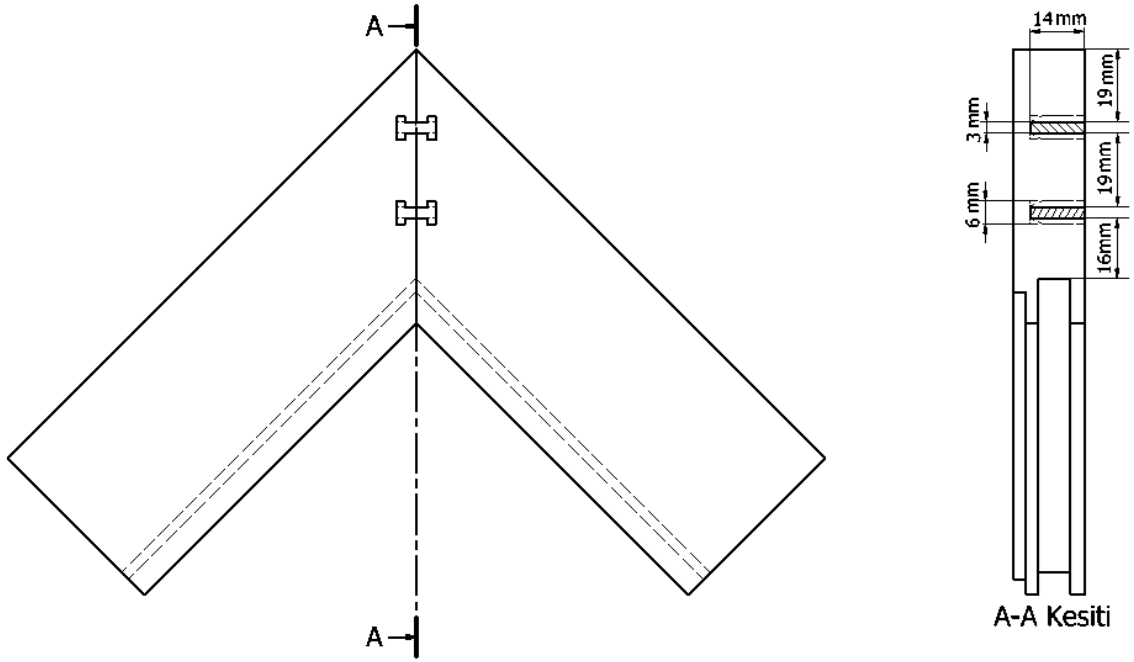
Şekil 4.6. Kırılmalıç soketli deney örneği

#### 4.2.4. H-tipi soketli deney örneklelerinin hazırlanması

“H” tipi soketli deney örneklelerinin hazırlanmasında plastik soketler 14 x 9 x 8 mm ölçülerinde piyasadan hazır olarak alınmıştır. Hazır olarak alınan 8 mm çapındaki H-tipi kesici uç yardımıyla soket delikleri açılmıştır. Soketler profil uç noktasından 20 mm mesafe bırakılarak ve soketin yüksekliği, genişliği ve kalınlığı kadar profil kenar ekseninden içeri geçecek şekilde kırılmalıç açma makinesinde makine ucu değiştirilerek H-tipi kesici uç takılması ile soket delikleri açılmıştır. Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Deney örneklelerinin kırılmalıç makinesinde delik açma işlemleri Resim 4.9’da gösterilmiştir.



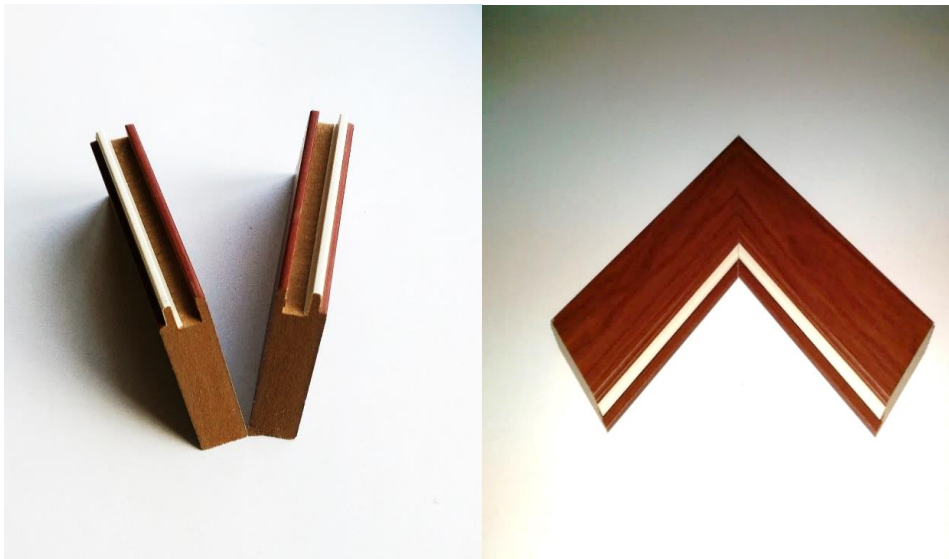
Resim 4.9. Kırılmalıç delik makinesinde H-tipi soket deliği açma işlemleri



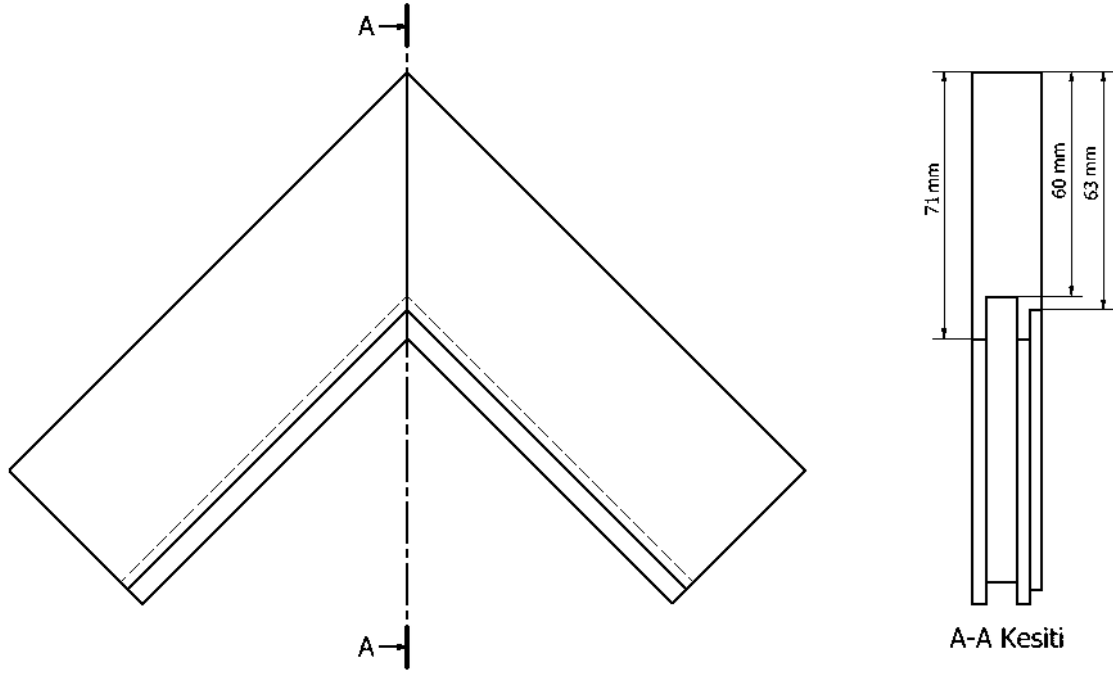
Şekil 4.7. H-tipi soketli deney örneği

#### 4.2.5. Soketsiz deney örneklerinin hazırlanması

Soketsiz deney örneklerinin hazırlanmasında herhangi bir köşe birleştirme elemanı kullanılmamıştır. Deney örnekleri  $45^\circ$  kesilmiş olan çerçeve profillerin sadece tutkal kullanılarak birleştirilmesiyle elde edilmiştir. Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Deney örneklerinin birleştirme işlemi Resim 4.10'da gösterilmiştir.



Resim 4.10. Soketsiz deney örneği birleştirme işlemi



Şekil 4.8. Soketsiz deney örneği

### 4.3. Yöntem

#### 4.3.1. Deney malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Deneylerden önce, ASTM-D 1037-12 [21]'e göre  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $\% 65 \pm 5$  bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Deneyler Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaççileri Endüstri Mühendisliği Bölümü Teknoloji Laboratuvarında bulunan 50 KN kapasiteye sahip İNSTRON “Üniversal Test Cihazı” kullanılarak yapılmıştır. Yükleme hızı bilgisayar üzerinden manuel olarak programlanabilmektedir. Deneylerde statik yükleme hızı 5 mm/dk olacak şekilde programlanmıştır.

#### Yoğunluk

Örneklerin yoğunluklarının belirlenmesinde ahşap kompozit malzemeler için TS EN 323'de [22], belirtilen esaslara uyulmuştur. 18x40x40 mm ölçülerinde hazırlanan örnekler  $\pm 0,01$  g duyarlıklı terazi ile tartılarak örneklerin ilk ağırlıkları ( $m_r$ ) tespit edilmiş ve boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlıklı dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri ( $V_r$ ) hesaplanmıştır.

Daha sonra örnekler etüv cihazında  $103 \pm 2$  °C de 24 saat bekletilmişler, 6 saat aralıklarla yapılan iki tartı arasındaki fark, deney parçası ağırlığının % 0,5' ine eşit veya daha düşük olduğu zaman değişmez ağırlığa ulaştıkları kabul edilerek tam kuru ağırlıkları ( $m_0$ ) hesaplanmıştır. Dijital kumpas ile boyutları ölçülerek tam kuru hacimleri ( $V_0$ ) hesaplanmıştır. Tam kuru ( $\delta_0$ ) yoğunluğunun belirlenmesi için ‘‘Eş. 4.1 kullanılmıştır.

$$\delta_0 = m_0 / V_0 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (4.1)$$

### Rutubet

Rutubet ( $r$ ) tayininde ahşap kompozit malzemelerde TS EN 322' de [23] belirtilen Eş. 3.2 kullanılmıştır. Örnekler etüv cihazında  $103 \pm 2$  °C'de değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir.

$$r = (m_r - m_0 / m_0) \times 100 \quad (4.2)$$

### Eğilme direnci ve elastikiyet modülü

Eğilme deneyleri TS EN 310 [24]' de belirtilen esaslara uyularak örneklerin eğilme direnci ve eğilmeye elastiklik modülü değerleri belirlenmiştir. Örnek boyutları, 450x18x50 mm olmak üzere 6 adet hazırlanmıştır. Deneylerde kuvvet örneklerin tam orta noktasından uygulanmış ve deney cihazının yükleme hızı standartlarda belirtilen esaslara bağlı kalınarak yükleme başlığının maksimum kuvvete  $60 \pm 30$  saniyede ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Eğilme direnci ‘‘Eş 4.3’e göre hesaplanmıştır.

$$\sigma = \frac{3 \times F_{max} \times L_s}{2 \times b \times h^2} \quad (4.3)$$

Burada;

$\sigma$  = Eğilme direnci (Nmm<sup>2</sup>)

$F_{max}$  = Kırılma anındaki maksimum yük (N)

L = Deney örneği boyu (mm)

$L_s$  = Mesnet açıklığı (mm)

b = Deneý örneđi geniřliđi (mm)

h = Deneý örneđi yüksekliđi (mm)

Eđilme deneýlerinde elastikiyet modölü ‘‘Eř 4.4’e göre hesaplanmıřtır. Eđilme deneý düzeneđi ve boyutları řekil 4.9’da verilmiřtir. Ayrıca eđilme deneý düzeneđi örneđi Resim 4.11’de gösterilmiřtir.

$$E_m = \frac{l_1^3(F_2 - F_1)}{4 b t^3 (a_2 - a_1)} \quad (4.4)$$

Burada;

$E_m$  : Eğilmede elastikiyet modölü (N/mm<sup>2</sup>)

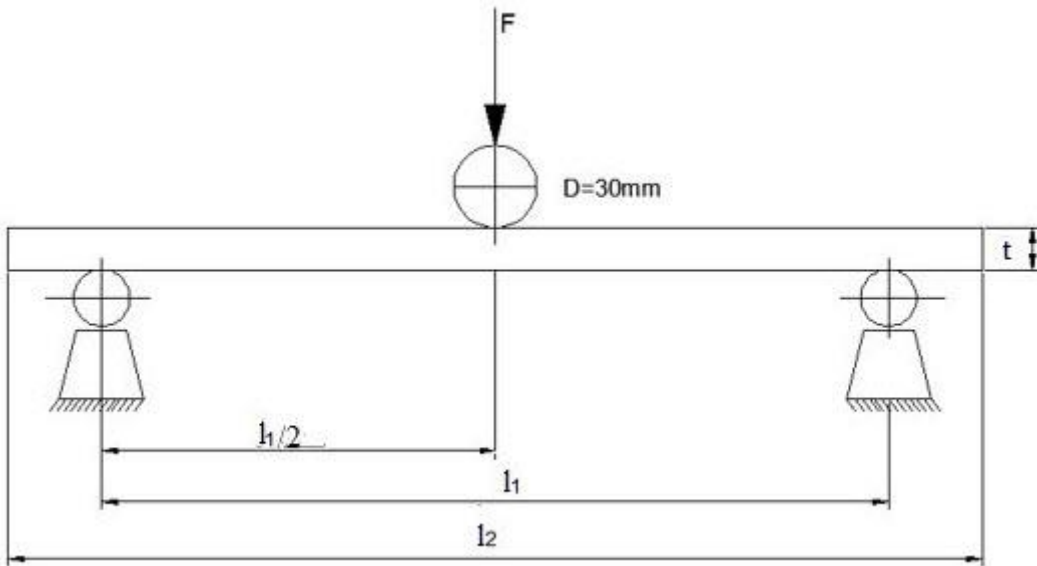
$L_1$  : Dayanak( destek) lerin eksenleri arasındaki uzaklık (mm)

b : Deneý örneđi geniřliđi (mm)

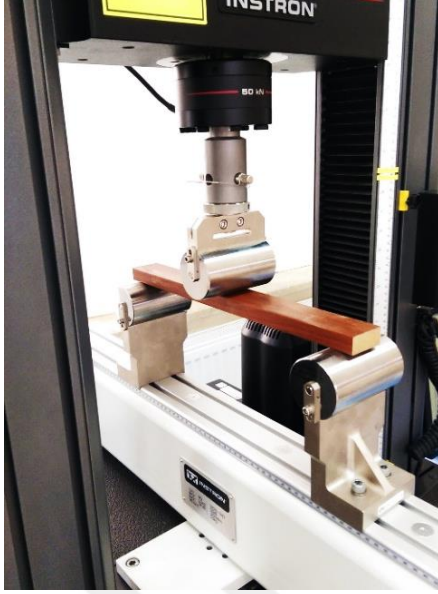
t : Deneý örneđi kalınlıđı (mm)

$F_2 - F_1$  : Yükle-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı(N)

$a_2 - a_1$  : ( $F_2 - F_1$ ) kuvvet artışları nedeniyle deneý örneği uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır (mm).



řekil 4.9. Eđilme deneý düzeneđi ve boyutları



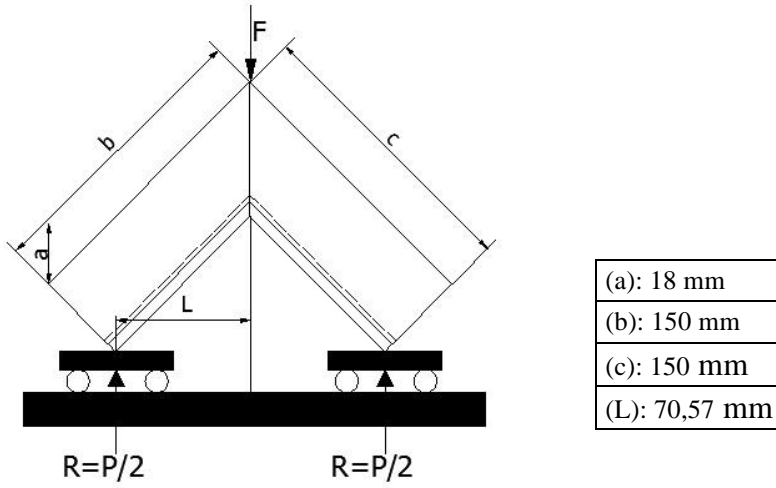
Resim 4.11. Eğilme deney düzeneği

#### 4.3.2. Diyagonal çekme moment kapasitesi

Çekme deneyleri Instron 50 KN üniversal test cihazında yapılmış ve TS EN 310'da [24] belirtilen esaslara uyulmuştur. Deneylerde yükleme hızı 5 mm/dak olacak şekilde sabit tutulmuş ve diyagonal çekme moment kapasitesi Eş. 4.4'e göre hesaplanmıştır. Diyagonal çerçeve köşe çekme deneylerinde moment kolu mesafeleri ve deney örneği ölçüleri Şekil 4.10'da, yükleme şekli ve deney düzeneği Resim 4.12'de gösterilmiştir.



Resim 4.12. Diyagonal çekme deney örneği ve test düzeneği



Şekil 4.10. Diyagonal çekme deneyinde çerçeve köşe moment kolu mesafeleri

$$M_t = \frac{P}{2} \times L_t \quad (4.4)$$

Burada,

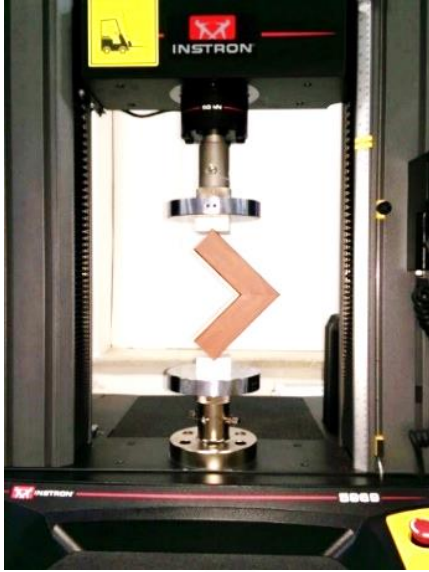
$M_t$  = Diyagonal çekme momenti kapasitesi,

$P$  = Maksimum yük (N),

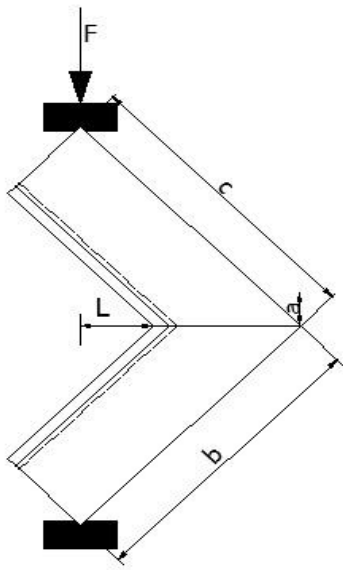
$L_t$  = Çekme moment kolu.

### 4.3.3 Diyagonal basınç moment kapasitesi

Diyagonal basınç deneyleri TS EN 310'da [23] belirtilen esaslar uygulanarak yükleme hızı 5 mm/dak olacak şekilde sabit tutulmuş ve diyagonal basınç Eş. 4.5'e göre hesaplanmıştır. Diyagonal çerçeve köşe basınç deneylerinde moment kolu mesafeleri ve deney örneği ölçüleri Şekil 4.11'da, yükleme şekli ve deney düzeneği Resim 4.13'de gösterilmiştir.



Resim 4.13. Diyagonal basınç deneyi düzeneği ve örneği



(a): 18 mm
(b): 150 mm
(c): 150 mm
(L): 70,57 mm

Şekil 4.11. Diyagonal basınç deneyinde çerçeve köşe moment kolu mesafeleri

$$M_C = P \times L_C \quad (4.5)$$

Burada,

$M_C$  = Diyagonal basınç moment kapasitesi,

$P$  = Maksimum yük (N),

$L_C$  = Basınç moment kolu.

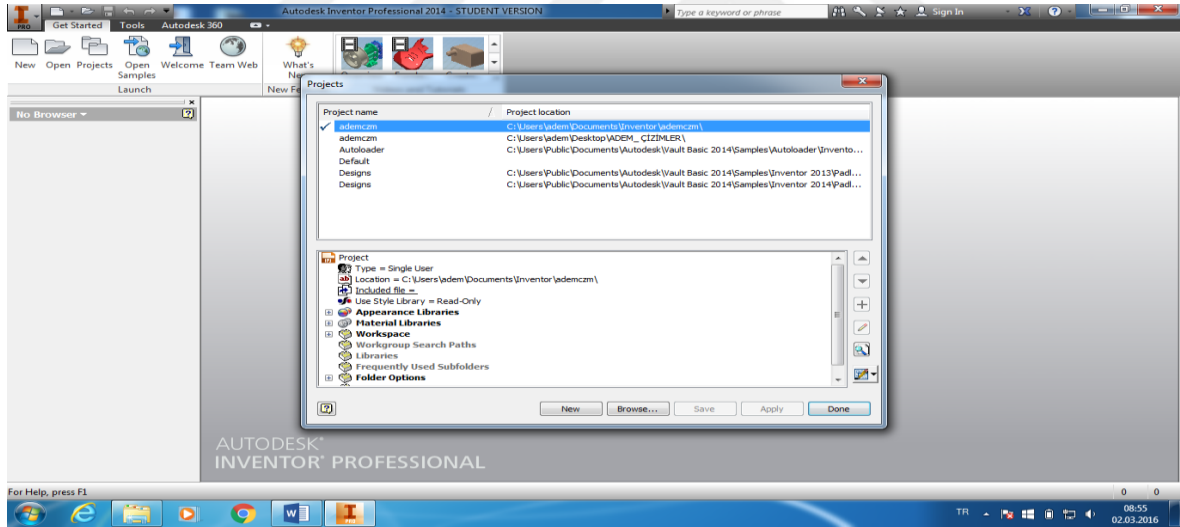
## 4.4. Bilgisayar Destekli Modelleme ve Üç Boyutlu Analizler

### 4.4.1. L-tipi çerçeve köşe birleştirmelerin inventor professional programında modellenmesi

Bu çalışmada Inventor Professional programında örnek uygulama olarak L tipi çerçeve köşe birleştirmelerin modellenmesine ait örnek modelleme gösterilmiştir. Örnek olarak tek kavelalı çerçeve köşe birleştirme örneği seçilmiştir.

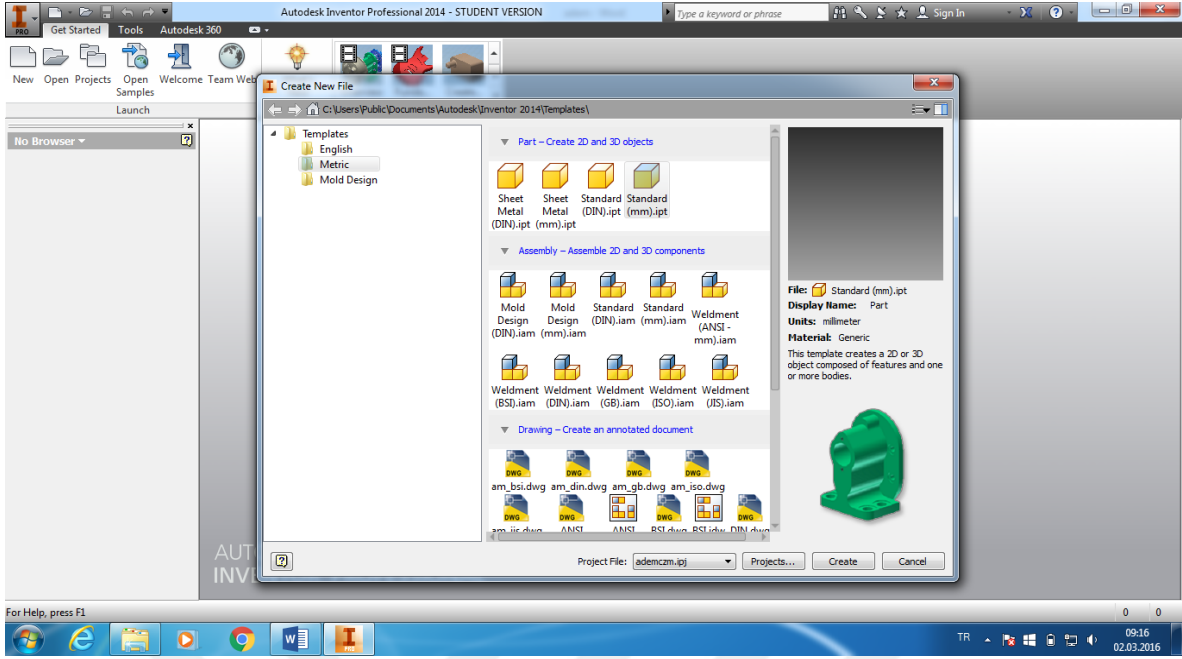
İlk olarak modelleme işlemine başlamadan önce kendimize ait çalışma dosyası oluşturulur. Daha sonra kendimize ait bu dosyayı isimlendiririz ve yapılan bütün projelerin kendimize ait olan dosya içerisinde toplanmasını sağlamış oluruz.

