

HAREKETLİ HEDEF SİMÜLATÖRÜ MEKANİK TASARIMI

Melih ÖZKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2013
ANKARA**

Melih ÖZKAN tarafından hazırlanan “HAREKETLİ HEDEF SİMÜLATÖRÜ MEKANİK TASARIMI” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Selim TÜRKBAS

.....

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bedri TUÇ

.....

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Selim TÜRKBAS

.....

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. H. Faruk MENDİ

.....

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Tez Savunma Tarihi: 12/02/2013

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Melih ÖZKAN

HAREKETLİ HEDEF SİMÜLATÖRÜ MEKANİK TASARIMI
(Yüksek Lisans Tezi)

Melih ÖZKAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Şubat 2013

ÖZET

Hareketli hedef simülatörlerinin, silahlı kuvvetlerin kullanabileceği görüntüleme-hedefleme birimlerinin doğrulamasında, sistem testlerinin yapılmasında ve muhtemel geliştirme noktalarının belirlemesinde etkisi büyüktür.

Bu çalışmada, uçakların gece-gündüz şartlarında operasyon yapmasına imkan tanıyan Hedefleme ve Seyrüsefer POD' u için hareketli hedef simülatörü mekanik tasarımı yapılmıştır.

POD' un ön biriminin hareket eksenlerindeki açı aralıkları boyunca hedef atabilmek için yaw, pitch ve roll eksenlerinde hareket kabiliyetine sahip simülatör tasarlanmıştır.

Simülatörün hedef atma alanı, 700 mm yarıçapa sahip bir çember üzerinde, cihazın roll eksenine göre simetrik olacak şekilde toplam 100 derece, cihazın pitch eksenine göre asimetrik olacak şekilde de toplam 140 derece olarak şekillendirilmiştir.

Simülatörün boyutlarının büyük olması sebebiyle üzerinde tüm birimler yüklü iken hareket edebilir bir yük dağılımının olmasına tasarım süresince dikkat edilmiştir.

POD’ un, güvenli bir şekilde yerine yerleştirilebilmesi için gerekli olan serbest alan ve testler süresince sabit tutacak bir oturma yüzeyi simülatör üzerinde yapılandırılmış ve tasarım süresince görselliğe büyük önem verilmiştir.

Tüm bu çalışmalar sırasında, literatür araştırması yapılmış, tasarım kriter fonksiyonları ve fonksiyon parametreleri belirlenmiş, boyut analizi yapılmış, bilgisayar ortamında PRO ENGINEER WILDFIRE ve CATIA V5 R19 programları kullanılarak CAD çizimleri hazırlanmış ve yine bilgisayar ortamında ANSYS WB programı kullanılarak kuvvet analizleri yapılmıştır.

Bilim Kodu : 914.1.090

Anahtar Kelimeler : Hareketli hedef, hedef simülatörü, simülatör tasarımı

Sayfa Adedi : 76

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Selim TÜRKBAS

MECHANICAL DESIGN OF MOVING TARGET SIMULATOR

(M.Sc. Thesis)

Melih ÖZKAN

GAZİ UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

February 2013

ABSTRACT

Moving target simulators have great effect on verification of visualising-targeting units used by armed forces as well as performing system tests and determining the possible improvement points.

Mechanical design of moving target Simulator for Targeting and Navigation POD which enables aircrafts operate in day and night conditions is realised in this thesis.

A Simulator with the capability of moving on yaw, pitch and roll axis to enable placing targets along the angle displacements on the movement axis of the POD's front unit.

Simulator's target moving area is formed to be total of 100 degrees symmetric in accordance with the instrument's roll axis and total of 140 degrees asymmetric in accordance with the instrument's pitch axis on a circle with a radius of 700 mm.

As the dimensions of the Simulator are quite significant, a weight distribution is considered during the design to enable the simulator move freely when all the units are loaded.

Necessary space to locate the POD safely and locating surface to keep it fixed during the tests is structured on the simulator and great importance for visibility is considered during the design period.

During all these work, literature research is done, design criteria functions and function parameters are determined, dimensional analysis is carried out, CAD drawings are prepared using PRO ENGINEER WILDFIRE and CATIA V5 R19 and force analysis is carried out using ANSYS WB in computer software.

Science Code : 914.1.090

Key Words : Moving target, target simulator, simulator design

Page Number : 76

Adviser : Yrd. Doç. Dr. Selim TÜRKBAS

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Yrd. Doç. Dr. Selim TÜRKBAS’ a, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Prof. Dr. Mahmut ÖZBAY’ a, Makine Yüksek Mühendisi Ali YETİM’ e, ASELSAN’ da görevli tüm çalışma arkadaşlarıma, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli eşim Ceren ÖZKAN ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. HEDEFLEME VE SEYRÜSEFER PODU	5
2.1. Genel Bilgiler	5
2.1.1. Kızılötesi görüntüleme.....	5
2.1.2. Çoklu hedef izleme	6
2.1.3. Stabilizasyon.....	6
2.1.4. Hedefleme, konum bulma ve platforma hizalama yetenekleri	6
2.1.5. Lazer mesafe ölçme / Lazer hedef işaretleyici.....	6
2.1.6. Lazer nokta izleme.....	7
2.1.7. Lazer aydınlatma birimi.....	7
2.1.8. Katı hal kayıt cihazı	7
2.1.9. Mekanik tasarım	7
2.2. Teknik Özellikler.....	7
2.3. Fiziksel Özellikler	8
3. KATI MODEL ÇALIŞMASI	9
3.1. Hedef Atma Alanı.....	9

Sayfa

3.2. Şase.....	20
3.3. Yükleme Mekanizması.....	25
3.4. Nihai Tasarımın Hedef Atma Alanının Katı Model Gösterimi.....	31
3.5. Renklendirme Çalışmaları.....	32
4. STATİK ANALİZ.....	35
4.1. Katı Model Hazırlama.....	35
4.2. Analiz Modüllerinin Belirlenmesi.....	37
4.3. Malzemelerin Tanımlanması.....	38
4.4. Analizin Yapılandırılması.....	39
4.5. Sonuçlar.....	50
4.5.1. Equivalent (von-mises) stress (MPa).....	50
4.5.2. Total deformation (mm).....	51
4.5.3. Directional deformation (X Axis).....	51
4.5.4. Directional deformation (Y Axis).....	52
4.5.5. Directional deformation (Z Axis).....	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR.....	56
EKLER.....	57
EK-1. ANSYS Program Çıktısı.....	58
EK-2. Tel Erezyon Yöntemi ile İmal Edilen Dişlinin Teknik Resmi.....	74
EK-3. Renklendirme Çalışmaları Sırasında Kullanılan Renk Kodları.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	76

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Hedef simülatörü çalışma prensibi (a) [1] ve hexapod (b) [3].....	1
Şekil 1.2. Wedge prism mekanizması: (a) sağdan görünüm, (b) soldan görünüm, (c) önden görünüm, (d) detaylı katı model gösterimi.....	2
Şekil 1.3. Stabilizasyon sisteminin etkisi: (a) yan eksen, (b) yükseliş eksen [4].....	3
Şekil 2.1. POD: (a) yandan görünüş, (b) arkadan görünüş	8
Şekil 3.1. Hedef atma alanı: (a) roll eksen, (b) pitch eksen	9
Şekil 3.2. Kanatçık yapısının katı model gösterimi (iç:1400 mm, dç:2110 mm)	10
Şekil 3.3. THK ray teknik resmi [8].....	11
Şekil 3.4. Ray takımının kanatçıklar üzerindeki katı model gösterimi	12
Şekil 3.5. Oturma kademesinin kanatçıklar üzerindeki katı model gösterimi	12
Şekil 3.6. Tel erezyon yöntemi ile imal edilen dişlinin katı model gösterimi	13
Şekil 3.7. Hareketli hedef taşıma arabasının katı model gösterimi - 1	14
Şekil 3.8. Hareketli hedef taşıma arabasının katı model gösterimi - 2	15
Şekil 3.9. Hareketli hedef taşıma arabasının katı model gösterimi - 3	16
Şekil 3.10. Kanatçıkların tahrik edildiği yaw eksenin katı model gösterimi	17
Şekil 3.11. Kanatçık tahrik takımının katı model gösterimi	18
Şekil 3.12. Kanatçık tahrik takımı sabitleme yüzeyinin katı model gösterimi	18
Şekil 3.13. Hedef atma alanı katı modelinin genel gösterimi	19
Şekil 3.14. Şase kesitinin katı model gösterimi	20
Şekil 3.15. Şase destek saclarının katı model gösterimi	21
Şekil 3.16. Şase üzerindeki tahrik takımı sabitleme yüzeyinin katı model gösterimi	22
Şekil 3.17. Yükseltmenin katı model gösterimi	23

Şekil	Sayfa
Şekil 3.18. Hedef atma alanı ve şase katı modelinin genel gösterimi.....	24
Şekil 3.19. Yükleme mekanizması katı modelinin genel gösterimi.....	25
Şekil 3.20. Taşıma kolonu, disk ve fil ayağının katı model gösterimi.....	26
Şekil 3.21. Yükleme mekanizması hareket eksenlerinin katı model gösterimi	27
Şekil 3.22. Taşıma kolonu, disk ve fil ayağının katı model gösterimi.....	28
Şekil 3.23. Merkezleme mekanizmasının katı model gösterimi	29
Şekil 3.24. Hedef atma alanı, şase ve yükleme mekanizması katı modelinin genel gösterimi.....	30
Şekil 3.25. Hedef atma alanı: (a) yandan görünüm, (b) arkadan görünüm, (c) üstten görünüm	31
Şekil 3.26. Renklendirme çalışması katı model gösterimi - 1.....	32
Şekil 3.27. Renklendirme çalışması katı model gösterimi - 2.....	32
Şekil 3.28. Renklendirme çalışması katı model gösterimi - 3.....	33
Şekil 3.29. Renklendirme çalışması katı model gösterimi - 4.....	33
Şekil 3.30. Renklendirme çalışması katı model gösterimi - 5.....	34
Şekil 4.1. Tahrik takımının katı model gösterimi	35
Şekil 4.2. Frictionless support uygulama yüzeylerinin katı model üzerinde gösterimi	36
Şekil 4.3. Ansys WB kullanıcı arayüzü	37
Şekil 4.4. Ansys WB static structural modülü arayüzü.....	37
Şekil 4.5. Ansys WB malzeme tanımlama arayüzü	38
Şekil 4.6. Ansys WB analiz ekranı genel görüntüsü.....	39
Şekil 4.7. Analiz ekranı malzeme atama arayüzü	40
Şekil 4.8. Analiz ekranı destek-2 ve bükümlü sac contact region gösterimi	41

Şekil	Sayfa
Şekil 4.9. Ansys WB analiz ekranı destek-2 ve adaptör parça contact region gösterimi.....	42
Şekil 4.10. Analiz ekranı destek-1 ve bükümlü sac contact region gösterimi	42
Şekil 4.11. Analiz ekranı destek-1 ve adaptör parça contact region gösterimi	43
Şekil 4.12. Analiz ekranı bükümlü sac ve adaptör parça contact region gösterimi ...	43
Şekil 4.13. Analiz ekranı katı model mesh yapısının gösterimi.....	44
Şekil 4.14. Analiz ekranı standart earth gravity uygulamasının gösterimi	45
Şekil 4.15. Analiz ekranı force 2: 1200 N uygulamasının gösterimi	46
Şekil 4.16. Analiz ekranı force: 3640 N uygulamasının gösterimi	47
Şekil 4.17. Analiz ekranı moment: 1,8491x10 ⁶ N.mm uygulamasının gösterimi	48
Şekil 4.18. Analiz ekranı frictionless support uygulamasının gösterimi	49
Şekil 4.19. Sonuç ekranı equivalent (von-mises) stress (MPa) gösterimi - 1	50
Şekil 4.20. Sonuç ekranı equivalent (von-mises) stress (MPa) gösterimi - 2	50
Şekil 4.21. Sonuç ekranı total deformation (mm) gösterimi.....	51
Şekil 4.22. Sonuç ekranı directional deformation (x axis) (mm) gösterimi.....	51
Şekil 4.23. Sonuç ekranı directional deformation (y axis) (mm) gösterimi.....	52
Şekil 4.24. Sonuç ekranı directional deformation (z axis) (mm) gösterimi	52

RESİMLERİN LİSTESİ

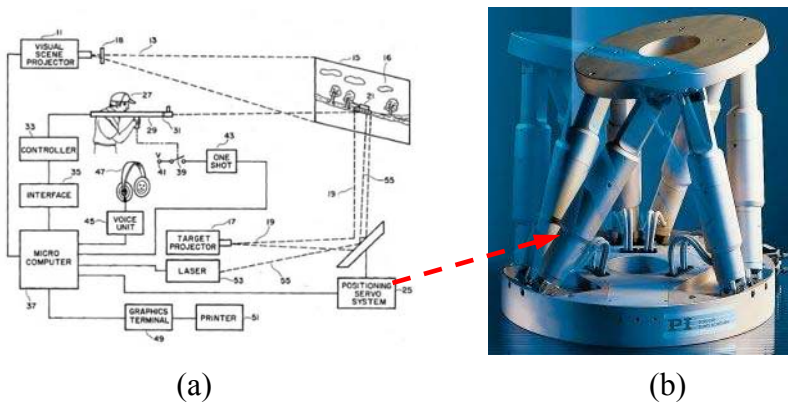
Resim	Sayfa
Resim 1.1. Stewart platformu.....	3
Resim 1.2. Doğrusal uzak alan hareket simülatörü.....	4

1. GİRİŞ

Hareketli hedef simülatörü ile ilgili günümüze kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde çoğunluğun savunma sanayine yönelik araştırmalar olduğu bir gerçektir. Bunun nedeni sürekli ilerleyen teknoloji sayesinde savunma sanayinde daha işlevsel ürünlerin yapılmasına imkan sağlanmasıdır. Bu kapsamda özellikle hedefleme ve görüntüleme birimlerinin doğruluğu ve hassasiyeti büyük önem arz etmektedir. Birçok mühendislik dalının ortak çalışması ile ortaya çıkartılan bu birimlerin isterlerinin belirlenmesi ve bu isterlerin kontrolünün yapılması bir ihtiyaç haline gelmiştir.

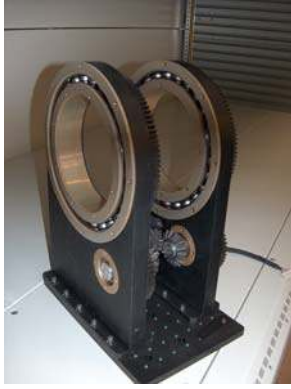
Albert H. Marshall ve Herbert C. Towle 1981 yılında yaptıkları “Burst On Target Simulation Device For Training With Rockets” başlıklı patent çalışmalarında hedef projektörü ile bir perde üzerine düşürdükleri görüntüyü perdeye yansıtmadan önce servo bir sistem üzerine düşürmüş ve görüntüye perde üzerinde hareket kabiliyeti kazandırmışlardır. Yine aynı servo sistemi kullanarak askeri bir silahın tetikleme sisteminin benzetimini yapmış ve perde üzerindeki hareketli görüntünün tetikleme anında isabet alıp almadığını mikro bilgisayar ve kontroller kullanarak ispatlamışlardır [1].

Benzer nitelikte bir çalışmada MI Technologies tarafından “Portable RF Target Simulator” başlığı altında yapılmıştır [2].

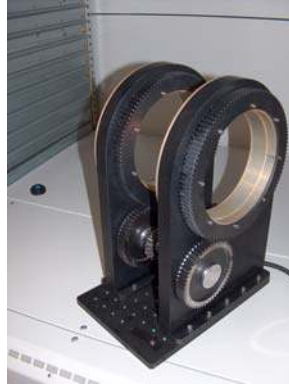


Şekil 1.1. Hedef simülatörü çalışma prensibi (a) [1] ve hexapod (b) [3]

Savunma sanayi firmalarının birçoğunda bu ihtiyaç geçtiğimiz yıllarda çoğunlukla belli yüzey açılara sahip 2 adet wedge prismin farklı yönlerle tahrik edilmesi ve üzerlerinden lazer geçirilmesi ile karşılanmıştır. Bu sistem bir veya birden fazla motor ile tahrik edilebilmektedir. Motor tahrik edildiğinde wedge prismler farklı yönde aynı devirde hareket etmeye başlarlar. Bu aşamada wedge prismlerin üzerinden geçecek şekilde sisteme sabit lazer tutulduğunda lazer noktası, merceklerin kırım açılarından dolayı yansıtıldığı yüzey üzerinde sekiz (8) hareketi yapmaktadır. Yüzey üzerindeki bu hareket ile hedefleme ve görüntüleme birimlerinin targeting özelliği kontrol edilebilmektedir.



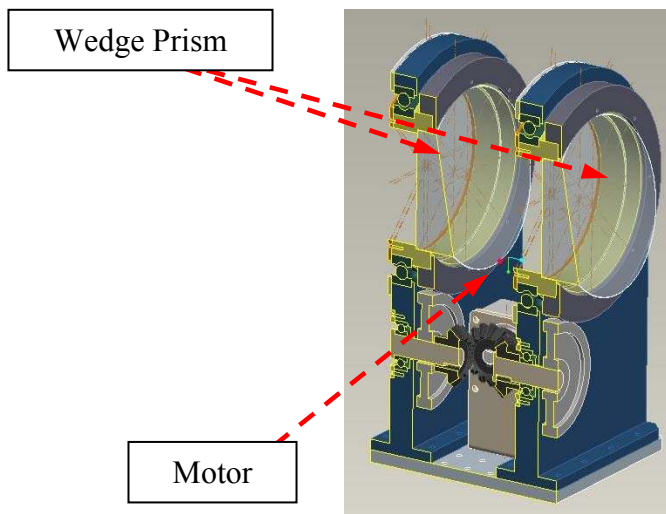
(a)



(b)



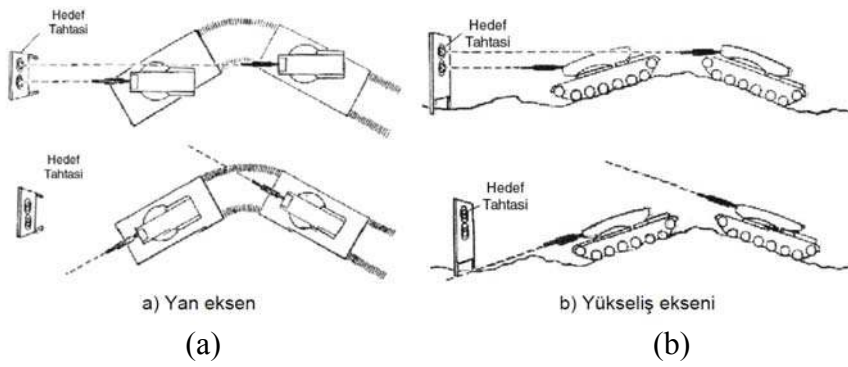
(c)



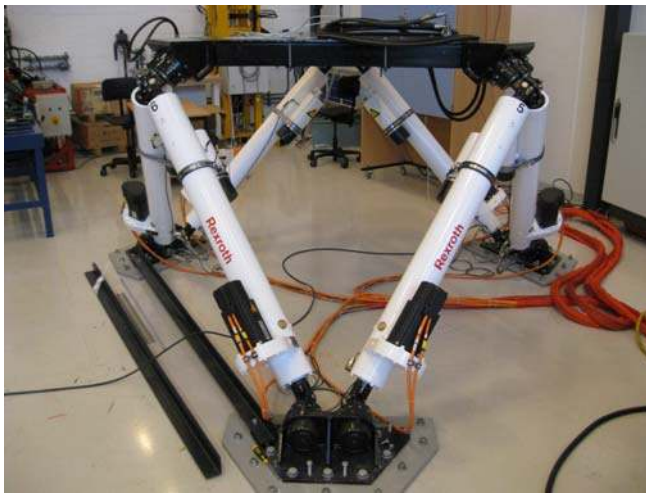
(d)

Şekil 1.2. Wedge prism mekanizması: (a) sağdan görünüm, (b) soldan görünüm, (c) önden görünüm, (d) detaylı katı model gösterimi

H. Ersel Öner, M. Burak Gürçan, İlhan Başçuhadar ve Tuna Balkan 2001 yılında II Ulusal Hidrolik ve Pnömatik Kongresi ve Sergisinde, “Hidrolik Simülatör Tasarımı” başlığı altında yaptıkları çalışmalarını paylaşmışlardır. Bu çalışma bir proje kapsamında tankın stabilizasyon testlerini yapmak için kullanılacak hidrolik simülatörünün tasarımını içermektedir. İki adet açısız hareket serbestliğine sahip bu simülatörün mekanik tasarımını I-DEAS® katı modelleme yazılımı ile yapmışlardır. Proje kapsamında belirtilen sistem gereksinimlerini kullanarak tasarlayıp imal ettikleri hidrolik simülatör ile tankın hareketi esnasında yerden gelen açısız hareketleri kuleye aktarmış ve kulenin stabilizasyon performansının laboratuvar ortamında benzetimini yapmışlardır [4].



Şekil 1.3. Stabilizasyon sisteminin etkisi: (a) yan eksen, (b) yükseliş eksenini [4]



(c)

Resim 1.1. Stewart platformu [5]

Robin Hausera, Michael Swampb ve Howard Havlicsekb “Modern Design of Far-Field Target Motion Simulators” başlığı altında yaptıkları çalışmalarında iki eksen (x-y) hedef simülatörü tasarlamışlardır. Hazırladıkları simülatörde hedefi x ve y eksenleri üzerinde lineer raylar ile yataklanmış barların üstünde hareket ettirmişlerdir [6].



Resim 1.2. Doğrusal uzak alan hareket simülatörü [6]

Bu tezde ülkemiz silahlı kuvvetlerinin envanterinde bulunan veya envanterine girecek olan birçok birimin daha güvenli, daha verimli çalışmasını sağlamak ve ilgili personel tarafından en kolay ve doğru şekilde kullanılmasına olanak tanıyabilmek için hareketli hedef simülatörü mekanik tasarımı yapılmıştır.

Yaptığımız çalışmada referans cihaz olarak F16 ve F4 uçaklarında kullanılan Hedefleme ve Seyrüsefer POD’ u baz alınmıştır. Bu birim pilota gece görüş ve hedefleme kabiliyeti sağlayacak termal kamera, pilotun görüş kabiliyetini artıracak yüksek büyütme gündüz kamera, lazer güdümlü mühimmatlara uygun işaretleme yapabilecek ve pilota hedef mesafe bilgisi iletecek lazer hedef işaretleme ve mesafe ölçme cihazı, müşterek hareketlerde kullanılmak üzere lazer aydınlatma birimi, hedef koordinat ve yönelim bilgilerini yüksek hassasiyetle belirlenebilmesi için ataletsel ölçme birimi gibi üniteleri ve özellikleri içermektedir [7].

2. HEDEFLEME VE SEYRÜSEFER PODU

2.1. Genel Bilgiler

Savaş uçakları için tasarlanmış yeni nesil, çok algılayıcılı hedefleme POD' u dur. POD her biri gelişmiş özelliklere sahip aşağıdaki birimleri ve yetenekleri bünyesinde barındırmaktadır [7]:

- Yüksek Çözünürlüklü, 3. nesil Termal Kamera.
- Lazer Mesafe Bulucu / Hedef İşaretleyici.
- Lazer Nokta İzleme Birimi.
- Lazer Aydınlatma Birimi.
- Gelişmiş Otomatik Video Hedef İzleyici Sayesinde Çoklu Hedef Takibi.
- Termal ve Gündüz Kameraları Videolarında Aynı Anda Takip Yapabilme.
- Termal / Gündüz Videosu Kayıt Edebilme.
- Gelişmiş Görüntü İşleme Algoritmaları.
- Hedefe Ait Hassas Coğrafi Konum Bilgilerini Hesaplayabilme.
- Gelecekteki İlave Görev İsterleri İçin Genişleme İmkânı.

2.1.1. Kızılötesi görüntüleme

POD, termal kamerasında 3. nesil 3-5 mikron bandında çalışan 640x512 piksellik dedektör kullanılmaktadır. Termal kameranın, süper geniş, geniş ve dar olmak üzere üç ayrı bakış açısı vardır [7].

Süper geniş bakış açısı seyrüsefer yeteneğini artırdığı gibi incelenen alanın genel yapısı hakkında daha fazla bilgi edinilmesini sağlamaktadır. Termal kameradan detaylı kızılötesi görüntünün elde edilebilmesi için gerçek zamanlı gelişmiş görüntü işleme algoritmaları kullanılmaktadır. Böylece, POD' un menzil performansı belirgin şekilde artırılmaktadır [7].

2.1.2. Çoklu hedef izleme

POD, hem video hem de ataletsel izleme yeteneğine sahiptir. Termal ve gündüz kamerası videoları üzerinden nokta ve alan izleme yeteneği bulunmaktadır [7].