Inventor Professional programını açtıktan sonra, projects>açılan sekmede new tıkla> ve proje adını belirlemek için istediğimiz proje adını verilebilir (Resim 4.14).



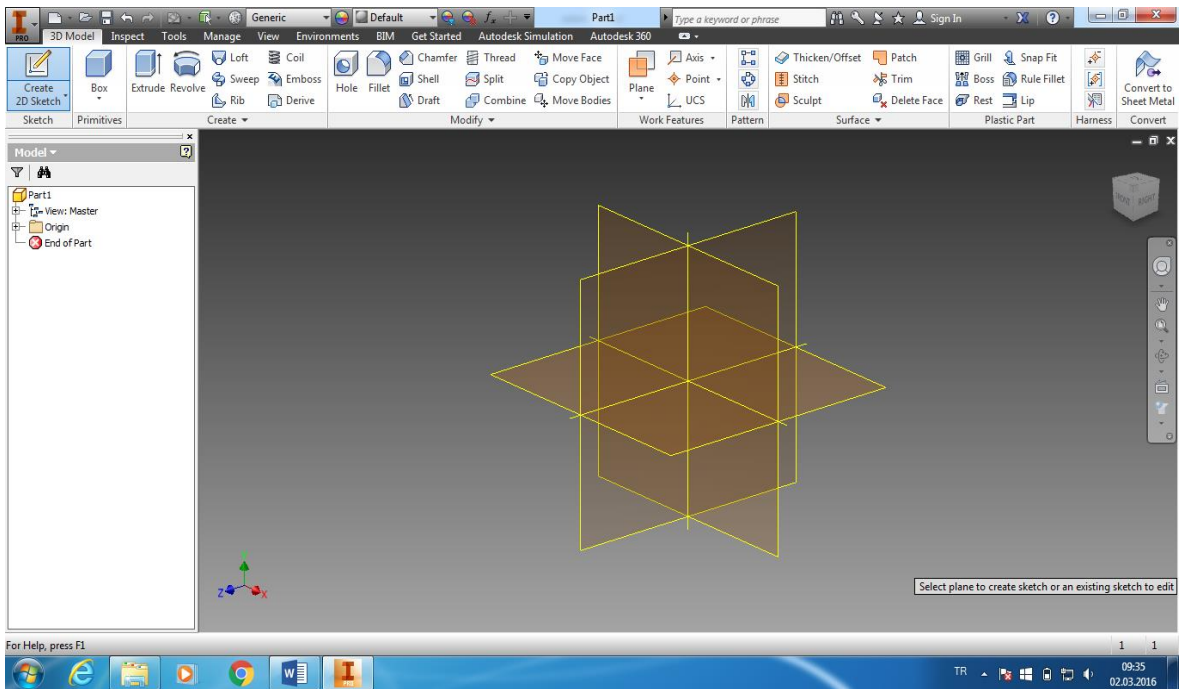
Resim 4.14. Inventor Professional programında proje oluşturma ve isimlendirme

Proje dosyasını oluşturduktan sonra inventor arayüzünde New sekmesine tıklanarak burada templates (şablonlar) sekmesi altında bulunan seçeneklerden modellenecek parçaların hangi sistemde modelleneceğine karar verilir. Ayrıca modelleme, montaj ve teknik resim pafta oluşturma işlemleri de bu sekmeden seçilebilir (Resim 4.15).



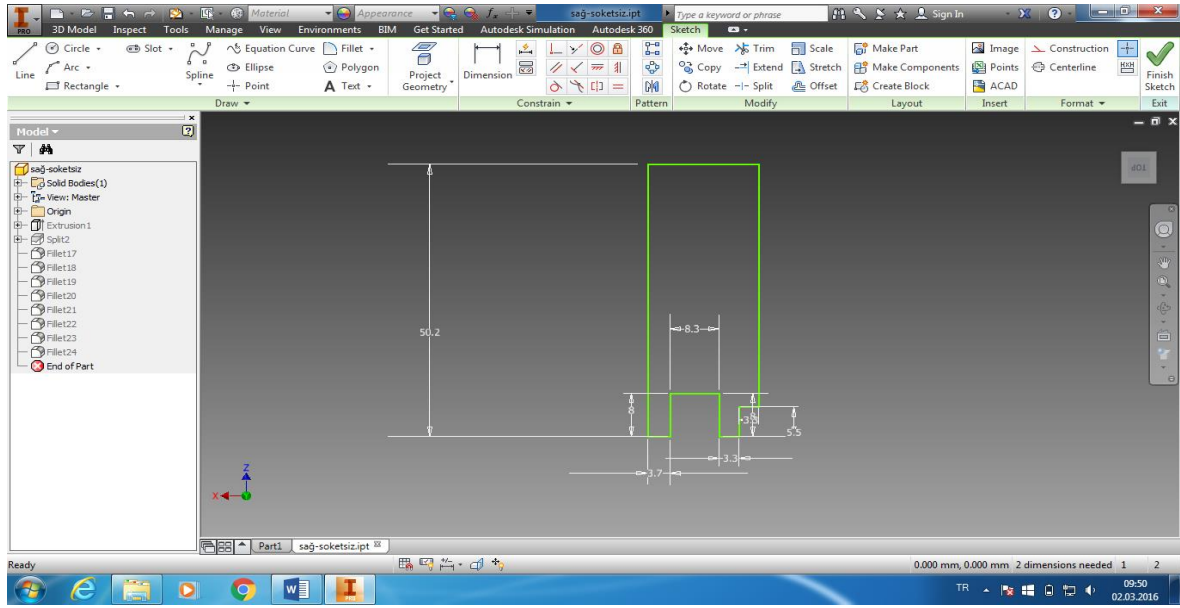
Resim 4.15. Şablon seçim işleminin gösterimi

İstenilen çalışma sayfası seçildikten sonra create (oluştur) sekmesine tıklanarak çalışma sayfası oluşturulur. Açılan pencere arayüzünde iki veya üç boyutlu çalışma yapılmasını sağlayan create 2D sketch veya create 3D sketch sekmesinden istediğimiz çalışma boyutu hangisi ise seçim yapılabilir ve çalışma düzlemi seçilebilir (Resim 4.16).

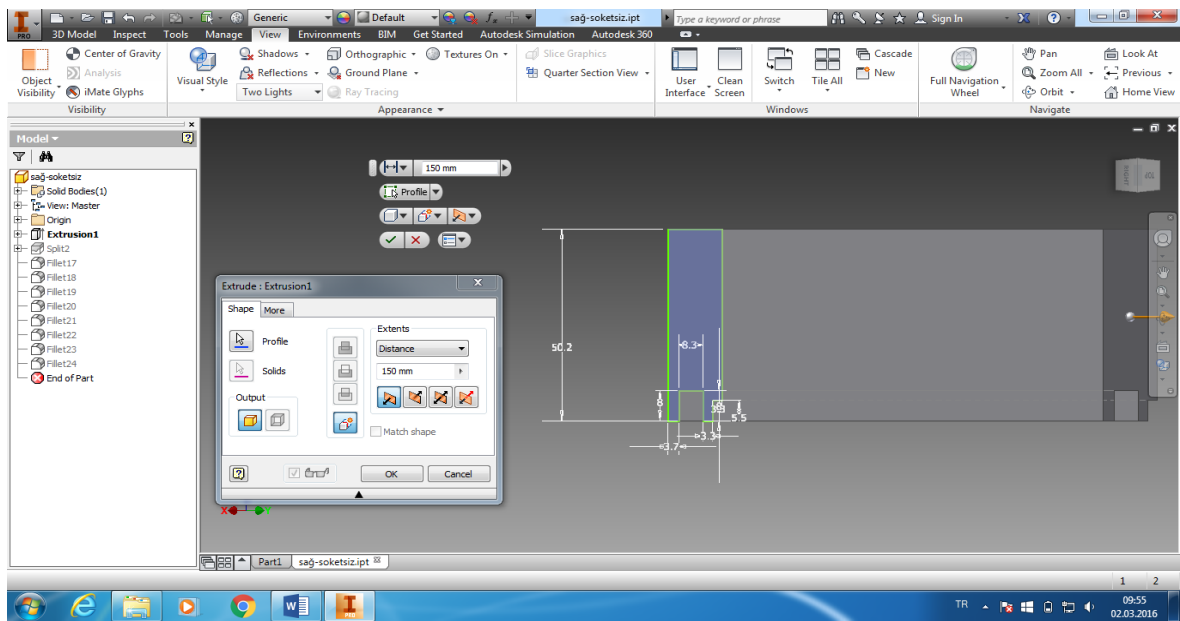


Resim 4.16. 2D sketch oluşturma işlemi ve çalışma düzlemi belirleme

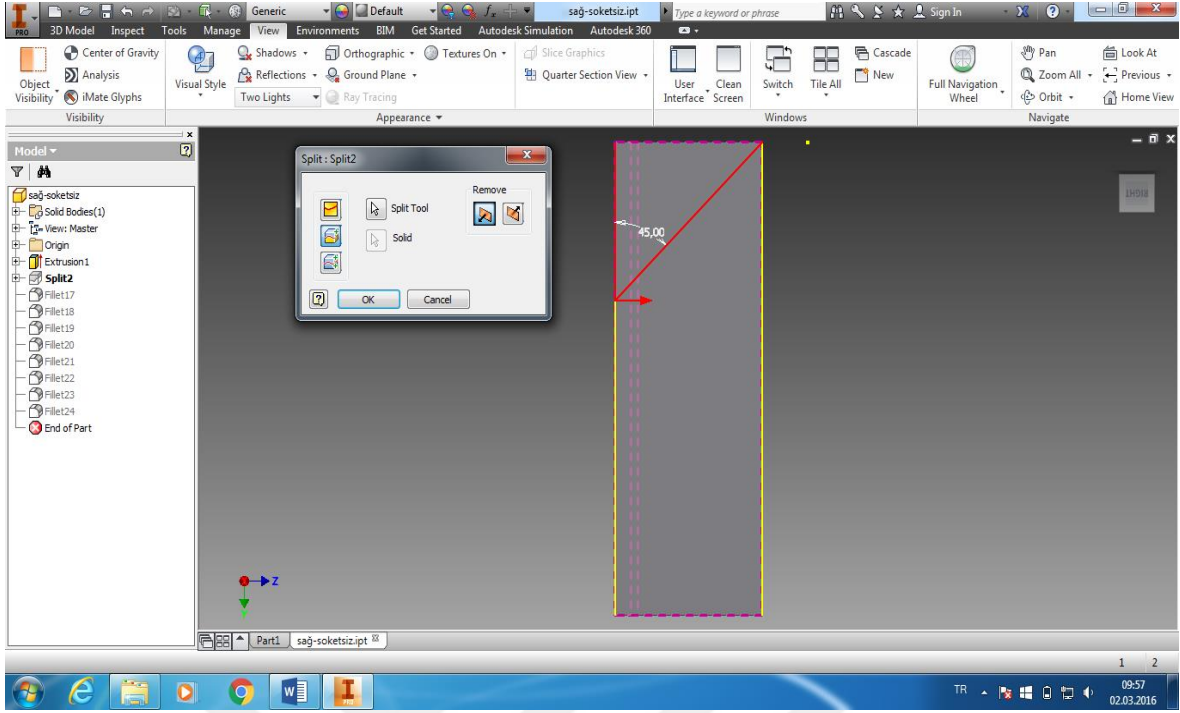
Çalışma düzlemi belirlendikten sonra modellenecek parçanın boyutlarını belirlemek için modelin ilk olarak ölçü vermeden kaba şekli oluşturulur, daha sonra model program arayüzünde bulunan dimension komutuna tıklanarak model boyutlandırılabilir. Sonraki aşamada modele hacim kazandırmak için extrude işlemi yapılmaktadır. Resim 4.17’de modelin boyutlandırma işlemi, Resim 4.18’de extrude işlemi, Resim 4.19’da ise split işlemi gösterilmiştir.



Resim 4.17. Modellenecek parçanın çizimi ve ölçülendirilmesi

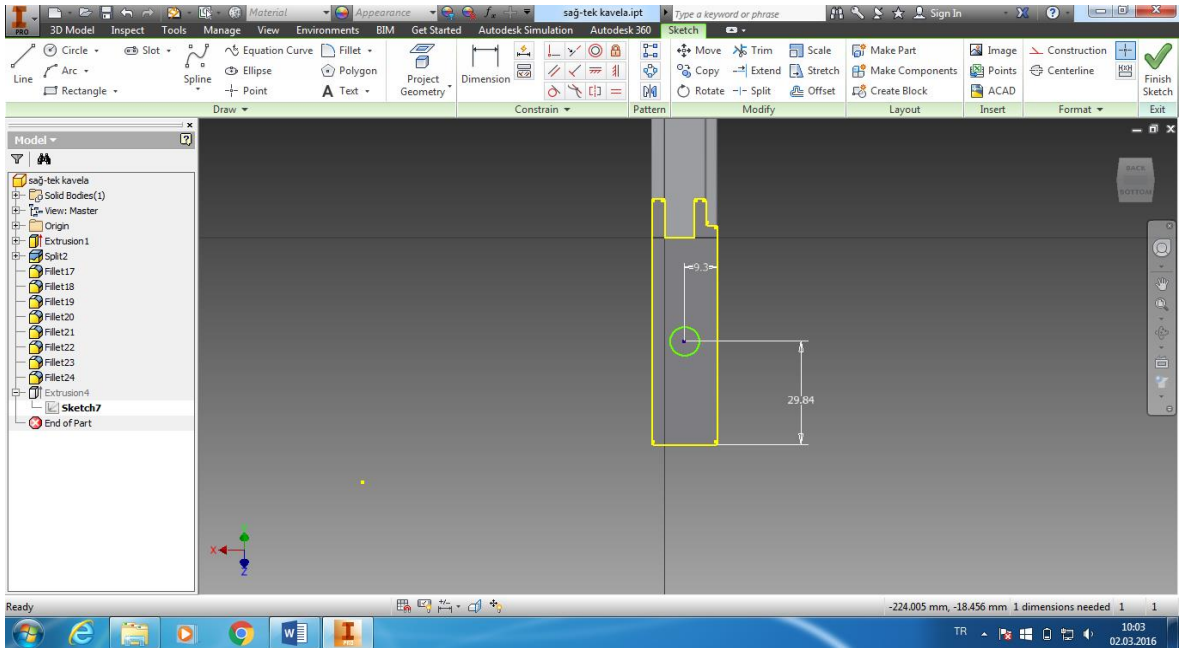


Resim 4.18. Extrude işleminin yapılması



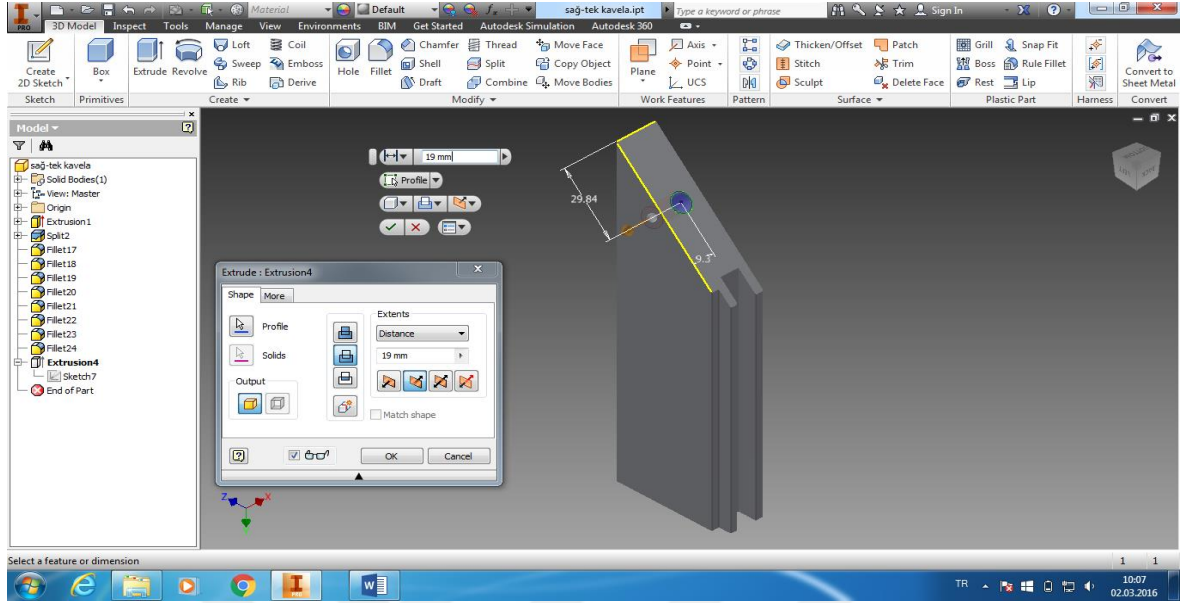
Resim 4.19. Split komutuyla modelin 45 ° kesim işlemi

Delme işlemi yapılacak yüzeye New Sketch tıklanarak Sketch oluşturulur. Oluşturulan yüzeyde Circle (daire) tıklanarak kavela deliği açılacak yüzeyde oluşturulur. Daha sonra program arayüzünde bulunan dimension(ölçülendirme) komutuna tıklanarak kavela çapı ve merkezi belirlenir (Resim 4.2).



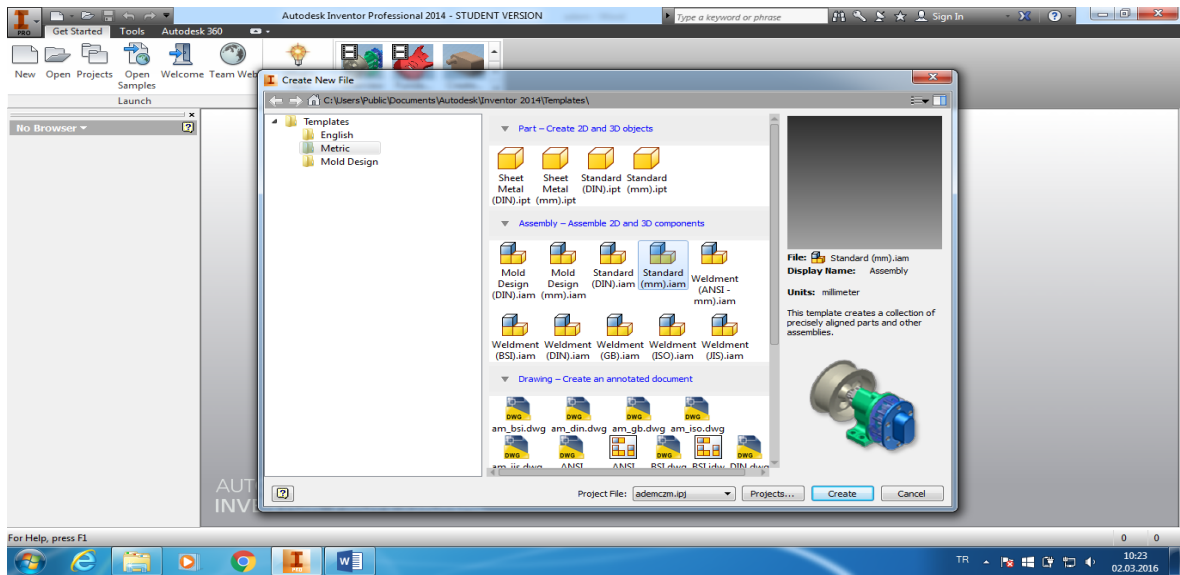
Resim 4.20. Tek kavela delik işlemi

Extrude>kavale deliği seç>yönü belirle> ve buyutlandır (Resim 4.21)

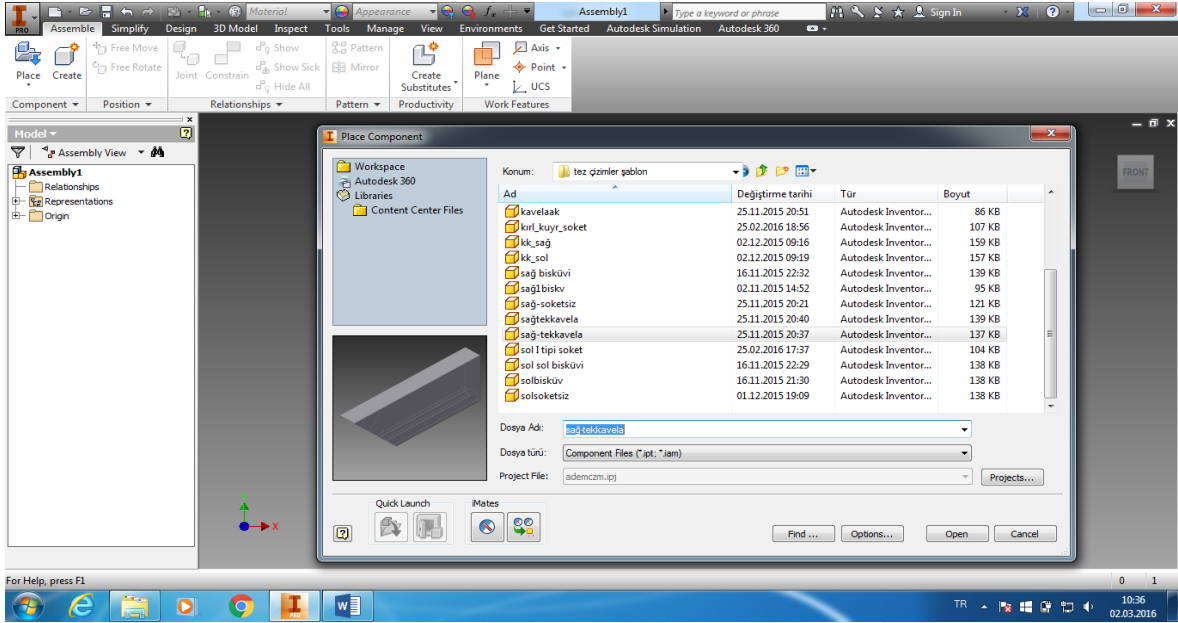


Resim 4.21. Tek kavale yuvasının açılması

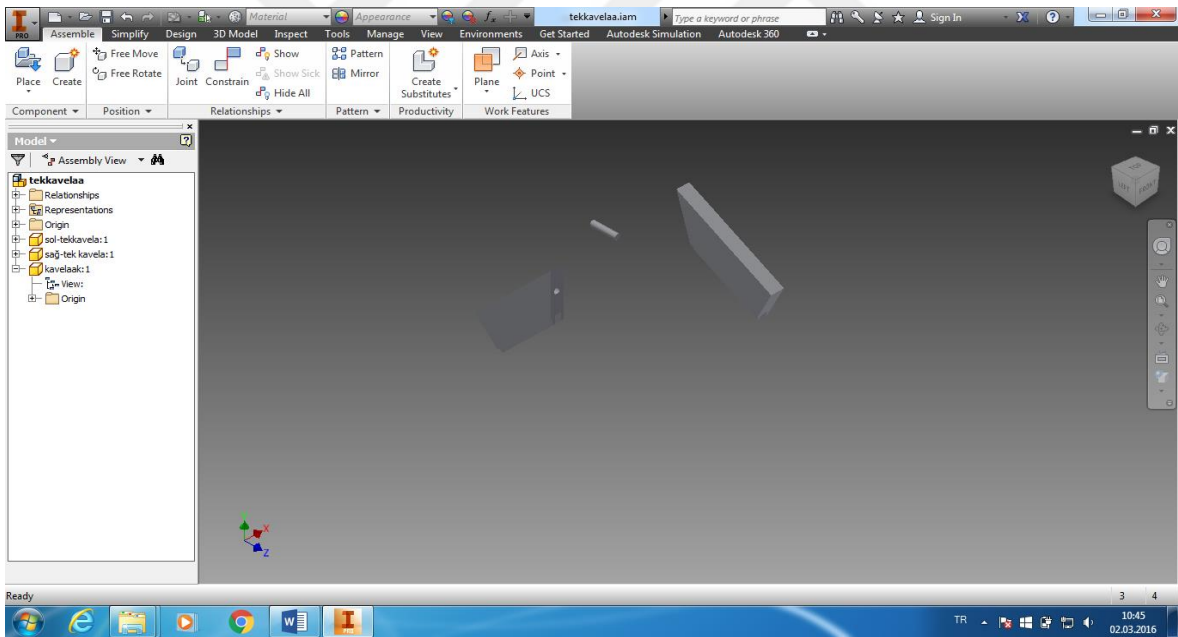
Burada diğer elemana da aynı işlemler uygulanarak diğer elemanın hazırlanması sağlanır ve assembly (montaj)'a hazır duruma getirilir. Daha sonra program arayüzünden templates(şablon) sekmesine tıklanır ve buradan assembly (montaj) seçilerek parçaların montaj işlemi aşamasına geçilir. Resim 4.22'de montaj sayfası, Resim 4.23'te modellerin seçimi ve Resim 4.24'de modellerin montaj sayfasına yerleştirilmesi gösterilmiştir.