Hedefin karakteristiğinin ani değişimlerinde veya kaybolması durumunda, sistemin hedefin üzerinde kalabilmesi için ataletsel izleyici bulunmaktadır. POD, aynı anda dört hedefe kadar takip yapabilmektedir [7].

2.1.3. Stabilizasyon

POD ön bölümü içerisindeki dört eksenli gimbal altyapısı sayesinde, üzerinde bulunan algılayıcı birimler için hassas stabilizasyon sağlamaktadır. Böylelikle bakış hattı, zorlu uçuş şartlarında dahi sabitlenmektedir [7].

2.1.4. Hedefleme, konum bulma ve platforma hizalama yetenekleri

POD, platform seyrüsefer verisini, dâhili ataletsel ölçüm biriminin verisi ile birleştirerek, geliştirilen özel seyrüsefer algoritmaları ile hedefin yerini, rotasını ve hızını çok hassas olarak tespit edebilmektedir. Hizalama kaçıklıklarını gideren özel hizalama algoritmaları ile POD kendisini platform ile uçuş sırasında otomatik olarak hizalar, yapısal esnemelerin hedef koordinatı tespitindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırır [7].

2.1.5. Lazer mesafe ölçme / Lazer hedef işaretleyici

POD çift dalga boyunda çalışan diyot pompalı lazer kullanmaktadır. Göze zararsız 1570 nm ve savaş modunda kullanılabilen 1064nm dalga boylarında çalışan lazer birimi ile yüksek irtifalarda hassas menzil bilgisi sağlanabilmektedir. Lazer birimi ile NATO PRF kodları kullanılarak hedefler işaretlenebilmektedir [7].

2.1.6. Lazer nokta izleme

İçerisindeki lazer nokta izleme birimi ile POD harici lazer kaynakları ile aydınlatılan hedefleri, kilitlenerek izleyebilmektedir [7].

2.1.7. Lazer aydınlatma birimi

POD, hedeflerin lazer ile aydınlatılarak operasyon alanında bulunan farklı unsurlara gösterilebilmesi için gece görüş uyumlu lazer aydınlatma birimine sahiptir [7].

2.1.8. Katı hal kayıt cihazı

Kızıl ötesi ve gündüz görüş videolarının güvenli şekilde kaydedilmesi için katı hal kayıt cihazı mevcuttur [7].

2.1.9. Mekanik tasarım

POD' un yapısı, modern jet uçaklarının maruz kaldığı zorlu uçuş koşullarına dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Üzerinde bulunan çevresel iklimlendirme birimi, içerisinde soğutucu olarak hava kullanan buhar döngülü soğutma sistemine sahiptir [7].

2.2. Teknik Özellikler

- Termal Kamera [7].
 - ✓ Termal Kamera Çalışma Dalga Boyu Orta Dalga, 3 - 5 μm
 - ✓ Termal Kamera Sayısal Büyütme, 2x, 4x, 8x
 - ✓ Termal Kamera Bakış Açıları
 - Geniş : 28° x 21°
 - Orta : 4° x 4°
 - Dar : 0.8° x 0.8°
- Gündüz Kamera [7].

✓ Gündüz Kamera Bakış Açıları

Geniş : $4^\circ \times 4^\circ$

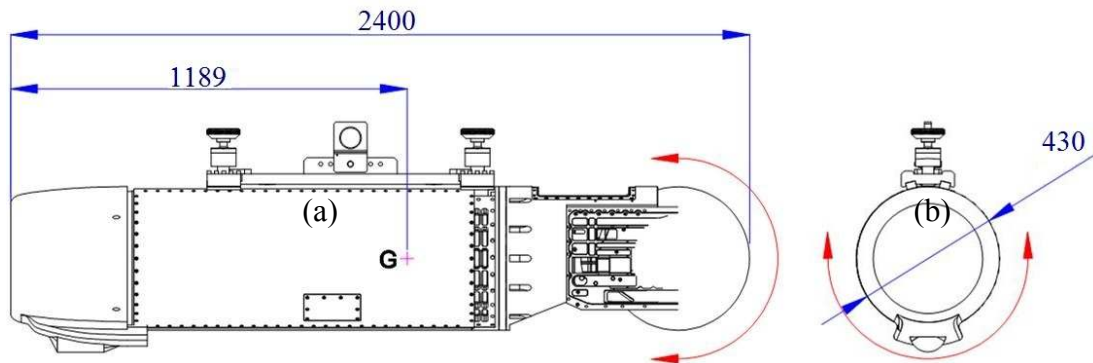
Dar : $0.8^\circ \times 0.8^\circ$

✓ Gündüz Kamera Sayısal Büyütme, 2x, 4x, 8x

- Video Çıkışı Formatı : Analog Video Çıkışları (RS-170) [7].
- Video İzleme : 4 Hedefe Kadar Çoklu Hedef İzleme [7].
- Dalga boyu : 1064nm and 1570nm [7].
- Maksimum Menzil ve Çözünürlük : 25km, $\pm 5m$ [7].
- Lazer Nokta İzleme Dalga Boyu : 1064nm [7].
- Lazer İşaretleyici Dalga Boyu : 808nm [7].
- Platform Arayüzü : MIL-STD-1553 [7].

2.3. Fiziksel Özellikler

- Ağırlık : 220 kg [7].
- Boyutlar :
 - ✓ Boy : 240cm [7].
 - ✓ Çap : 43cm [7].



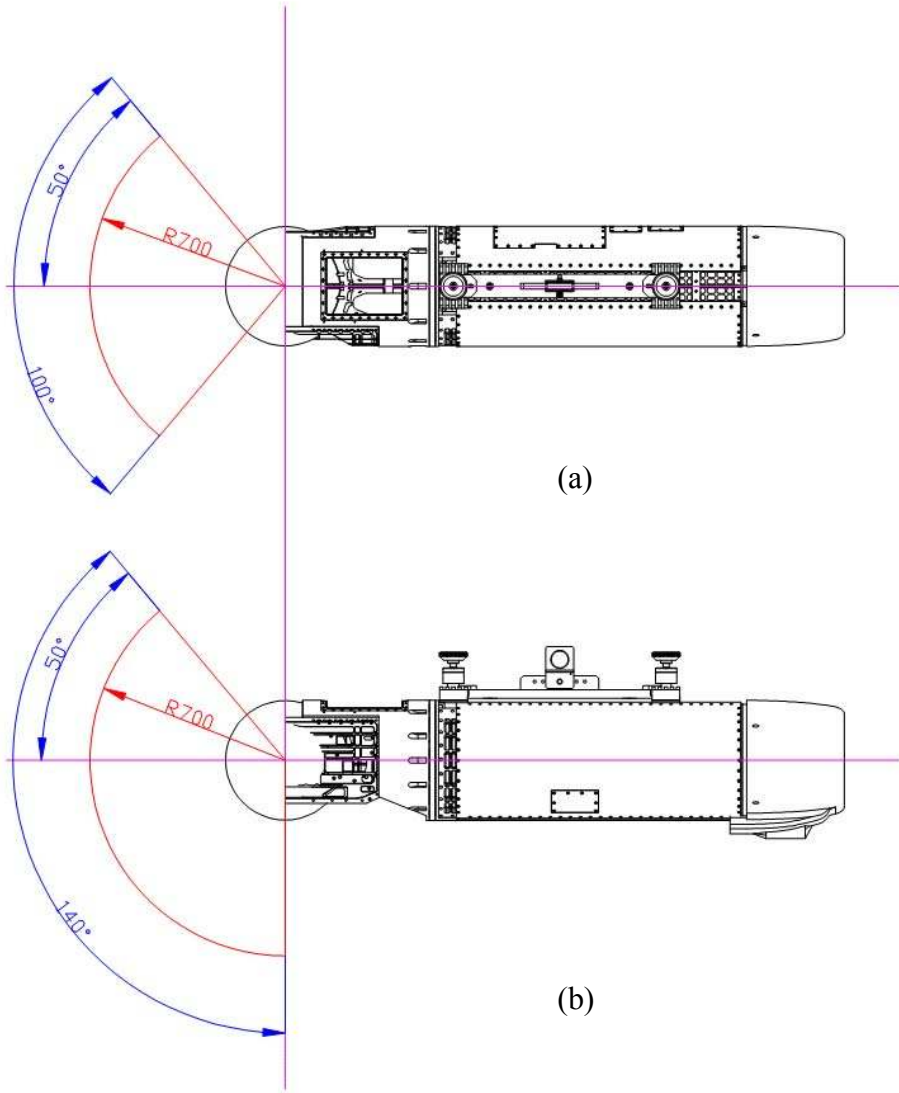
Şekil 2.1. POD: (a) yandan görünüş, (b) arkadan görünüş

- Buhar Döngülü Soğutma Sistemi ve Hava Soğutmalı [7].

3. KATI MODEL ÇALIŞMASI

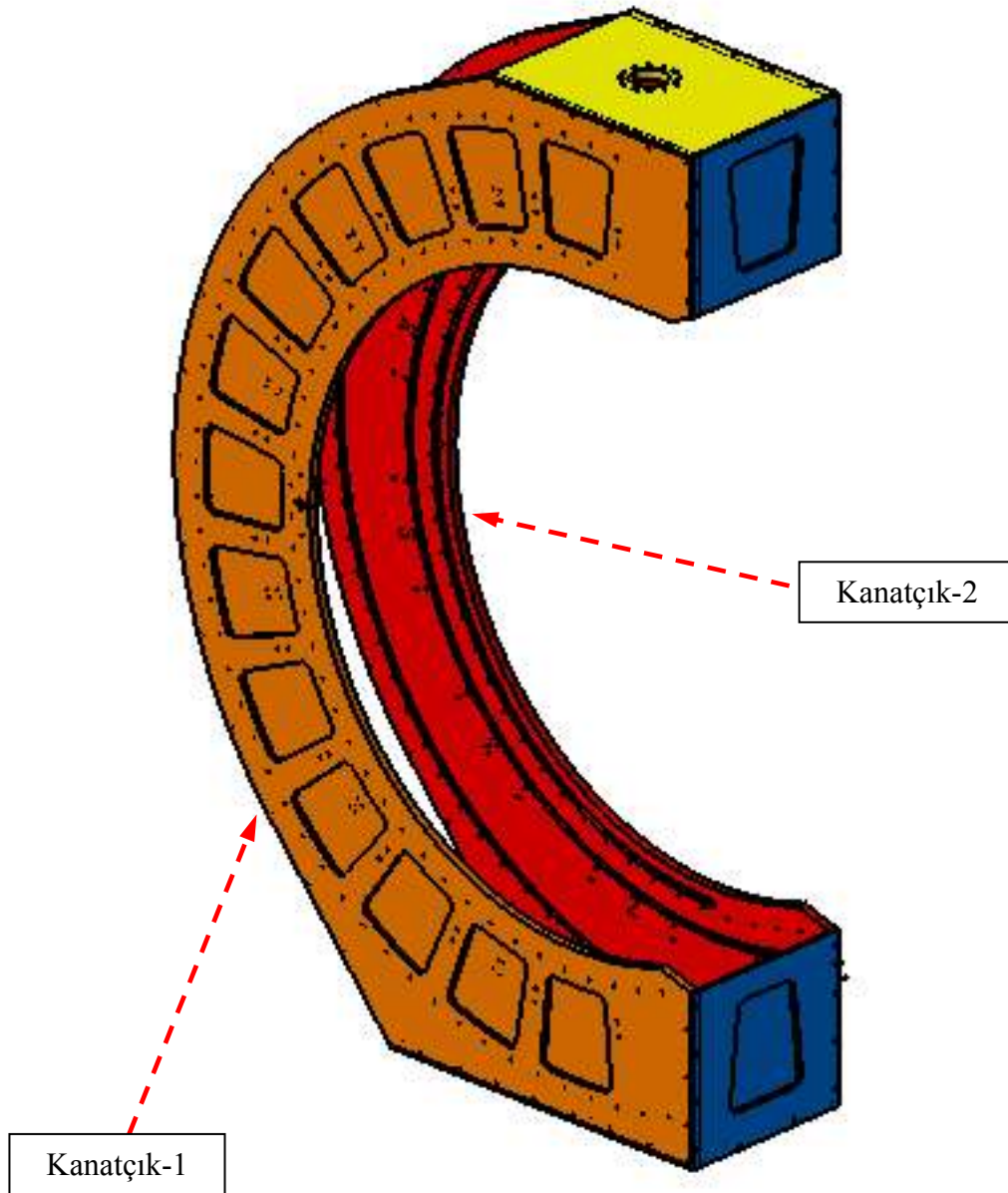
3.1. Hedef Atma Alanı

Tasarım kriteri olarak simülatörün hedef atma alanı 650 mm ile 800 mm arası yarıçapa sahip bir çember üzerinde, POD' un roll eksenine göre simetrik olacak şekilde toplam 100 derece ve POD' un pitch eksenine göre asimetrik olacak şekilde de toplam 140 derece olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Hedef atma alanı: (a) roll eksen, (b) pitch eksen

POD' un ön biriminin hareket eksenlerindeki açı aralıkları boyunca hedef atabilmek için yaw, pitch ve roll eksenlerinde hareket kabiliyetine sahip simülatör tasarlanmış ve iç çap 1400 mm, dış çap 2110 mm olacak şekilde iki kanatçık yapılandırılmıştır.



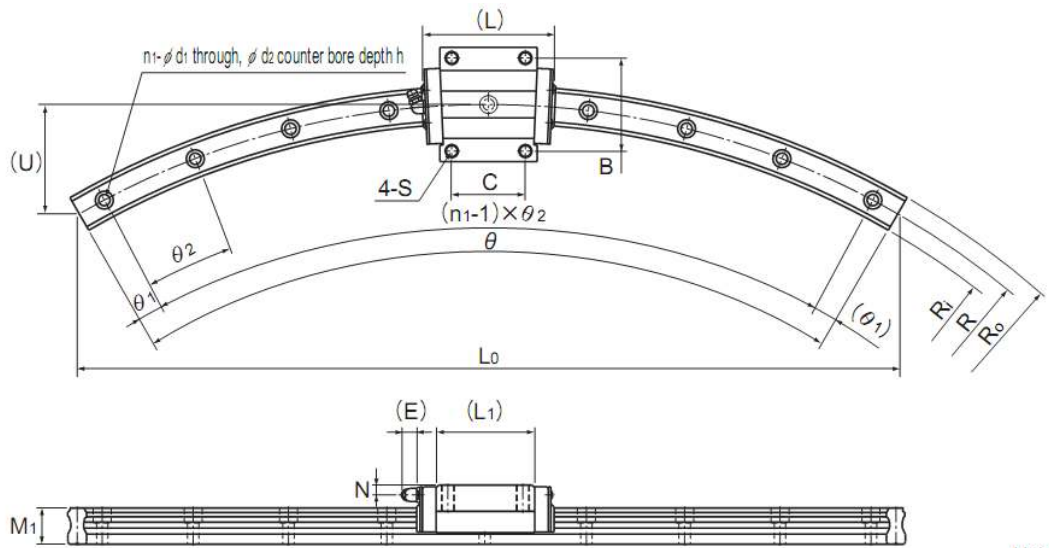
Şekil 3.2. Kanatçık yapısının katı model gösterimi (iç:1400 mm, dç:2110 mm)

Birbirlerinin simetrik modeli olan bu iki kanatçıgın üst ve yanal yüzeylerinden kesilmeler yapılarak platformu hareketlendirmek için kullanılacak olan mekanizmalar için referans yüzeyler oluşturulmuştur.

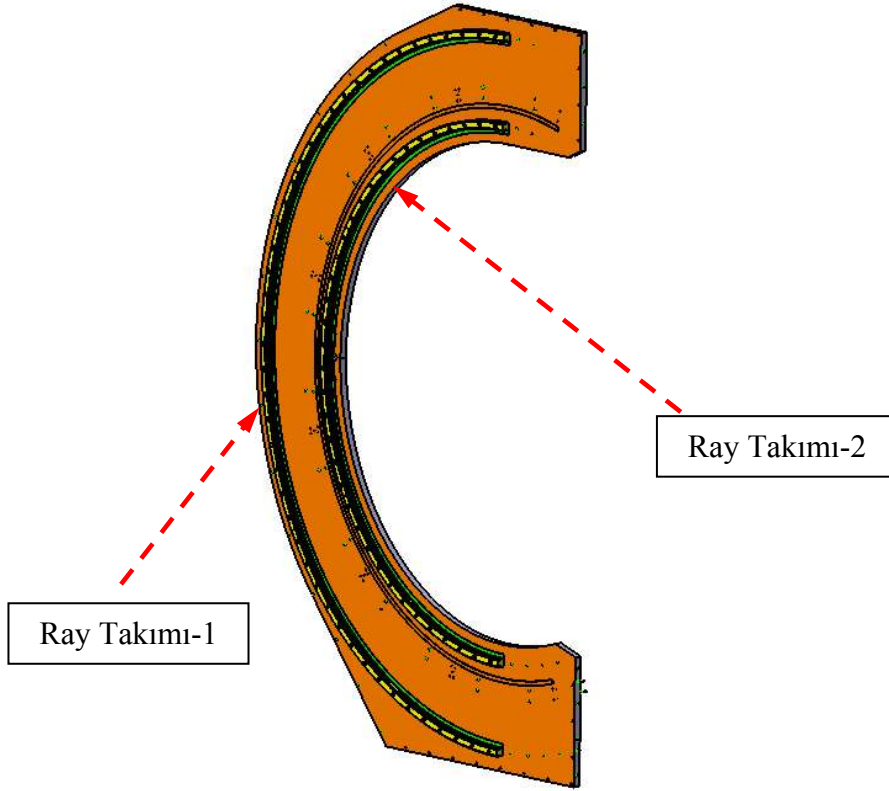
Sarı ve mavi renkte modellenmiş parçalar ile kanatçıkların birbirleri ile bağlantısı yapılmaktadır (Şekil 3.2.). Bu bağlantı sırasında pimler ve silindirik alyan başlı civatalar kullanılmıştır.

Kanatçıkların üzerinde boşaltmalar yapılarak yapı mümkün olduğunca hafifletilmiştir. Bu hafiflik genel sistemin stabilizasyonunu ve montajını önemli ölçüde kolaylaştırmıştır.

Kanatçıkların iç yüzeylerinde aynı merkezli bir çap üzerinde yürüyen hareketli hedef taşıma arabası ile platforma pitch ekseninde hareket kabiliyeti kazandırılması planlanmıştır. Taşıma arabasının kanatçıklar üzerine yataklanması için; iç çap 1477 mm, dış çap 1523 mm ve iç çap 1977 mm, dış çap 2023 mm olacak şekilde iki tip ray kullanılmıştır (Şekil 3.3.).

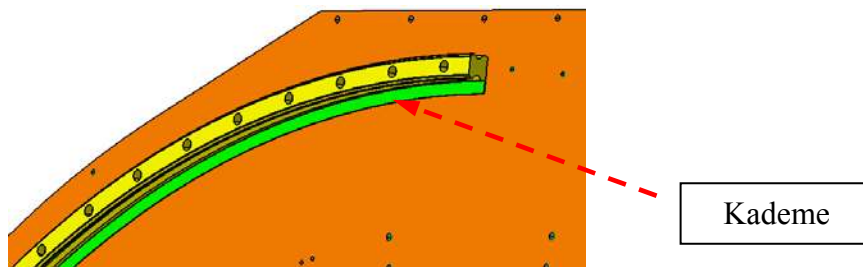


Şekil 3.3. THK ray teknik resmi [8]



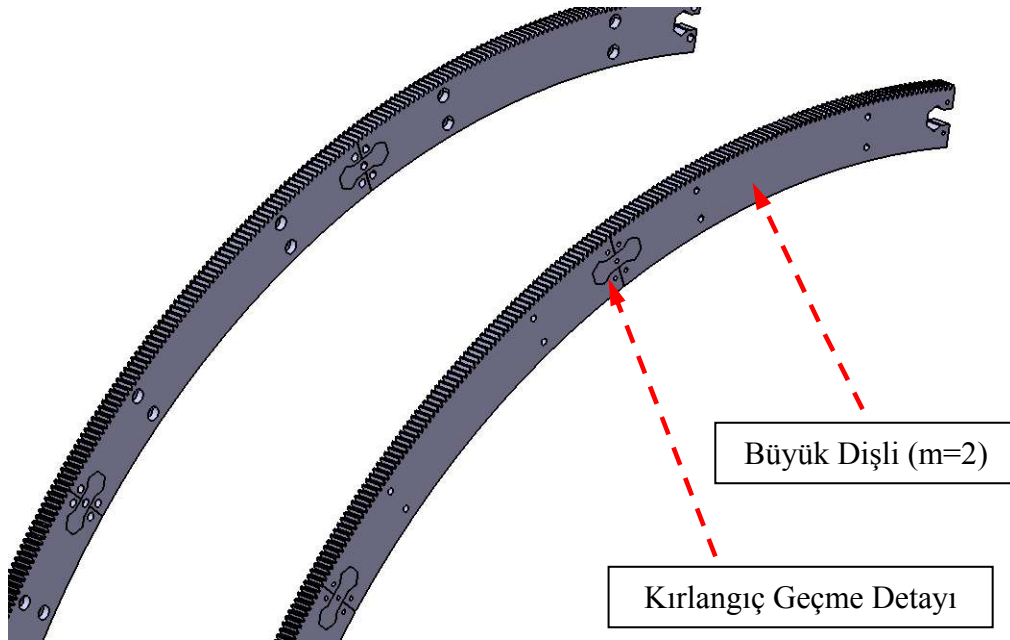
Şekil 3.4. Ray takımının kanatçıklar üzerindeki katı model gösterimi

Ray takımlarının her iki kanatçığa montajını kolaylaştırmak ve vida boşluklarından kaynaklanacak çarpılmaları önlemek amacıyla montaj sırasında kullanılmak üzere her iki ray takımının iç çapları büyüklüğünde (738.5 mm ve 988.5 mm) dış yarıçap değerine sahip oturma kademeleri hazırlanmıştır. Bu kademeleri kullanarak montajı yapılan ray takımlarının salgısı oldukça düşmekte ve kontrol edilebilir hale gelmektedir.



Şekil 3.5. Oturma kademelerinin kanatçıklar üzerindeki katı model gösterimi

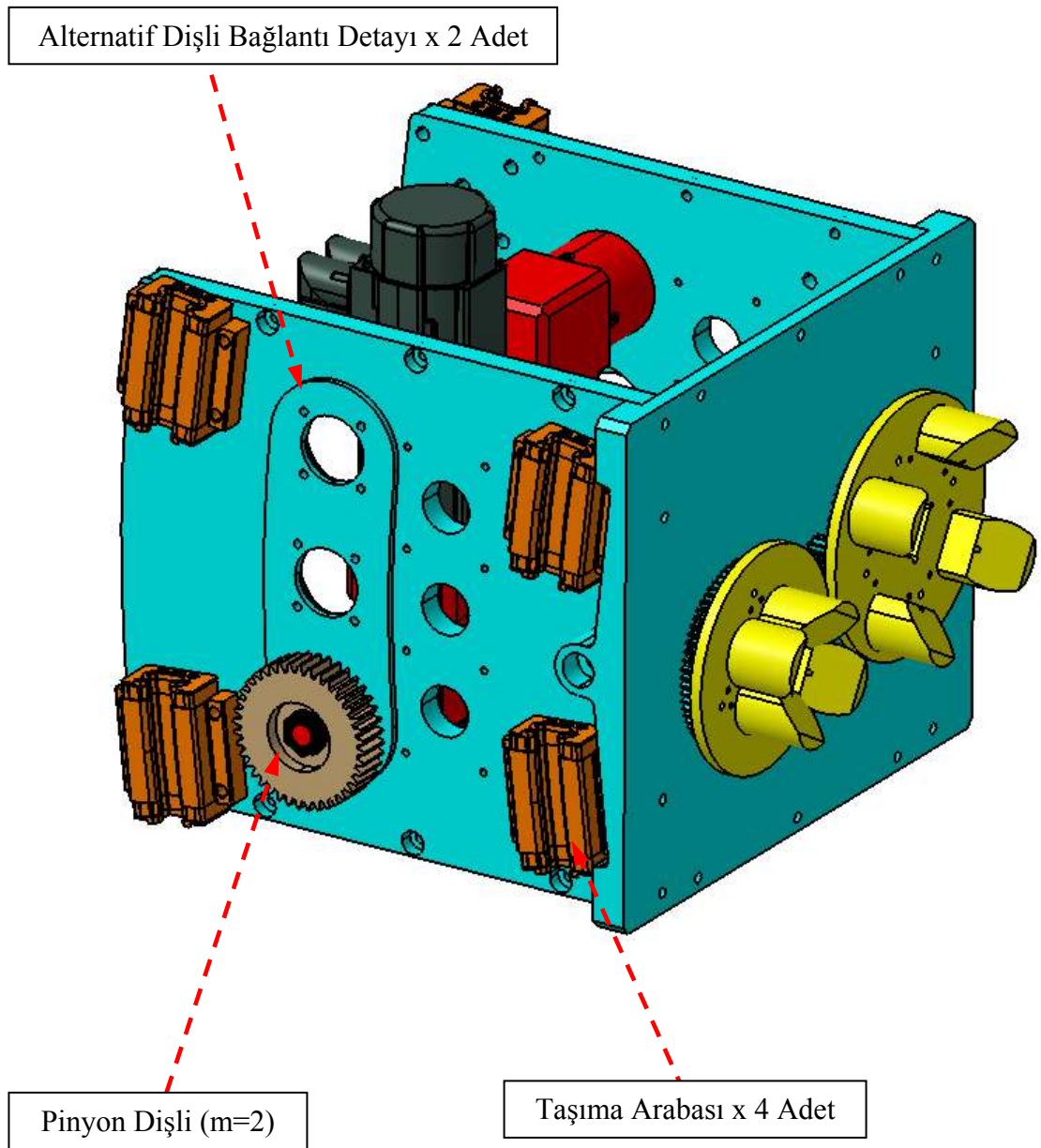
Raylar ile yataklanmış olan hareketli hedef taşıma arabasına kanatçıklar üzerinde hareket kabiliyeti kazandırabilmek için 1728 mm bölüm dairesi çapına sahip büyük dişli kullanılması planlanmıştır ($m=2$) (Şekil 3.6.). Ancak bu dişlinin ülkemiz mevcut savunma sanayi tedarikçi firmaları tarafından imal edilmesi mümkün olamamıştır. Yurt dışı tedarikçilerle iletişime geçilmiş ama maliyetlerin çok yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun üzerine alternatif bir çalışma yapılarak kırlangıç geçme yapısına sahip, tel erezyon tezgahı ile parçalı dişli imalatı yapılmasına karar verilmiştir.



Şekil 3.6. Tel erezyon yöntemi ile imal edilen dişlinin katı model gösterimi

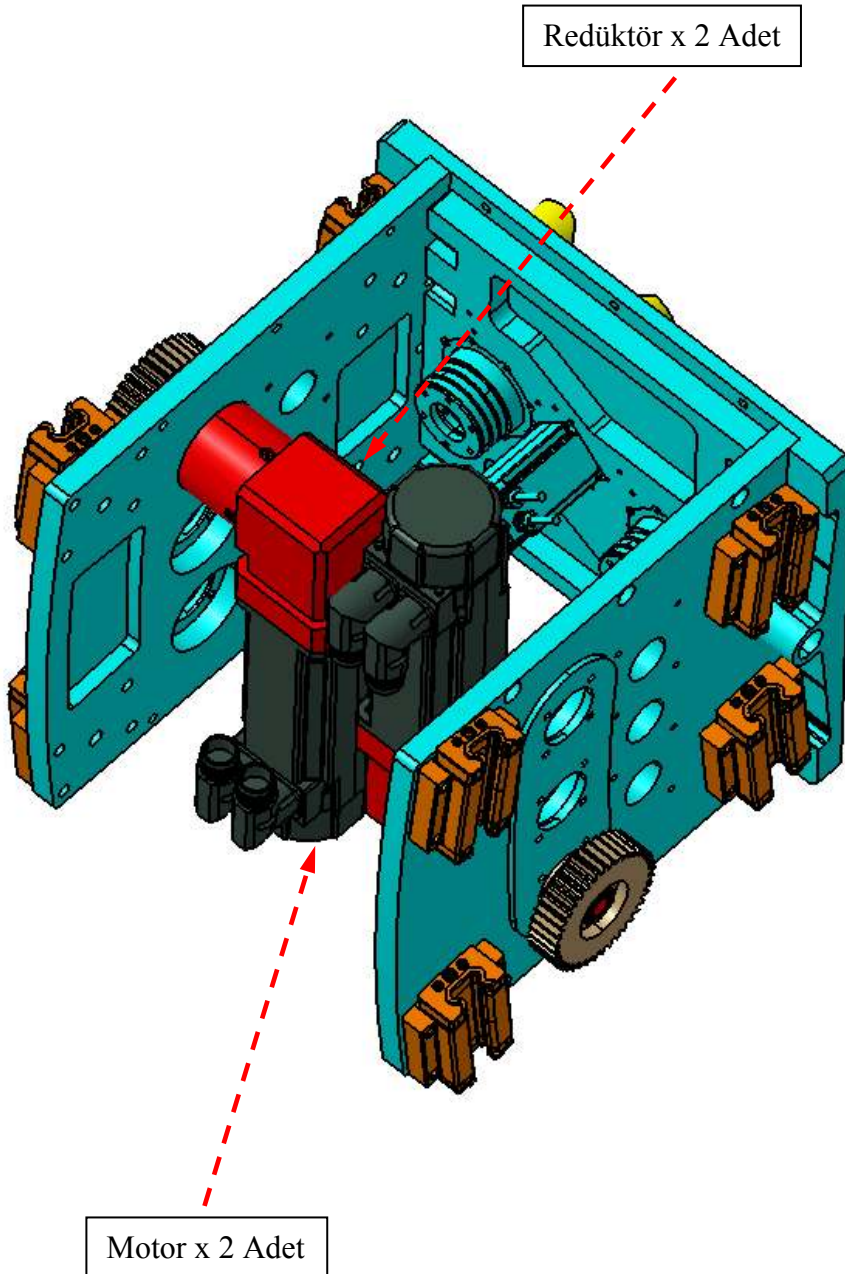
Dişli takımlarının her iki kanatçığa montajını kolaylaştırmak ve vida boşluklarından kaynaklanacak çarpılmaları önlemek amacıyla montaj sırasında kullanılmak üzere her iki dişli takımının iç çaplarının oturacağı konumlara pim detayları verilmiştir. Dişliler kırlangıç geçme ile montaj edildikleri için 2 noktadan pim detayı verilmesi yeterli olmuştur. Bu dişlilerin kanatçıklar üzerine montajının ardından yataklama için kullanılan rayların montajı yapılacaktır. Rayların montajı sırasında dişli takımlarının iç çapı referans yüzey olarak kabul edilecek ve raylar üzerindeki arabalara bağlanan komparatörler aracılığı ile raylarda kademe kullanılarak azaltılan salgı daha da aşağıya çekilecektir.

Hareketli hedef taşıma arabasının tasarımı sırasında yan plakaların üzerine, yataklama raylarında yürüyecek olan taşıma arabalarının ve kanatçık üzerindeki büyük dişli de yürüyecek olan pinyon dişlinin bağlantı detayları verilmiştir. Dişli sayısının ihtiyaca göre artabileceği hesaba katılarak alternatif olarak tek plaka üzerinde ekstra 2 dişli bağlantı detayı daha kullanılmıştır (Şekil 3.7.).



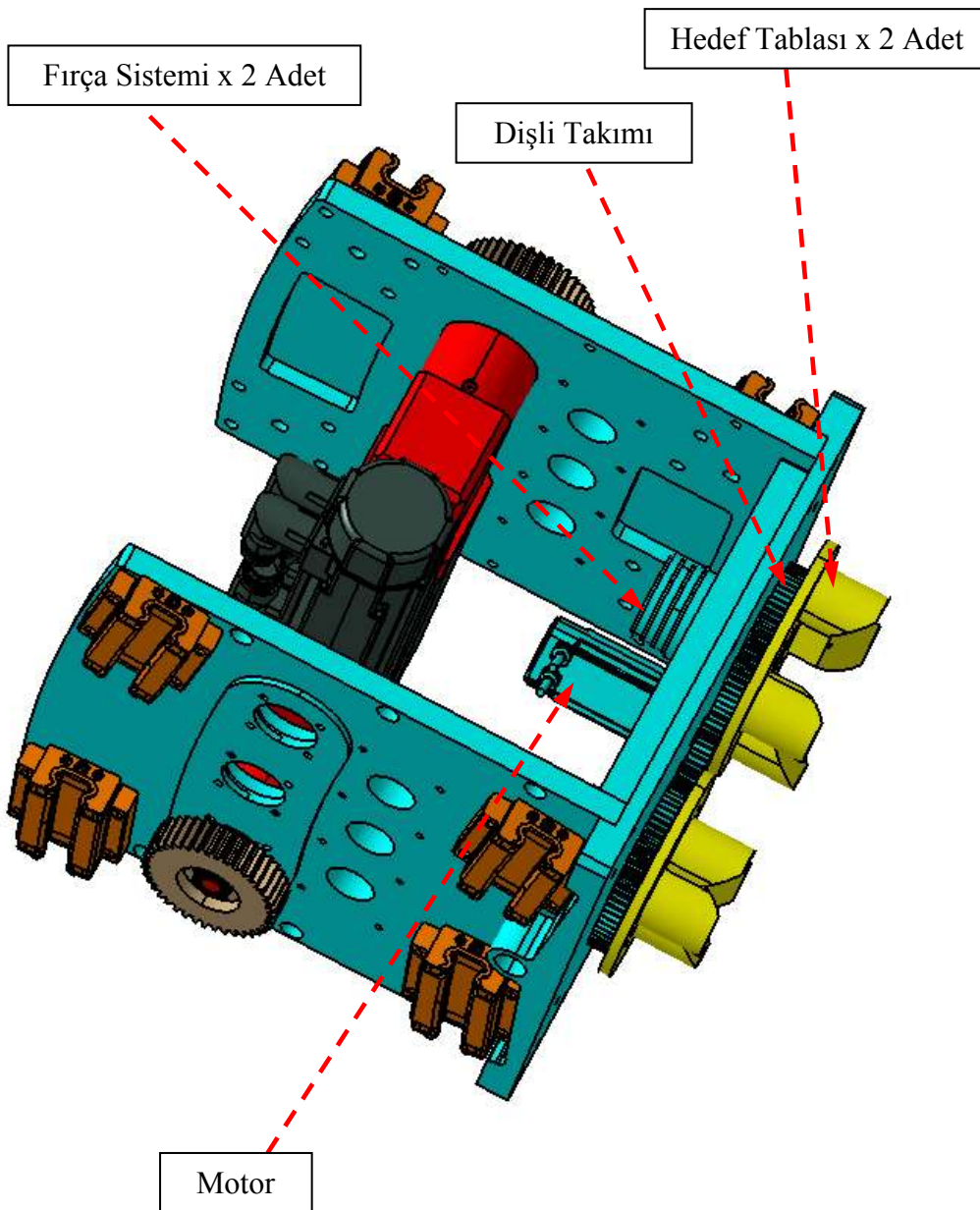
Şekil 3.7. Hareketli hedef taşıma arabasının katı model gösterimi - 1

Taşıma arabasının yan plakaları üzerindeki 2 adet pinyon dişli ($m=2$), DANAHER Firmasının ürünü olan AKM33X-ANC2R-00 kodlu motor ve WPLE60-2-AKM33 kodlu redüktör çifti ile hareket ettirilmektedir (Şekil 3.8.).



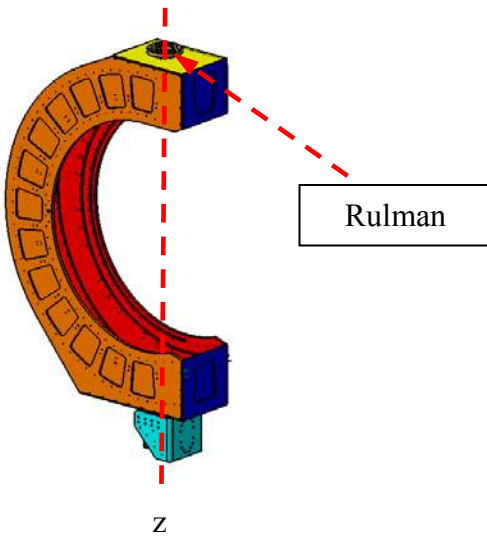
Şekil 3.8. Hareketli hedef taşıma arabasının katı model gösterimi - 2

Taşıma arabasının ön plakası üzerine yerleştirilen hedefler ve hedef dişli takımı ile platforma roll ekseninde hareket kabiliyeti kazandırılması planlanmıştır. Dişli takımında 3 farklı çapta dişli yer almaktadır ($m=2$). Bu takıma DANAHER Firmasının ürünü olan AKM12X-ANCNR-00-AF0 kodlu motor ile hareket verilmektedir. Tüm dişliler yüksek hassasiyetli rulmanlar ile yataklanmıştır. Yerleştirilen hedeflerin tüm özelliklerinin kullanılması amacıyla bağımsız fırça sistemi tasarlanmıştır (Şekil 3.9.).

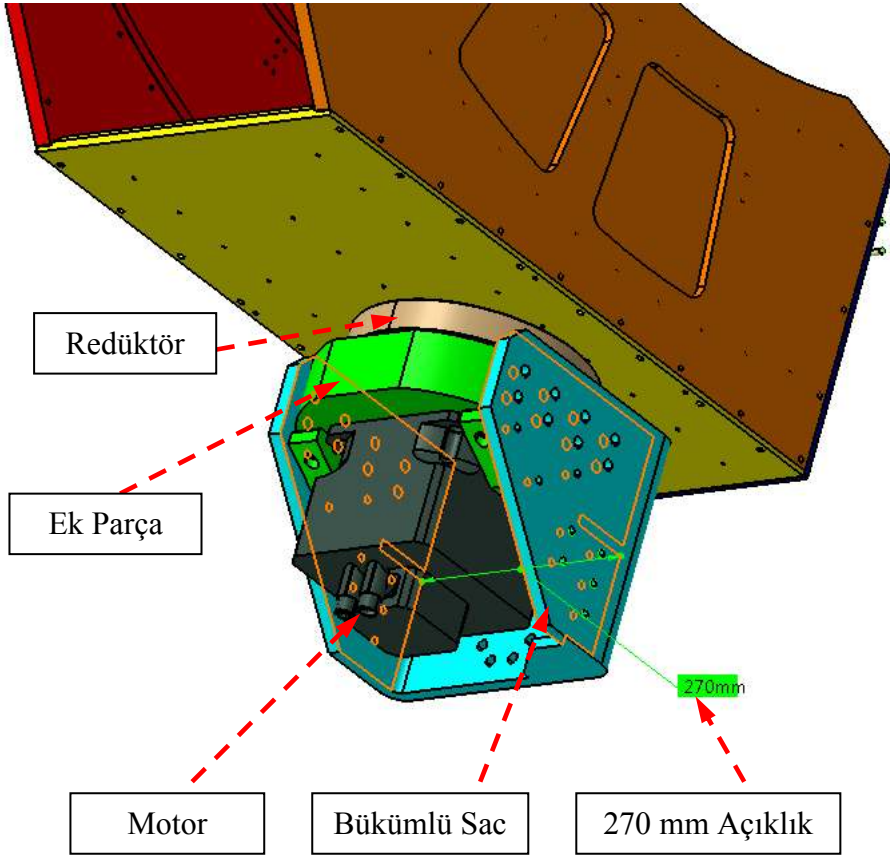


Şekil 3.9. Hareketli hedef taşıma arabasının katı model gösterimi - 3

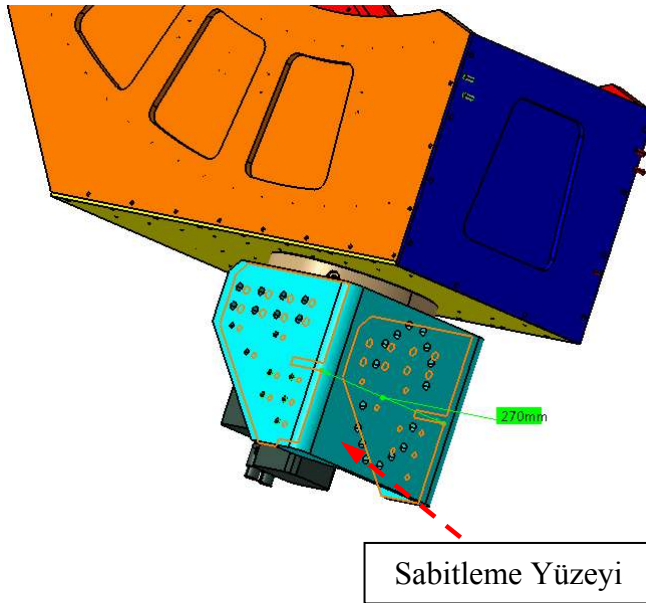
Kanatçıkların merkezine POD' un yerleştirildiği varsayılarak platforma yaw ekseninde hareket kabiliyeti kazandırılması planlanmıştır. Kırmızı renkte kesik çizgi ile gösterilen eksenle hareket DANAHER Firmasının ürünü olan DBK7N01950-AF0 kodlu motor ile sağlanmaktadır (Şekil 3.10.). Harekete hassasiyet kazandırabilmek için motorun ön kısmında SUMITOMO Drive Technologies Firmasının F1C-A45G-024-AF0 kodlu redüktörü kullanılmıştır (Şekil 3.11.). Bu redüktörün bağlantı arayüzü ile motor arayüzü uyuşmadığından redüktör motor bağlantısı için ek parça tasarlanmıştır. Kullanılan motor ve redüktör çiftinin toplam ağırlığının yaklaşık 120 kg olması, kanatçıkların ve taşıma arabasının ağırlığının motor ve redüktör çiftinin üzerinde olması sebebiyle ilgili montaj birimini tutmak için 16 mm çelik sac bükülmüştür. Bu sac geometrisi gerekli mukavemeti sağladığı için uygun görülmüş ve değerlendirme aşamasına Statik Analiz başlığı altında yer verilmiştir. 2 büküm arasındaki 270 mm mesafe merkezleme için çok önemlidir (Şekil 3.11.). Dolayısıyla bu açıklık imalat resimlerinde 266 mm olarak verilmiş daha sonra tezgahta orta eksenindeki deliklerin sıfırı alındıktan sonra yan yüzeyler silinerek 270 mm ye çıkarılmıştır. Sacın arka yüzeyi sistemi hareketlendirmek için ihtiyaç duyulan sabitleme yüzeyi olacak şekilde tasarlanmıştır. Platformun üst kısmından yataklama yapabilmek için sarı renkli kanatçık bağlantı parçası üzerinde THK Firmasının ağır yüklerde kullanılan RU 148X kodlu ürünü olan rulman (cross-roller ring) kullanılmıştır (Şekil 3.10.).



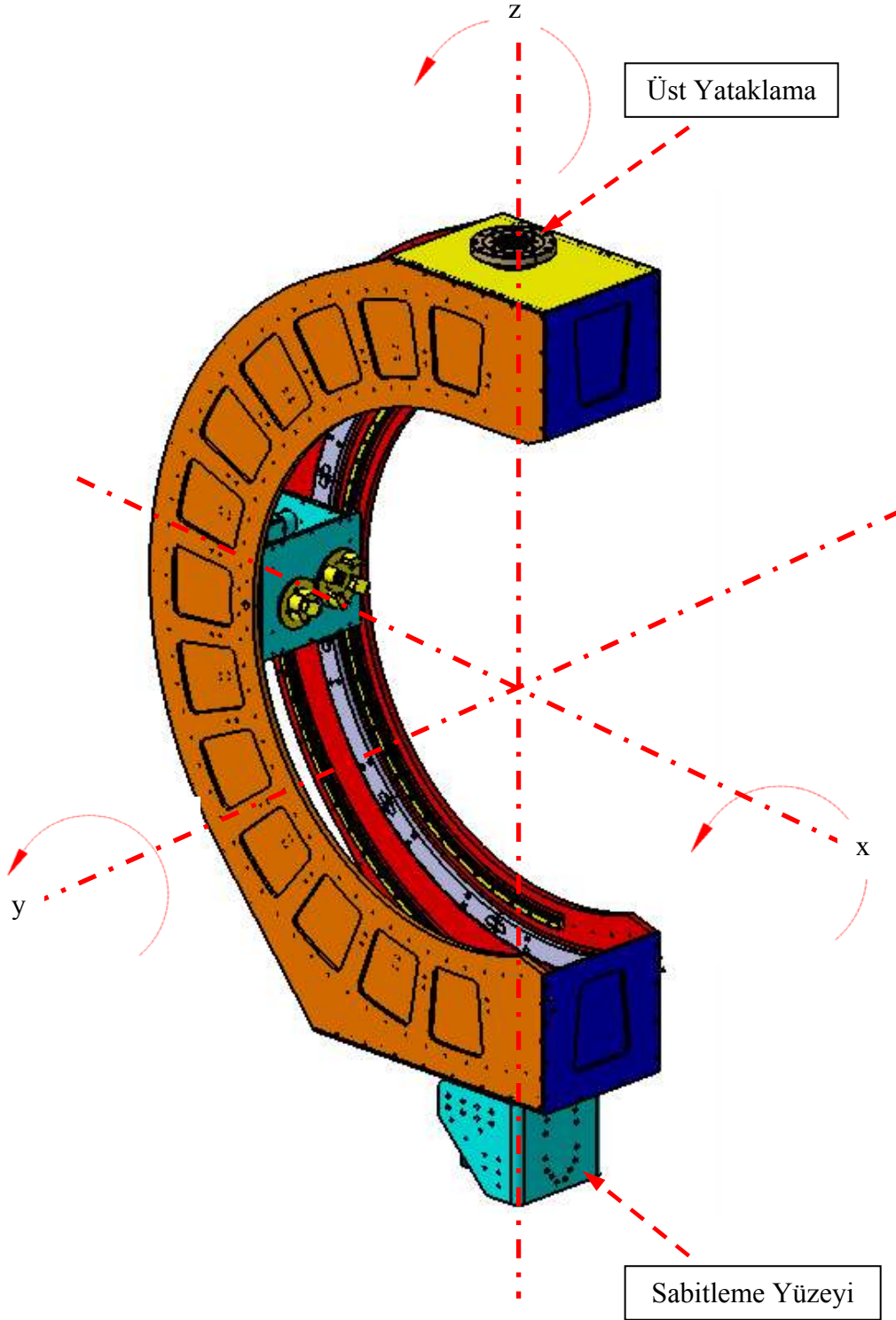
Şekil 3.10. Kanatçıkların tahrik edildiği yaw eksenin katı model gösterimi



Şekil 3.11. Kanatçık tahrik takımının katı model gösterimi



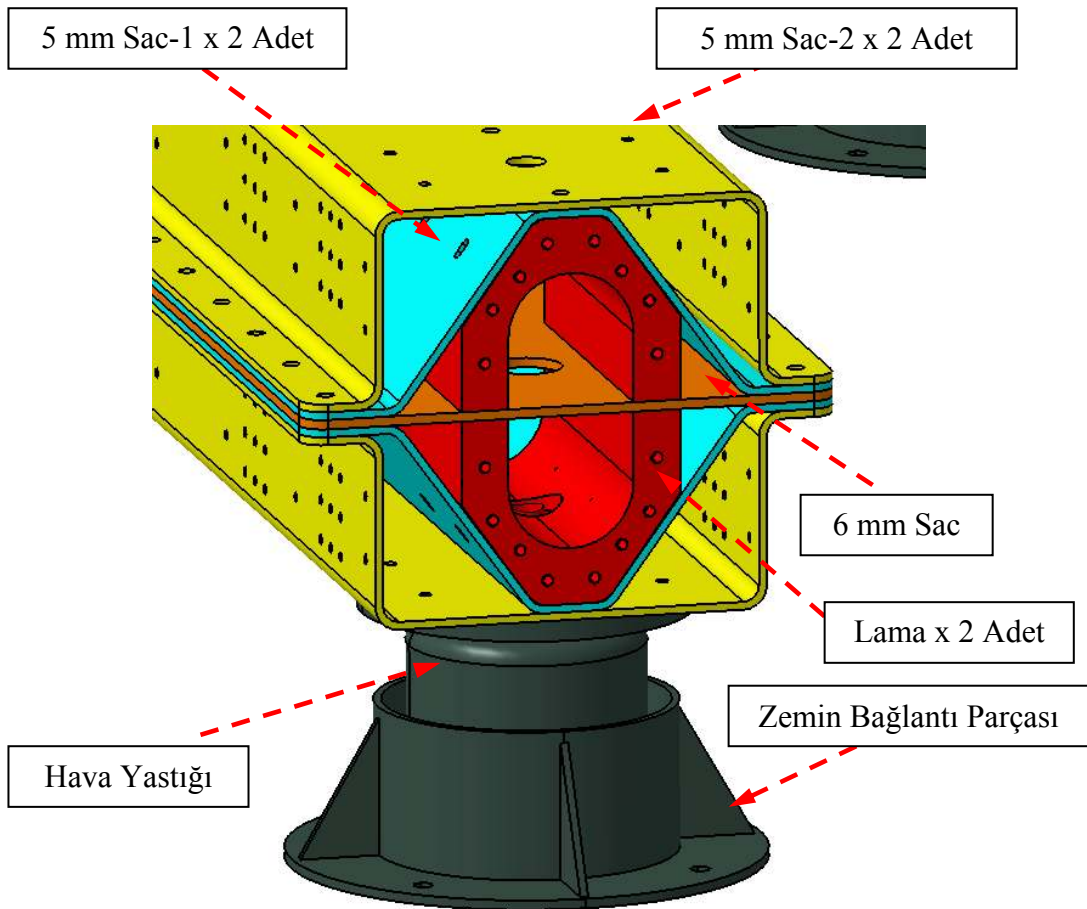
Şekil 3.12. Kanatçık tahrik takımı sabitleme yüzeyinin katı model gösterimi