Resim 4.22. Assembly sayfasının oluşturulması

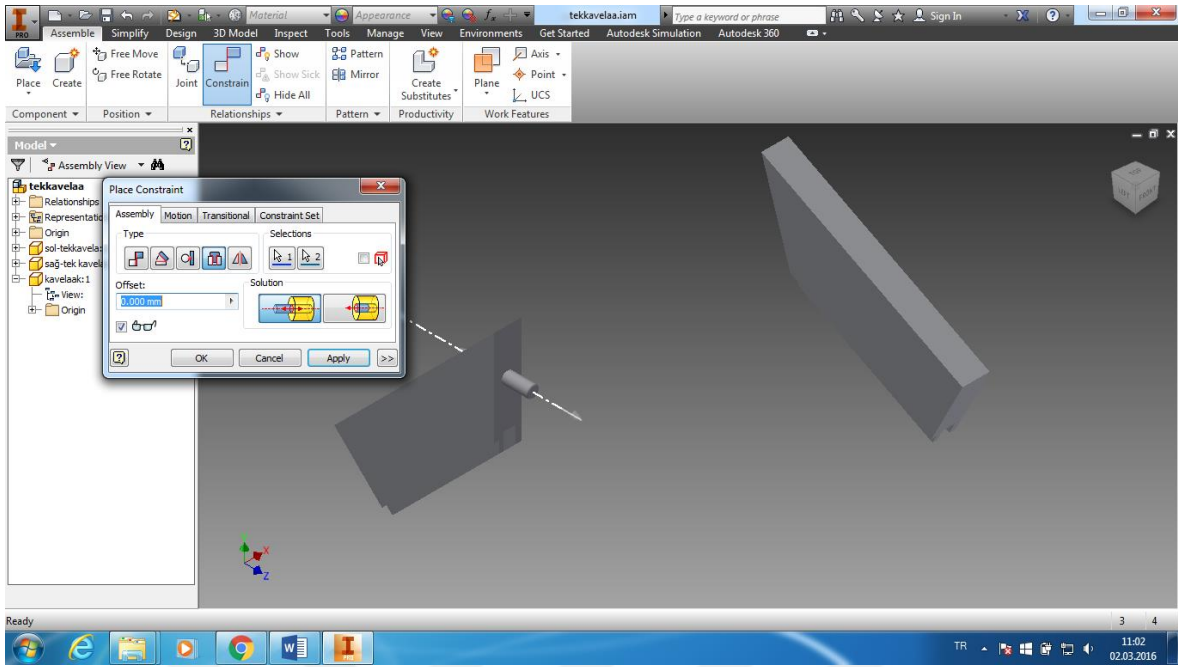


Resim 4.23. Parçaların montaj sayfasına place (yerleştirme) işlemi



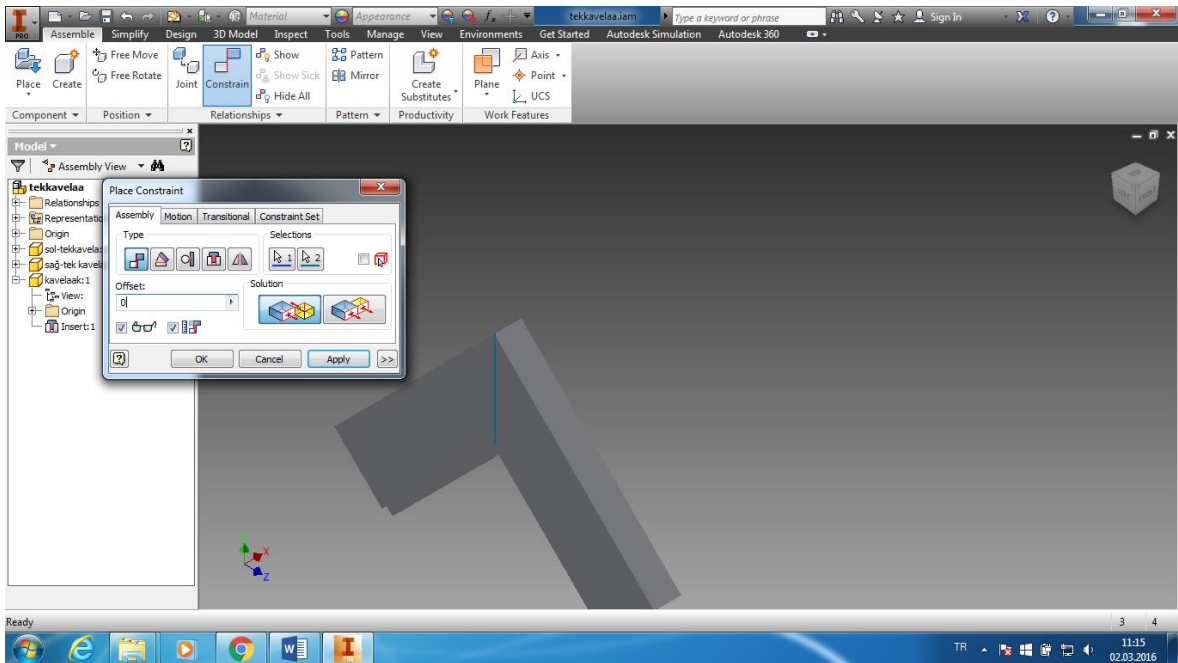
Resim 4.24. Bütün parçaların Place (yerleştirme) işlemi

Program arayüzünde bulunan assembly sekmesi altında yer alan constrain(bağlama) komutu tıklanarak açılan pencerede insert(eklemek) tıklanır ve kavelanın bağlanacak yüzeyi ile kavelanın gireceği delik yüzeyi seçilir ve kavela yerine yerleştirilir. Resim 4.25’de kavela montaj işlemi, Resim 4.26’da parçaların montajının yapılması ve Resim 4.27’de tamamlanmış montaj işleminin görünüşü verilmiştir.

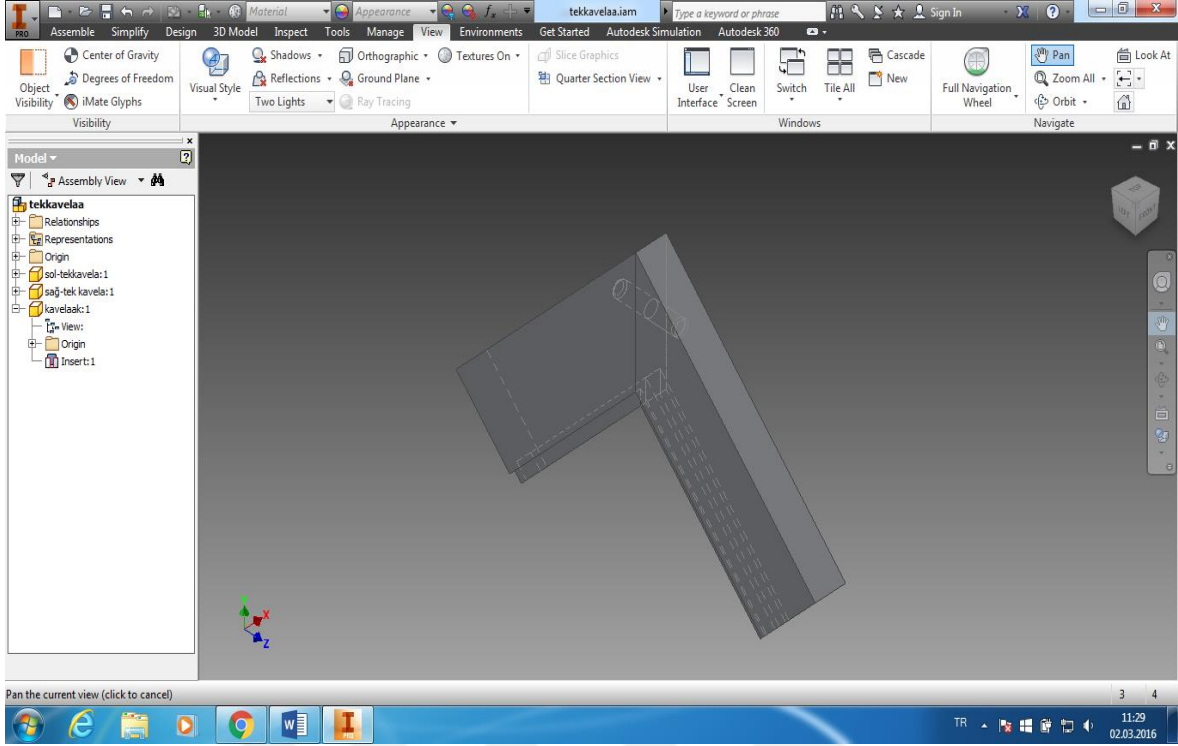


Resim 4.25. Kavelanın yerine montajlanması

Daha sonra diğer parçaları birleştirmek için yine assembly sekmesi tıklanarak açılan sayfada birleştirme tiplerinden Mate(eşleştirme) seçilerek parçalar birbiriyle eşleştirilir.



Resim 4.26. Parçaların mate(eşleştirme) komutu ile birleştirme işlemi



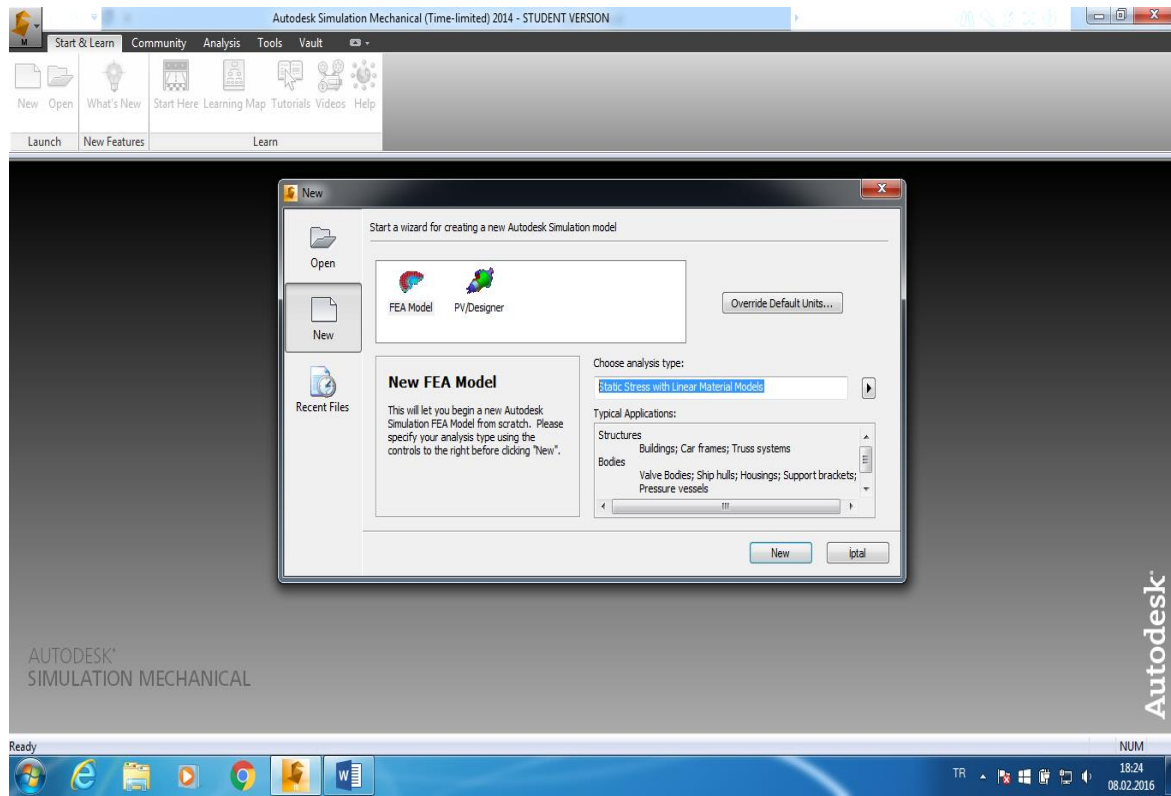
Resim 4.27. Montajın tamamlanması ve perspektif görünümü

#### 4.4.2. “L” tipi köşe birleştirmelerin autodesk simulation mechanical programında analizi

Burada Simulation Mechanical programında örnek uygulama olarak “L” tipi köşe birleştirmelerde çekme deneyine ait bir örnek gösterilmiştir. Örnek olarak tek kavelalı birleştirme örneği seçilmiştir.

##### Analiz tipinin belirlenmesi

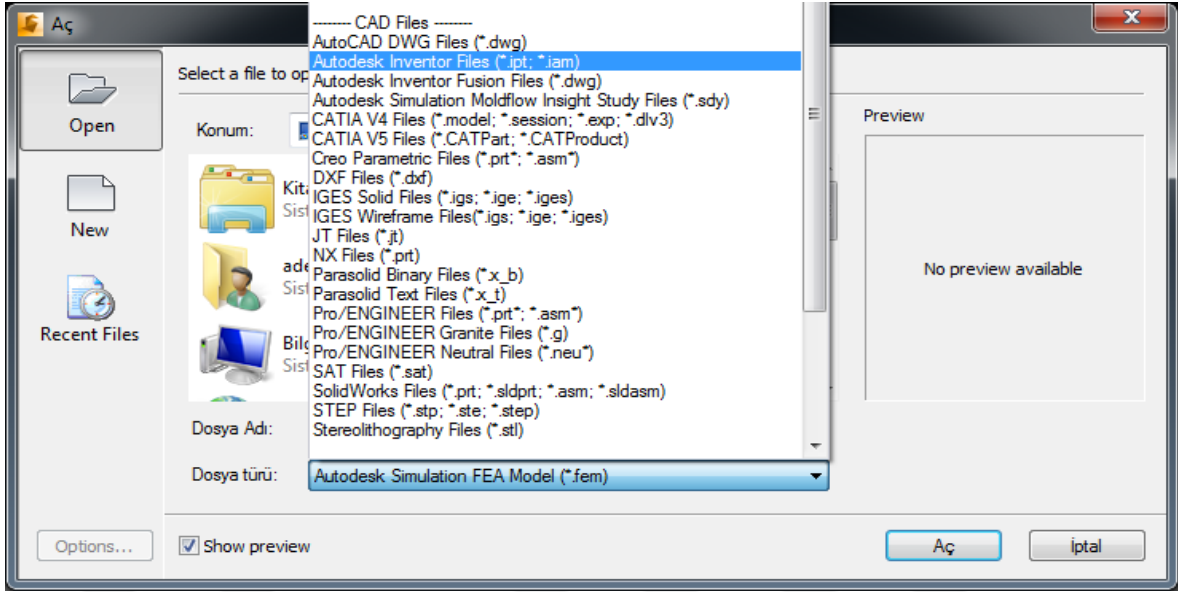
Simulation Mechanical New menüsüne tıklanır. Choose analysis type (analiz tipini seç) sekmesinden Static Stress with Linear Material Models (statik gerilme ile doğrusal malzeme modeller) işaretlenir (Resim 4.28).



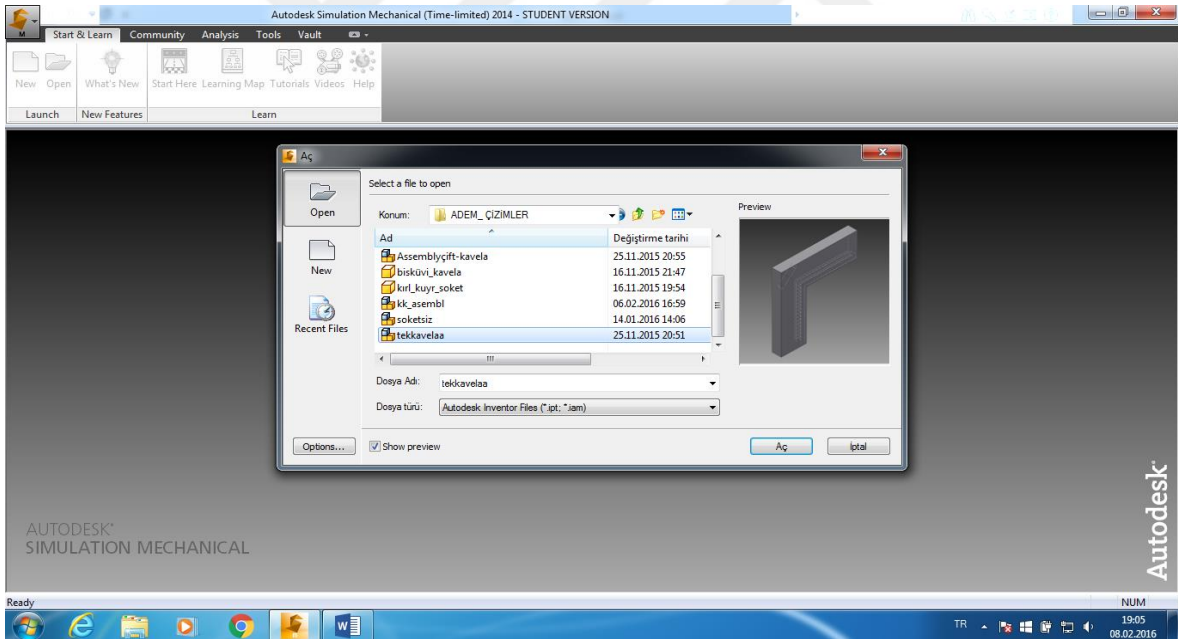
Resim 4.28. Simulation mechanical 2014 sonlu elemanlar programında analiz tipinin belirlenmesi

### Modelin oluşturulması

Katı model İnter Professional programında modellendikten sonra export edilir ve ipt veya iam uzantılı kaydedilir. Daha sonra Simulation Mechanical programında bu model ipmport edilir (Resim 4.29) ve 3 boyutlu model hedef klasörden seçilir (Resim 4.30).

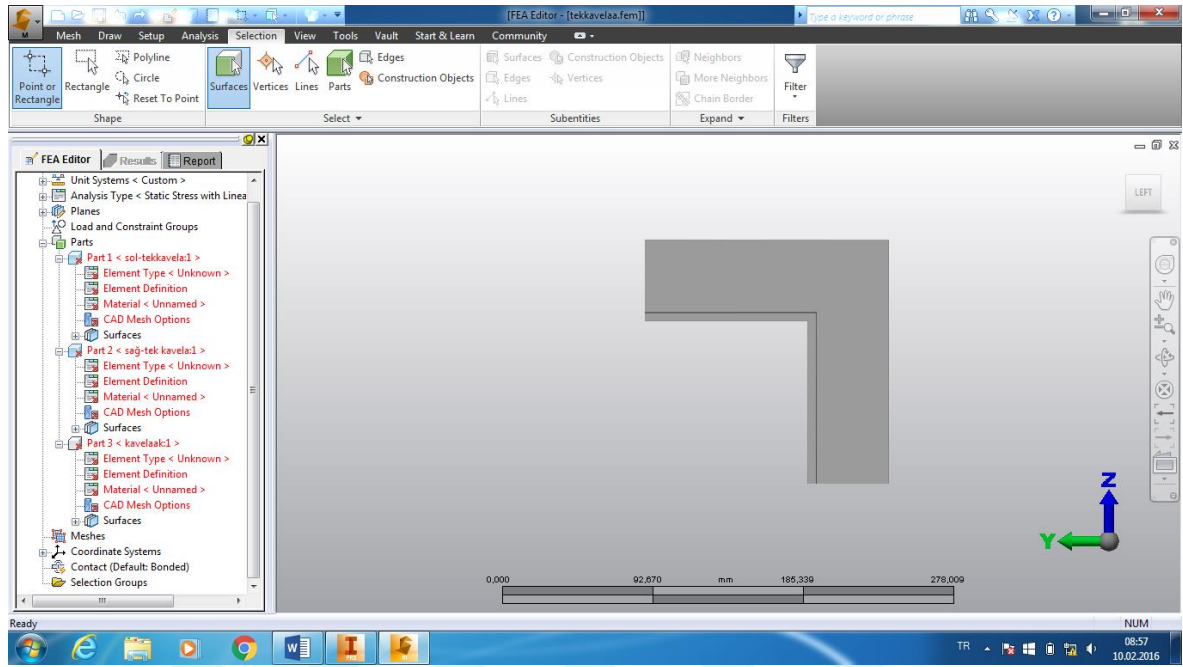


Resim 4.29. İnvmentor programında çizilen 3 boyutlu modelin simulation mechanical programında dosya uzantısı seçim işlemi

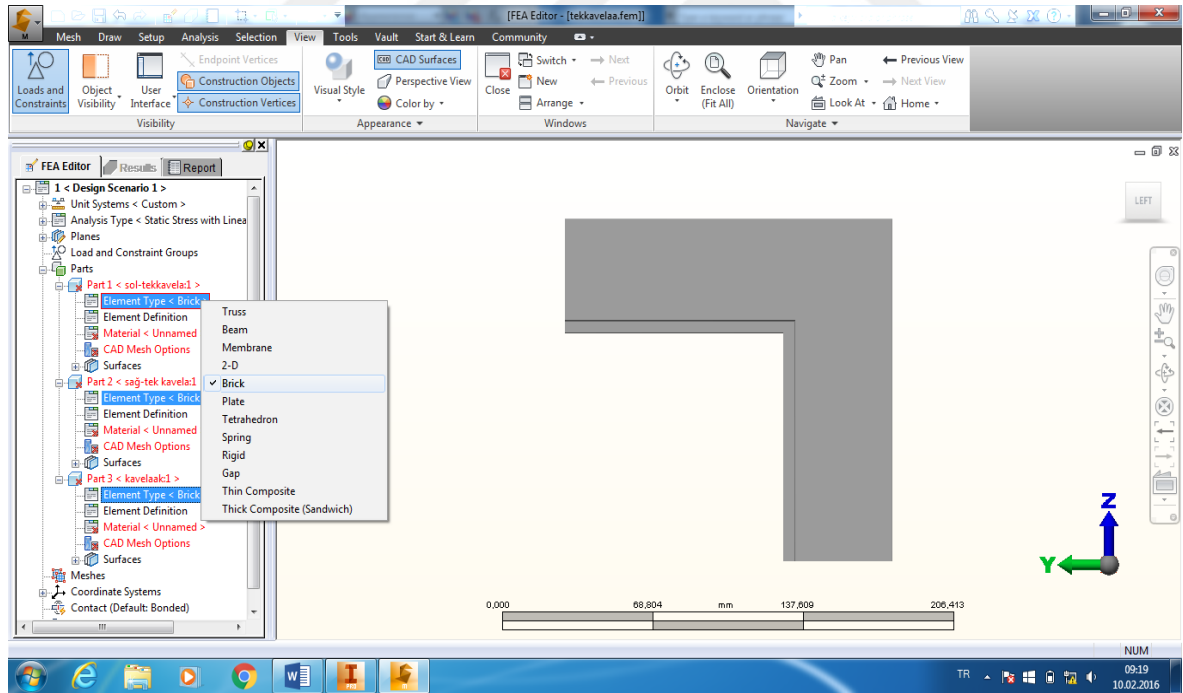


Resim 4.30. İneveor programında çizilen 3 boyutlu modelin simulation mechanical programına import seçimi

Programa çağrılan modelin görünüşü (Resim 4.31)'de ve element tipi belirleme işlemi (Resim 4.28)'de gösterilmiştir.