Şekil 3.13. Hedef atma alanı katı modelinin genel gösterimi

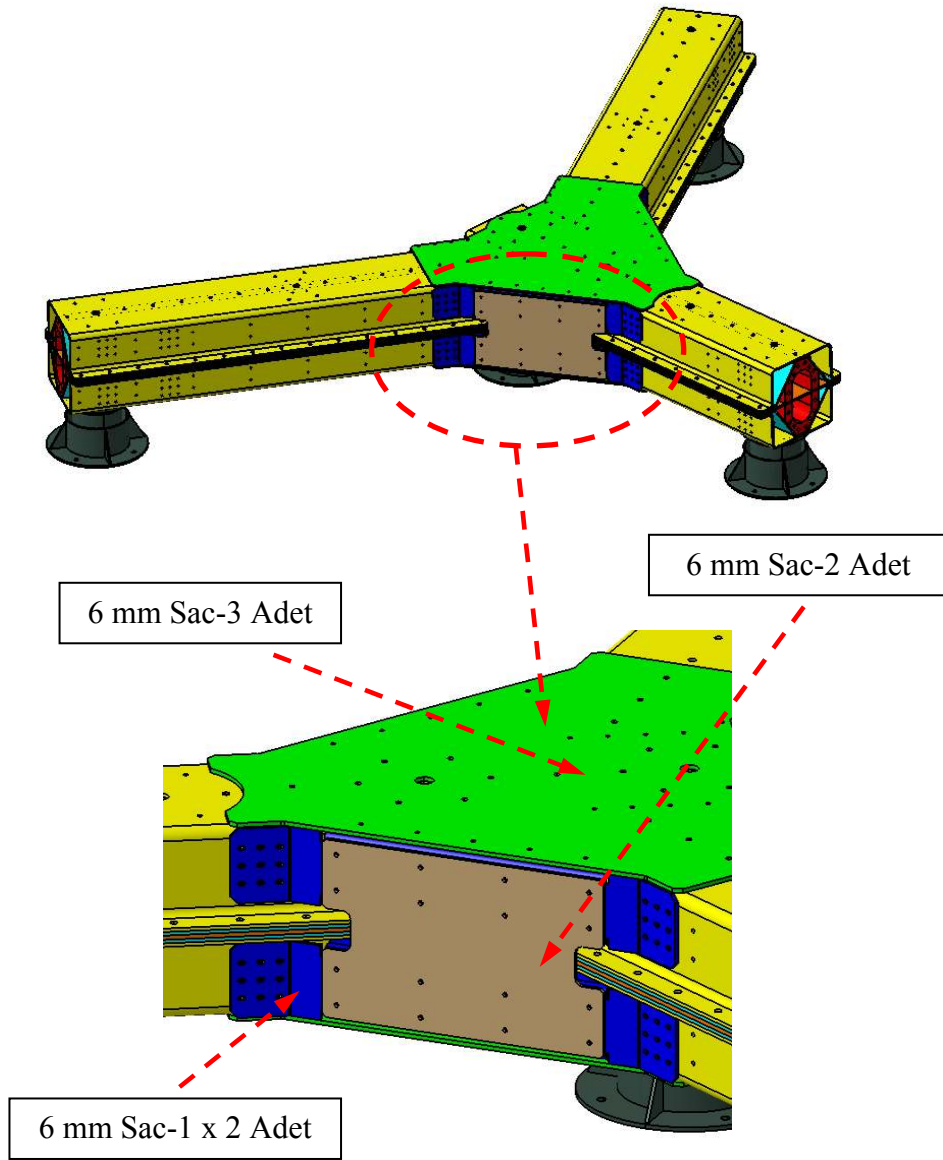
3.2. Şase

Şase genelinde 5 mm, 6 mm bükümlü saclar, destek lamaları ve dış çapı 141 mm - et kalınlığı 6 mm olan borular kullanılmıştır. Hedef atma alanı için tasarlanan platformu ve bir sonraki tasarım aşamasında POD' un hedef atma alanının merkezine yerleştirilmesinde kullanılacak olan yükleme mekanizmasını ergonomik olarak konumlandırabilecek bir tasarım yapılmıştır. Sistem üzerinde kullanılan parçaların boyutlarının büyük olması nedeniyle şasenın üzerinde tüm birimler yüklü iken hareket edebilir bir yük dağılımının olmasına tasarım süresince dikkat edilmiştir. Bu maksatla 3 ayaklı bir şase tasarlanmasına karar verilmiştir. Tasarlanan şasenın zemine basan uzantılarında hava yastıkları kullanılmıştır. Bu yastıklar bir ucundan 3 ayaklı şaseye diğer ucundan ise zemine sabitlenen bağlantı parçalarına montajlanmıştır (Şekil 3.14.).



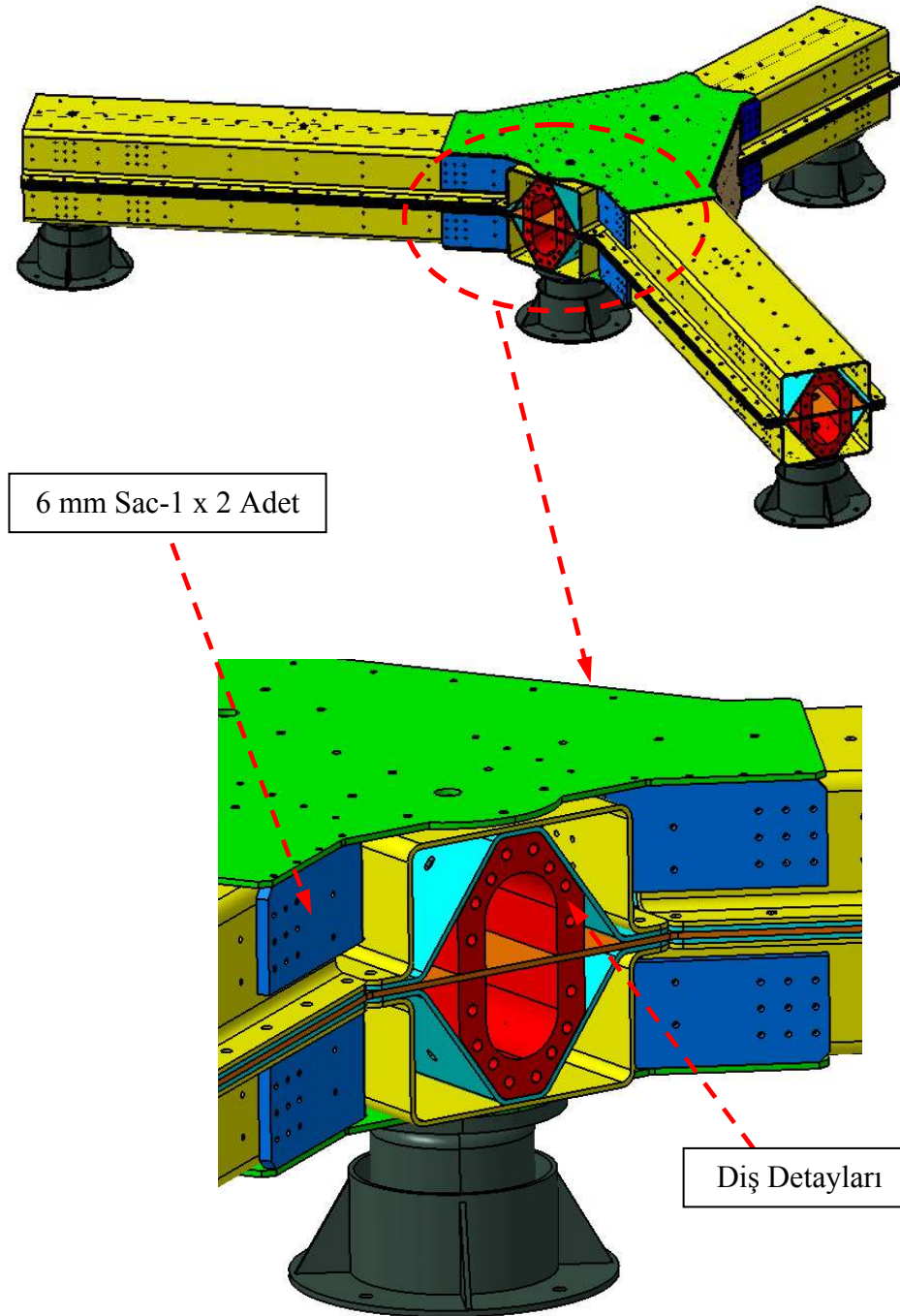
Şekil 3.14. Şase kesitinin katı model gösterimi

Şase üç ayaklı olarak tasarlandığı için turuncu renkle gösterilen 6 mm sac, saseyi montaj sırasında bir arada tutabilmek için hazırlanmıştır. Bu sayede katmanlı bir yapıya sahip olan şasenin montajının kolaylaşması hedeflenmiştir. Ancak bu sac sarı renk ile gösterilen parçaların birbirleri ile doğrudan bağlantısının olmamasından dolayı şaseyi kullanım esnasında bir arada tutabilecek mukavemete sahip değildir (Şekil 3.15.). Dolayısıyla ayakların arasında bükümle mukavemet kazandırılmış 6 mm lik saclar ve yine 6 mm lik düz plakalar kullanılmıştır.



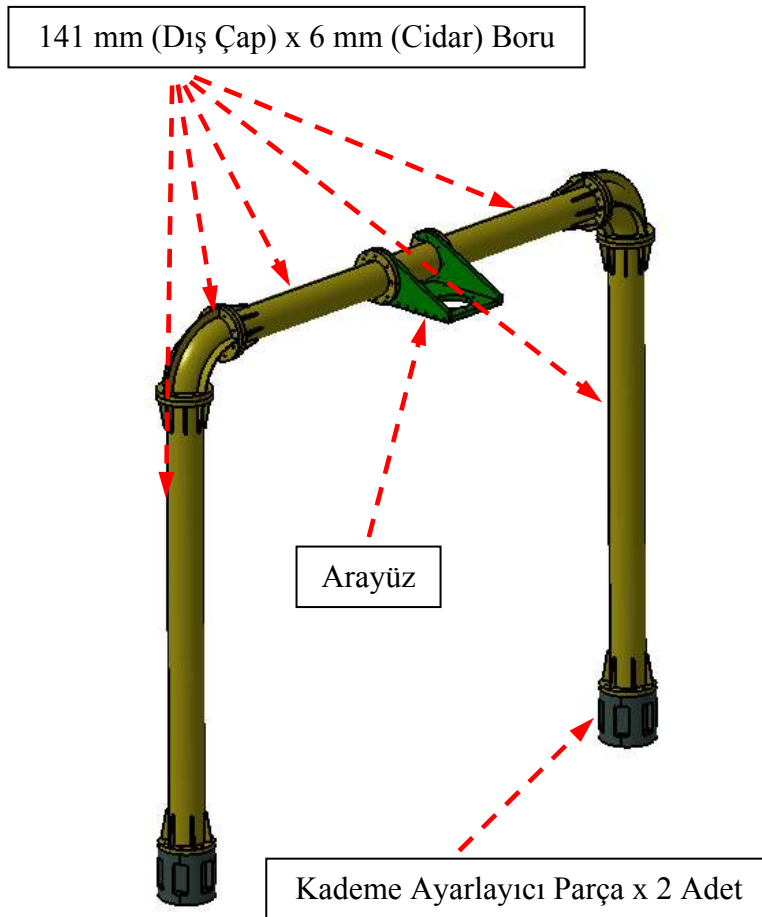
Şekil 3.15. Şase destek saclarının katı model gösterimi

Şase üzerine hedef atma alanı için hazırlanan platformun konumlandırılabilmesi amacıyla uzun ayakların arasında kullanılan lamaya M12 diş detayları verilmiş ve bağlantı arayüzü oluşturulmuştur (Şekil 3.16.). Bu yüzey sabitleme yüzeyi olarak kullanılacak yüzeydir.

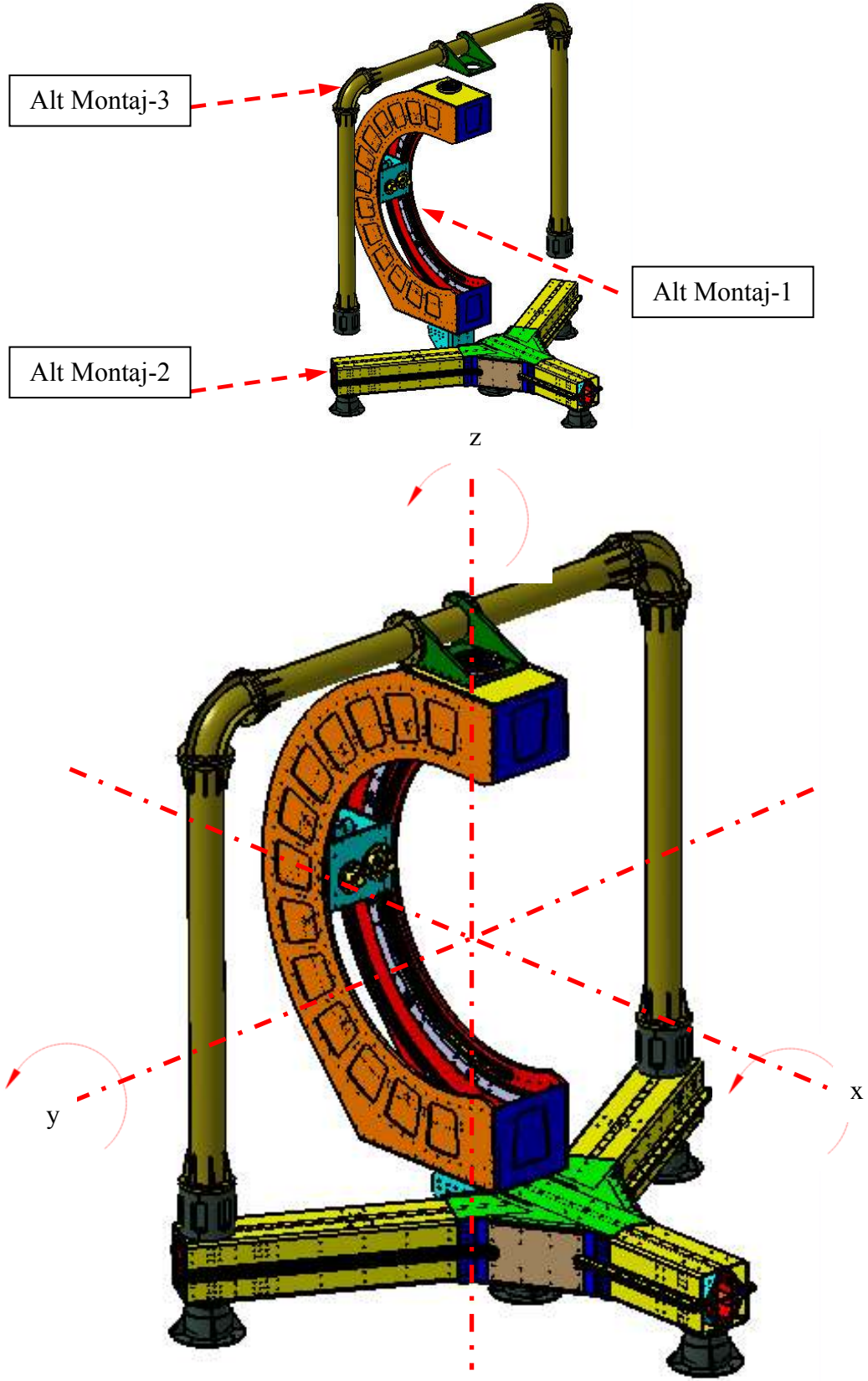


Şekil 3.16. Şase üzerindeki tahrik takımı sabitleme yüzeyinin katı model gösterimi

Şase üzerinde hedef atma alanı için hazırlanan platformun üst taraftan yataklamasını yapabilmek için dış çapı 141 mm - et kalınlığı 6 mm olan borulardan yükseltme yapılmıştır. 3 ayaklı şasenın üst yüzeyine basan yükseltmenin montajında 205 mm lik 2 adet kademe ayarlayıcı parça kullanılmıştır. Bu ayarlayıcıların yüksekliği imalat resminde 210 mm olarak verilmiştir. Bunun nedeni ilgili parçaların imalatından kaynaklanabilecek hataların ve malzeme çalışmasından meydana gelebilecek çarpılmaların genel sistem üzerindeki etkisini yok etmektir. Böyle bir durum olduğu takdirde kademe ayarlayıcı parçaların üzerinden istenilen ölçüde silme yapılabilmesi hedeflenmiştir. Yükseltmenin orta kısmında yeşil renkle modellenen arayüz, hedef atma platformunun üst yüzeyindeki rulman (RU 148X cross-roller ring) ile bağlantının yapılabilmesi amacıyla hazırlanmıştır (Şekil 3.17.).



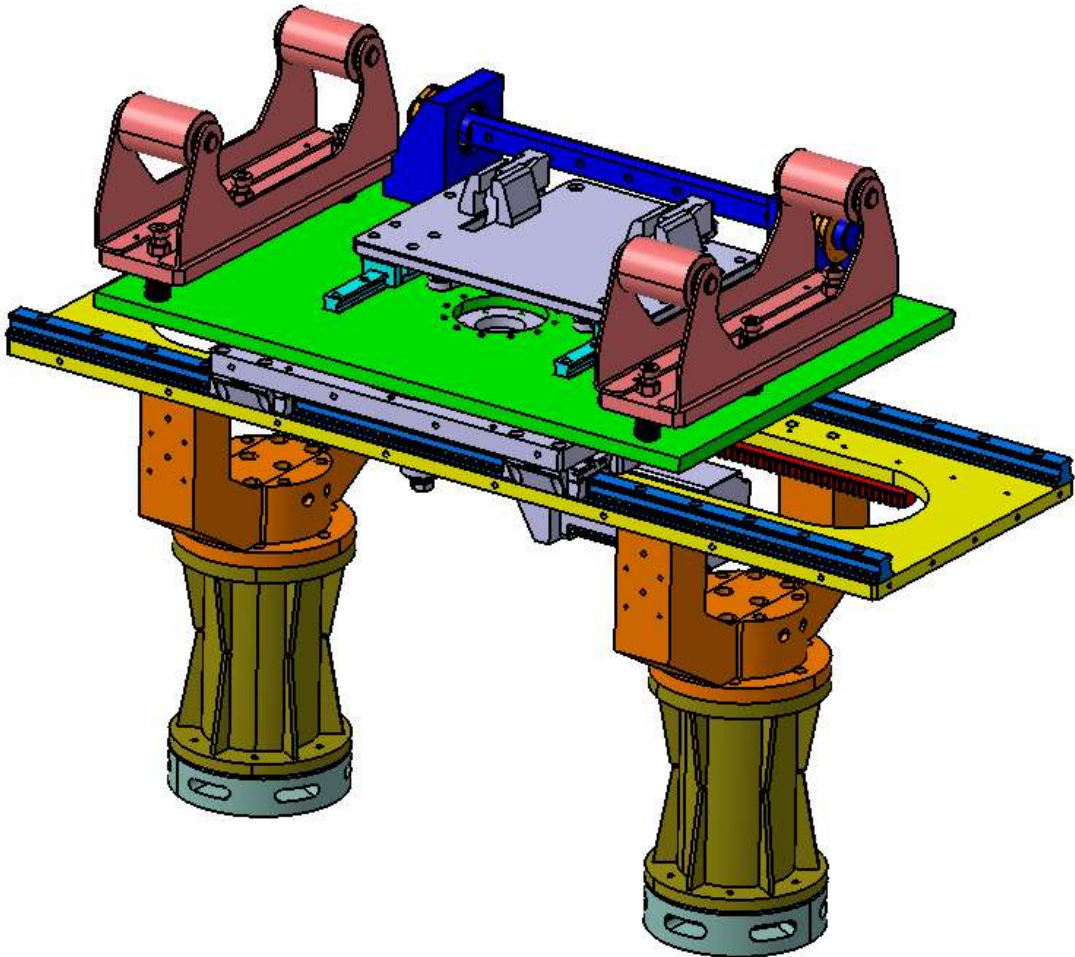
Şekil 3.17. Yükseltmenin katı model gösterimi



Şekil 3.18. Hedef atma alanı ve şase katı modelinin genel gösterimi

3.3. Yükleme Mekanizması

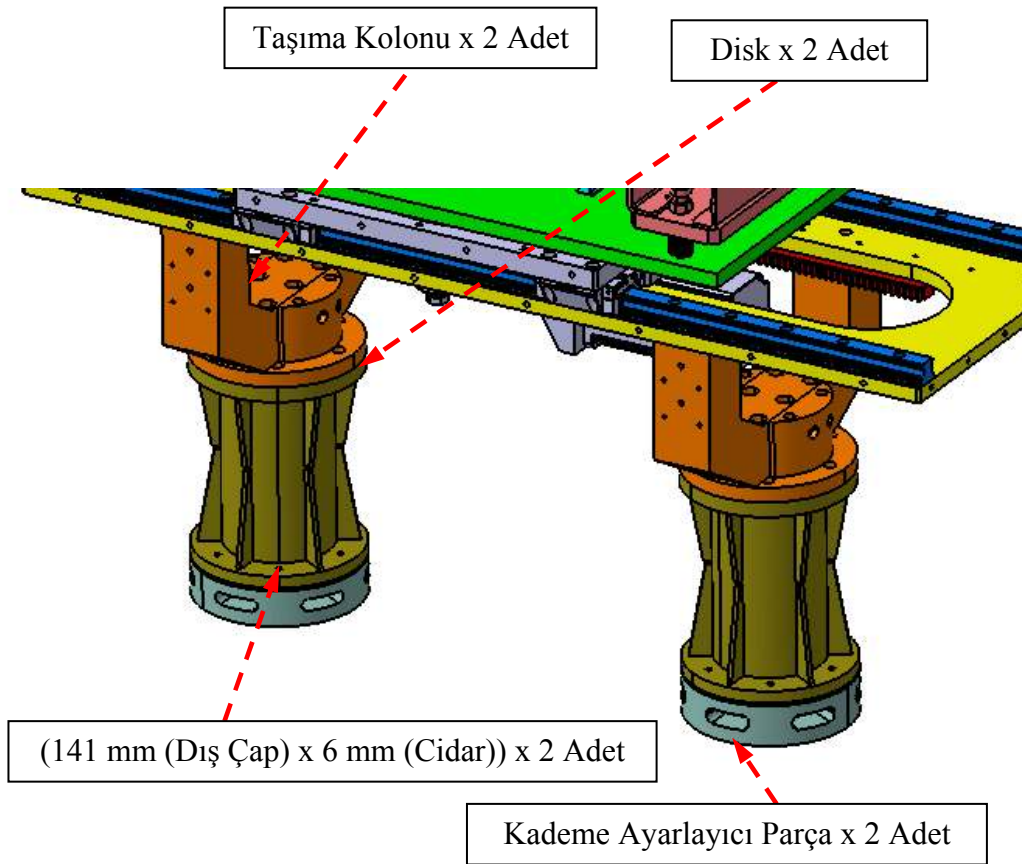
Yükleme mekanizması tasarlanırken POD' un, güvenli bir şekilde yerine yerleştirilebilmesi için gerekli olan serbest alan yaratılmaya çalışılmış ve testler süresince POD' u sabit tutacak bir oturma yüzeyi simülatör üzerinde yapılandırılmıştır. Yapılan tasarımda lineer raylar ile yataklanmış ve kremayer dişliler üzerinden hareket alan bir yapı modellemiştir. Buna ek olarak lineer hareket ile eş zamanlı çalışan geneva mekanizması kullanılmıştır. Böylece sisteme orta eksenenden dönme hareketi kabiliyeti kazandırılmıştır.



Şekil 3.19. Yükleme mekanizması katı modelinin genel gösterimi

Şase üzerine yerleştirilecek olan yükleme mekanizmasının bağlantı ayakları dış çapı 141 mm - et kalınlığı 6 mm olan borulardan yapılmıştır. Şasenin üst yüzeyine basan bağlantı ayaklarının montajında 52.5 mm lik 2 adet kademe ayarlayıcı parça kullanılmıştır. Bu ayarlayıcıların yüksekliği imalat resminde 60 mm olarak verilmiştir. Bunun nedeni ilgili parçaların imalatından kaynaklanabilecek hataların ve malzeme çalışmasından meydana gelebilecek çarpılmaların genel sistem üzerindeki etkisini yok etmektir. Böyle bir durum olduğu takdirde kademe ayarlayıcı parçaların üzerinden istenilen ölçüde silme yapılabilmesi hedeflenmiştir.

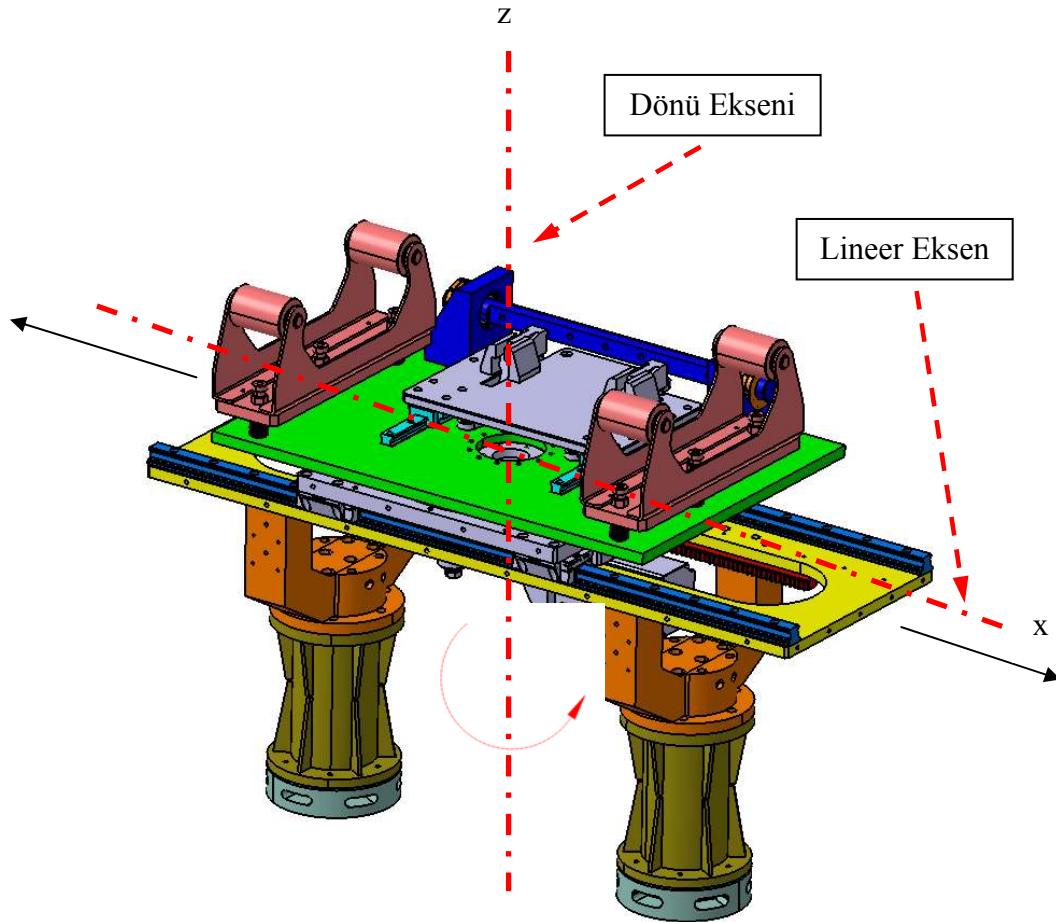
Bağlantı ayaklarının üst yüzeyine bir disk yardımı ile montajlanan U şeklinde taşıma kolonları tasarlanmıştır. U şeklinde yapılandırılmalarının nedeni sistemin lineer hareketi sırasında üzerinden hareket aldığı kremayer dişlilerin sarı renkle gösterilen plaka üzerinde olması ve mekanizmaların ilgili boşluk içerisinde hareket etmesidir (Şekil 3.20.).



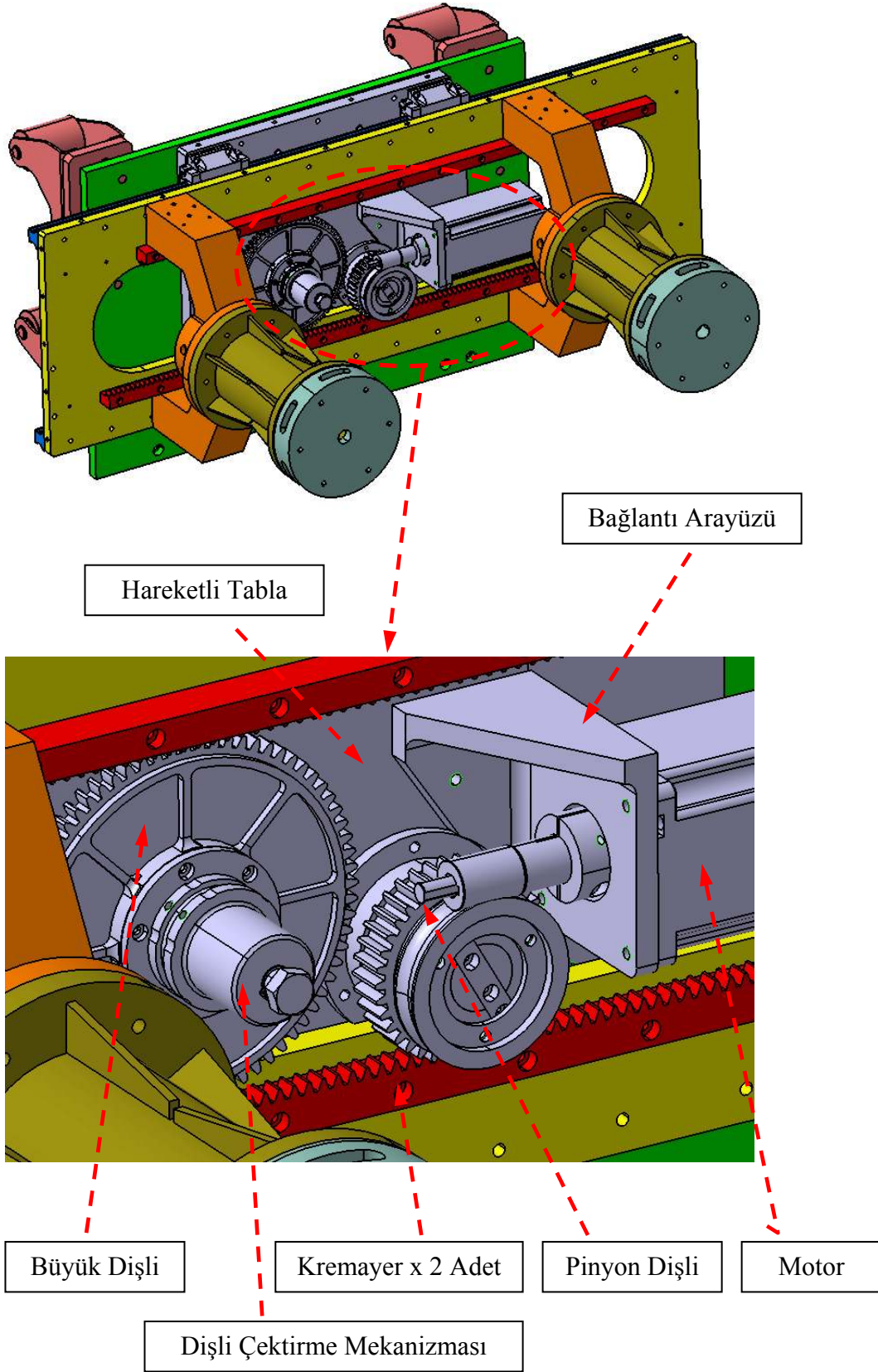
Şekil 3.20. Taşıma kolonu, disk ve fil ayağının katı model gösterimi

Yükleme mekanizmasının üstüne lineer raylar ile yataklanan hareketli tablaya alt kısmındaki motor bağlantı arayüzü tanımlı parça ile bağlanan motor ile hareket kabiliyeti kazandırılmıştır. Motor milinden helisel dişli ile hareket alınıp pinyon dişliye hareket aktarılmaktadır. Bu dişli sabit plakaya montajlanmış kremayer dişli üzerinde yürüyerek sistemin lineer hareket etmesini sağlamaktadır. Diğer kremayer dişli üzerinde yürümek üzere hizalanmış büyük dişli ise sistem lineer hareket yaparken kremayerden hareket alarak geneva mekanizmasına hareket vermekte kullanılmaktadır (Şekil 3.22.).

Dişli çektirme mekanizması büyük dişlinin kremayer dişlilerin her ikisinin üzerinde de yürütülebilmesi amaçlı tasarlanmıştır. Bu sayede POD' un yapının dönü eksenini üzerinde her iki yöne (Sağ-Sol) hareket ettirilmesine imkan tanınmıştır.



Şekil 3.21. Yükleme mekanizması hareket eksenlerinin katı model gösterimi

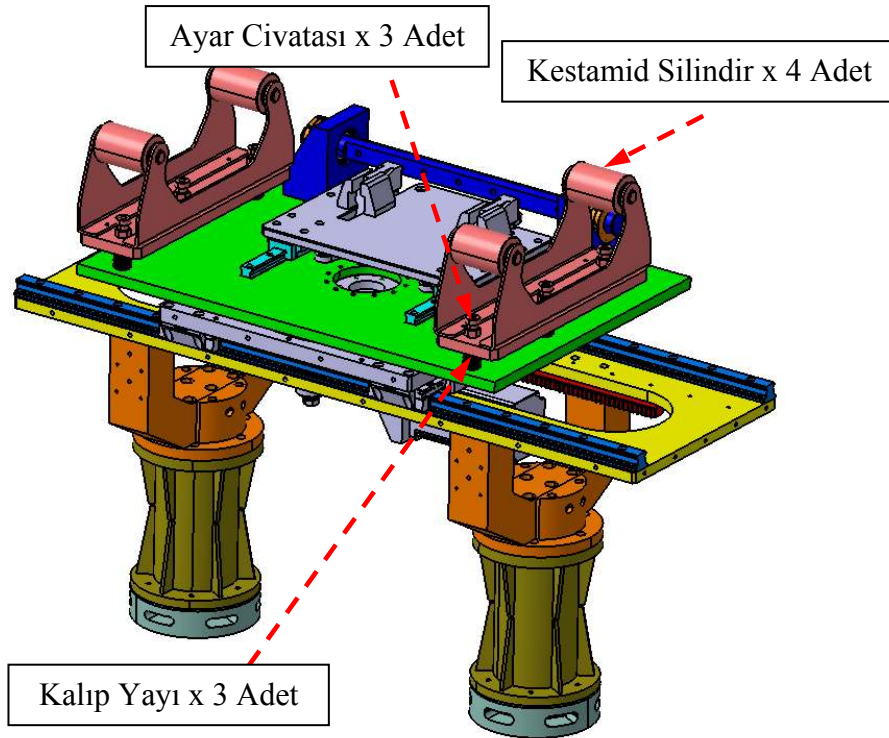


Şekil 3.22. Taşıma kolunu, disk ve fil ayağının katı model gösterimi

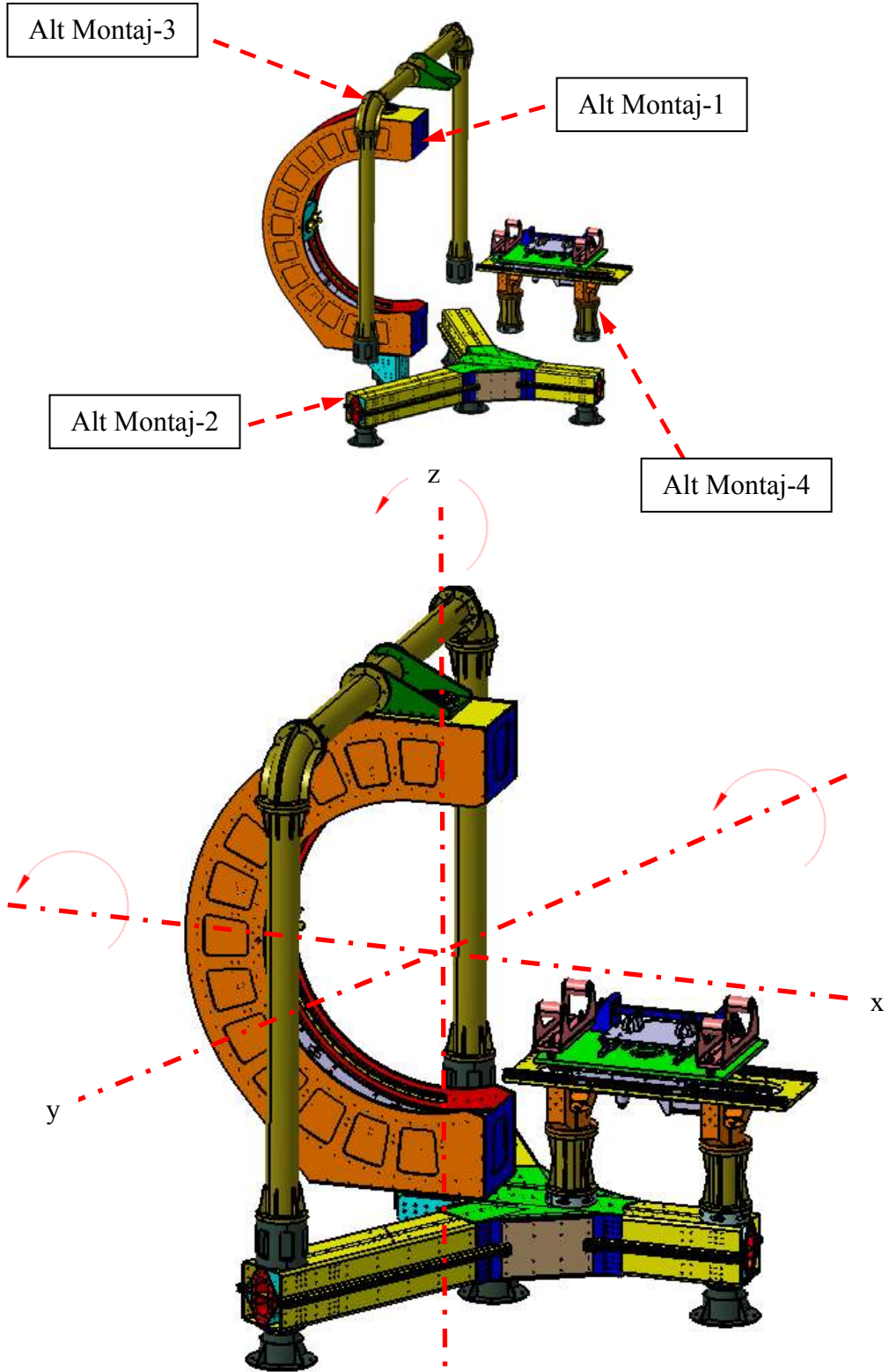
POD' u testler süresince sabit tutmak üzere hazırlanan oturma yüzeyinde malzemesi kestamid olan 70 mm çapında 4 adet silindirik parça dayama amaçlı kullanılmıştır. Bu parçalar POD' un iç kısmındaki kafes sisteminin kollarına basacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu sayede POD' un dış yüzeyindeki kapaklara baskı yapılması önlenmiş ve gerektiği takdirde bu kapakların açılmasına imkan sağlanmıştır.

Kestamid silindirleri tutan parçaların alt kısmında 3'er adet yaylı mekanizma kullanılmıştır. Bu mekanizmalar POD sistem üzerine yerleştirildiğinde hedef atma alanı için hazırlanan platformun merkezine konumlandırılabilmesi için kullanılmıştır. Mekanizmalar üzerindeki ayar civataları sıkılarak ya da gevşetilerek kalıp yaylarının itme kuvvetleri ile oturma yüzeyine yükseklik ve eğim ayarları verilebilmektedir.

Kestamid malzeme ve kalıp yayları kullanılarak tasarlanan bu sistem, simülatörün fiziksel sınırları içerisinde yapabileceği tüm hareketler sırasında meydana gelen ve gerçekçi ivmelerden kaynaklanan titreşimlerin POD' a olan etkisini azaltmaktadır [9].

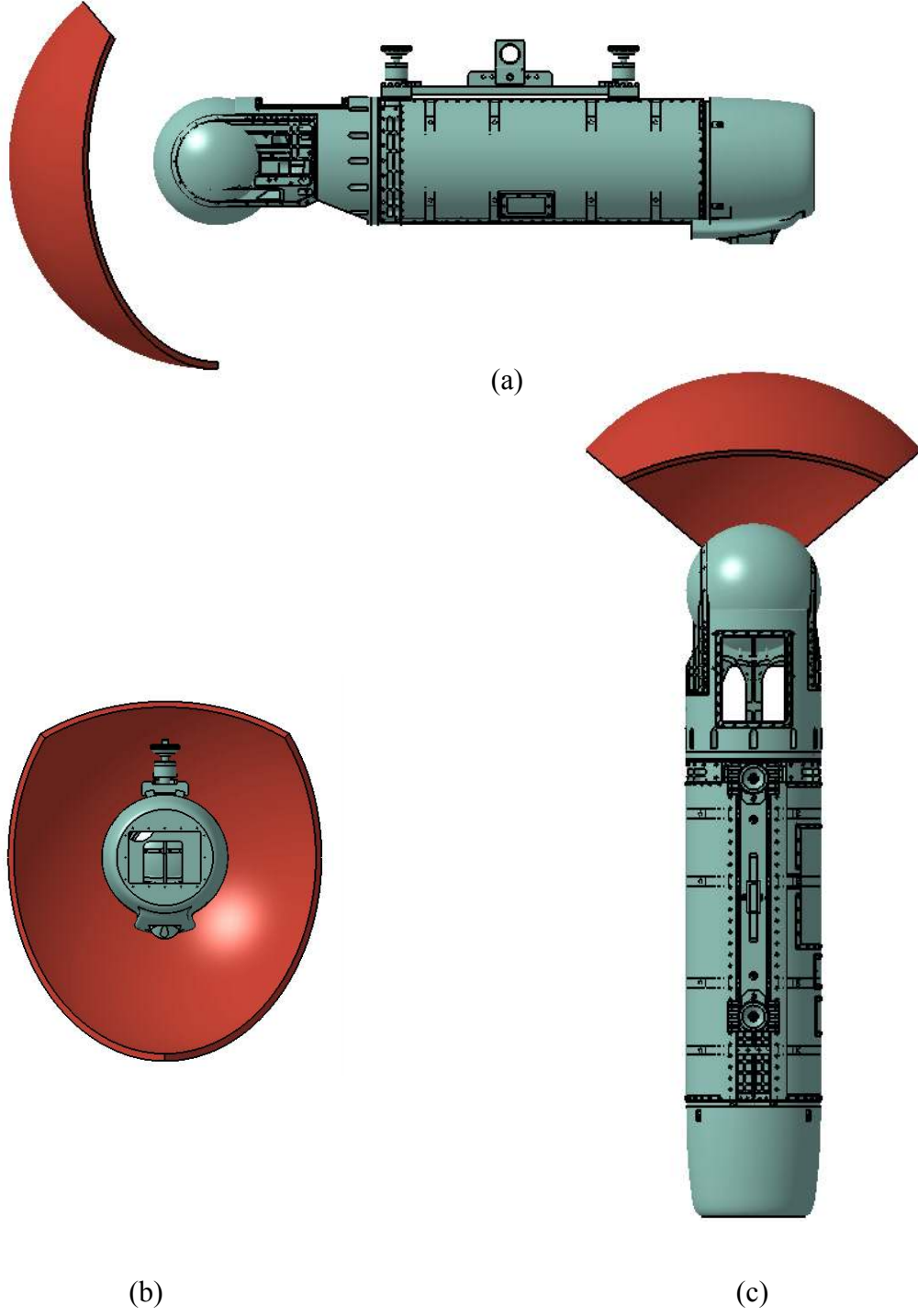


Şekil 3.23. Merkezleme mekanizmasının katı model gösterimi



Şekil 3.24. Hedef atma alanı, şase ve yükleme mekanizması katı modelinin genel gösterimi

3.4. Nihai Tasarımın Hedef Atma Alanının Katı Model Gösterimi



Şekil 3.25. Hedef atma alanı: (a) yandan görünüm, (b) arkadan görünüm, (c) üstten görünüm

3.5. Renklendirme Çalışmaları

Günümüzde bir ürün yaparken bu ürünü doğrulayacak yer destek ekipmanlarının olması önem kazanmıştır. Dolayısıyla ürünün çeşitli platformlarda sunulması planlanmaktadır ve tasarlanacak simülâtörün görselliği önem taşımaktadır. Bu ister doğrultusunda bilgisayar ortamında renklendirme yapılmıştır.



Şekil 3.26. Renklendirme çalışması katı model gösterimi - 1



Şekil 3.27. Renklendirme çalışması katı model gösterimi - 2



Şekil 3.28. Renklendirme çalışması katı model gösterimi - 3



Şekil 3.29. Renklendirme çalışması katı model gösterimi - 4

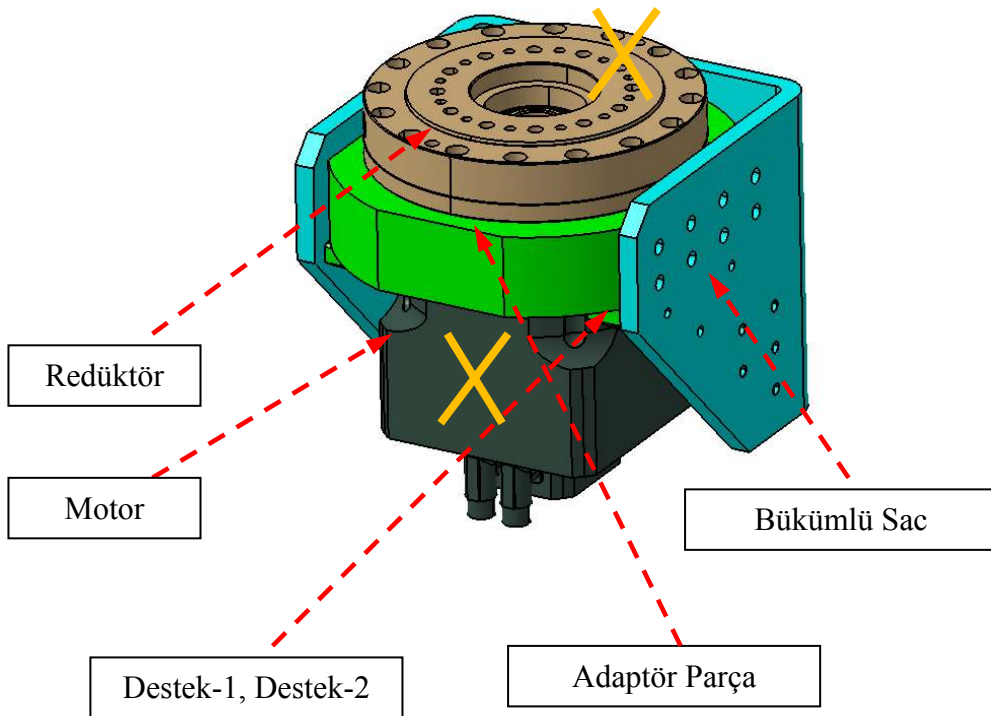


Şekil 3.30. Renklendirme çalışması katı model gösterimi - 5

4. STATİK ANALİZ

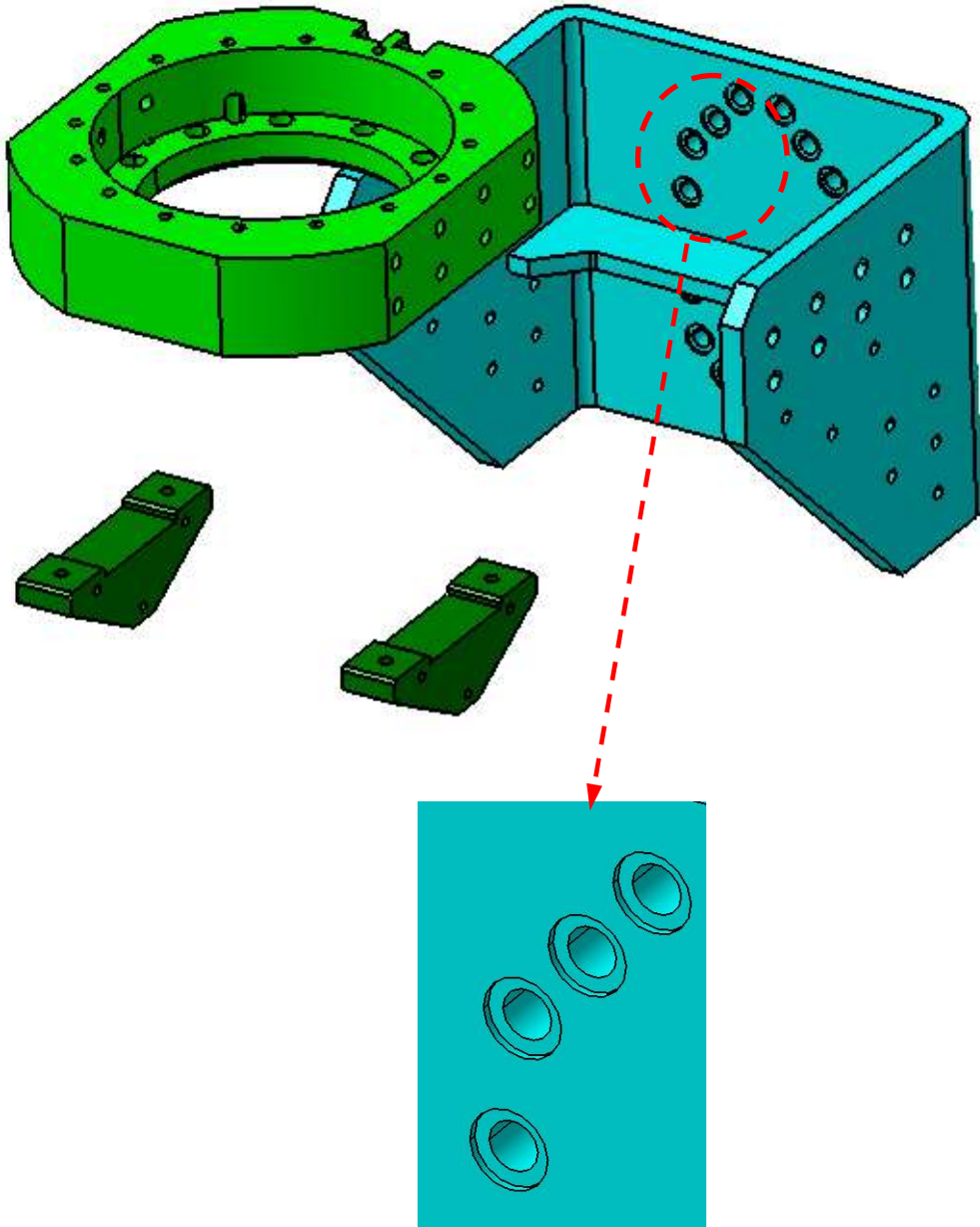
4.1. Katı Model Hazırlama

Hareketli hedef taşıma arabasının üzerinde bulunduğu kanatçıkları ve modülleri taşıyan ve bu birimlere hareket veren taşıyıcı takımın analizi yapılmıştır. Ansys WB programında yapılmış olan bu analizin en önemli basamaklarından biri doğru katı modelin hazırlanmasıdır. Bunun nedeni program içerisinde yapılan ayarlar sırasında parçaların birbiri ile olan temas noktalarının özellikleri, yükleme ve sabitleme yapılacak yüzeylerin detaylarının katı model üzerinden gösterilmesidir. Bu sebeple analiz basamaklarını gereksiz yere ağırlaştıracak olan F1C-A45G-024-AF0 redüktör ve DBK7N01950-AF0 motor katı model üzerinden kaldırılmıştır (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Tahrik takımının katı model gösterimi

Bükümlü sac olarak tanımlı parçanın sabitleme yüzeyinde kullanılan bağlantı vidalarının analiz sırasında doğru bir şekilde tanımlanması ve vida başlarına dik olan ekseninde hareketi engelleyebilmek için 20 mm çapında 3 mm lik kademeler girilmiştir. Analiz sırasında ilerleyen basamaklarda bu yüzeylere frictionless support tanımlanacaktır (Şekil 4.2.).