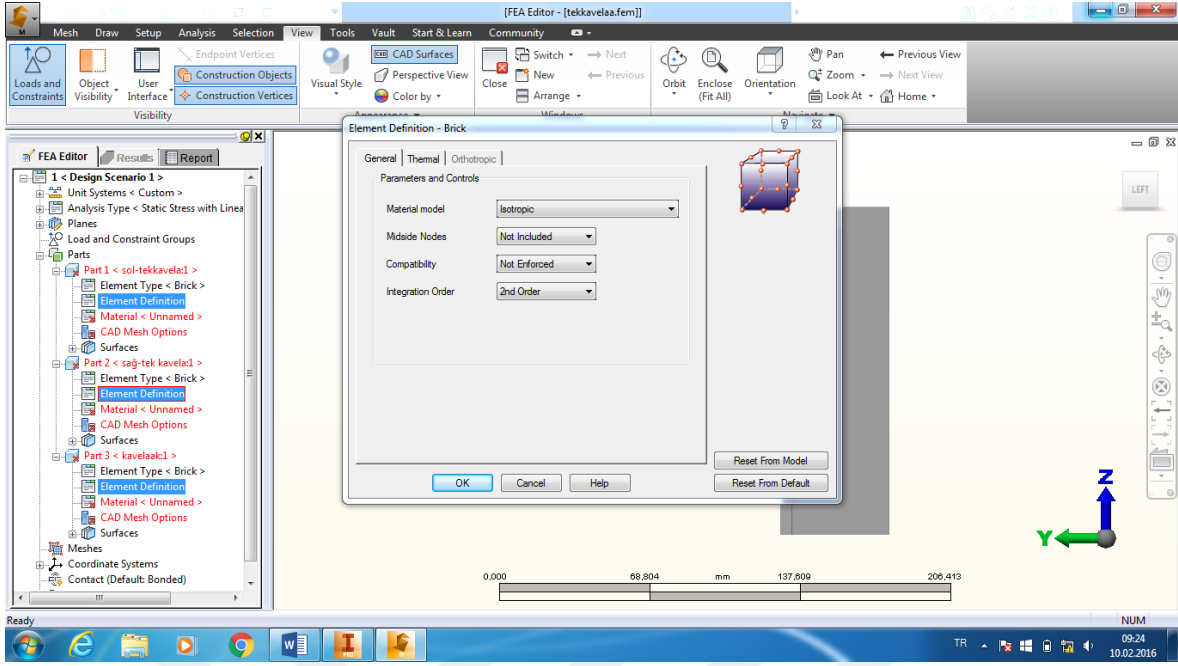


Resim 4.31. İmport edilen katı modelin similasyon programındaki görünümü



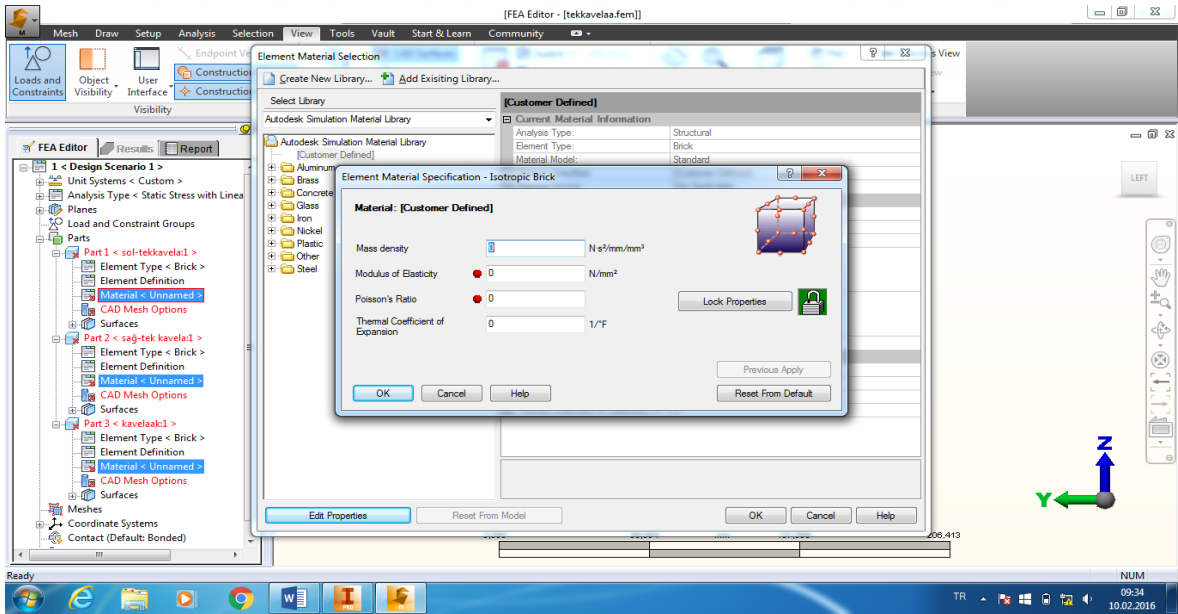
Resim 4.32. İmport edilen modelin element tipinin belirlenmesi

Parts>edit>element type>brick, yolu ile modelin element tipi seçim işlemi yapılır (Resim 4.33)'de element tanımlama işlemi, (Resim 4.34)'de malzeme seçim işlemi gösterilmiştir.



Resim 4.33. Similasyon proramında element tanımlama işlemi

Element Defination>Edit Element Defination>isotropic>ok, yolu ile element tanımlama işleminin yapılması.

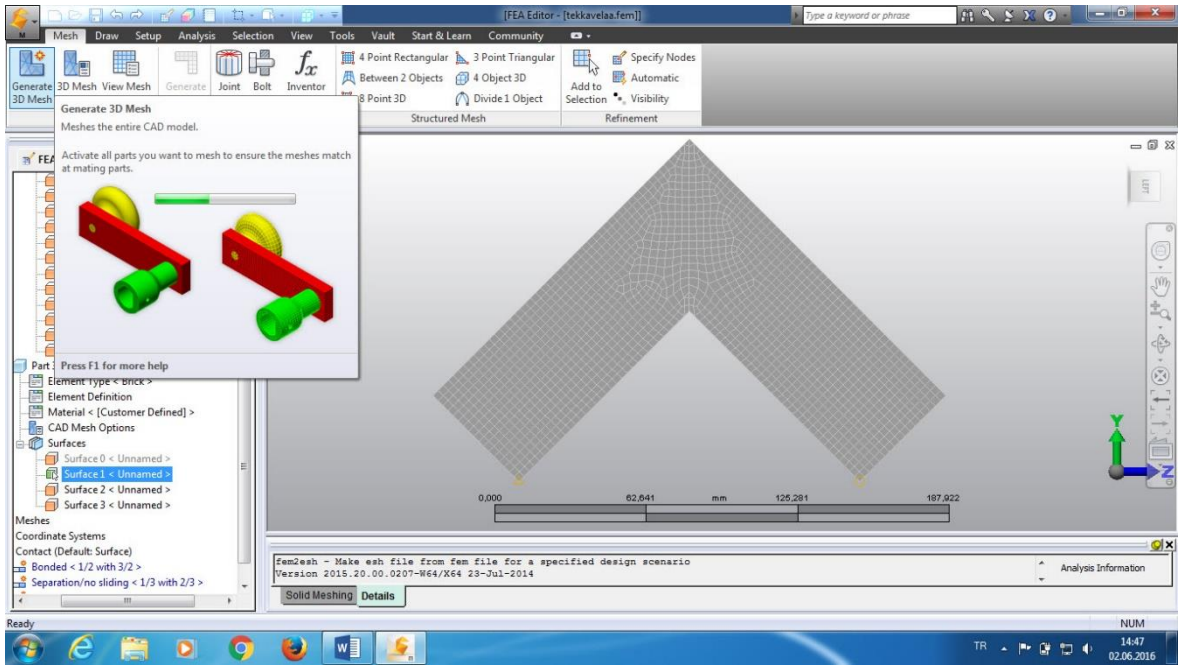


Resim 4.34. Similasyon programında malzeme seçim işlemi

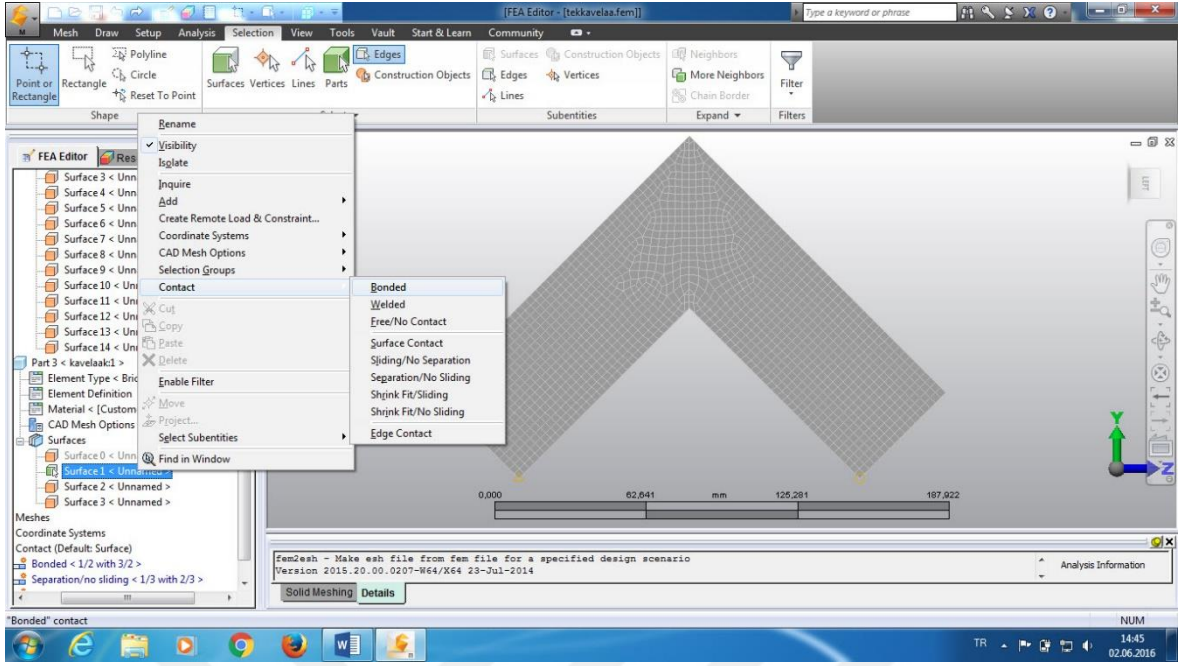
Material>Edit Material>Edit Properties, yolu ile malzeme özelliklerini belirleme işlemi yapılır.

## Elemanlara ayırma(meshing)

Similasyon programına çağrılan katı modele program arayüzünde bulunan Mesh penceresi altında bulunan Genarate 3D Meshing tıklanarak programın otomatik olarak katı modele mesh uygulaması sağlanmış olur. Programın analiz işlemini gerçekleştirebilmesi için modele mutlaka mesh işleminin uygulanması gerekmektedir. Ayrıca programın sağlıklı analiz yapabilmesi için mesh uygulanması gerekmektedir. Mesh uygulama işlemi Resim 4.35' de, parça yüzeylerini birleştirme işlemi Resim 4.36'da gösterilmiştir.



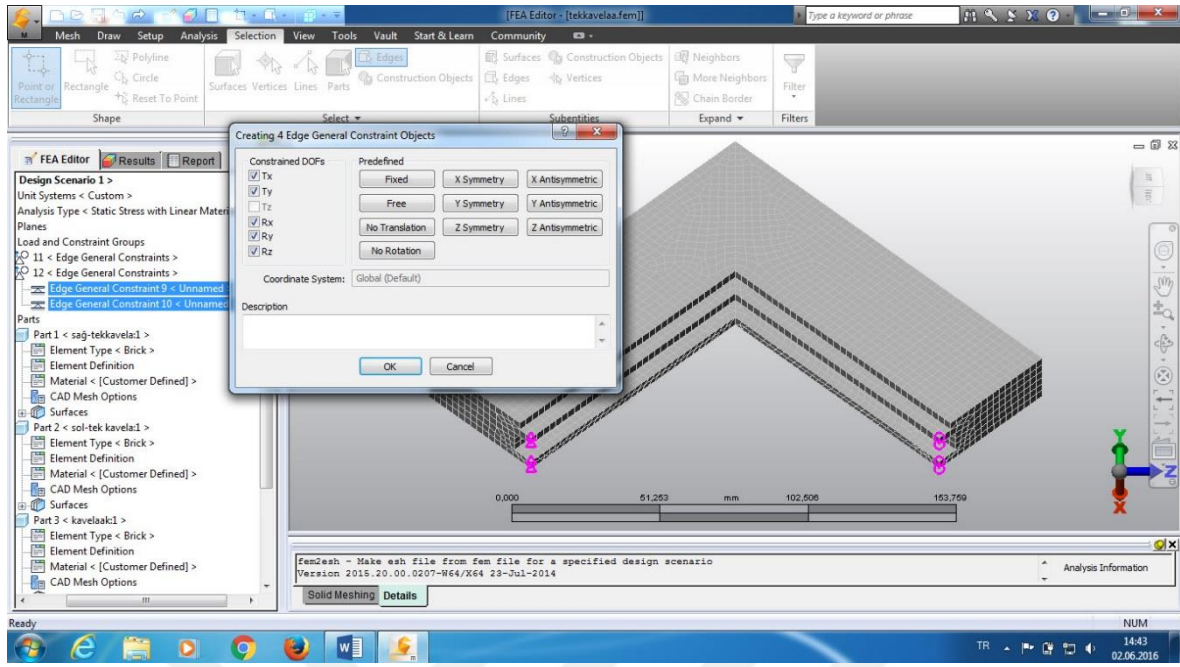
Resim 4.35. Modele mesh atama



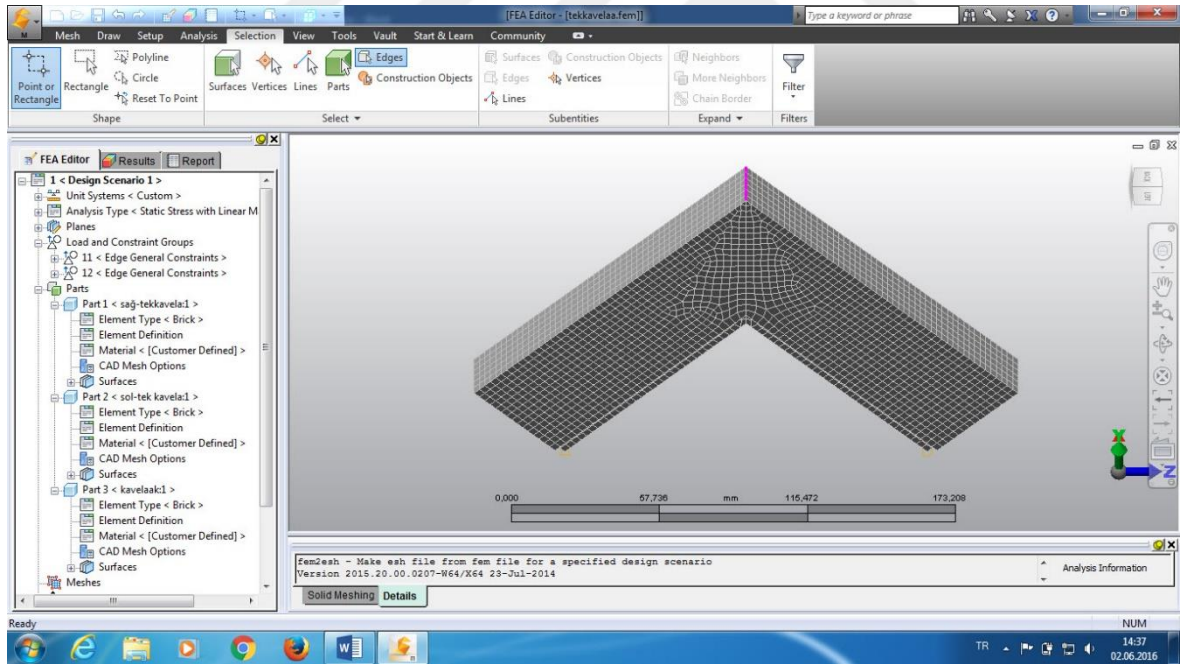
Resim 4.36. Birleştirme yüzeylerini birbirine bağlama işlemi

Bu uygulamada yüzeyleri birleştirilecek katı modellerin yüzeylerine birleştirme işlemi uygulanır. Bu işlem programın ürün pencere listesinde bulunan yüzeylerden birleştirilecek yüzeyler seçilir daha sonra contact(bağlantı) tıklanır ve açılan alt pencereden surface contact (yüzey bağlantısı) seçilerek yüzeyler birbirine bağlanmış olur. Surface >sınır şartlarının (mesnet noktaları) belirlenmesi ve kuvvetin uygulanma işlemi yapılmıştır.

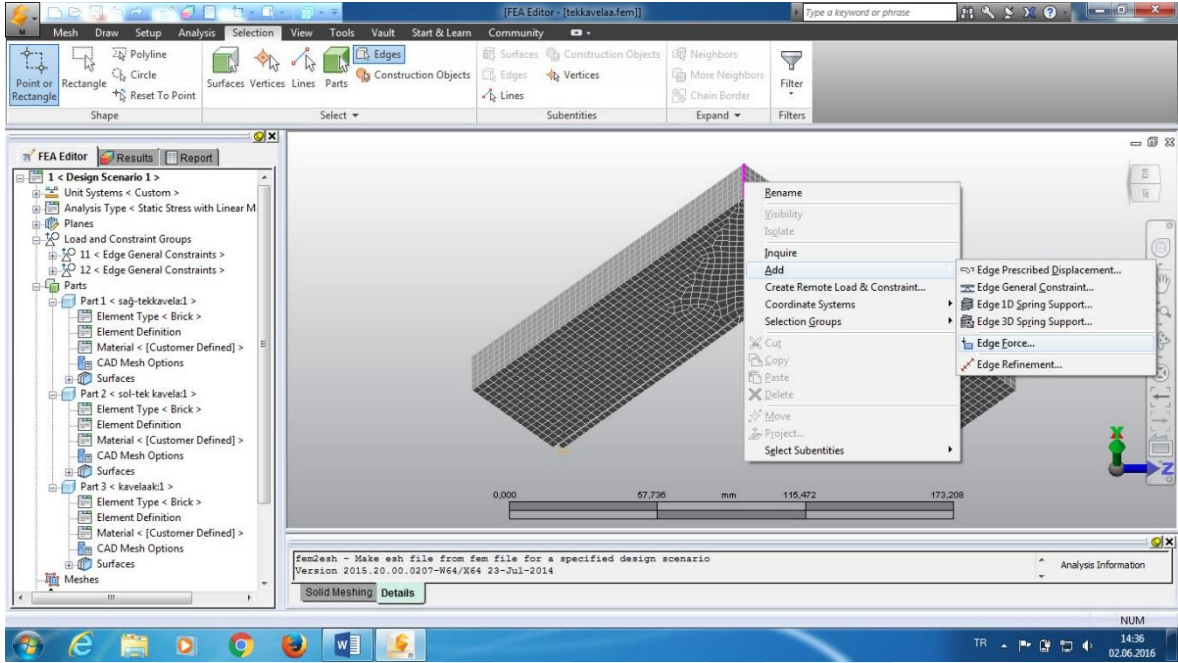
Mesh yapılmış modelin sınır şartları belirlenir. Surface contact > Add> surface General Constraints>ok> Fx,Fy,Fz serbestlik yönü ve rotation( dönme ) yönleri belirlenir. Mesnet şartlarını belirleme (Resim 4.37).Yönler belirlendikten sonra program arayüzünde selection penceresi altında bulunan edges komutuna tıklanarak kuvvetin uygulama noktası yönü ve büyüklüğü belirlenir. Yük uygulama noktası (Resim 4.38) ve yük uygulama işlemi (Resim 4.39 ) ve uygulanacak yükün büyüklüğü ve yönü (Resim 4.40)' da verilmiştir. Daha sonra programın arayüzünde bulunan analysis tıklanır açılan pencerede Run Simulation tıklanır ve analiz başlatılır (Resim 4.41).



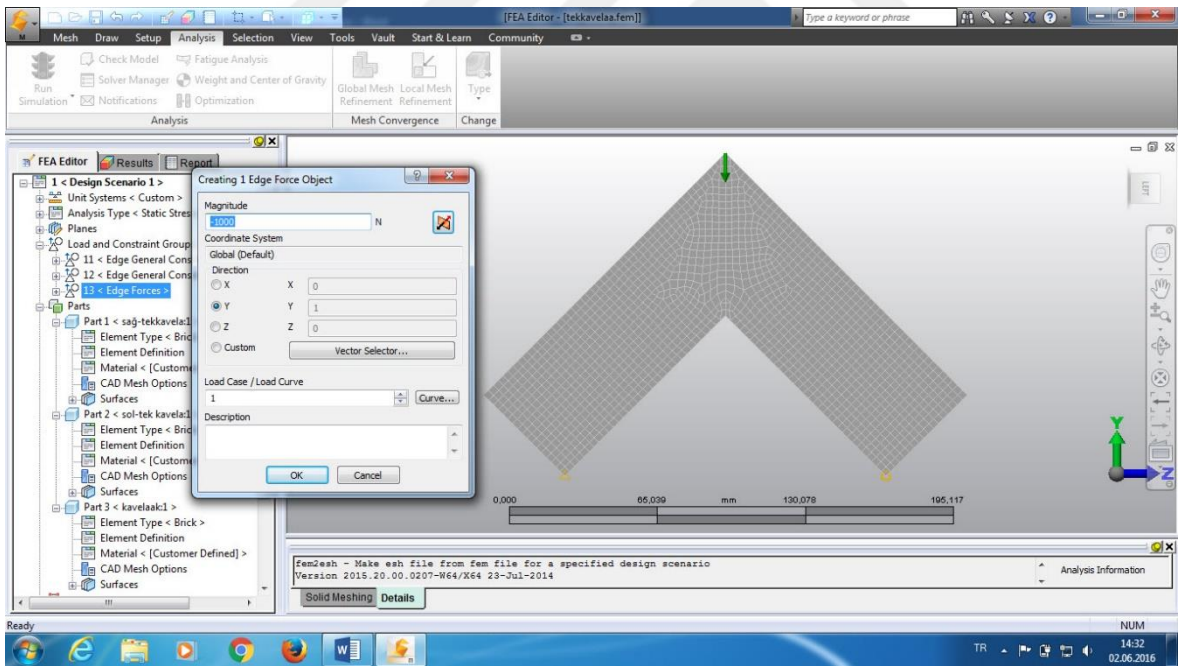
Resim 4.37. Mesnet şartlarının belirlenmesi



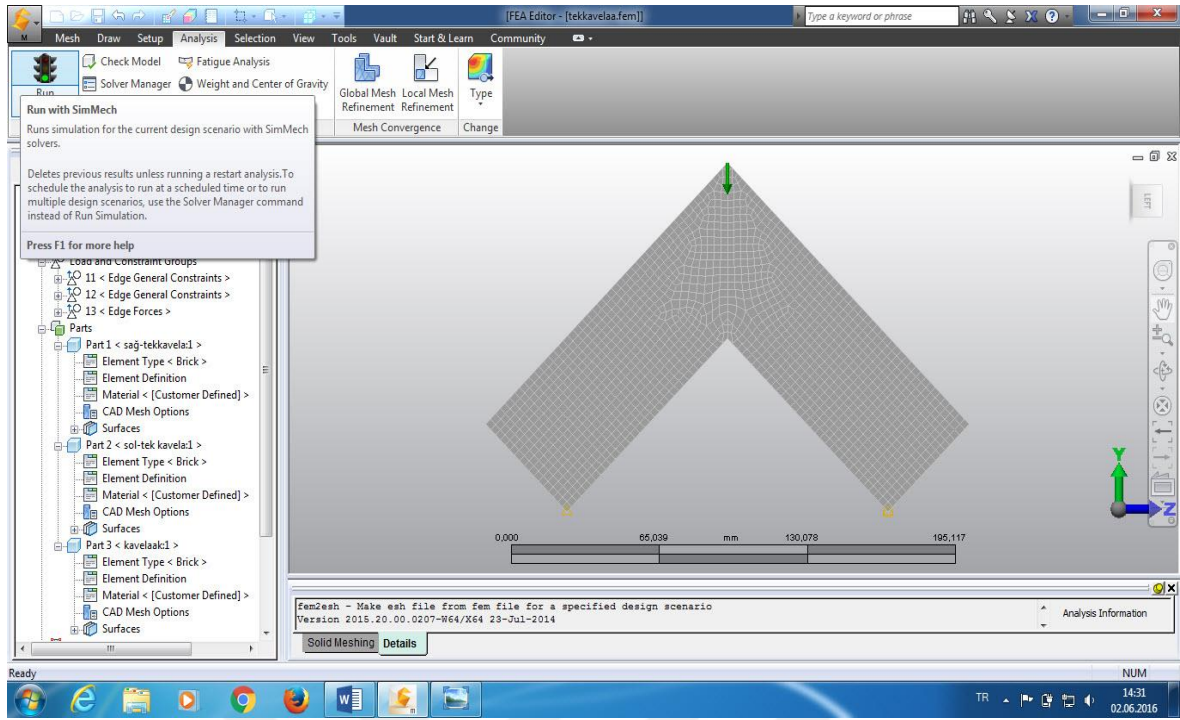
Resim 4.38. Yük uygulama noktasının belirlenmesi



Resim 4.39. Yük uygulama işlemi



Resim 4.40. Yükün büyüklüğü ve yönünün belirlenmesi



Resim 4.41. Analizin başlatılması (Run Simulation)

#### 4.4.3. Deneysel örneklerde kuvvet-yer değiştirme ilişkileri

Deneysel yapılarında, uygulanan yükün her 5 kgf (50 N)'luk kuvvet artışı sonucunda oluşan yer değiştirme miktarları mm (milimetre) cinsinden kaydedilerek, kuvvet-yer değiştirme ilişkileri belirlenmiştir.

#### 4.4.4. Verilerin değerlendirilmesi

Belirlenen malzemeler ve mekanik özellikler üzerinde, tutkal ve birleştirme tipinin etkisini belirlemek amacıyla “Tek düzeyli Varyans Analizi” (ANOVA) faktörler için çarpınım işlemi yapılmıştır.

Tutkal tipi, birleştirme tipi ve tekerrür sayısı ve bunların basınç ve çekmede etkileşimlerinin çevre köşe birleştirmelerde yük taşıma performansı üzerindeki etkisi “Çoklu Varyans Analizi” ile belirlenmiş,  $p < 0,05$ 'e göre istatistiksel anlam olarak farklı sonuç çıkması halinde bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için “En Küçük Önemli Fark” LSD: Least Significant Difference) testi kullanılmıştır. Bunun sonucunda denemek istenen

faktörlerden birleştirme tipinin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları homejenlik gruplarına ayrıştırılarak belirlenmiştir.

Deney örneklerinin Simulation Mechanical FEA (Finite element analysis) programı kullanılarak bilgisayar destekli üç boyutlu yapısal analizleri yapılmıştır. Böylece yapısal analiz programlarının çerçeve köşe birleştirmelerde yapılan gerçek deney sonuçlarına ne kadar yakın olduğu alınan verilerin karşılaştırıldıktan sonra birbirleri ile ne kadar uyumlu oldukları araştırılmıştır.