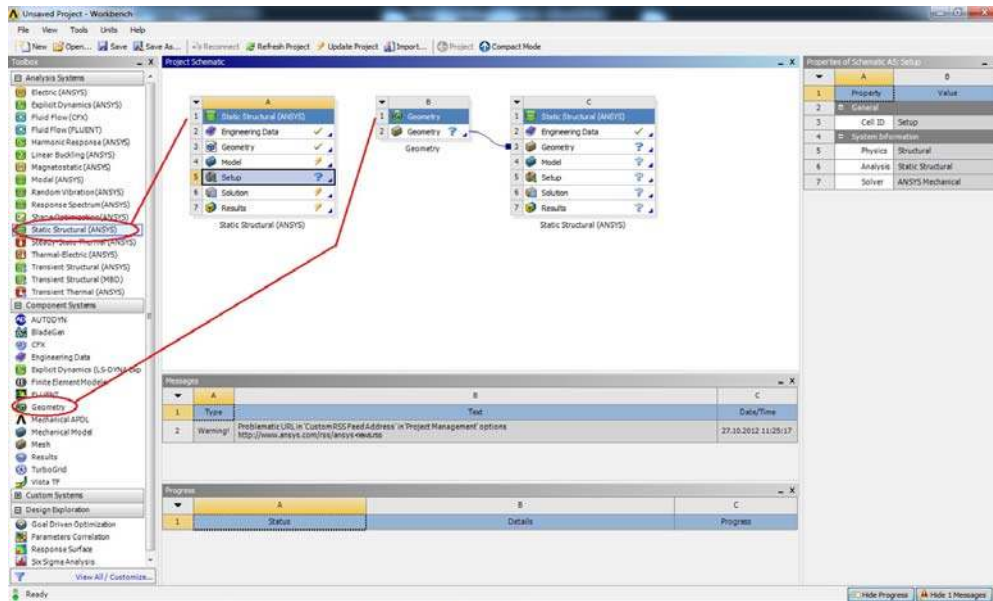


Şekil 4.2. Frictionless support uygulama yüzeylerinin katı model üzerinde gösterimi

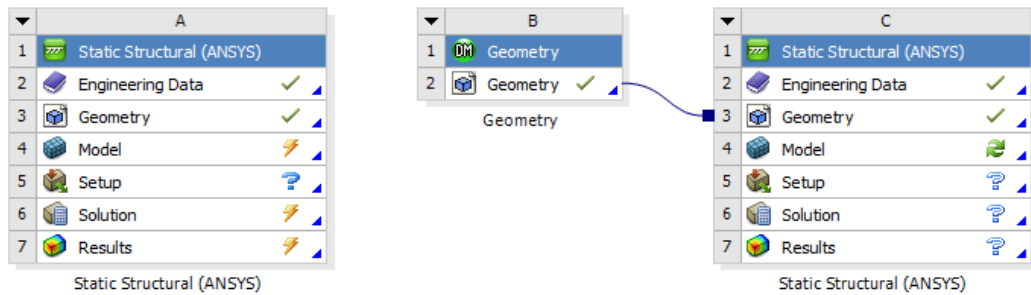
4.2. Analiz Modüllerinin Belirlenmesi

Program içerisinde farklı koşullar altında kullanılacak birçok modül yer almaktadır. Bizim uygulamamızda Static Structural (ANSYS) ve Geometry modülü kullanılacaktır. Bu modül de model üzerindeki tüm parçaların birbirinden kopuk mesh yapısına sahip olduğu veya tüm parçalar üzerindeki meshlerin birbirini okuduğu analiz yapılabilmektedir.

Aşağıdaki resimde gösterildiği gibi Static Structural (ANSYS) modülü ve bir Geometry modülüne bağlı Static Structural (ANSYS) modülü program içerisinde yapılandırılmıştır (Şekil 4.4.).



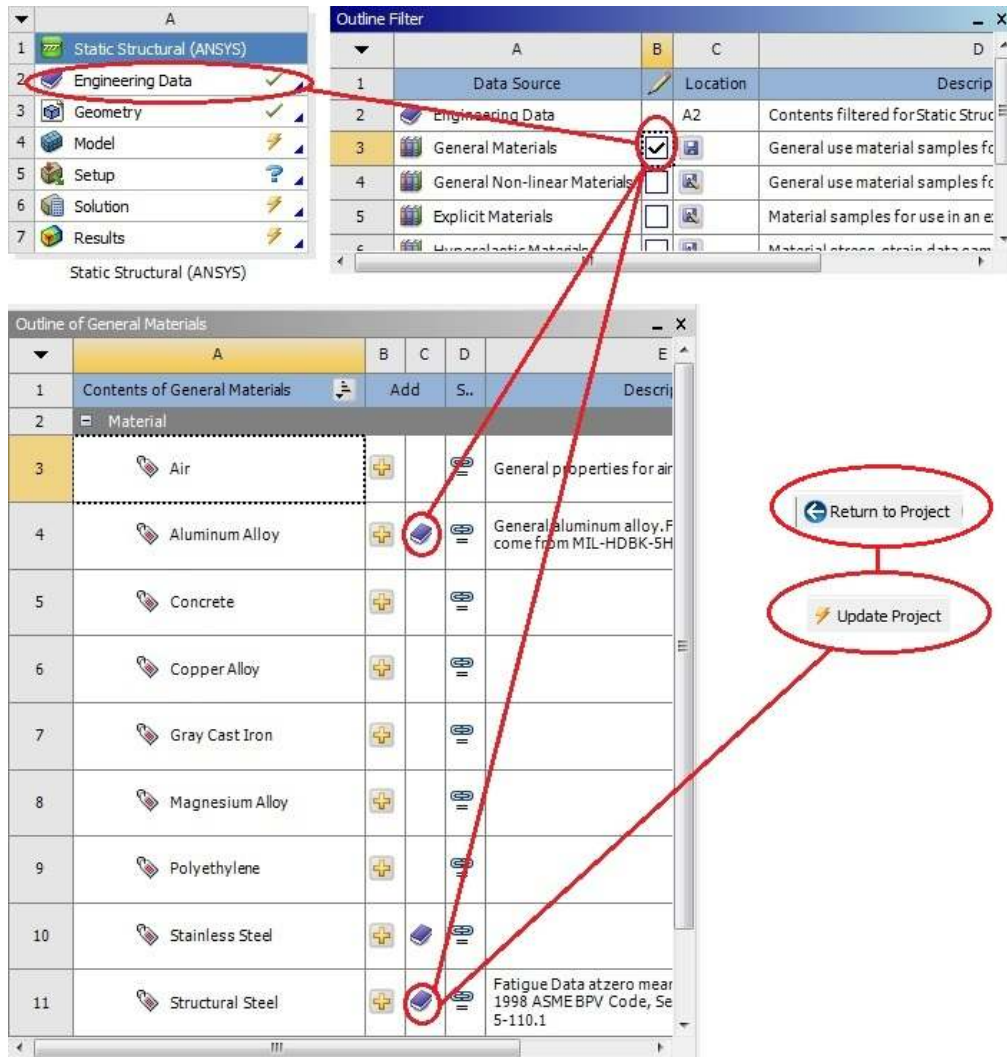
Şekil 4.3. Ansys WB kullanıcı arayüzü



Şekil 4.4. Ansys WB static structural modülü arayüzü

4.3. Malzemelerin Tanımlanması

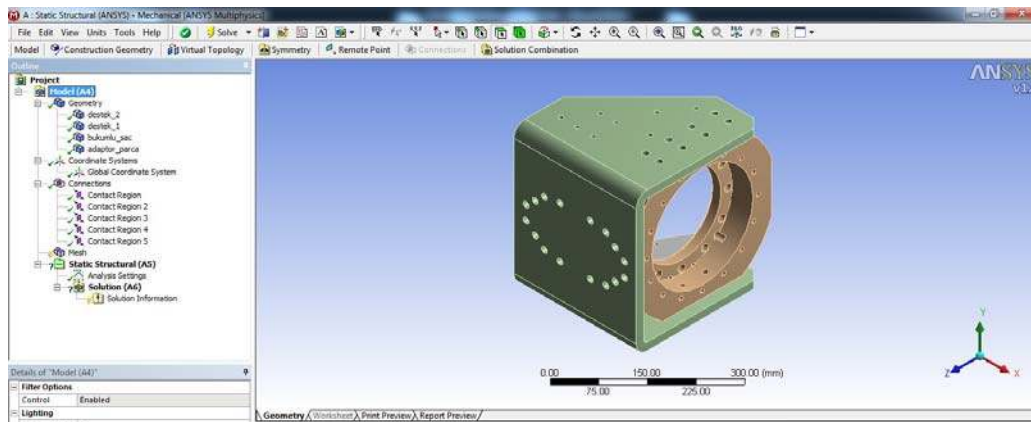
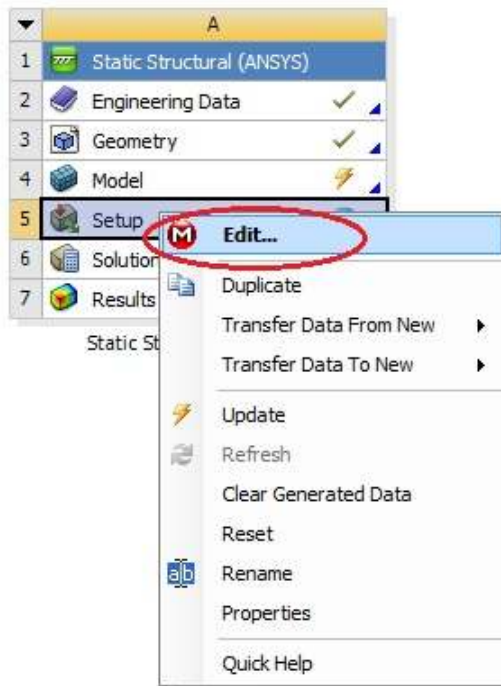
Static Structural (ANSYS) modülü içerisindeki Engineering Data sütununa sağ click yapılarak edit ekranı açılır. Tablo üzerindeki General Materials olarak tanımlı sütundaki kutucuğa check işaretlenir. Bu işlemi takiben Outline of General Materials tanımlı yeni bir tablo açılır. Tablo üzerinde yapacağımız analiz sırasında kullanılacak malzemeler seçilir (Aluminium Alloy & Structural Steel) ve yan taraflarında bulunan + butonuna basılır. Son olarak seçtiğimiz malzemeleri tanımlamak için Update Project butonuna basılır ve Return to Project butonu ile ana ekrana geri dönülür.



Şekil 4.5. Ansys WB malzeme tanımlama arayüzü

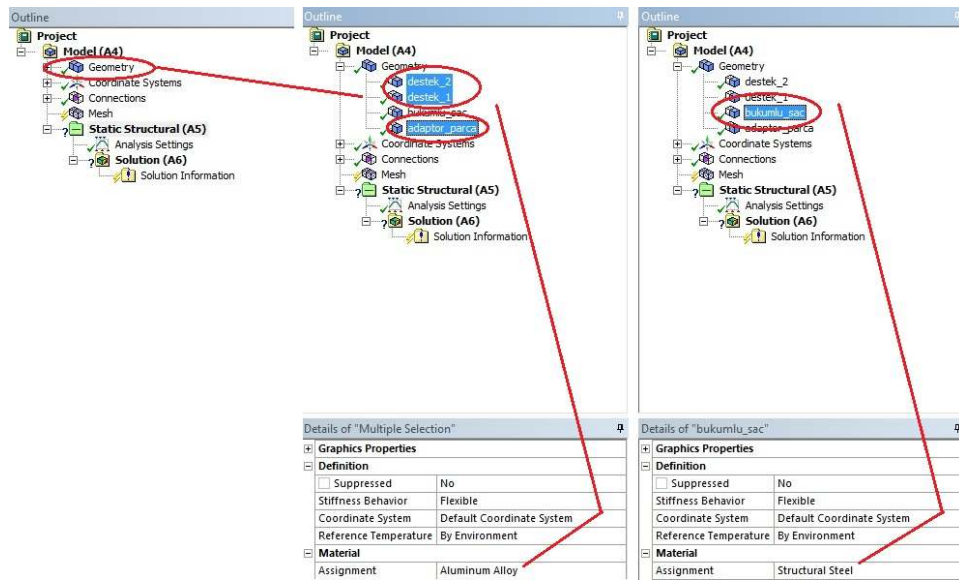
4.4. Analizin Yapılandırılması

Static Structural (ANSYS) modülü içerisindeki Setup sütununa sağ click yapılarak edit butonuna basılır ve analiz ekranı açılır. Ekranın sol tarafında analiz basamaklarını gösteren ağaç yer almaktadır (Şekil 4.6.). Ağaç içerisindeki basamaklar Geometry, Coordinate Systems, Connections, Mesh ve Static Structural olarak sıralanmaktadır.



Şekil 4.6. Ansys WB analiz ekranı genel görüntüsü

Geometry butonuna basılarak analizi yapılacak katı model içerisindeki parçalar görüntülenir. Aşağıdaki resimde gösterildiği gibi daha önce hazırladığımız modeldeki Destek-1, Destek-2, Adaptör Parça ve Bükümlü Sac için malzeme seçimleri yapılır (Şekil 4.7.). Yapı gereği Destek-1, Destek-2 ve Adaptör Parça Aluminium Alloy, Bükümlü Sac ise Structural Steel olarak belirlenmiştir. Bu belirleme işlemi daha önce malzemelerin tanımlanması başlığı altında anlatılan içeriğe dayalıdır. Eğer seçilmesi istenilen malzeme kutu içerisinde bulunmuyorsa ilgili malzeme bir önceki ekrana geçilerek tekrar tanımlanmalıdır.



Şekil 4.7. Analiz ekranı malzeme atama arayüzü

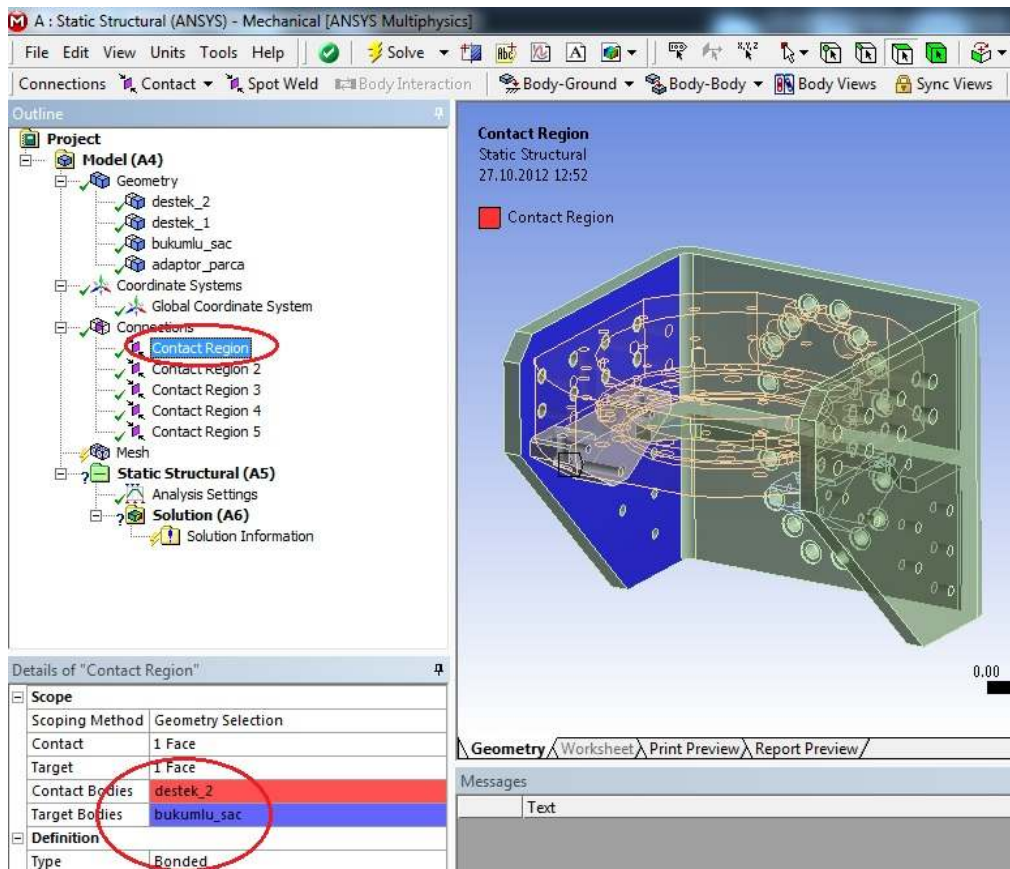
Coordinate Systems olarak Global Coordinate System seçilmiştir. İlgili sistemin özellikleri;

- Type: Cartesian
- Origin X: 0 mm
- Origin Y: 0 mm
- Origin Z: 0 mm
- X Axis Data: (1, 0, 0)
- Y Axis Data: (0, 1, 0)
- Z Axis Data: (0, 0, 1) olarak belirlenmiştir.

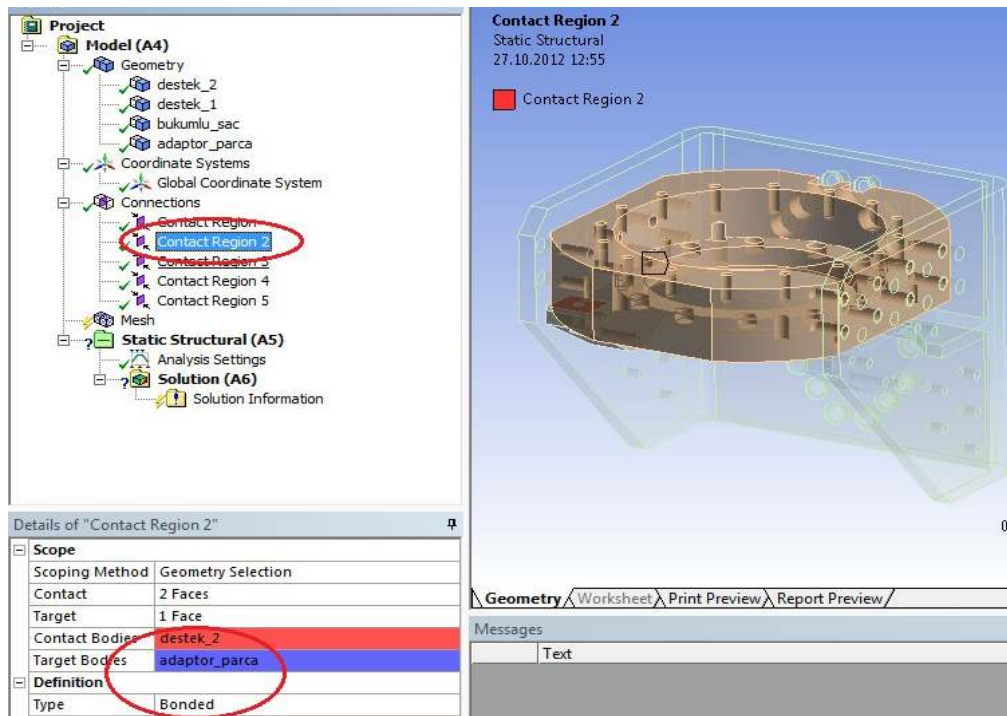
Katı model içerisindeki 4 adet parçanın montajlanması için birbiri ile temas eden 5 adet yüzey tasarlanmış olduğundan ilgili bağlantıların programa tanımlanması gerekmektedir. Analiz ağacında Connections başlığı altında gösterilen bu bağlantıların özellikleri;

- Scoping Method: Geometry Selection
- Contact: 1 veya 2 Face
- Target: 1 veya 2 Face
- Type: (Bonded), No Separation, Frictionless, Rough, Frictional
- Behavior: Symmetric
- Formulation: (Pure Penalty), MPC, Augmented Lagrange, Normal Lagrange

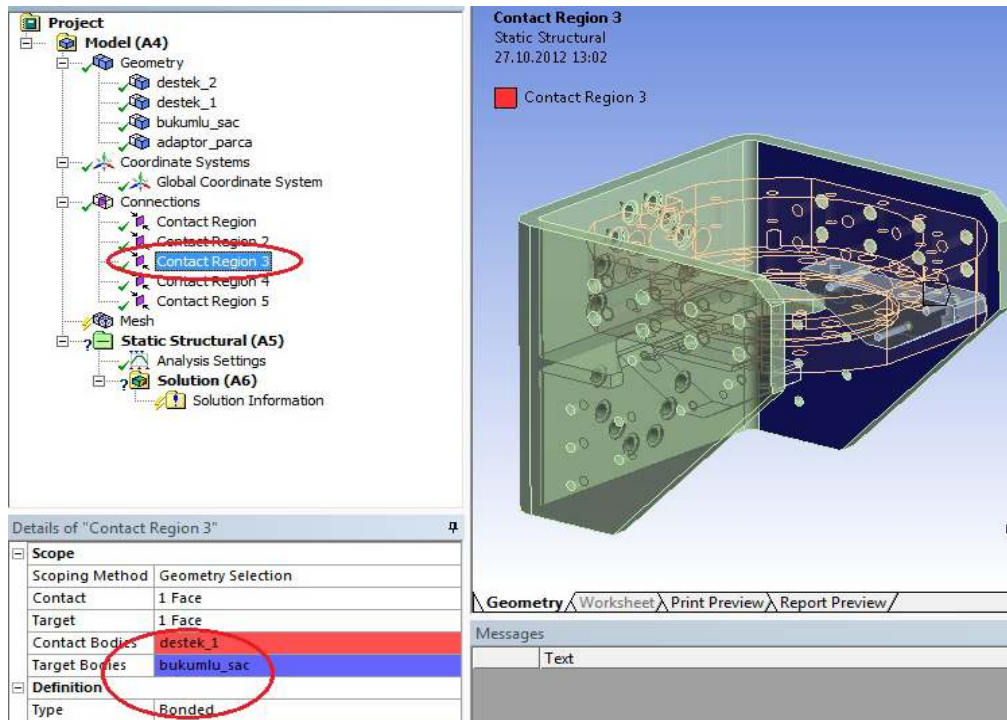
olarak belirlenmiştir. Aşağıdaki resimlerde tüm “Connections” lar gösterilmiştir (Şekil 4.8.-4.12.).