## 5. BULGULAR

### 5.1. Yoğunluk ve Rutubet Miktarı

Deneyleerde kullanılan PVC folyo kaplı MDF profil malzemelerin yoğunluk ve rutubet miktarı değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. MDF profilin yoğunluk ve rutubet değerleri

Malzeme Türü	Tam Kuru Yoğunluk g/cm <sup>3</sup>		Hava Kuru Yoğunluk g/cm <sup>3</sup>		Rutubet (%)	
	$\bar{X}$	v (%)	$\bar{X}$	v (%)	$\bar{X}$	v (%)
18 mm Pvc Kaplı MDF Profil	0.68	1.31	0.72	1.32	6.57	0.48

### 5.2. Eğilme ve Elastikiyet Modülü

Deneyleerde kullanılan MDF profillerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. MDF profilin eğilme direnci değerleri

Malzeme Türü	Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )				Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> )			
	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X <sub>ort</sub>	v(%)	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X <sub>ort</sub>	v(%)
MDF Profil	34.88	37.36	36.07	2.94	3201.21	3359.14	3289.31	1.83

### 5.3. Diyagonal Çekme Moment Taşıma Kapasitesi

“L” tipi köşe birleştirmelerde tutkal çeşidi ve birleştirme tipine göre diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi değerleri Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi değerleri

Tutkal Çeşidi	Birleştirme Tipi	Diyagonal Çekme Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)			
		Min.	Max.	$\bar{X}$	v(%)
MDF KİT	Tek Kavelalı	36.5	58.9	46.5	18.0
	Çift Kavelalı	31.7	46.0	40.7	11.9
	Soketsiz	26.3	43.8	36.7	18.6
	Bisküvi Kavelalı	22.9	42.9	33.6	20.2
	Kırlangıç Soketli	32.5	43.3	38.0	11.1
	H-tipi Soketli	16.9	41.7	24.5	38.8
POLİÜRETAN	Tek Kavelalı	50.1	66.5	59.4	8.5
	Çift Kavelalı	56.5	77.3	66.0	11.0
	Soketsiz	59.0	68.0	63.2	5.1
	Bisküvi Kavelalı	42.1	68.4	52.2	15.0
	Kırlangıç Soketli	50.5	71.5	57.3	10.3
	H-tipi Soketli	52.6	62.7	55.4	7.1

Tutkal çeşidi ve birleştirme tipinin köşe birleştirmelerin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkilerine ilişkin çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Tutkal çeşidi ve birleştirme tipinin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0,05
Tutkal (A)	1	14691.554	14691.554	355.6505	0.0000
Birleştirme (B)	5	3012.068	602.414	14.5831	0.0000
AB	5	1033.524	206.705	5.0039	0.0004
Hata	108	4461.369	41.309		
Toplam	119	23198.515			

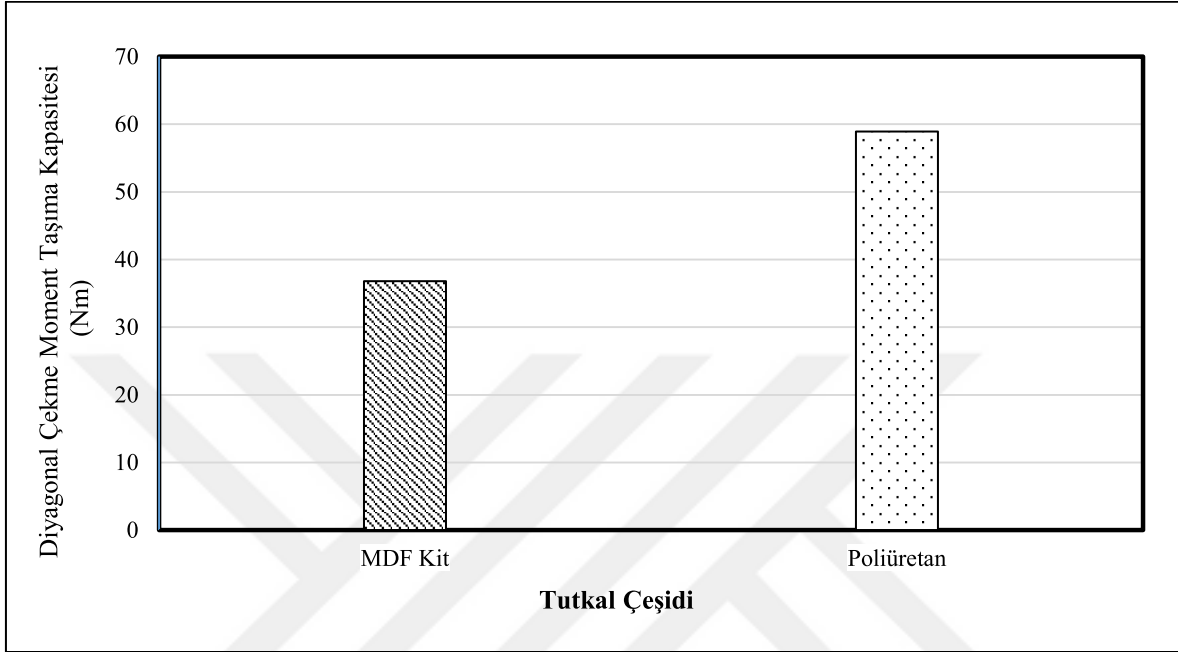
Diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine tutkal çeşidi ve birleştirme tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ( $\alpha=0,05$ ). Tutkal çeşidi düzeyinde yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Tutkal çeşidinin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları

Tutkal Çeşidi	$\bar{X}$ (Nm)	HG
MDF Kit	36.80	B**
Poliüretan	58.93	A*
LSD ± 2.324		

\* En yüksek değer \*\* En düşük değer

Diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi; poliüretan tutkalı birleştirmelerde MDF kit tutkallı birleştirmelerden daha yüksek bulunmuştur. Buna ait grafik Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



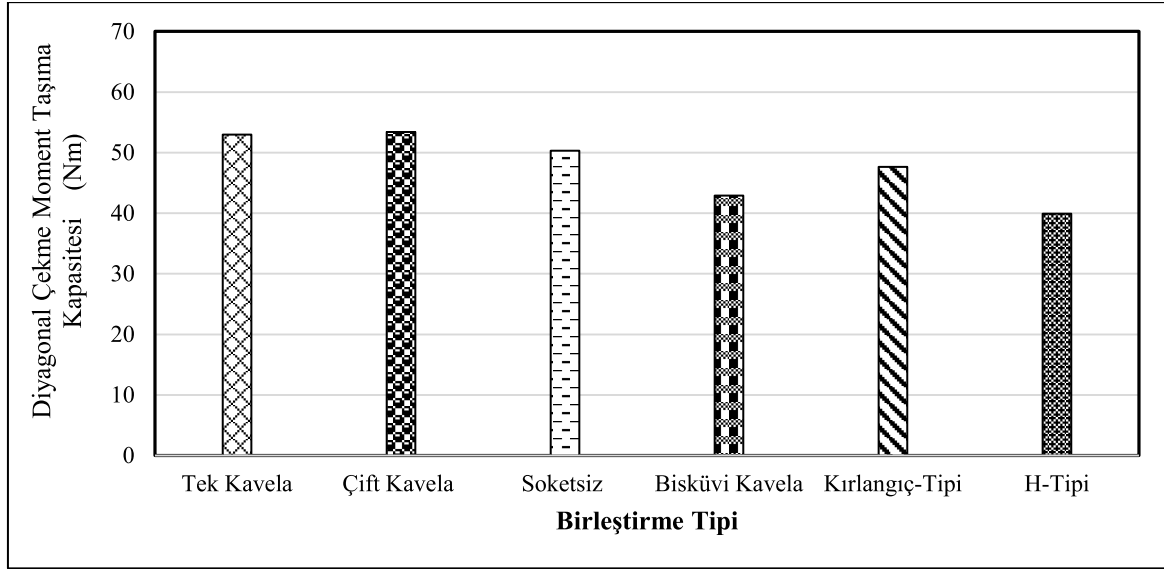
Şekil 5.1. Tutkal çeşidine göre diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi

Birleştirme tipi düzeyinde yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Birleştirme tipinin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları

Birleştirme Tipi	$\bar{X}$ (Nm)	HG
Tek Kavela	52.98	A
Çift Kavela	53.40	A*
Soketsiz	50.32	AB
Bisküvi Kavela	42.90	C
Kırlangıç-Tipi	47.65	B
H-Tipi	39.92	C**
LSD $\pm$ 4.024		

Diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi; en yüksek çift kavelalı birleştirmelerde, en düşük ise H-Tipi birleştirmelerde elde edilmiştir. Tek kavelalı birleştirmeler ile çift kavelalı birleştirmeler ve bisküvi kavelalı birleştirmeler ile H-Tipi birleştirmeler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



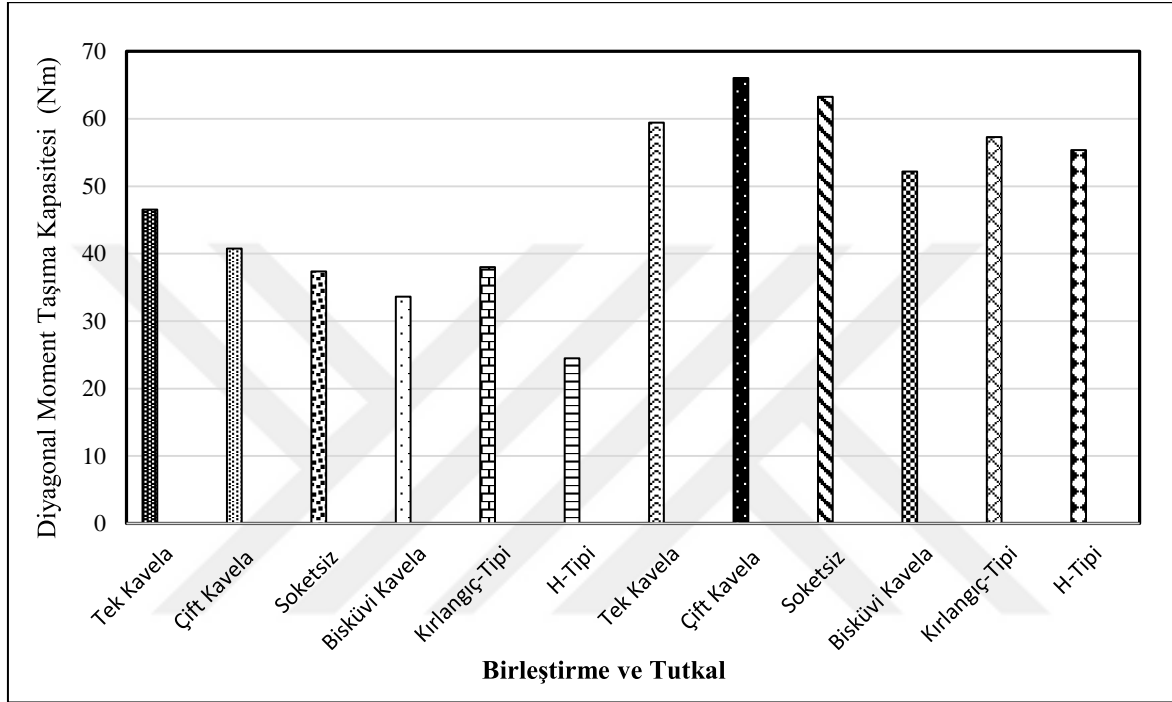
Şekil 5.2. Birleştirme tipine göre diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi

Tutkal çeşidi-birleştirme tipi düzeyinde yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Tutkal çeşidi-birleştirme tipi etkileşiminin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları

Tutkal Tipi	Birleştirme Tipi	$\bar{X}$ (Nm)	HG
MDF Kit	Tek Kavela	46.54	E
	Çift Kavela	40.76	F
	Soketsiz	37.37	FG
	Bisküvi Kavela	33.63	G
	Kırlangıç-Tipi	38.00	FG
	H-Tipi	24.49	H**
Poliüretan	Tek Kavela	59.43	BC
	Çift Kavela	66.05	A*
	Soketsiz	63.26	AB
	Bisküvi Kavela	52.18	DE
	Kırlangıç-Tipi	57.29	BCD
	H-Tipi	55.36	CD
LSD = $\pm$ 5.691			

Diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi; en yüksek poliüretan tutkallı çift kavelalı birleştirmelerde, en düşük ise MDF kit tutkallı H-Tipi birleştirmelerde elde edilmiştir. Tek kavelalı birleştirmeler ile çift kavelalı birleştirmeler ve bisküvi kavelalı birleştirmeler ile H-Tipi birleştirmeler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 5.3’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Tutkal çeşidi ve birleştirme tipine göre diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi

#### 5.4. Diyagonal Basınç Moment Taşıma Kapasitesi

“L” tipi köşe birleştirmelerde tutkal çeşidi ve birleştirme tipine göre diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi değerleri Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi değerleri

Tutkal tipi	Birleştirme Tipi	Diyagonal Basınç Moment Taşıma Kapasitesi (Nm)			
		Min.	Max.	$\bar{X}$	v(%)
MDF KİT	Tek Kavelalı	29.5	61.3	47.3	22.4
	Çift Kavelalı	41.8	61.3	50.0	12.5
	Soketsiz	45.1	52.7	49.8	5.2
	Bisküvi Kavelalı	33.3	63.3	45.9	23.5
	Kırlangıç Soketli	31.6	60.4	51.6	16.1
	H-tipi Soketli	24.5	48.4	37.3	27.5
POLİÜRETAN	Tek Kavelalı	59.6	71.4	64.7	5.5
	Çift Kavelalı	64.7	71.3	67.9	2.9
	Soketsiz	60.8	66.6	63.5	3.7
	Bisküvi Kavelalı	56.3	65.7	59.7	4.7
	Kırlangıç Soketli	61.7	69.5	65.6	3.8
	H-tipi Soketli	64.2	68.0	66.0	2

Tutkal çeşidi ve birleştirme tipinin köşe birleştirmelerin diyagonal basınç moment taşıma kapasitesine etkilerine ilişkin çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Tutkal çeşidi ve birleştirme tipinin diyagonal basınç moment taşıma kapasitesine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0,05$
Tutkal (A)	1	9271.112	9271.112	228.0164	0.0000
Birleştirme (B)	5	888.892	177.778	4.3723	0.0012
AB	5	834.663	166.933	4.1056	0.0019
Hata	108	4391.264	40.660		
Toplam	119	15385.931			

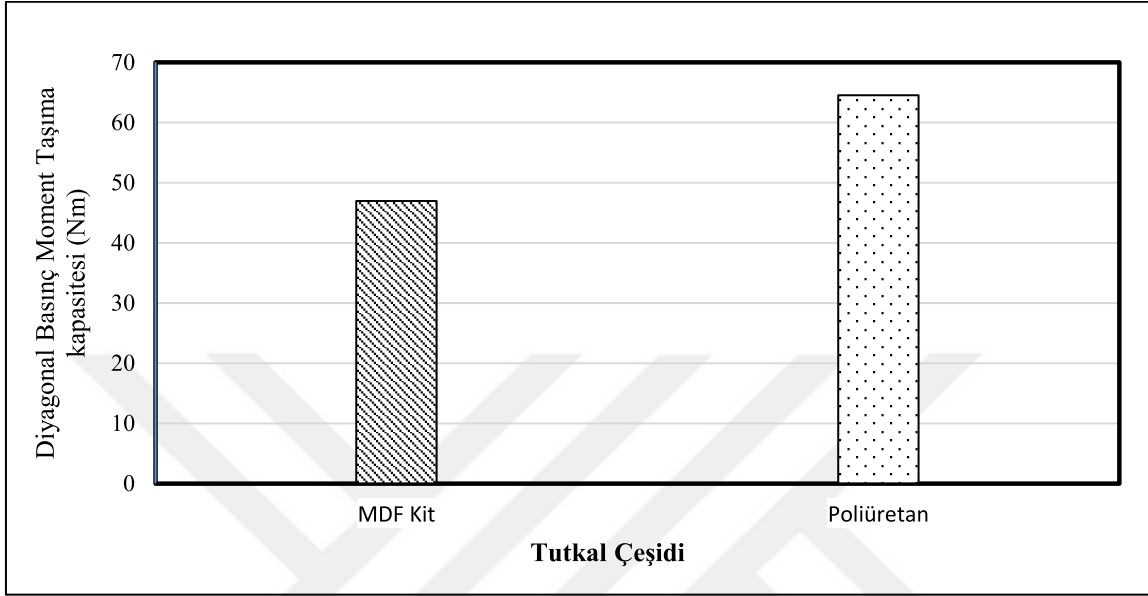
Diyagonal basınç moment taşıma kapasitesine tutkal çeşidi ve birleştirme tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ( $\alpha=0,05$ ). Tutkal çeşidi düzeyinde yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 5.10’de verilmiştir.

Çizelge 5.10. Tutkal çeşidinin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları

Tutkal Tipi	$\bar{X}$ (Nm)	HG
MDF Kit	46.97	B**
Poliüretan	64.55	A*
LSD = $\pm 2.305$		

\* En yüksek değer \*\* En düşük değer

Diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi; poliüretan tutkalı birleştirmelerde MDF kit tutkallı birleştirmelerden daha yüksek bulunmuştur. Buna ait grafik Şekil 5.4’de gösterilmiştir.



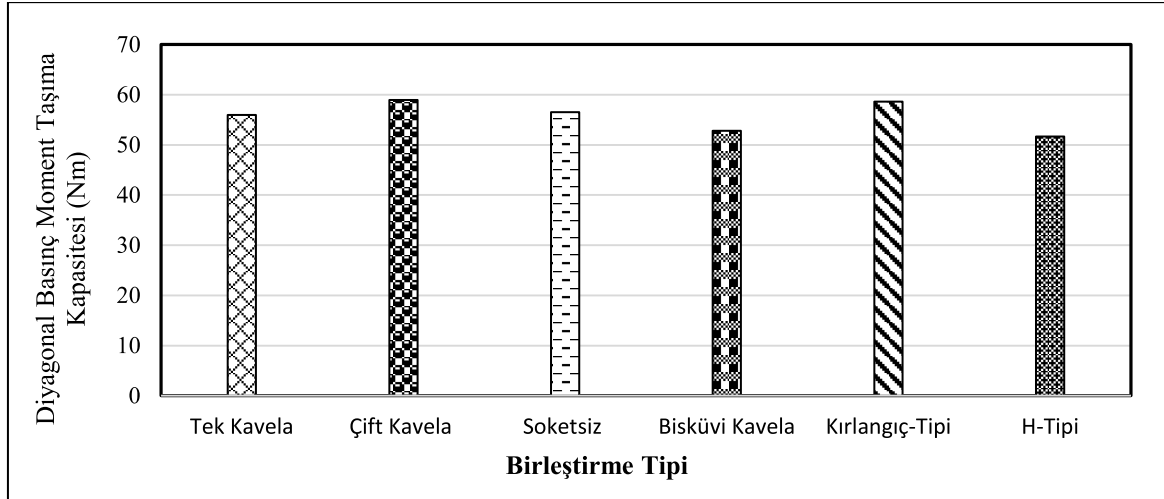
Şekil 5.4. Tutkal çeşidine göre diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi

Birleştirme tipi düzeyinde yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Birleştirme tipinin diyagonal çekme moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları

Birleştirme Tipi	$\bar{X}$ (Nm)	HG
Tek Kavela	55.97	AB
Çift Kavela	58.95	A*
Soketsiz	56.52	AB
Bisküvi Kavela	52.81	BC
Kırlangıç-Tipi	58.62	A
H-Tipi	51.67	C**
LSD = $\pm$ 3.993		

Diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi; en yüksek çift kavelalı birleştirmelerde, en düşük ise H-Tipi birleştirmelerde elde edilmiştir. Tek kavelalı birleştirmeler ile çift kavelalı birleştirmeler ve bisküvi kavelalı birleştirmeler ile H-Tipi birleştirmeler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 5.5’de gösterilmiştir.



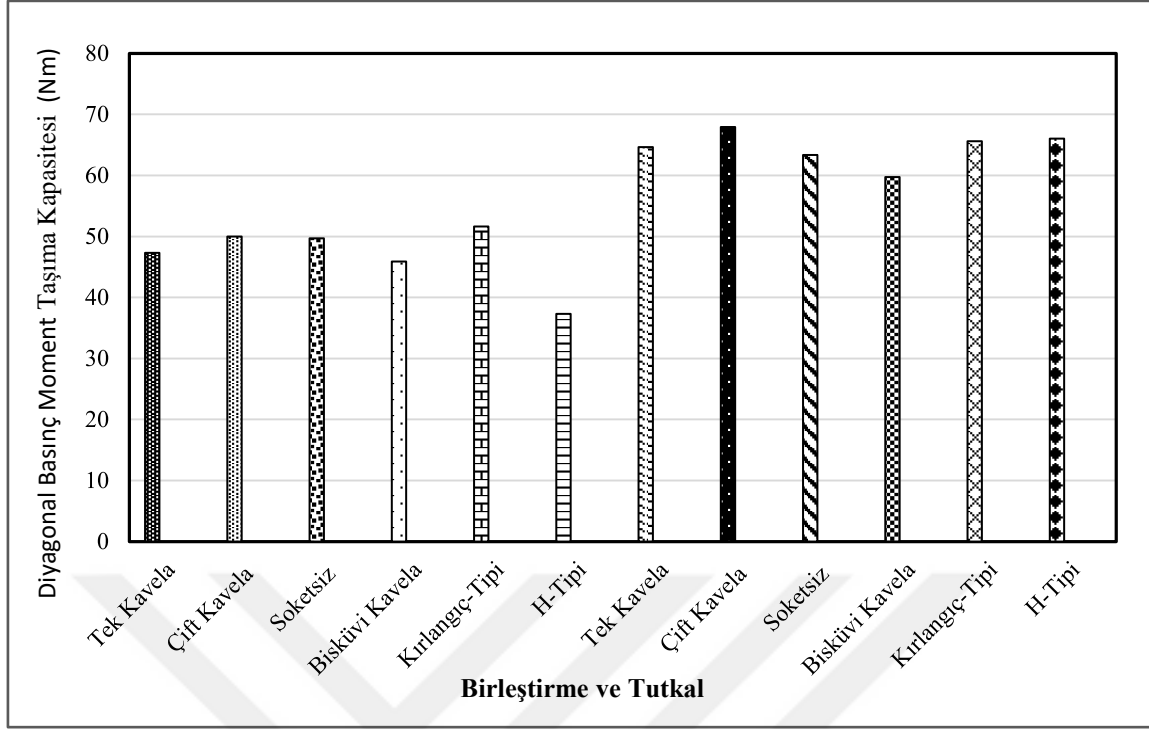
Şekil 5.5. Birleştirme tipine göre diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi

Tutkal çeşidi-birleştirme tipi etkileşiminin diyagonal basınç moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları çizelge 5.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.12. Tutkal çeşidi-birleştirme tipi etkileşiminin diyagonal basınç moment taşıma kapasitesine etkisine ilişkin LSD testi sonuçları

Tutkal Çeşidi	Birleştirme Tipi	$\bar{X}$ (Nm)	HG
MDF Kit	Tek Kavela	47.31	E
	Çift Kavela	49.98	E
	Soketsiz	49.69	CD
	Bisküvi Kavela	45.89	E
	Kırlangıç-Tipi	51.63	DE
	H-Tipi	37.30	F**
Poliüretan	Tek Kavela	64.64	AB
	Çift Kavela	67.93	A*
	Soketsiz	63.35	AB
	Bisküvi Kavela	59.73	B
	Kırlangıç-Tipi	65.60	AB
	H-Tipi	66.03	A
LSD = $\pm 5.647$			

Diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi; en yüksek poliüretan tutkallı çift kavelalı birleştirmelerde, en düşük ise MDF kit tutkallı H-Tipi birleştirmelerde elde edilmiştir. Tek kavelalı birleştirmeler ile çift kavelalı birleştirmeler ve bisküvi kavelalı birleştirmeler ile H-Tipi birleştirmeler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 5.6’da gösterilmiştir.