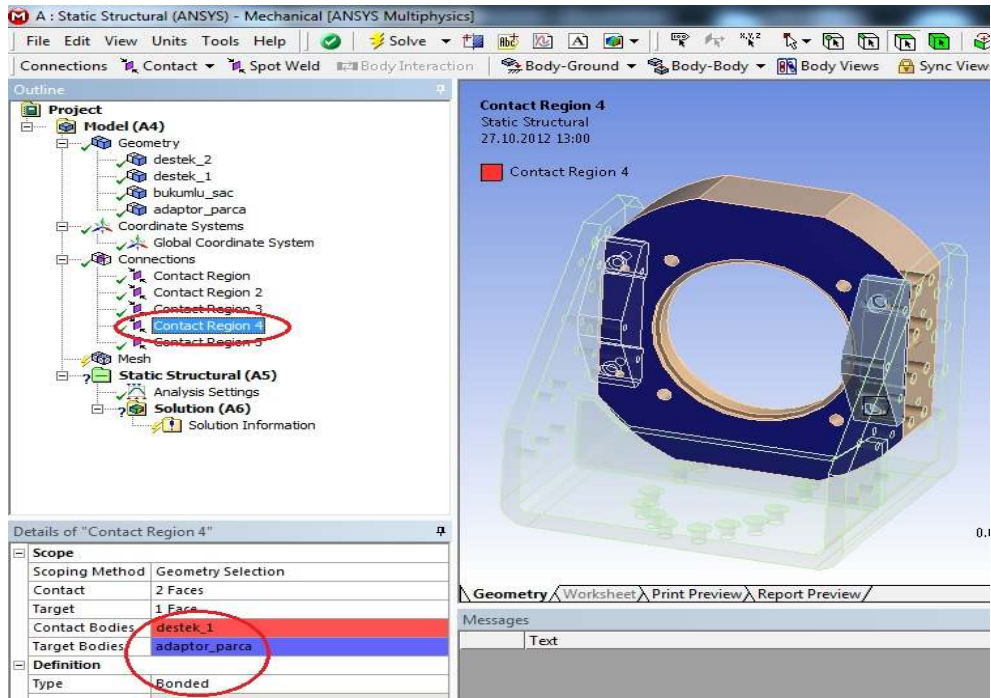
Şekil 4.8. Analiz ekranı destek-2 ve bukumlu sac contact region gösterimi



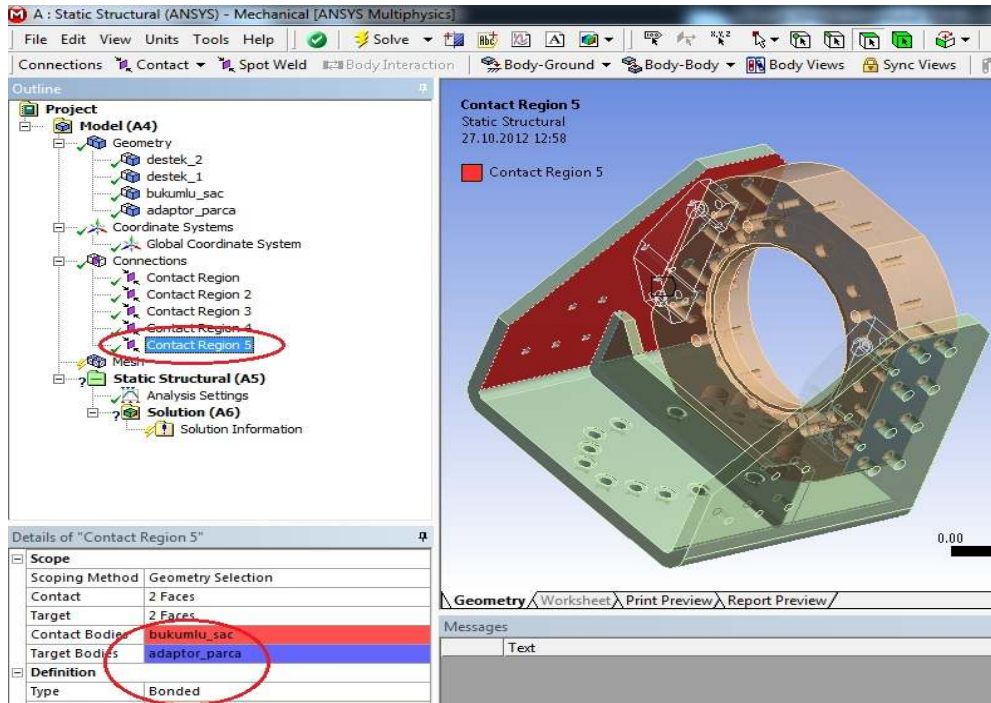
Şekil 4.9. Ansys WB analiz ekranı destek-2 ve adaptör parça contact region gösterimi



Şekil 4.10. Analiz ekranı destek-1 ve bükümlü sac contact region gösterimi



Şekil 4.11. Analiz ekranı destek-1 ve adaptör parça contact region gösterimi

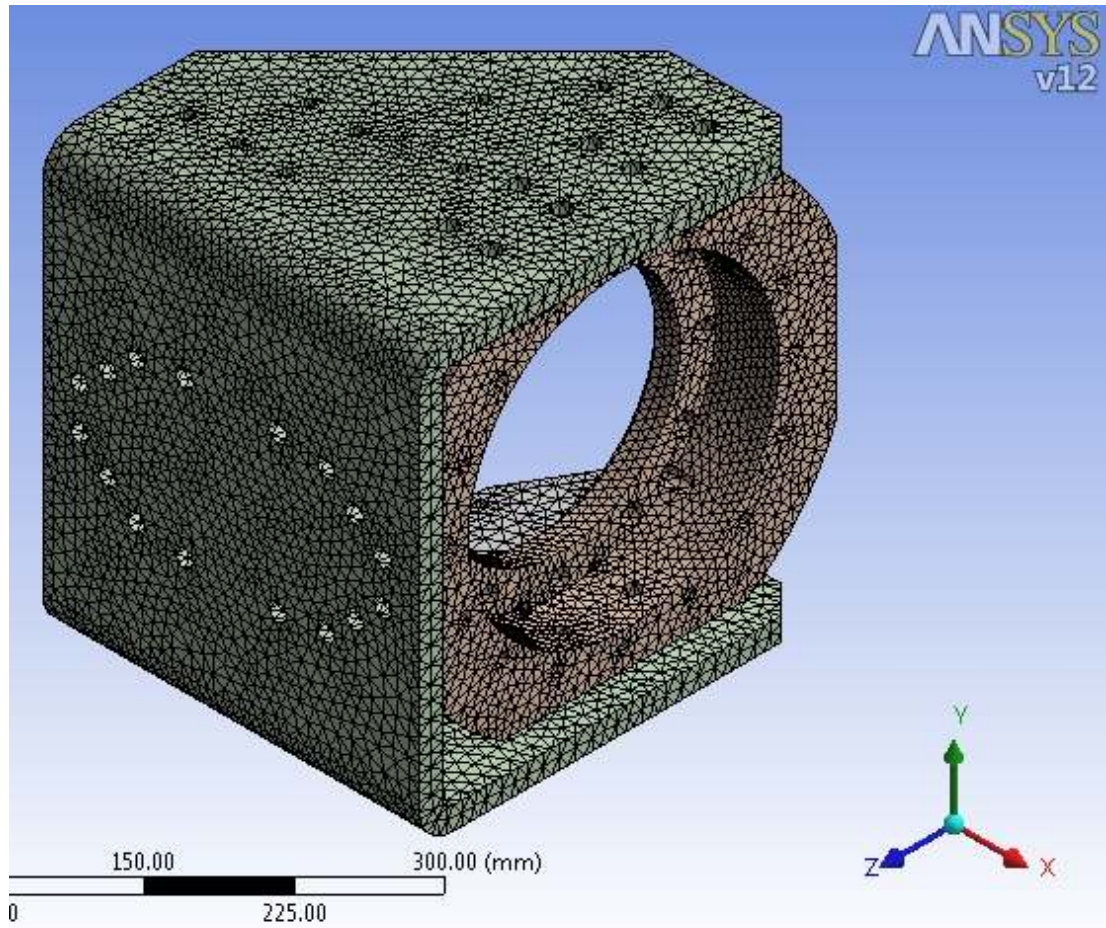


Şekil 4.12. Analiz ekranı bukumlu sac ve adaptör parça contact region gösterimi

Mesh yapısının özellikleri;

- Relevance: 100
- Use Advanced Size Function: Off
- Relevance Center: Fine
- Smoothing: Medium
- Mesh Morphing: Disabled
- Nodes: 174560
- Elements: 103883

olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Analiz ekranı katı model mesh yapısının gösterimi

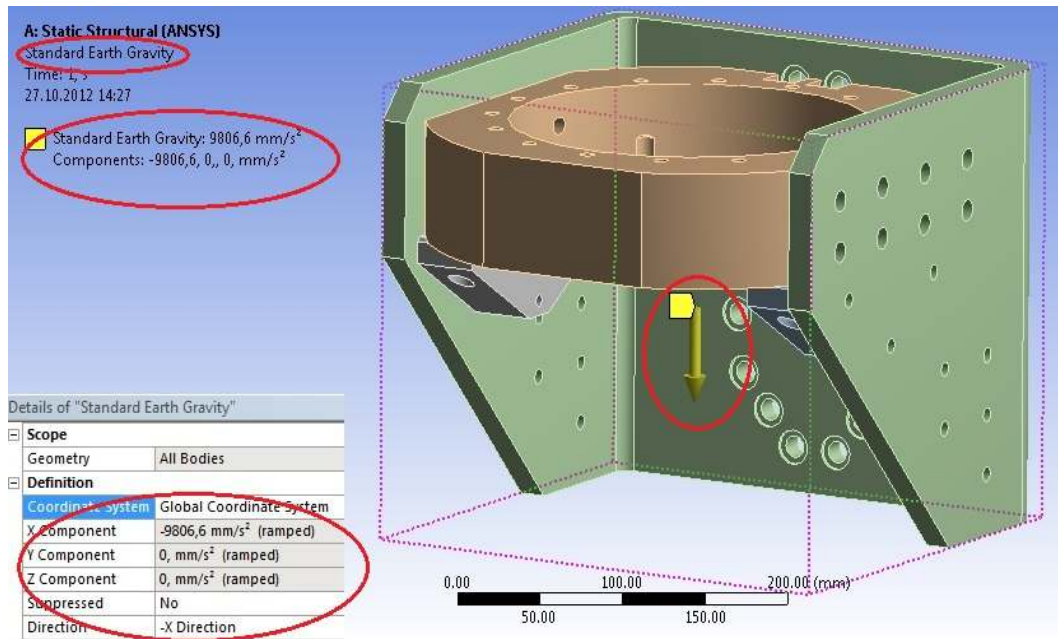
Analysis Settings özellikleri;

- Number of steps: 1
- Current Step Number: 1
- Step End Time: 1, s
- Auto Time Stepping: Program Controlled
- Weak Springs: Off
- Large Deflection: Off

olarak belirlenmiştir.

Tüm parçalara kullanıldıkları ortamda ve geometride maruz kaldıkları –X yönündeki Standart Earth Gravity uygulanmıştır.

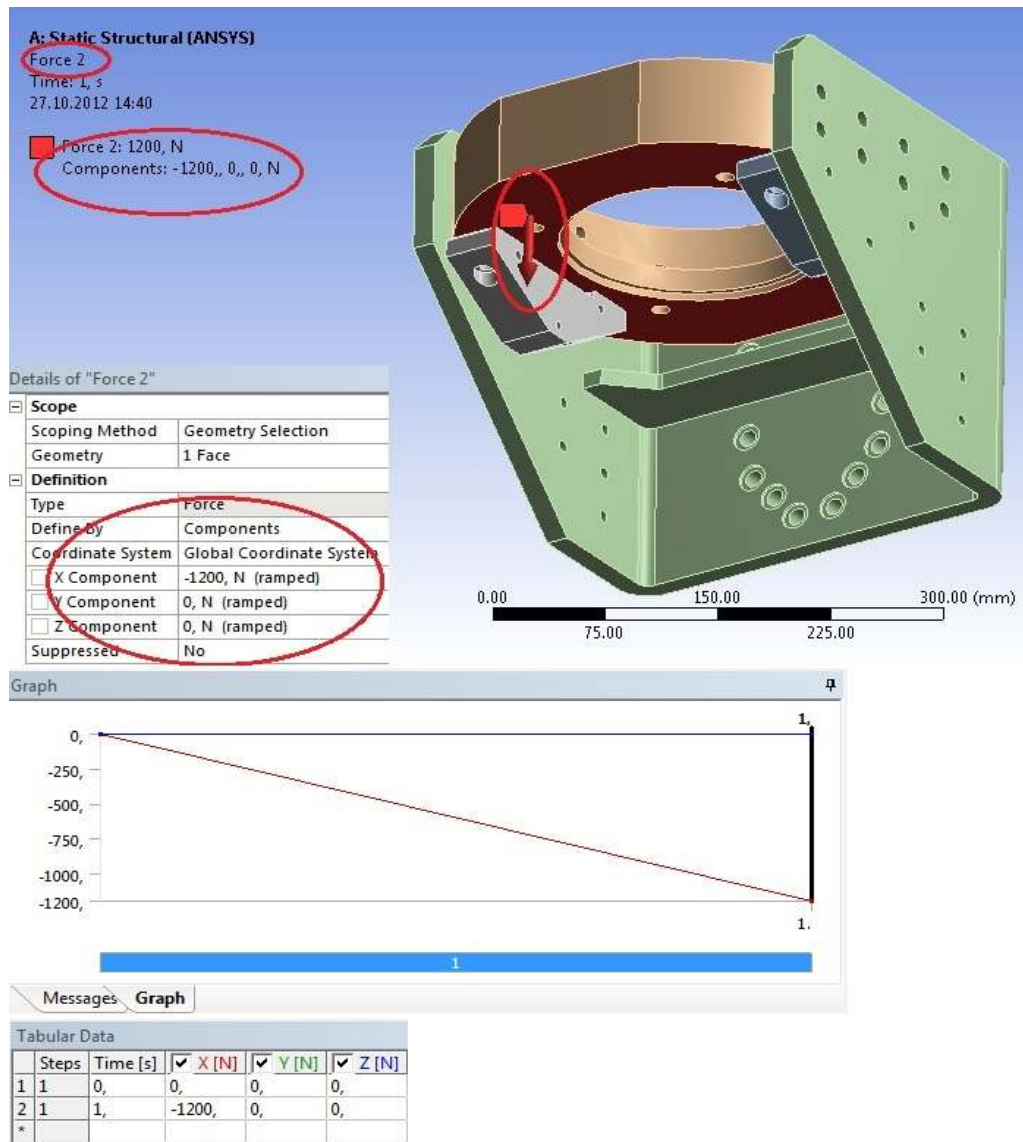
- ✓ X Component: $-9806,6 \text{ mm/s}^2$
- ✓ Y Component: 0 mm/s^2
- ✓ Z Component: 0 mm/s^2



Şekil 4.14. Analiz ekranı standart earth gravity uygulamasının gösterimi

Adaptör Parça olarak tanımlı parça üzerinde analizi ağırlaştırmamak üzere katı modeli hazırlarken çıkardığımız F1C-A45G-024-AF0 kodlu redüktörün ve DBK7N01950-AF0 kodlu motorun toplam ağırlığı olan 120 kg (1200N) Kuvvet uygulanmıştır.

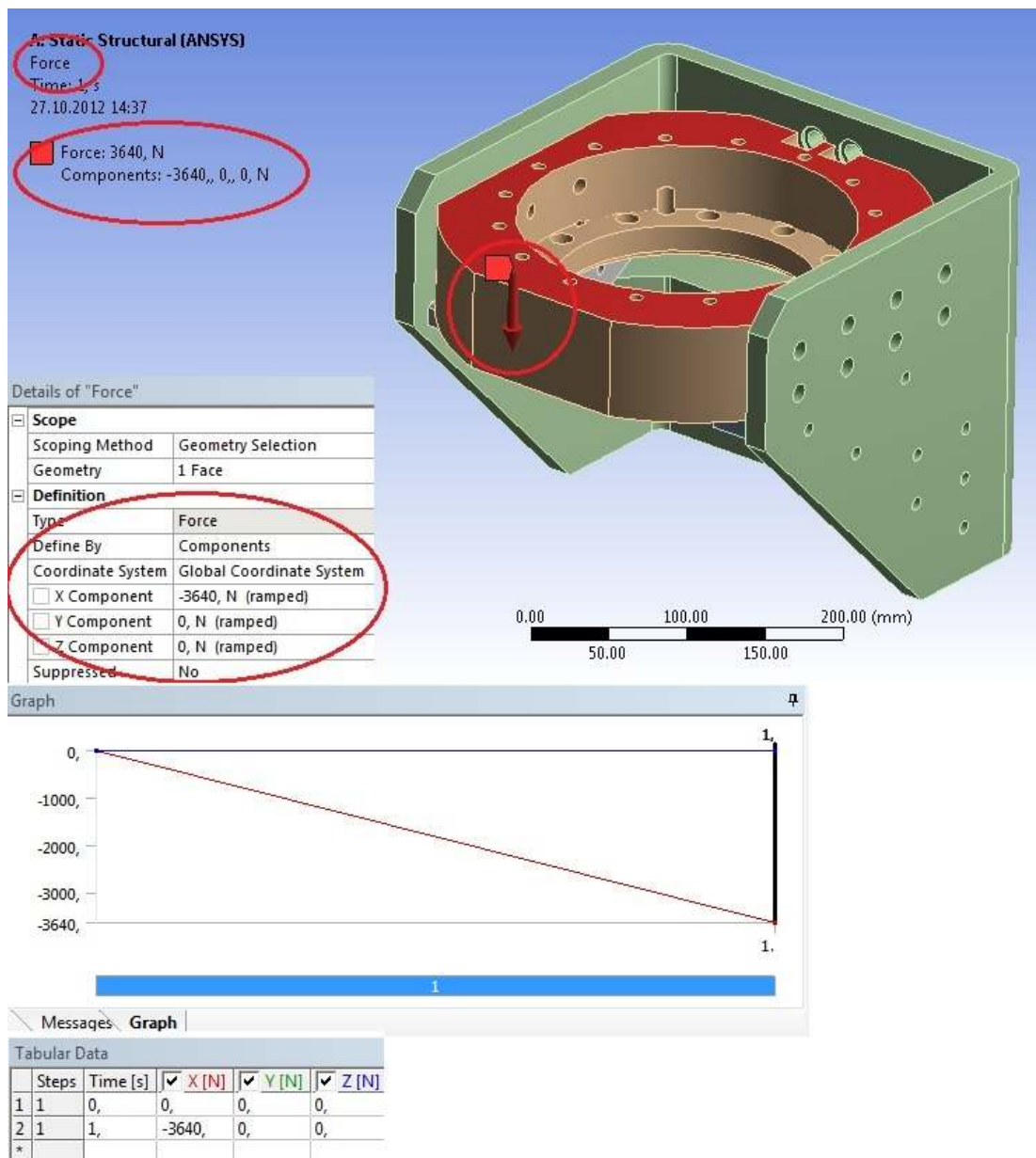
- ✓ X Component: -1200 N
- ✓ Y Component: 0 N
- ✓ Z Component: 0 N



Şekil 4.15. Analiz ekranı force 2: 1200 N uygulamasının gösterimi

Adaptör Parça olarak tanımlı parça üzerinde Hareketli Hedef Taşıma Arabasının, Kanatçıkların ve kanatçıklar üzerindeki modüllerin toplam ağırlığı olan 364 kg (3640N) Kuvvet uygulanmıştır.

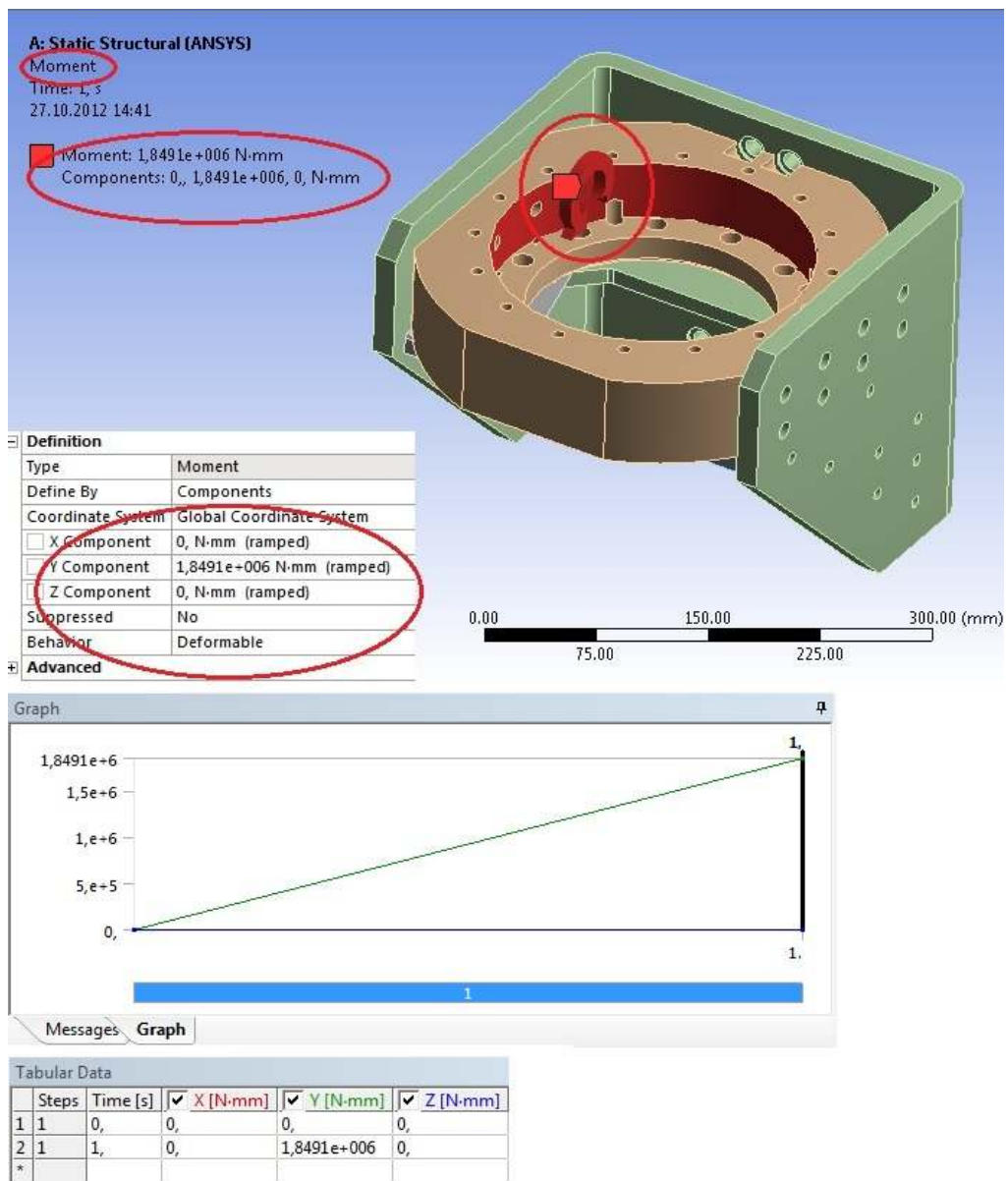
- ✓ X Component: -3640 N
- ✓ Y Component: 0 N
- ✓ Z Component: 0 N



Şekil 4.16. Analiz ekranı force: 3640 N uygulamasının gösterimi

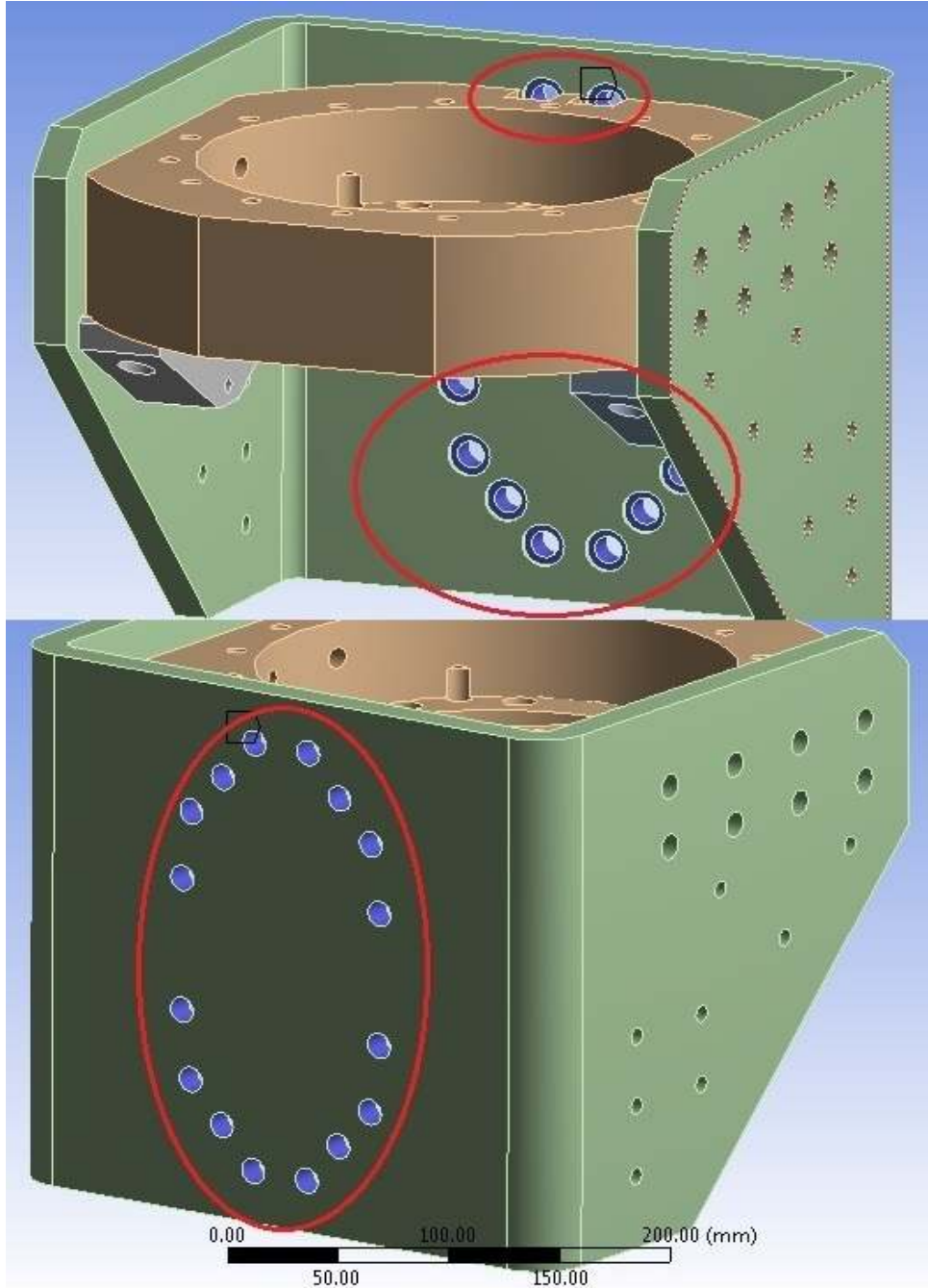
Adaptör Parça olarak tanımlı parça üzerinde Hareketli Hedef Taşıma Arabasının, Kanatçıkların ve kanatçıklar üzerindeki modüllerin toplam ağırlığından kaynaklanan $1,8491 \times 10^6$ N.mm Moment uygulanmıştır.