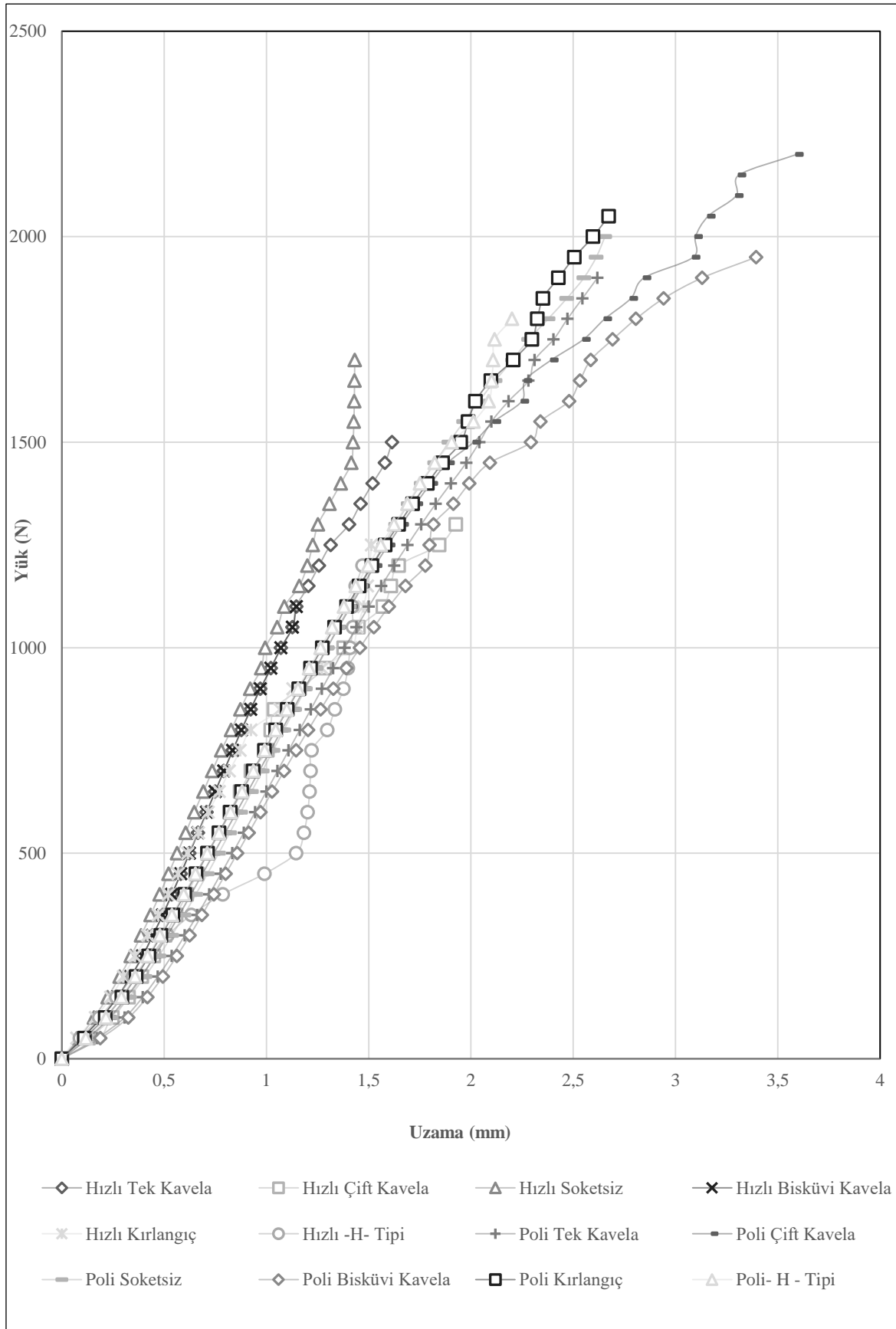
Şekil 5.6. Tutkal çeşidi ve birleştirme tipine göre diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi

## 5.5. Kuvvet-Yer Değiştirme İlişkileri

Deneysel olarak 1000 N yük karşısında elde edilen yer değiştirme değerleri ile bilgisayar destekli analiz yazılımında 1000 N yük sonucu oluşan yer değiştirme değerleri karşılaştırılmıştır.

### 5.5.1. Diyagonal çekme kuvvet-yer değiştirme ilişkileri

Diyagonal çekme deneylerinde elde edilen yük-yer değiştirme sonuçlarına ait grafik Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



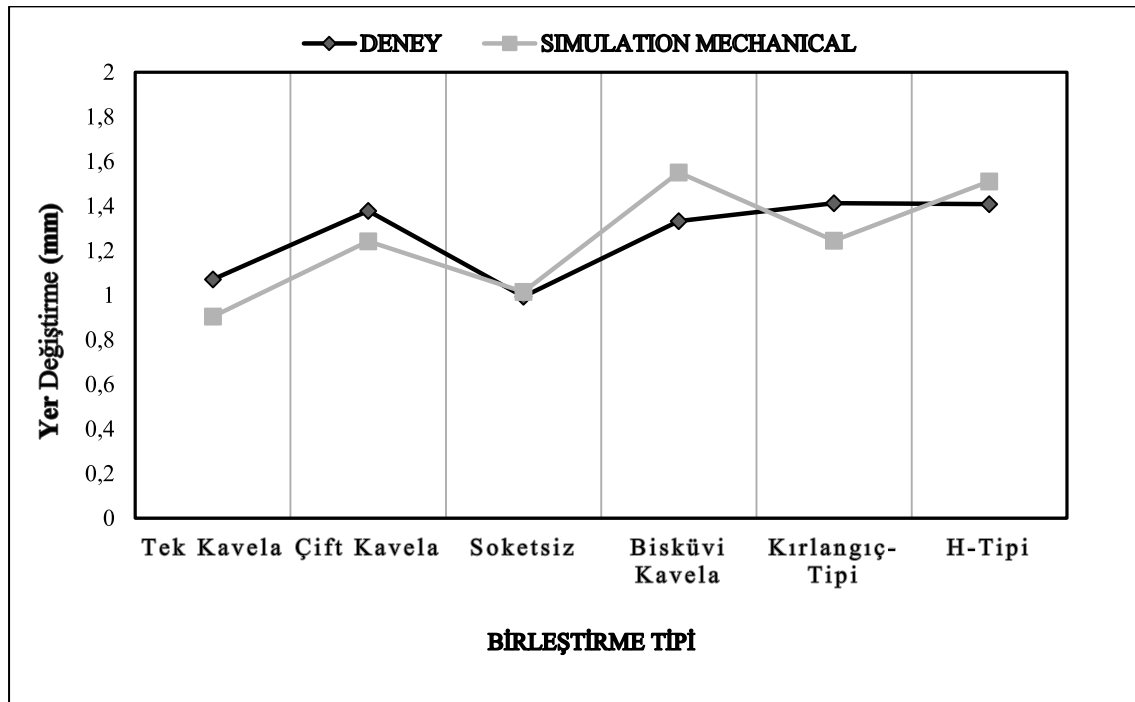
Şekil 5.7. Çekme deney örneklerinin kuvvet-yer değiştirme ilişkileri

Diyagonal çekme deneylerinde elde edilen yük-yer değıştirme sonuçları ile Autodesk Simulation Mechanical programında elde edilen yük-yer değıştirme sonuçları ve karşılaştırmasına ait değerler Çizelge 5.13’de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Diyagonal çekme deneylerinde simulation mechanical ve deney sonuçları karşılaştırmaları

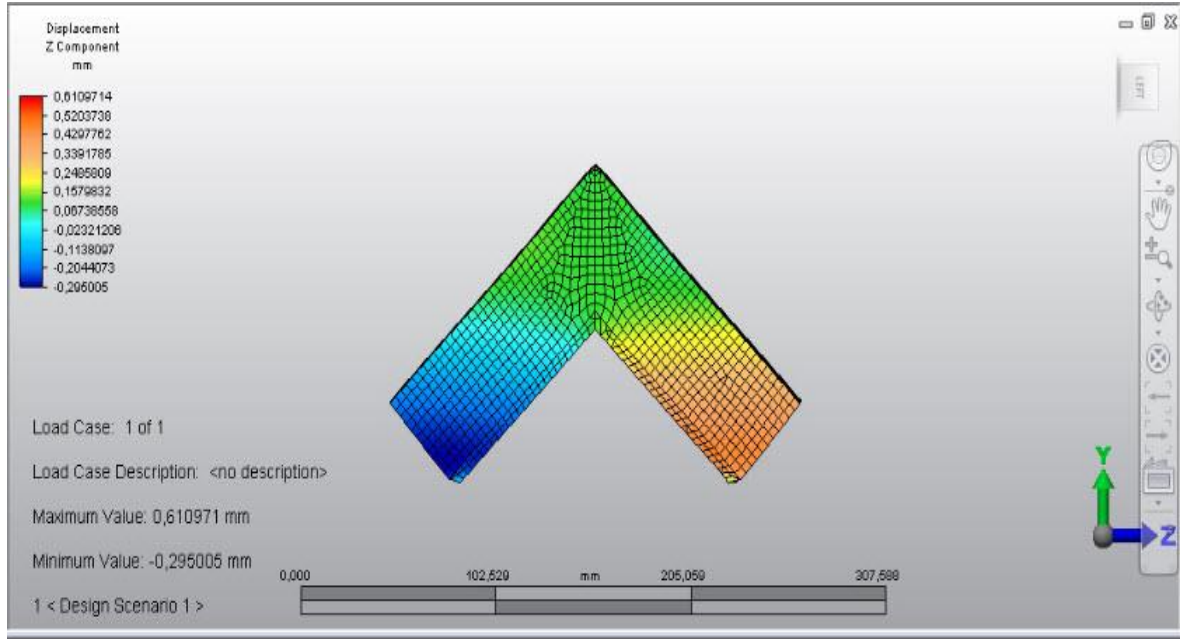
Birleştirme Tipi	DENEY		SIMULATION MECHANICAL	Fark (%)
	Max. Yük (N)	Max. Uzama (mm)	Max. Uzama (mm)	
Tek Kavela	1000	1.071	0.905	1
Çift Kavela	1000	1.378	1.242	10
Soketsiz	1000	0.994	1.016	2
Bisküvi Kavela	1000	1.333	1.551	14
Kırlangıç-Tipi	1000	1.413	1.245	13
H-Tipi	1000	1.409	1.510	6

Deney sonuçları ile simulation mechanical sonuçları karşılaştırıldığında en yakın sonuç Tek kavelalı birleştirmelerde (% 1), en farklı sonuç ise bisküvi kavelalı birleştirmelerde (% 14) elde edilmiştir. Buna ilişkin grafik Şekil 5.8’de gösterilmiştir.

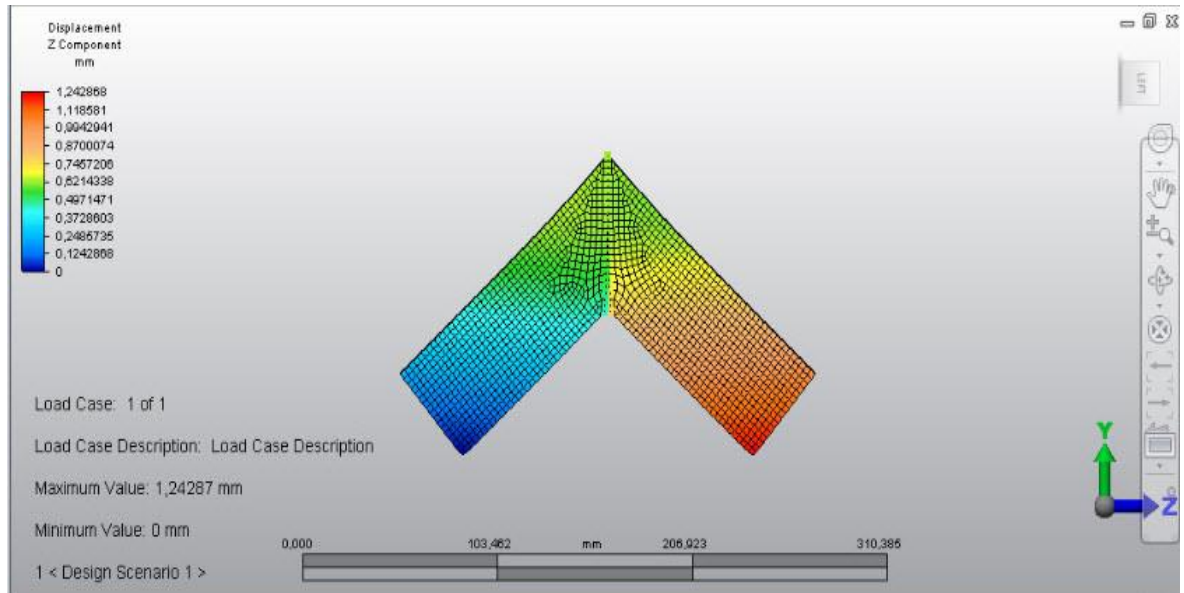


Şekil 5.8. Çekme deneyi ve simulation mechanical sonuçları karşılaştırması

Çekme deneylerinde deney örneklerinin 1000 N yük altında göstermiş oldukları yer değiştirme karakteristikleri tek kavelalı ve çift kavelalı birleştirmeler için Resim 5.1’de, soketsiz ve bisküvi kavela birleştirmeler için Resim 5.2’de ve kırılma ve H-tipi birleştirmeler için Resim 5.3’de gösterilmiştir.

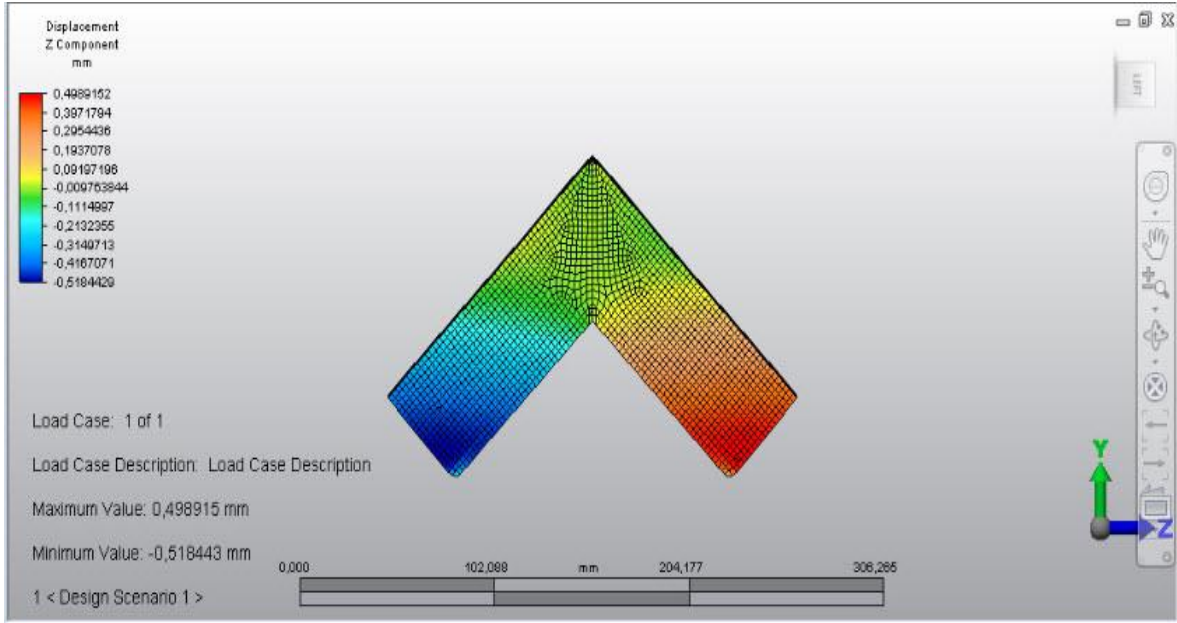


(a)

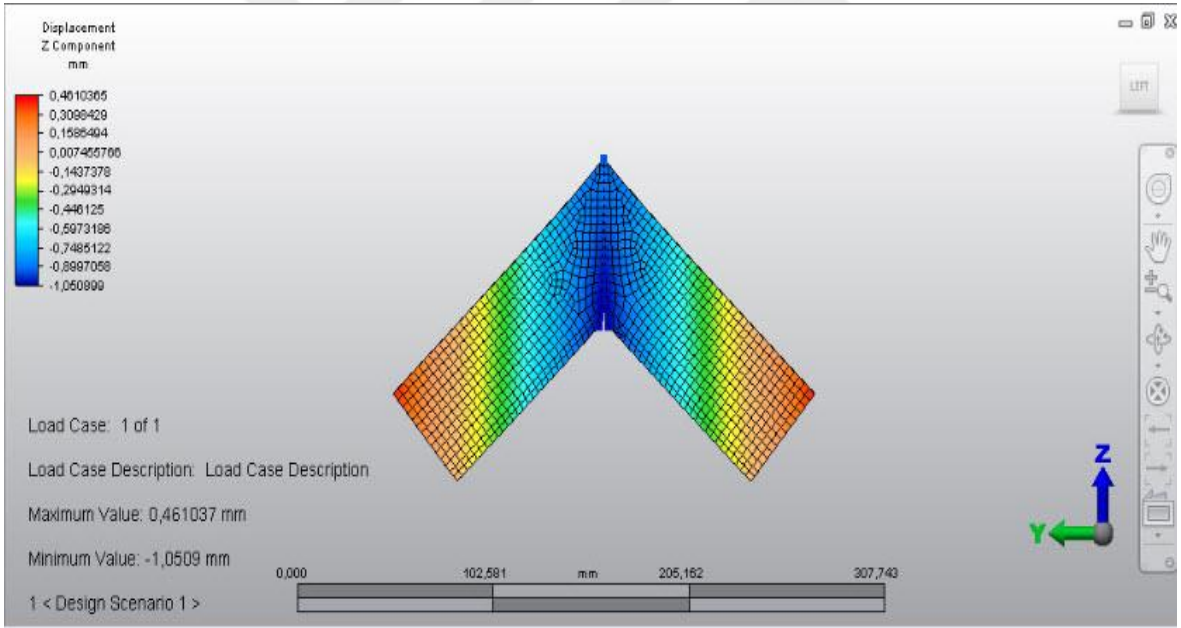


(b)

Resim 5.1. Tek ve çift kavelalı birleştirmelerde çekme deneyi analiz sonuçları a) Tek kavelalı b) Çift kavelalı

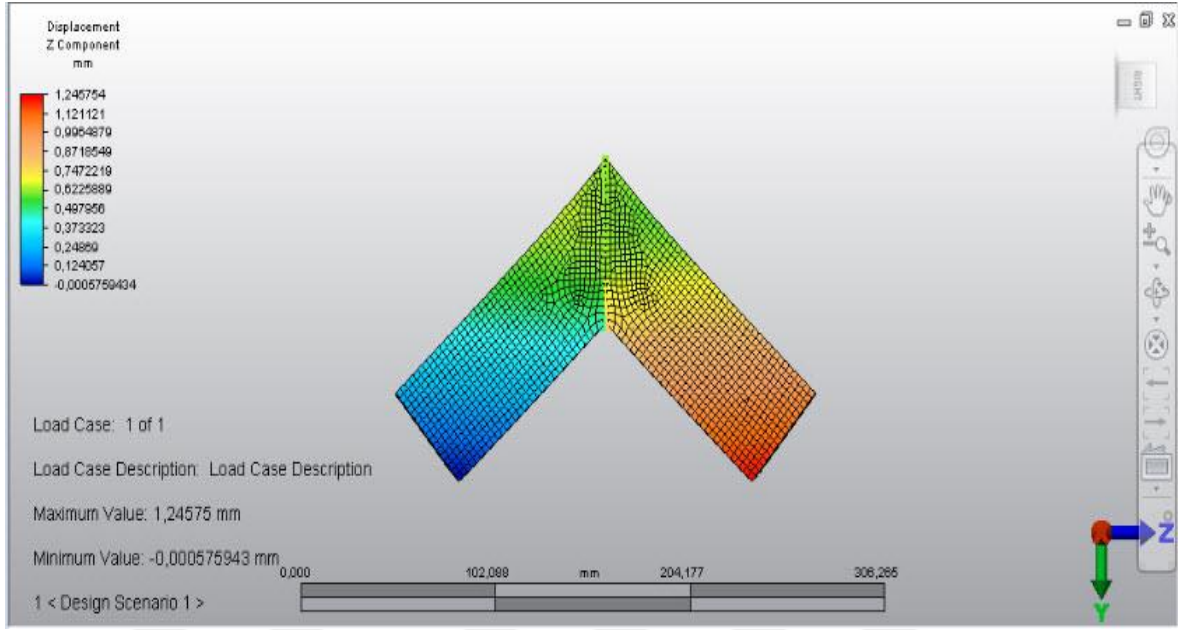


(a)

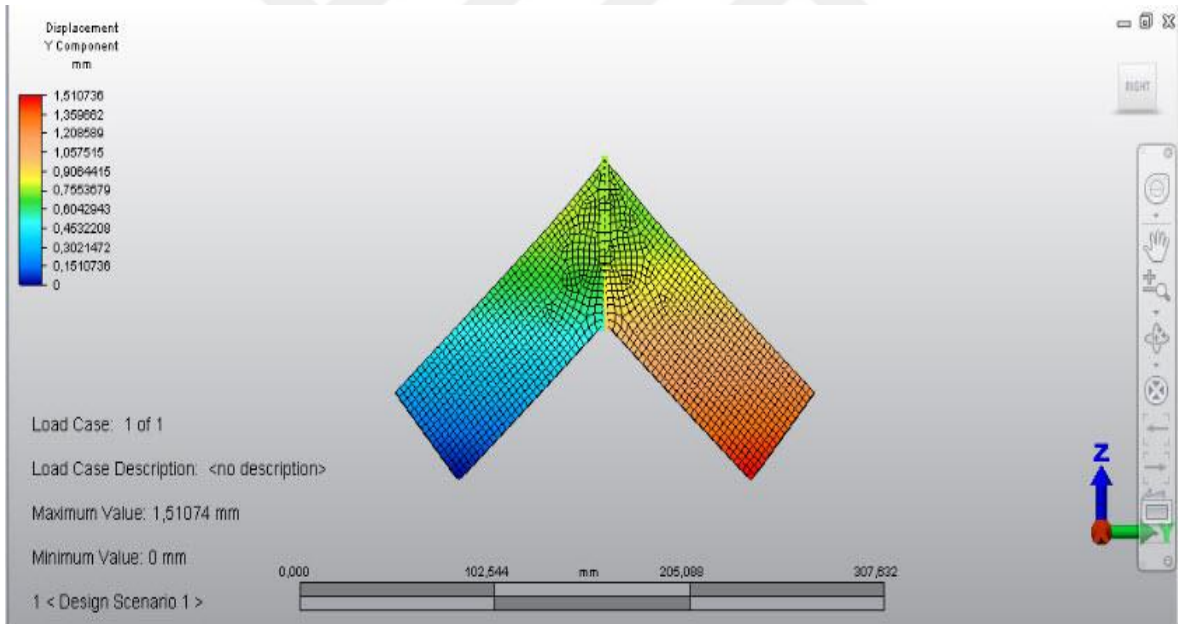


(b)

Resim 5.2. Soketsiz ve bisküvi kavelalı birleştirmelerde çekme deneyi analiz sonuçları  
a) Soketsiz b) Bisküvi kavela



(a)

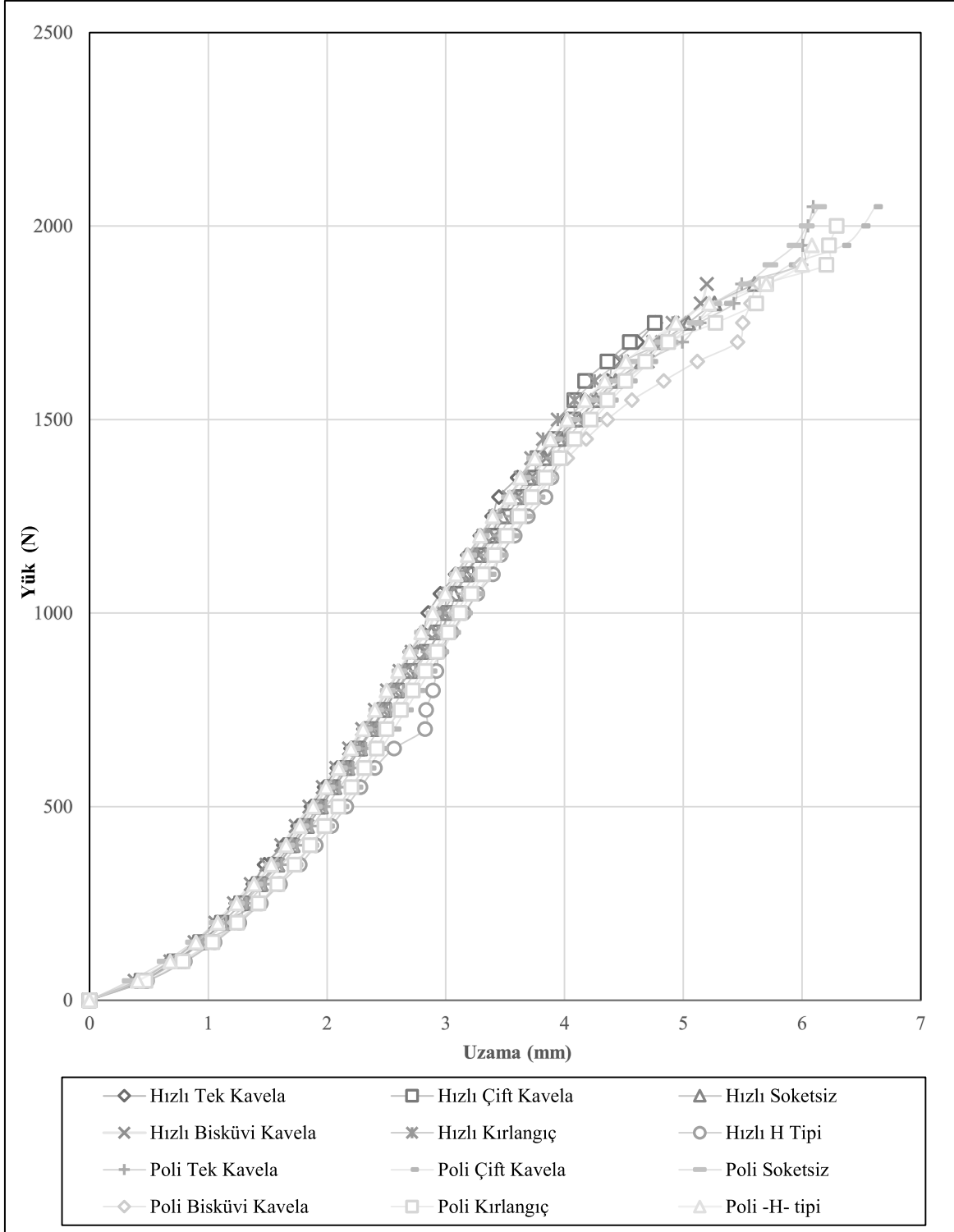


(b)

Resim 5.3. Kırılma ve H-tipi soketli birleştirmelerde çekme deneyi analiz sonuçları  
a) Kırılma b) H-tipi

### 5.5.2. Diyagonal basınç kuvvet-yer değiştirme ilişkileri

Diyagonal basınç deneylerinde elde edilen yük-yer değiştirme sonuçlarına ait grafik Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



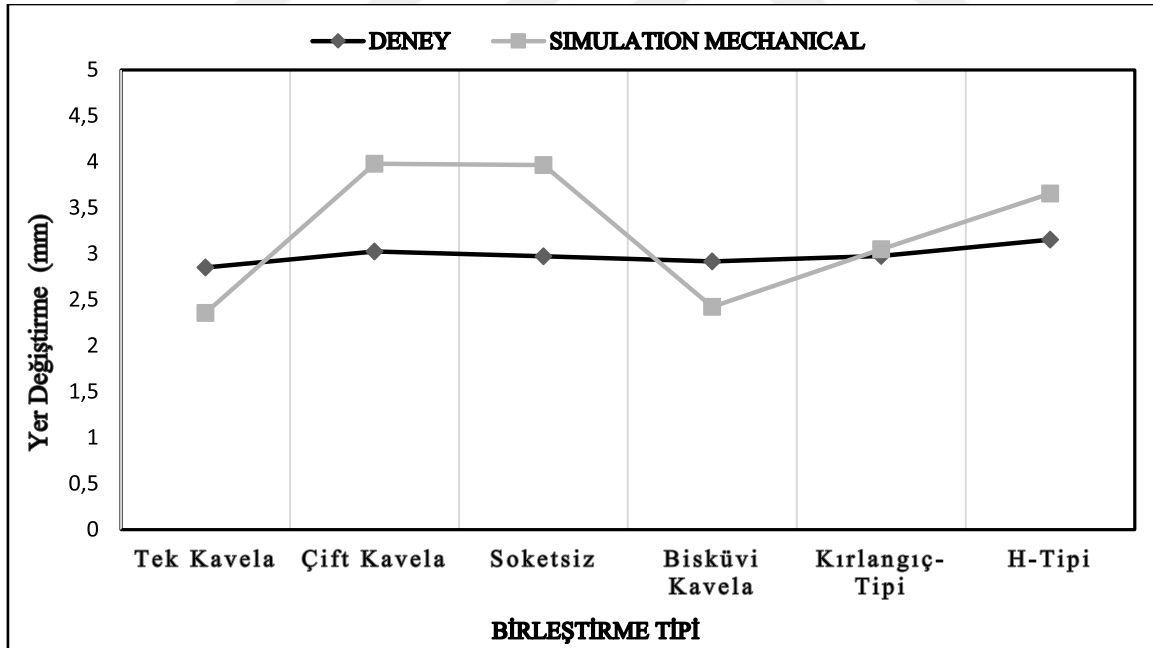
Şekil 5.9. Basınç deney örneklerinin kuvvet-yer değiştirme ilişkileri

Diyagonal basınç deneylerinde elde edilen yük-yer değiştirme sonuçları ile Autodesk Aimulation Mechanical programında elde edilen kuvvet-yer değiştirme sonuçları ve karşılaştırmasına ait değerler Çizelge 5.14'de verilmiştir.

Çizelge 5.14. Diyagonal basınç deneylerinde simulation mechanical ve deney sonuçları karşılaştırmaları

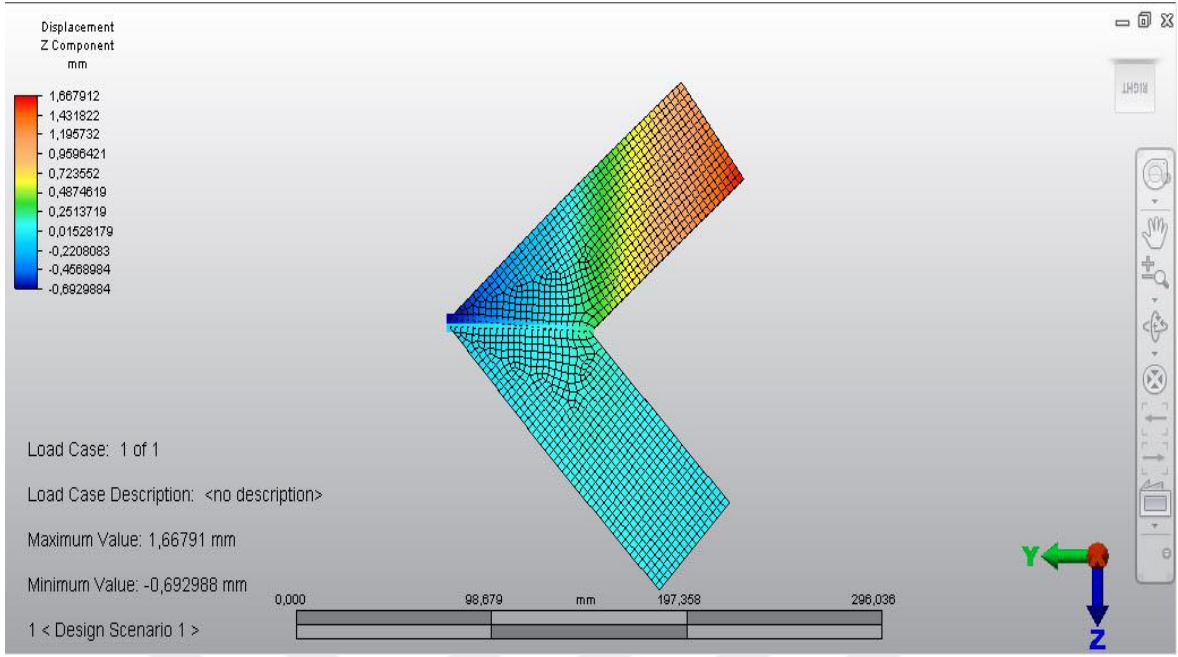
Birleştirme Tipi	DENEY		SIMULATION MECHANICAL	FARK %
	Max.Yük (N)	Max. Uzama (mm)	Max. Uzama (mm)	
Tek Kavela	1000	2.853	2.359	20
Çift Kavela	1000	3.026	3.978	23
Soketsiz	1000	2.973	3.966	24
Bisküvi Kavela	1000	2.918	2.422	20
Kırlangıç-Tipi	1000	2.978	3.050	2
H-Tipi	1000	3.153	3.655	13

Deney sonuçları ile Simulation Mechanical sonuçları karşılaştırıldığında en yakın sonuç kırlangıç birleştirmelerde (% 2), en farklı sonuç ise soketsiz birleştirmelerde (% 24) elde edilmiştir. Buna ilişkin grafik Şekil 5.10'da gösterilmiştir.

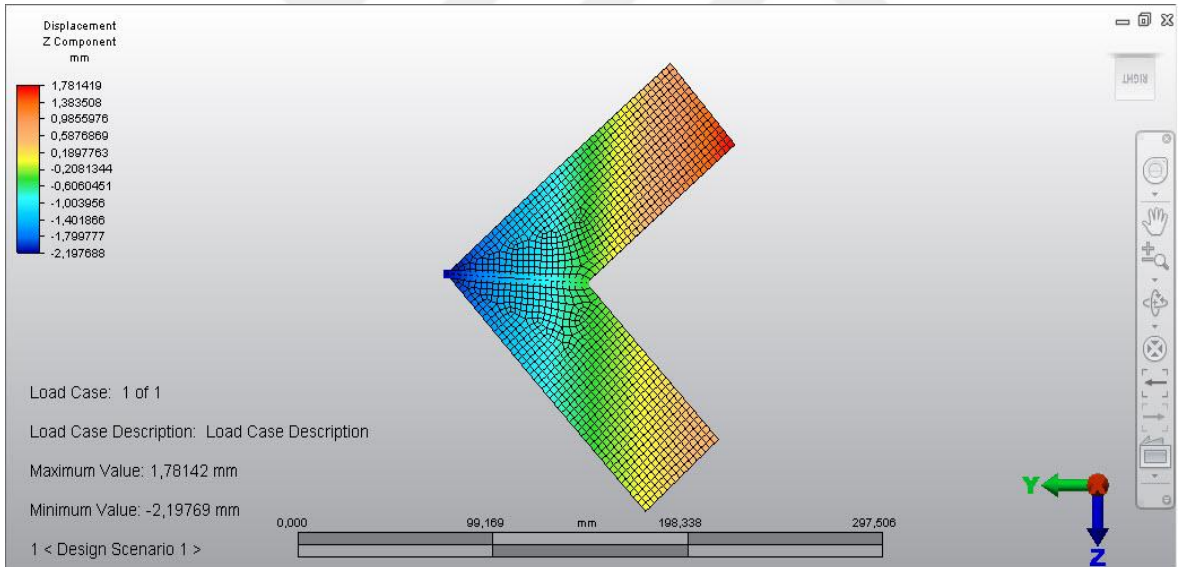


Şekil 5.10. Basınç deneyi ve simulation mechanical sonuçları karşılaştırması

Basınç deneylerinde deney örneklerinin 1000 N yük altında göstermiş oldukları yer değiştirme karakteristikleri tek kavelalı ve çift kavelalı birleştirmeler için Resim 5.4'de, soketsiz ve bisküvi kavela birleştirmeler için Resim 5.5'de ve kırlangıç ve H-tipi birleştirmeler için Resim 5.6'da gösterilmiştir.

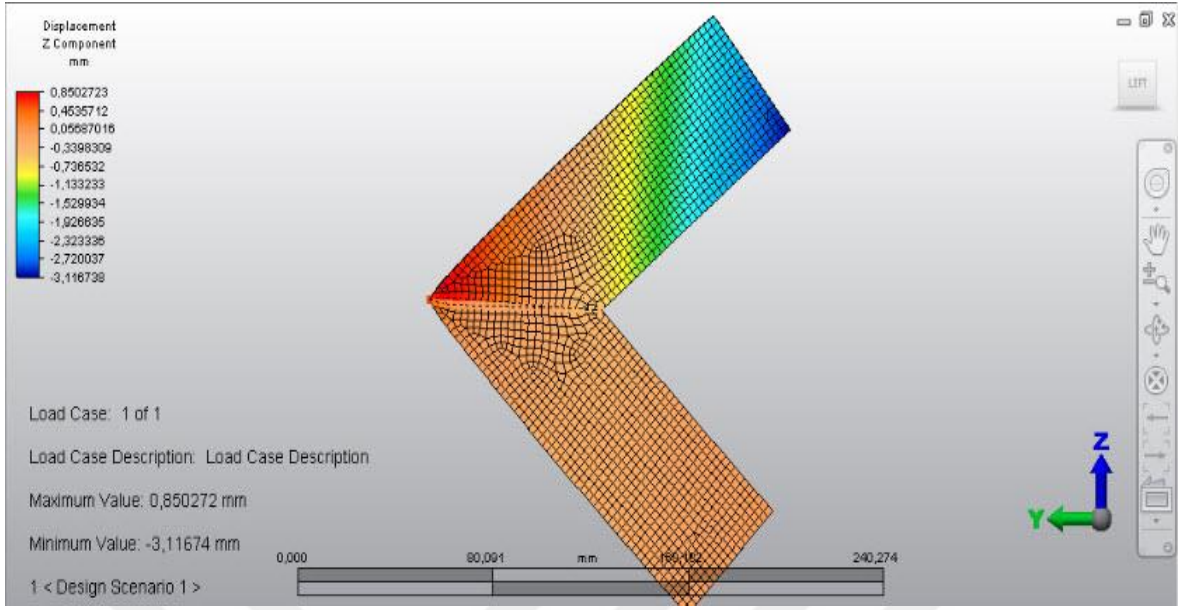


(a)

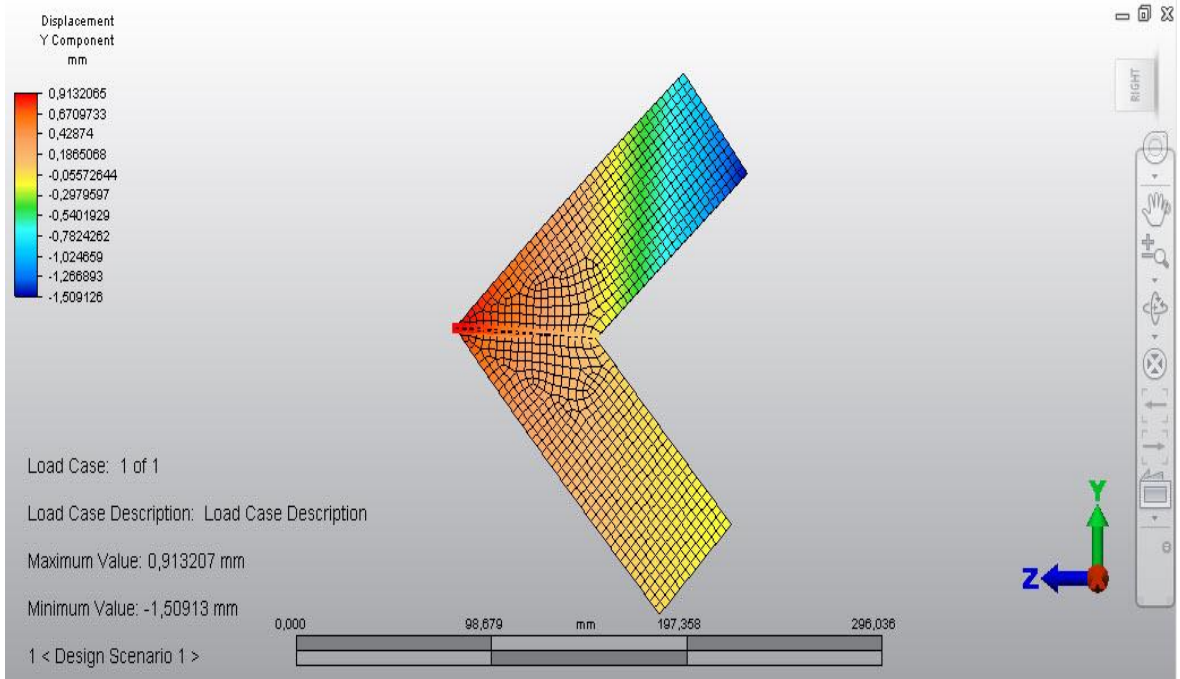


(b)

Resim 5.4. Tek ve çift kavelalı basınç deneyi analiz sonuçları a) Tek kavela b) Çift kavela

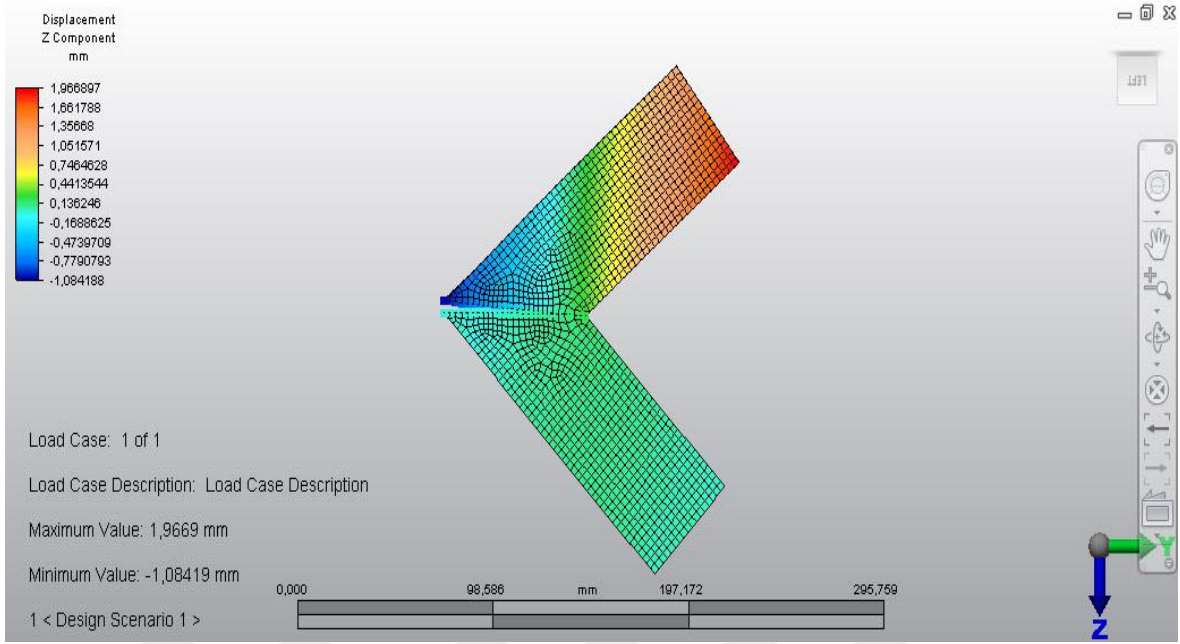


(a)

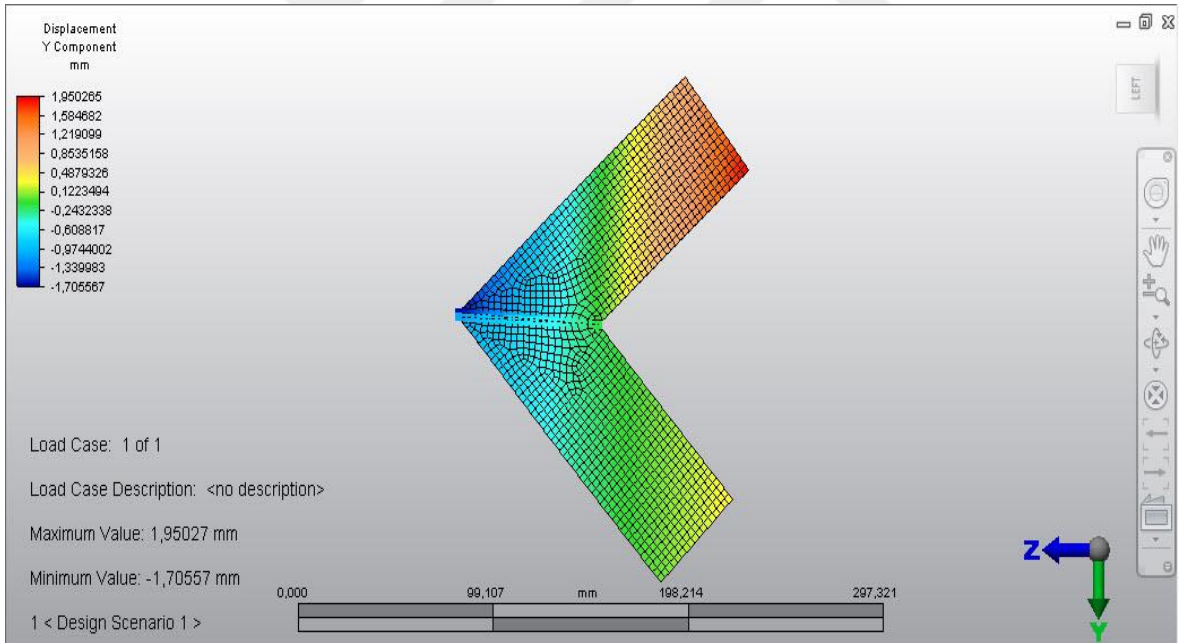


(b)

Resim 5.5. Soketsiz ve bisküvi kavelalı basınç deneyi analiz sonuçları a) Soketsiz b) Bisküvi kavela



(a)



(b)

Resim 5.6. Kırlangıç ve H-tipi soketli basınç deneyi analiz sonuçları a) Kırlangıç b) H-tipi



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 6.1. Yoğunluk ve Rutubet Miktarı

Deneyleerde kullanılan PVC folyo kaplı MDF profil malzemelerin tam kuru yoğunluk miktarı  $0.68 \text{ g/cm}^3$ , hava kurusu yoğunluk miktarı ise  $0.72 \text{ g/cm}^3$  olarak elde edilmiştir. Rutubet miktarı % 6.57 olarak bulunmuştur.

Literatürde MDF için yoğunluk miktarı  $0.62 \text{ g/cm}^3$  olarak bulunmuştur [9]. Diğer bir çalışmada MDF için yoğunluk miktarı  $0.767 \text{ g/cm}^3$  olarak bulunmuştur [8]. Bu çalışmada elde edilen yoğunluk ve rutubet miktarı değerleri literatürdeki sonuçlara yakın bulunmuştur.

### 6.2. Eğilme ve Elastikiyet Modülü

Deney örneklerinin eğilme direnci değerleri ortalama  $36.07 \text{ N/mm}^2$ , elastikiyet modülü değeri ise ortalama  $3289 \text{ N/mm}^2$  olarak bulunmuştur. Literatürde elastikiyet modülü değerleri  $3844 \pm 311 \text{ N/mm}^2$  olarak verilmiştir [10]. Diğer bir çalışmada elastikiyet modülü değerleri  $3574 \text{ N/mm}^2$  olarak verilmiştir [9]. Bu çalışmada elde edilen elastikiyet modülü değerleri literatürdeki sonuçlarla uyumlu çıkmıştır.

### 6.3. Diyagonal Çekme Moment Taşıma Kapasitesi Değerleri

Tutkal çeşidine göre diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi; poliüretan tutkallı birleştirmelerde  $58.93 \text{ Nm}$ , MDF kit tutkallı birleştirmelerde ise  $36,80 \text{ Nm}$  olarak elde edilmiştir.

Birleştirme tipine göre diyagonal çekme moment taşıma kapasitesi; en yüksek çift kavelalı birleştirmelerde ( $53.40 \text{ Nm}$ ), en düşük ise H-tipi birleştirmelerde ( $39.92 \text{ Nm}$ ) elde edilmiştir. Tek kavelalı birleştirmeler ile çift kavelalı birleştirmeler ve bisküvi kavelalı birleştirmeler ile H-tipi birleştirmeler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Tutkal çeşidi-birleştirme tipine göre diyagonal çekme momenti taşıma kapasitesi; en yüksek poliüretan tutkallı çift kavelalı birleştirmelerde ( $66.05 \text{ Nm}$ ), en düşük ise MDF kit tutkallı

H-tipi birleştirmelerde (24.49 Nm) elde edilmiştir. Tek kavelalı birleştirmeler ile çift kavelalı birleştirmeler ve bisküvi kavelalı birleştirmeler ile H-tipi birleştirmeler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Literatürde birleştirme tipine göre diyagonal çekme deneylerinde çift kavelalı birleştirmeler (85.2 Nm) ile en yüksek moment taşıma kapasitesine sahip birleştirme tipi olarak bulunmuştur. En düşük ise (47.1 Nm) ile H-tipi birleştirme tiplerinde bulunmuştur [10]. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar birleştirme tipi bakımından literatürdeki çalışmalar ile uyumlu çıkmıştır.

#### **6.4. Diyagonal Basınç Moment Taşıma Kapasitesi Değerleri**

Tutkal çeşidine göre diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi; poliüretan tutkallı birleştirmelerde 64.55 Nm, MDF kit tutkallı birleştirmelerde ise 46.97 Nm, olarak elde edilmiştir.

Birleştirme tipine göre diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi; en yüksek (58.95 Nm), çift kavelalı birleştirmelerde (58,95 Nm), en düşük ise H-tipi birleştirmelerde (51.67 Nm), elde edilmiştir. Tek kavelalı birleştirmeler ile çift kavelalı birleştirmeler ve bisküvi kavelalı birleştirmeler ile H-tipi birleştirmeler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Tutkal çeşidi-birleştirme tipine göre diyagonal basınç moment taşıma kapasitesi; en yüksek poliüretan tutkallı çift kavelalı birleştirmelerde (67.93 Nm), en düşük ise MDF kit tutkallı H-tipi birleştirmelerde (37.30 Nm), elde edilmiştir. Tek kavelalı birleştirmeler ile çift kavelalı birleştirmeler ve bisküvi kavelalı birleştirmeler ile H-tipi birleştirmeler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Literatürde birleştirme tipine göre diyagonal basınç deneylerinde çift kavelalı birleştirmeler (97.4 Nm) ile en yüksek moment taşıma kapasitesine sahip birleştirme tipi olarak bulunmuştur. En düşük moment taşıma kapasitesi ise (62.2 Nm) ile H-tipi birleştirme tiplerinde bulunmuştur [10]. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar birleştirme tipi bakımından literatürdeki sonuçlar ile uyumlu çıkmıştır.

### 6.5. Kuvvet-Yer Değiştirme İlişkileri

Kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinde diyagonal çekme deney örneklerinin 1000 N'luk kuvvet altındaki uzama değerleri belirlenmiş, ayrıca simulation mechanical programında örneklere 1000 N luk kuvvet uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre maksimum uzama kırılma birleştirmelerde (1.413 mm), en düşük uzama değeri ise soketsiz birleştirmelerde (0.994 mm), elde edilmiştir. Simulation mechanical programından elde edilen sonuçlara göre maksimum uzama H-tipi birleştirmelerde (1.510 mm), en düşük uzama değeri ise tek kavelalı birleştirmelerde (0.905 mm), elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve deney sonuçlarına en yakın analiz sonucu % 1'lik farkla tek kavelalı birleştirmelerde elde edilmiştir. En yüksek fark ise % 14 ile bisküvi kavelalı birleştirmelerden elde edilmiştir.

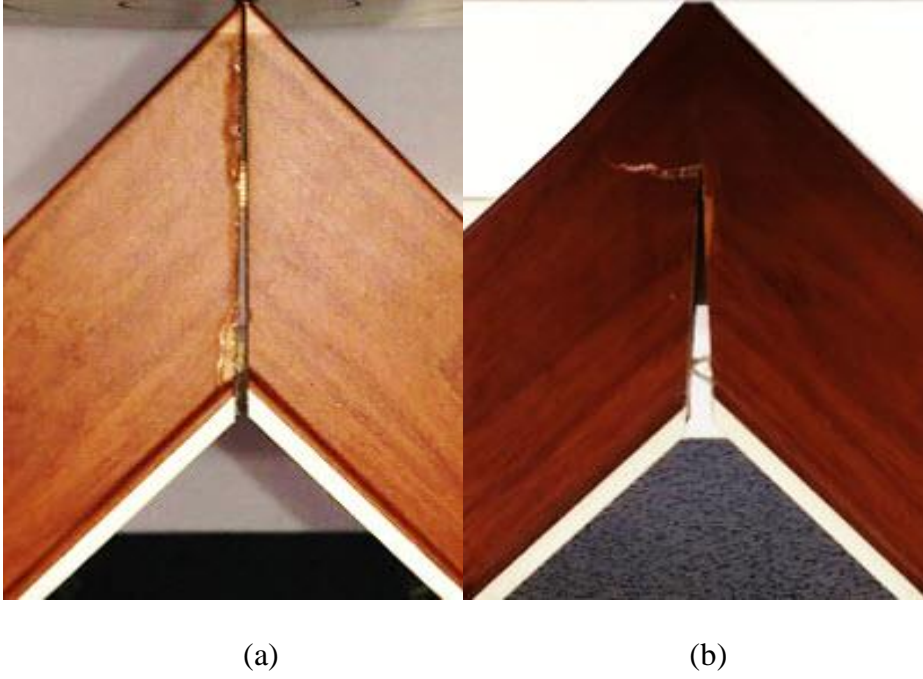
Kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinde diyagonal basınç deney örneklerinin 1000 N'luk kuvvet altındaki uzama değerleri belirlenmiş, ayrıca simulation mechanical programında örneklere 1000 N luk kuvvet uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre maksimum uzama H-tipi birleştirmelerde (3.153 mm), en düşük uzama değeri ise tek kavelalı birleştirmelerde (2.853 mm), elde edilmiştir. Simulation mechanical programından elde edilen sonuçlara göre maksimum uzama çift kavelalı birleştirmelerde (3.978 mm), en düşük uzama değeri ise tek kavelalı birleştirmelerde (2.359 mm), elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve deney sonuçlarına en yakın analiz sonucu % 2'lik farkla kırılma birleştirmelerde elde edilmiştir. En yüksek fark ise % 24 ile soketsiz birleştirmelerden elde edilmiştir.

### 6.6. Çerçeve Kapak Köşe Birleştirmelerde Deformasyon Tipleri

Deney örneklerinin birleşimlerinde herhangi bir elemanda ya da birleştirme noktasında kırılma, açılma gibi yer değiştirmeler meydana gelinceye kadar kuvvet uygulanmış ve bunun sonucunda birleştirmelerde ortaya çıkan deformasyon tipleri aşağıda ifade edilmiştir.

### 6.6.1. Diyagonal çekme deneylerinde deformasyon

“L” tipi çerçeve köşe birleştirme basınç deneylerinde tek kavelalı, çift kavelalı, bisküvi kavelalı, kırılmalıç soketli, H-tipi soketli ve soketsiz birleştirmelere uygulanan kuvvetin ekisiyle kavelalı ve soketli birleştirmeler çekilme etkisine maruz bırakılmaktadır. Diyagonal çekme deneylerinde ortaya çıkan deformasyon tipleri, tek kavelalı birleştirmeler için Resim 6.1’de, çift kavelalı birleştirmeler için Resim 6.2’de, H-tipi birleştirmeler için Resim 6.3’de, kırılmalıç birleştirmeler için Resim 6.4’de, bisküvi kavelalı birleştirmeler için Resim 6.5’de, soketsiz birleştirmeler için Resim 6.6’da gösterilmiştir.



Resim 6.1. Tek kavelalı deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı



(a)

(b)

Resim 6.2. Çift kavelalı deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı



(a)

(b)

Resim 6.3. H-tipi deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı



(a)

(b)

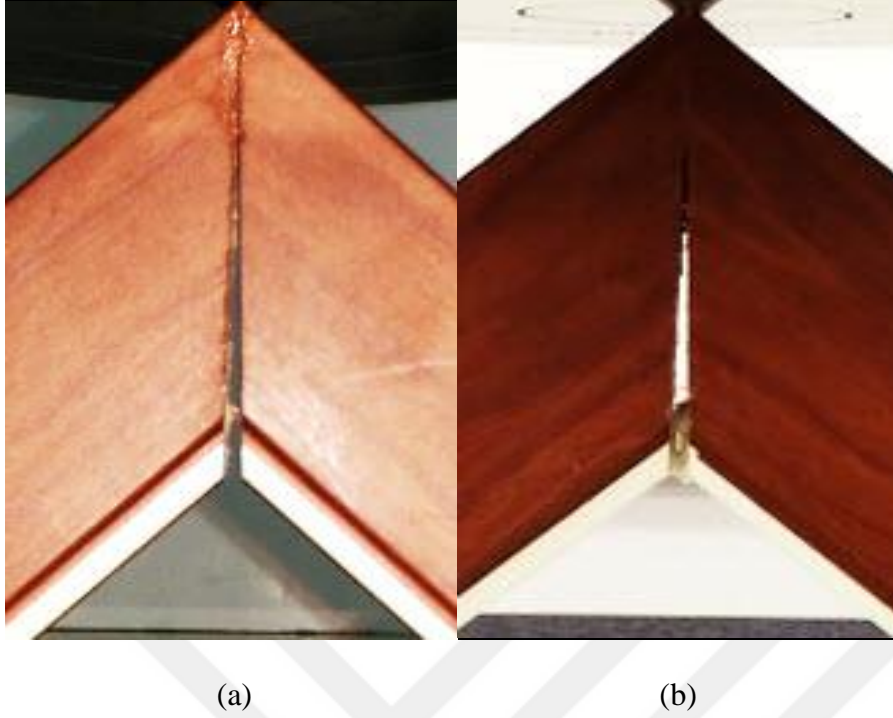
Resim 6.4. Kırılmaç kuyruğu deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı  
b) Poliüretan tutkalı



(a)

(b)

Resim 6.5. Bisküvi kavela deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı  
b) Poliüretan tutkalı



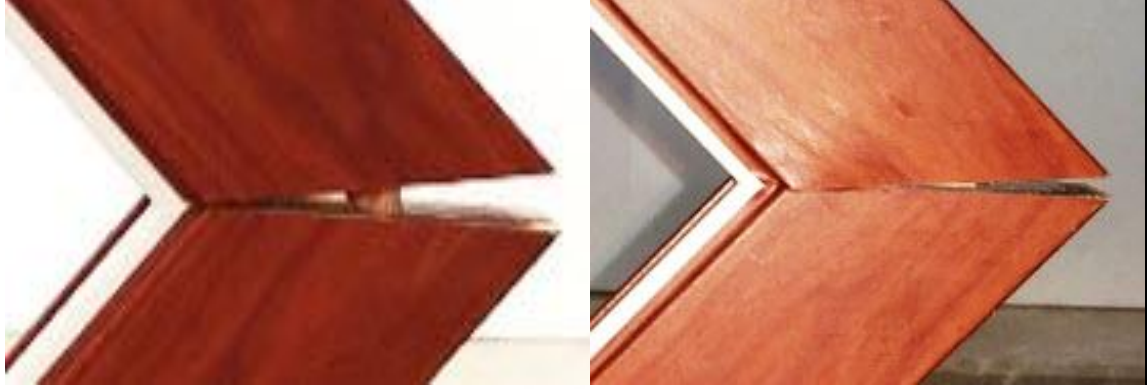
Resim 6.6. Soketsiz deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı

Çekme deneylerinde; tek kavelalı ve çift kavelalı birleştirmelerde kuvvet uygulama esnasında deney örneklerinde ilk olarak deformasyonun tutkal katmanından olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonra ise kavela birleşim noktalarında deformasyon meydana gelmiştir. Kırılma kuyruğu ve H-tipi birleştirmelerde, kuvvet uygulama esnasında ilk tutkal katmanında deformasyon gözlemlenmiş, daha sonra ise soketin kenar kısımlarında kırılmalar meydana gelmiştir. Bisküvi kavelalı birleştirmelerde de ilk deformasyon tutkal katmanında oluşmuş, daha sonra ise kavela yapışma yüzeylerinden ayrılmıştır. Soketsiz birleştirmelerde ise herhangi bir birleştirme elemanı olmadığı için örnekler tutkal katmanından ayrılmıştır.

### 6.6.2. Diyagonal basınç deneylerinde deformasyon

“L” tipi çerçeve köşe birleştirme basınç deneylerinde tek kavelalı, çift kavelalı, bisküvi kavelalı, kırılma soketli, H-tipi soketli ve soketsiz birleştirmelere uygulanan kuvvetin etkisiyle kavelalı ve soketli birleştirmeler çekilme etkisine maruz bırakılmaktadır. Diyagonal basınç deneylerinde ortaya çıkan deformasyon tipleri, tek kavelalı birleştirmeler için Resim 6.7’de, çift kavelalı birleştirmeler için Resim 6.8’de, H-tipi birleştirmeler için

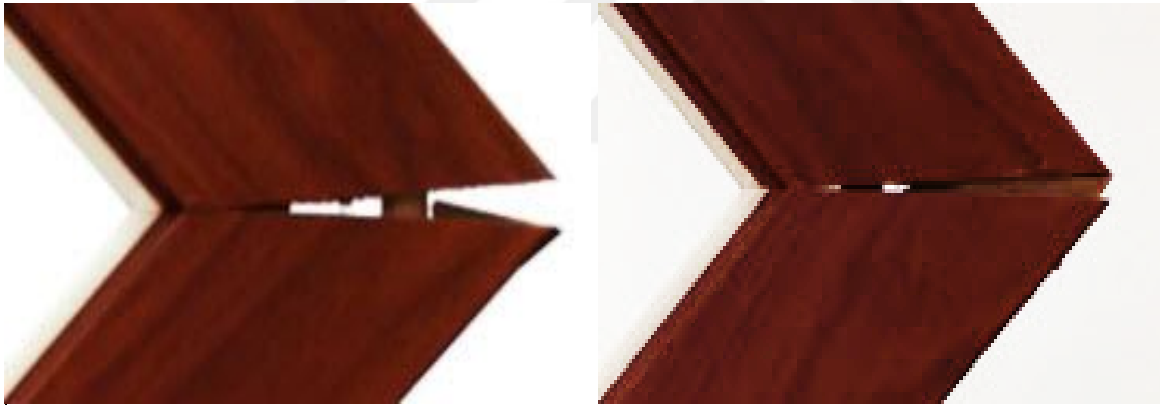
Resim 6.9'da, kırılmalı birleştirmeler için Resim 6.10'da, bisküvi kavelalı birleştirmeler için Resim 6.11'de, soketsiz birleştirmeler için Resim 6.12'de gösterilmiştir.



(a)

(b)

Resim 6.7. Tek kavelalı deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı



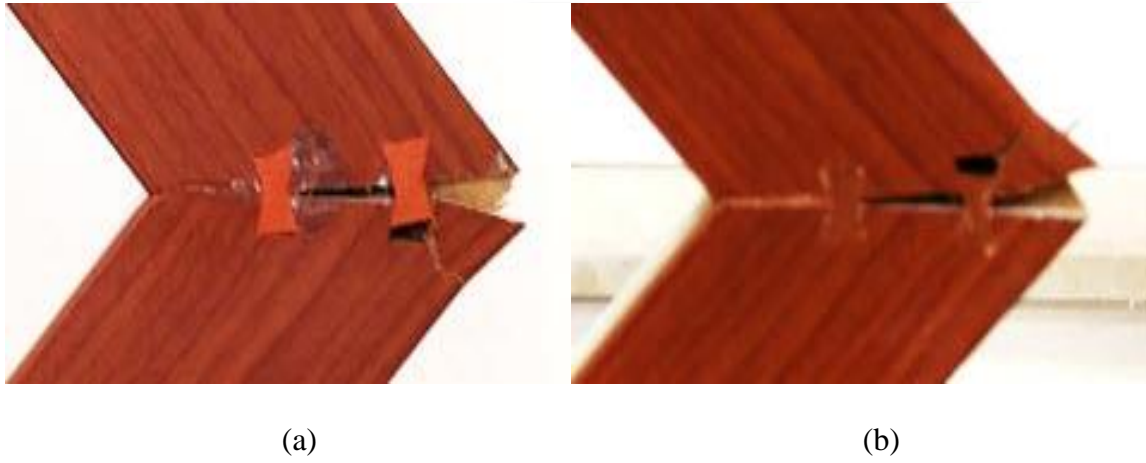
(a)

(b)

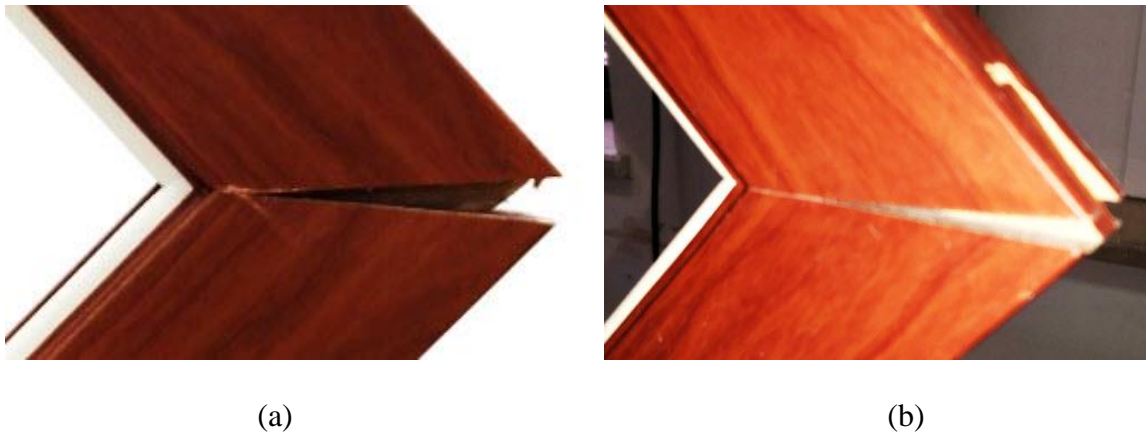
Resim 6.8. Çift kavelalı deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı



Resim 6.9. H-tipi deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı



Resim 6.10. Kırılmaç deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı



Resim 6.11. Bisküvi kavelalı deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı



Resim 6.12. Soketsiz deney örneği deformasyon tipleri a) MDF kit tutkalı b) Poliüretan tutkalı

Basınç deneylerinde; tek kavelalı ve çift kavelalı birleştirmelerde kuvvet uygulama esnasında deney örneklerinde ilk olarak deformasyonun tutkal katmanından olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonra ise kavela birleşim noktalarında ayrılma meydana gelmiştir. Kırılma kuyruğu ve H-tipi birleştirmelerde, kuvvet uygulama esnasında ilk tutkal katmanında deformasyon gözlemlenmiş, daha sonra ise soketin kenar kısımlarında ve MDF profilde kırılmalar meydana gelmiştir. Bisküvi kavelalı birleştirmelerde de ilk deformasyon tutkal katmanında oluşmuş, daha sonra ise bazı örneklerde profili koparmış bazılarında ise kavela yapışma yüzeylerinden ayrılmıştır. Soketsiz birleştirmelerde ise herhangi bir birleştirme elemanı olmadığı için örnekler tutkal katmanından ayrılmıştır. Bazı örneklerde ise profilde ezilme gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak; deney sonuçları dikkate alınarak aşağıda belirtilen önerilerde bulunulabilir:

1. Mukavemet açısından tutkal çeşidi dikkate alındığında, çift kavelalı birleştirmeler daha mukavemetli bulunmuştur. Çerçeve köşelerde mukavemet gerektiren birleştirmelerde çift kavelalı birleştirmeler kullanılabilir.
2. Deneylerde poliüretan ve MDF kit tutkalı kullanılmış elde edilen sonuçlara göre diyagonal çekme deneylerinde tek komponentli poliüretan tutkalı çift komponentli MDF kit tutkalından % 38 daha dayanıklı olduğu gözlemlenmiştir. Diyagonal basınç deneylerinde ise yine tek komponentli poliüretan tutkalı MDF kit tutkalından % 27 daha mukavemetli olduğu gözlemlenmiş ve bu sonuçlar doğrultusunda çerçeve köşe birleştirmelerde tek komponentli poliüretan tutkalı önerilebilir.

3. Kavelalı birleştirmeler hem parti üretimde hemde seri üretimde uygulama kolaylığı sağlamanın yanında zaman tasarrufu elde etmeyi sağlayarak ekonomik olarak da fayda sağlamaktadır.
4. Mobilya da estetik kavramı önemli bir unsurdur. Özellikle birleşim yerlerinde istenmeyen görüntüleri ortadan kaldırmak ve mobilyanın estetik görünüşünü etkilememek için kavelalı birleştirmeler birleşim yerinde görünmediği için tercih edilebilir.
5. Deney sonuçlarından elde edilen gözlemler doğrultusunda birleştirmelerde sadece birleştirme elemanının sağlamlığı değil aynı zamanda kullanılan malzemelerin sağlamlığı da önemlidir.
6. Birleştirmelerde tutkal faktörü büyük önem arz etmektedir. Birleştirme elemanı ve malzeme ne kadar iyi olursa olsun kullanılan tutkalın birleşim yerinde istenilen mukavemeti sağlması gerekmektedir. Bu sebeple birleşim yerlerinde tutkal seçimi özenle yapılmalıdır.
7. Günümüzde gelişen ve yaygın olarak kullanılan bilgisayar destekli teknolojilerin özellikle yapısal analiz programlarının, mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılmasının ürün geliştirme aşamasında mühendislik yaklaşımı açısından çalışanların işini kolaylaştırıp deneysel olarak hızlı geri dönütler için analiz programlarının kullanılması önerilebilir. Özellikle üretime geçilmeden yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda hareket edilerek üretilecek ürünün mukavemeti hakkında önceden fikir elde etmek hem ekonomik boyutta hemde zaman açısından ciddi kazanımlar sağlayacaktır. Bu yüzden, yapısal analiz programlarının kullanımı artmalı ve mühendislik tasarımında da kullanılması gerekmektedir.
8. Mobilya mühendisliğinde kullanılan bütün malzemeler kapsayacak biçimde farklı bir yapısal analiz programını oluşturulması gerekmektedir.
9. Deneylerde kullanılan 5 tip soketin kullanım yerinde birbirleri arasındaki mesafelerin farklı varyasyonlarının denenmesi önerilebilir.



## KAYNAKLAR

1. Eroğlu, H., ve Usta, M. (2000). *Liflevha Üretim Teknolojisi*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, 1-4.
2. Kaya, S. (2006). *Türkiyede MDF (Medium Density Fiberboard) Üretimi Yapan Bazı Fabrikalardan Alınan örneklerin Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniverstesı Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
3. İnternet: URL:  
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F3.%09http%3A%2F%2Fwww.vario.com.tr%2Fvarioprofile%2FGenelBilgiler.aspx&date=2015-12-28>. Son Erişim Tarihi:28.12.2015.
4. İmirzi, Ö. H. (2008). *Farklı yapım teknikleri ve değişik kalınlıklardaki levhalar ile üretilmiş kutu tipi mobilyaların mukavemet özellikleri*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
5. Malkoçoğlu, A., Arz, N. (2007). Mobilyada MDF profillerden üretilen çerçevelerin dirençleri üzerine bazı faktörlerin etkisi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 7 (2), 1303-2399.
6. Malkoçoğlu, A., Çetin, N. (2009). Mobilyada MDF profillerden üretilen çerçevelerin dirençleri üzerine birleştirme yöntemlerinin etkisi. *Politeknik Dergisi*, 12 (1), 61-66.
7. Dolvand, M., Ebrahimi, G., Haftkhani, R. A., Mleki, S. (2013). Analysis of factors affecting diagonal tension and compression capacity of corner joints in furniture frames fabricated with dovetail key. *Journal of Forestry Research*, 24 (1), 155-168.
8. Altun, S., Burdurlu, E., Kılıç., M. (2010). Effect of adhesive type on the bending moment capacity of miter frame corner joints. *BioResorces*, 5 (3), 1473-1483.
9. Maleki, S., Derikvand, M., Dalvand, M., Ebrahimi, G. (2012). Load-carrying capacity of mitred furniture corner joints with dovetail keys under diagonal tension load. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36 (2012) 636-643.
10. Derikvand, M., Eckelman, A. C. (2015). Bending moment capacity of L-shaped mitred frame joints constructed of MDF and particleboard. *Bioresorces*, 10 (3), 5677-5690.
11. Kuzman, K. M., Kutnar, A., Ayrılmış, N., Kariz, M. (2015). Effect of heat treatment on mechanical properties of selected wood joints. *European Journal of Wood and Wood Products*, 73, 689-691.
12. Altar Elektronik Teknoloji San. Ve Tic. Ltd. Şti. (2016). *Autodesk İntevtor 2016 Kullanım Kılavuzu*. 8-9.
13. İnternet: URL:  
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fauworkshop.autodesk.com%2Flibrary%2Fsimworkshop&date=2016-10-24>. Son Erişim Tarihi: 30.12.2015.

14. Özkaya, K., Burdurlu, E., Ciritcioğlu, H. H., Ilce, C. A. (2010). Diagonal tensile strenght of an oriented strand board (OSB) frame with dovetail corner joint. *BioResorces*, 5 (4), 2690-2701.
15. Abdolzadeh, H., Ebrahimi, Gh., Layeghi, M., Ghassemieh. (2015). Analytical and experimental studies on stress capacity with modified wood members under combined stresses. *Ciencia Y Tecnologia*, 17 (2), 263 – 276.
16. Taghiyari, R. H. (2013). Effect of nano-silver and nano-zycosil on mechanical strength of heat vapor, and dry-ice-treated biscuit and dovetail medium-density fiberboard miter joints. *Materials and Design*, 51 (2013), 695-700.
17. Efe, H., Kasal, A. (2007). Çeşitli masif ve kompozit ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of Polytechnic*, 10 (3), 303-311.
18. Jivkov, V., Marinova, A. (2006). Ultimate bending strength and stiffness under compression test of end corner miter joints constructed of solid wood. *Intenational Symposium: "Furniture 2006"*, Technical University-Zvolen, 1-7.
19. İnternet: URL  
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fshop.wurth.com.tr&date=2016-10-24>. Son Erişim: 30.12.2015.
20. TS 4539, (1985). *Kavelalı birleştirme kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
21. ASTM-D-1037-12, (2012). *Standart Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials*, 6, 3.
22. TS EN 323, (1999). *Ahşap esaslı levhalar – Birim hacim ağırlığının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
23. TS EN 322, (1999). *Ahşap esaslı levhalar – rutubet miktarının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
24. TS EN 310, (1999). *Ahşap esaslı levhalar – Eğilme Dayanımı ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KAYA, Adem  
 Uyuğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 09.03.1988, Erzurum  
 Medeni hali : Bekar  
 Telefon : 0 (541) 788 09 25  
 e-mail : ademkaya@gazi.edu.tr



### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Ağaçşileri End Müh.	2016-Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi /Mobilya ve Dek Öğr.	2013
Lise	Aşkale Ç. P. L	2005

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2014-Halen	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

1. Atar, M., Şakacı, D., Keskin, H., Dereli, M., Öztürk, Y., Kaya, A. “*Effects of compression and tensile performances of corner joint techniques to amount of deflection for plastic-based wooden materials.*”**The XXVITH International Conference Research for Furniture Industry,17-18 Ekim, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2015.**
2. Kaya, A., Döngel, N. “*Determination of performance characteristics of the dowel frame corner joints through experimental and finite element analysis*”, **II. International Furniture Congress, 13-15 Ekim, 2016.**
3. Kaya, A., Döngel, N. “*Determination of Performance Characteristics of Corner Joints Through Experimental and Finite Element Analysis*”, **25th International Conference on “Engineering & Technology, Computer, Basic & Applied Sciences” (ECBA-2016) June 30 -01 July 2016 Istanbul, Turkey.**

## **Hobiler**

Futbol, voleybol, basketbol, yüzme, tenis.





*GAZİ GELECEKTİR..*