- ✓ X Component: 0 N.mm
- ✓ Y Component: $1,8491 \times 10^6$ N.mm
- ✓ Z Component: 0 N.mm



Şekil 4.17. Analiz ekranı moment: $1,8491 \times 10^6$ N.mm uygulamasının gösterimi

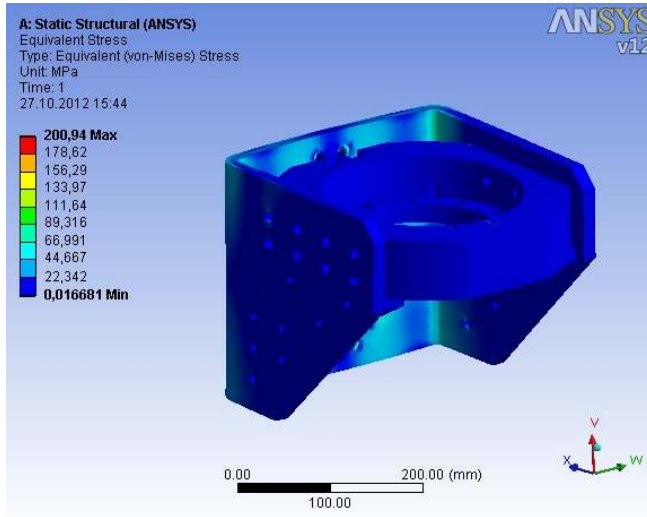
Bükümlü sac olarak tanımlı parçanın sabitleme yüzeyinde kullanılan vida bağlantılarının tanımlanması için 20 mm çapındaki 3 mm lik kademelere ve vidanın geçeceği thru deliklere Frictionless Support uygulanmıştır.



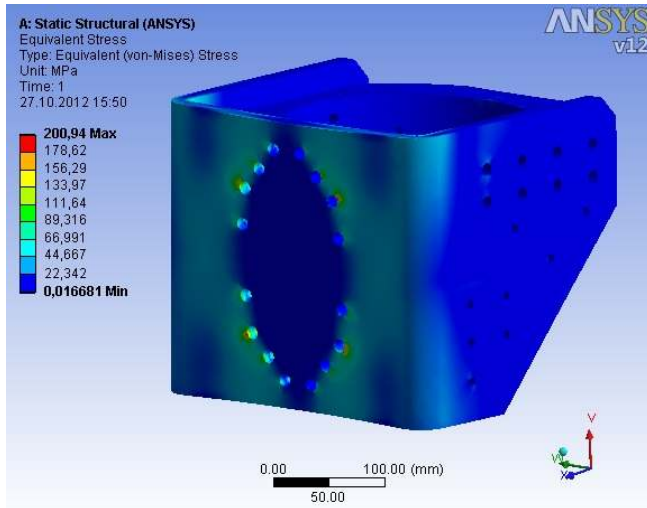
Şekil 4.18. Analiz ekranı frictionless support uygulamasının gösterimi

4.5. Sonuçlar

4.5.1. Equivalent (von-mises) stress (MPa)



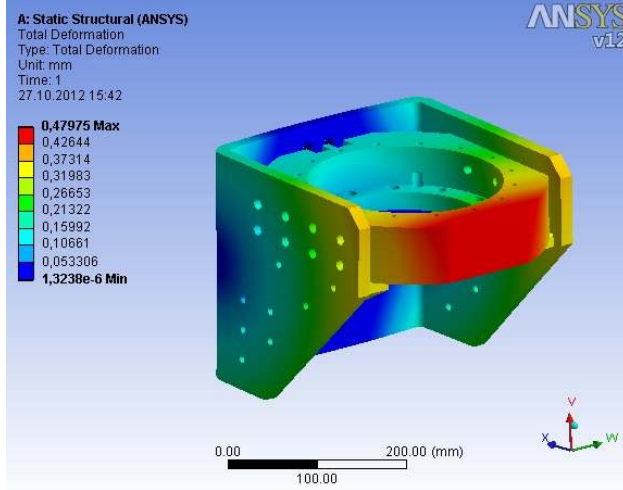
Şekil 4.19. Sonuç ekranı equivalent (von-mises) stress (MPa) gösterimi - 1



Şekil 4.20. Sonuç ekranı equivalent (von-mises) stress (MPa) gösterimi - 2

Maksimum von-mises stress 200,94 MPa olarak hesaplanmıştır ve beklenildiği gibi taşıyıcı civataların bastığı yüzeyde etkisini göstermektedir. Kullandığımız malzemenin akma dayanımı 250 MPa olduğu için 1,25 güvenlik katsayımız bulunmaktadır.

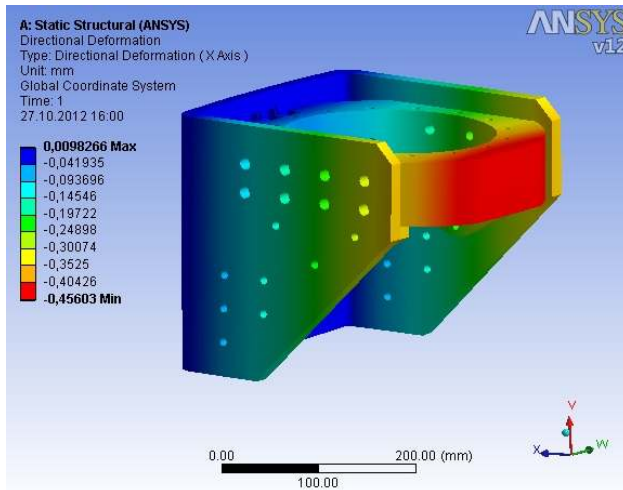
4.5.2. Total deformation (mm)



Şekil 4.21. Sonuç ekranı total deformation (mm) gösterimi

Maksimum toplam deformasyon 0,48 mm olarak hesaplanmıştır ve montaj sırasında ayar sacları kullanılarak kontrol altına alınabilecek bir değerdir.

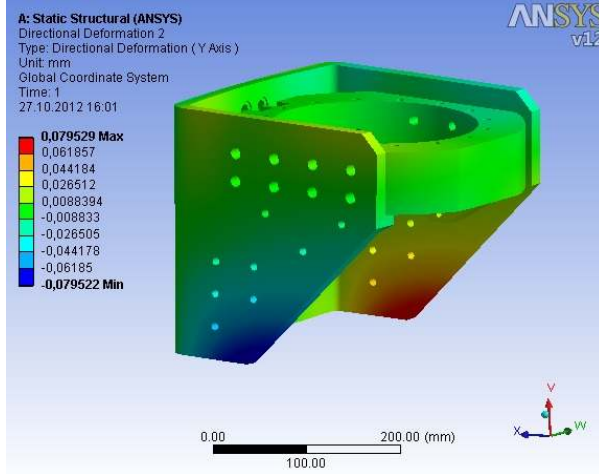
4.5.3. Directional deformation (X Axis)



Şekil 4.22. Sonuç ekranı directional deformation (x axis) (mm) gösterimi

X eksenindeki maksimum deformasyon 0,46 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.22 üzerindeki gösterimde yer alan (-) işareti hareketin yönünü ifade etmektedir.

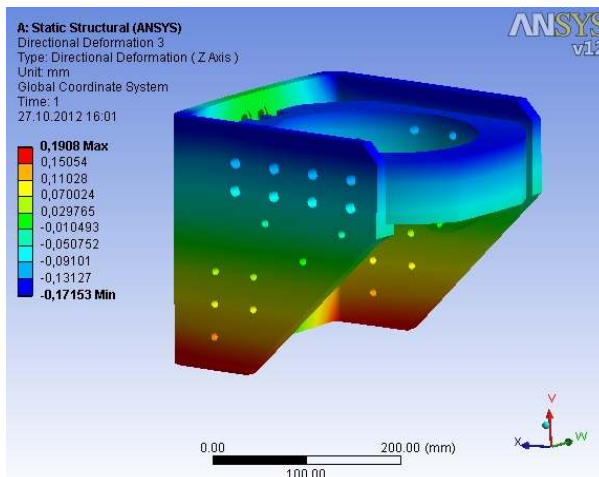
4.5.4. Directional deformation (Y Axis)



Şekil 4.23. Sonuç ekranı directional deformation (y axis) (mm) gösterimi

Y eksenindeki maksimum deformasyon 0,08 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.23 üzerindeki gösterimde yer alan (+) ve (-) işaretleri hareketin yönünü ifade etmektedir.

4.5.5. Directional deformation (Z Axis)



Şekil 4.24. Sonuç ekranı directional deformation (z axis) (mm) gösterimi

Z eksenindeki maksimum deformasyon 0,19 mm olarak hesaplanmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, uçakların gece-gündüz şartlarında operasyon yapmasına imkan tanıyan Hedefleme ve Seyrüsefer POD' u için hareketli hedef simülatörü mekanik tasarımı yapılmıştır.

700 mm yarıçapa sahip bir çember üzerinde, cihazın roll eksenine göre simetrik olacak şekilde toplam 100 derece, cihazın pitch eksenine göre asimetrik olacak şekilde de toplam 140 derece hedef atma alanı için CATIA V5 R19 ve Pro Engineer 4 programları kullanılarak katı model çalışması yapılmıştır. Tasarım sırasında model üzerinde hareket edebilir bir yük dağılımı oluşturulmuştur.

Tasarım sırasında hareketli hedef taşıma arabasına kanatçıklar üzerinde hareket kabiliyeti kazandıran 1728 mm bölüm dairesi çapına sahip büyük dişli ($m=2$) kullanılmıştır. Bu dişlinin imalatının kolaylaştırılması amacıyla tel erezyon yöntemi ile imal edilebilecek kırlangıç geçme yapısına sahip bir dişli çalışması yapılmıştır. İlgili dişlinin montajını kolaylaştırmak ve çarpılmaları önlemek amacıyla konumlama pimi detayları verilmiştir. Bu sayede ray montajlarının dişlinin iç yüzeyi üzerinden yürütülen komparatör ile yapılması hedeflenmiştir ve beklendiği gibi sonuç vermiştir.

Hareketli hedef taşıma arabası üzerine yerleştirilen tüm hedeflerin hareketli bir şekilde tüm fonksiyonlarının kullanılması maksadıyla geometriye özel fırça sistemi tasarlanmıştır.

POD' un, güvenli bir şekilde yerine yerleştirilebilmesi için gerekli olan serbest alan yaratılmaya çalışılmış ve testler süresince POD' u sabit tutacak bir oturma yüzeyi simülatör üzerinde yapılandırılmıştır. POD' un hedef atma alanının merkezine yerleştirilmesinde kullanılacak olan yükleme mekanizması POD' u ergonomik olarak konumlandırabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Yükleme mekanizmasının tasarımında lineer raylar ile yataklanmış ve kremayer dişliler üzerinden hareket alan bir yapı modellemiştir. Buna ek olarak lineer hareket ile eş zamanlı çalışan geneva mekanizması kullanılmıştır.

Dişli çektirme mekanizması büyük dişlinin kremayer dişlilerin her ikisinin üzerinde de yürütülebilmesi amaçlı tasarlanmıştır. Bu sayede POD' un yapının dönü ekseninde her iki yöne (Sağ-Sol) hareket ettirilmesine imkan tanınmıştır

POD' u testler süresince sabit tutmak üzere hazırlanan oturma yüzeyinde malzemesi kestamid olan 70 mm çapında silindirik parçalar kullanılmıştır. Bu parçalar POD' un iç kısmındaki kafes sisteminin kollarına basacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu sayede POD' un dış yüzeyindeki kapaklara baskı yapılması önlenmiş ve gerektiği takdirde bu kapakların açılmasına imkan sağlanmıştır.

POD' u hedef atma alanı için hazırlanan platformun merkezine hassas bir şekilde konumlandırılabilmek için manüel hareketli ve civata yardımı ile hareket eden bir yapı tasarlanmıştır. Civatalar sıkılarak ya da gevşetilerek kalıp yaylarının itme kuvvetleri ile oturma yüzeyine yükseklik ve eğim ayarları verilebilmektedir.

Tasarlanan şasenin zemine basan uzantılarında hava yastıkları kullanılmıştır. Böylece sistem, test başlamış vaziyette iken iç veya dış herhangi bir kuvvet uygulansa dahi optik hat bozulmadan bütün halde hareket edip tepki verebilmektedir.

Ürünün çeşitli platformlarda sunulması ve tasarlanacak simülatörün görselliği önem taşıdığından tasarım süresince genel geometriye aykırı olmayan parçalar tasarlanmış ve son olarak sistem bilgisayar ortamında renklendirmiştir.

Hareketli hedef taşıma arabasının üzerinde bulunduğu kanatçıkları taşıyan ve bu birimlere hareket veren taşıyıcı takımın ANSYS WB programı kullanılarak statik analizi yapılmıştır. Analiz sırasında yapılması gereken işlemlerde izlenen yollar çalışılmış, model hazırlığı, malzeme tanımlanması, yük bilgilerinin hesaplanması ve bağlantı detaylarının verilmesi ile sonuçlar elde edilmiştir. Çıkan sonuca göre yapı

üzerinde 200,94 MPa Equivalent Stress (Von-Mises) ve 0,479 mm Total Deformation hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışma ile küresel koordinat sisteminde belirli açı aralıkları arasında hedef hareket ettirebilen bir simülatörün dizaynı konusunda bilgi ve tecrübe sahibi olunmuştur. Buna ek olarak askeri görüntüleme ve hedefleme birimlerinin doğrulanması, sistem testlerinin yapılması ve muhtemel geliştirme noktalarının belirlenmesi üzerine yapılacak çalışmalarda kolaylık sağlayabilecek bir simülatörün tasarım ve analiz basamakları irdelenmiştir. Bu aşamadan sonra açı aralıkları genişletilmiş bir simülatörün tasarımı ve optimizasyonu üzerine çalışmalar yapılabilir. Ayrıca yükleme mekanizmasının geometrisi değiştirilerek birden fazla tipte cihaza uygun simülatör tasarlanabilir.

KAYNAKLAR

1. Marshall, A. H., Towle, H. C., “Burst on Target Simulation Device for Training with Rockets”, *United States Patent*, Washington, D.C., 1-10 (1981)
2. İnternet: MI Technologies “Portable RF Target Simulator”
<http://www.mitechnologies.com/papers/09/Portable%20RF%20Target%20Simulator.pdf> (2012)
3. İnternet: PI Hexapod “M-850 Hexapod 6-Axis Positioning System”
http://www.piusa.us/products/PDF_Data/M850_Hexapod_Platform_Parallel_Positioner.pdf (2012)
4. Öner, H. E., Gürcan, M. B., Başçuhadar, İ., Balkan, T., “Hidrolik Simülatör Tasarımı”, *II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi*, İzmir, 239-252 (2001)
5. İnternet: Norcowe “Test Facilities and Infrastructure”
<http://www.norcowe.no/index.cfm?id=232116> (2010)
6. İnternet: Acutronic Motion Simulation “Modern Design of Far-Field Target Motion Simulators”
http://www.acutronic.com/fileadmin/cms_files/White_Papers/SPIE_2006_Modern_Design_of_Far-Field_Target_Motion_Simulators__DTMS_.pdf (2006)
7. İnternet: Aselsan “Elektro-Optik Sistemler, POD Hedefleme Sistemleri”
<http://www.aselsan.com.tr/Content.aspx?mid=375&oid=588>
8. İnternet: THK Global “LM Guide”
https://tech.thk.com/upload/catalog_claim/pdf/306E_HCR_HMG.pdf (2012)
9. Dağdelen M., Reymond G., Kemeny A., Bordier M., Maizi N., “Model-based predictive motion cueing strategy for vehicle driving simulators”, *Control Engineering Practice*, 995-1003 (2009).

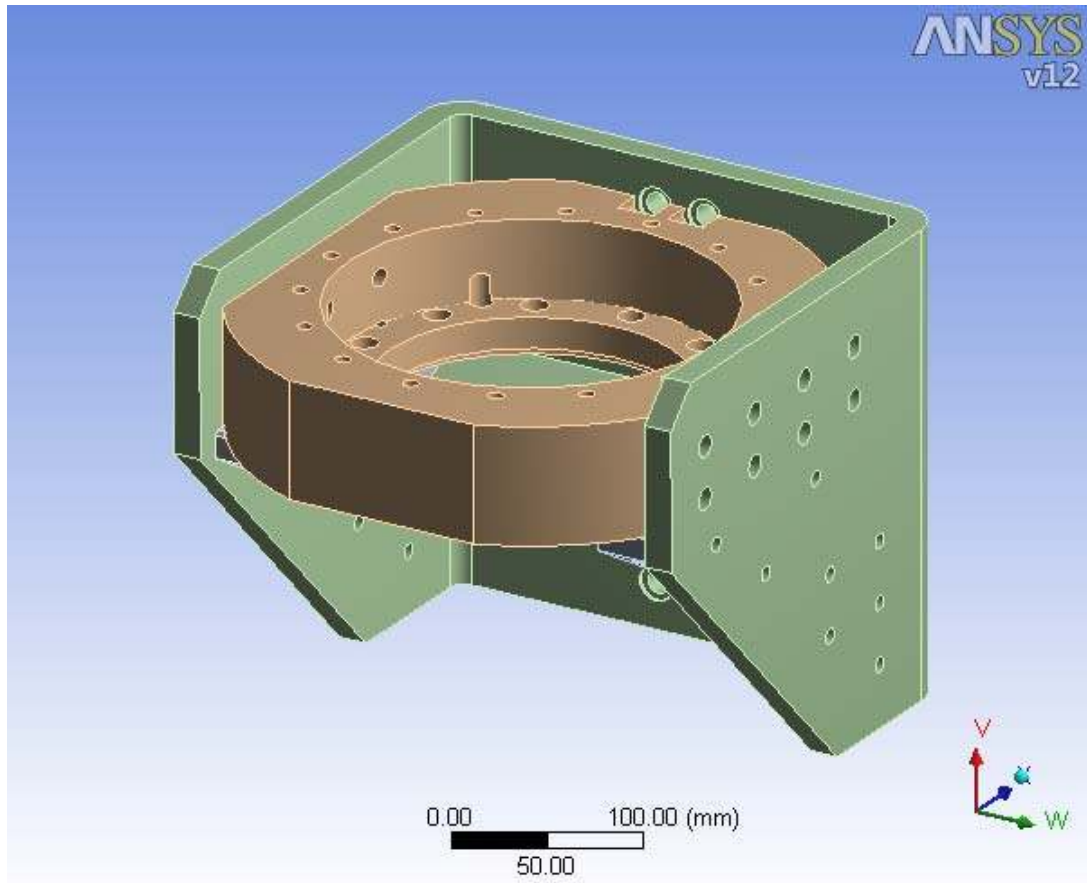
EKLER

EK-1. ANSYS Program Çıktısı



Project

First Saved	Saturday, October 27, 2012
Last Saved	Sunday, October 28, 2012
Product Version	12.0.1 Release



EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

Contents

- [Units](#)
- [Model \(A4\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Parts](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Connections](#)
 - [Contact Regions](#)
 - [Mesh](#)
 - [Static Structural \(A5\)](#)
 - [Analysis Settings](#)
 - [Standard Earth Gravity](#)
 - [Loads](#)
 - [Solution \(A6\)](#)
 - [Solution Information](#)
 - [Results](#)
- [Material Data](#)
 - [Aluminum Alloy](#)
 - [Structural Steel](#)

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (mm, kg, N, s, mV, mA) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (A4)

Geometry

TABLE 2

Model (A4) > Geometry

Object Name	Geometry
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\mlhzkn\Desktop\Yüksek

EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

Type	Step
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Part Color
Bounding Box	
Length X	266, mm
Length Y	302, mm
Length Z	316, mm
Properties	
Volume	6,0245e+006 mm ³
Mass	32,343 kg
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	4
Active Bodies	4
Nodes	174560
Elements	103883
Mesh Metric	None
Preferences	
Import Solid Bodies	Yes
Import Surface Bodies	Yes
Import Line Bodies	No
Parameter Processing	Yes
Personal Parameter Key	DS
CAD Attribute Transfer	No
Named Selection Processing	No
Material Properties Transfer	No
CAD Associativity	Yes
Import Coordinate Systems	No
Reader Save Part File	No
Import Using Instances	Yes
Do Smart Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\mlhzkn\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model (A4) > Geometry > Parts

Object Name	<i>destek_2</i>	<i>destek_1</i>	<i>bukumlu_sac</i>	<i>adaptor_parca</i>
State	Meshed			

EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

Graphics Properties			
Visible	Yes		
Transparency	1		
Definition			
Suppressed	No		
Stiffness Behavior	Flexible		
Coordinate System	Default Coordinate System		
Reference Temperature	By Environment		
Material			
Assignment	Aluminum Alloy	Structural Steel	Aluminum Alloy
Nonlinear Effects	Yes		
Thermal Strain Effects	Yes		
Bounding Box			
Length X	55, mm	266, mm	67,5 mm
Length Y	38, mm	302, mm	270, mm
Length Z	160, mm	275, mm	297, mm
Properties			
Volume	2,0188e+005 mm³	3,0818e+006 mm³	2,539e+006 mm³
Mass	0,5592 kg	24,192 kg	7,0329 kg
Centroid X	384,64 mm	374,19 mm	438,37 mm
Centroid Y	1332,2 mm	1564,2 mm	1448,2 mm
Centroid Z	-1547,4 mm	-1443,1 mm	-1536,9 mm
Moment of Inertia Ip1	962,56 kg·mm²	4,5123e+005 kg·mm²	68696 kg·mm²
Moment of Inertia Ip2	168,52 kg·mm²	2,6902e+005 kg·mm²	1,1901e+005 kg·mm²
Moment of Inertia Ip3	931,7 kg·mm²	5,1968e+005 kg·mm²	55868 kg·mm²
Statistics			
Nodes	7758	86253	72791
Elements	4535	50251	44562
Mesh Metric	None		

Coordinate Systems

TABLE 4

Model (A4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Ansys System Number	0,
Origin	
Origin X	0, mm
Origin Y	0, mm
Origin Z	0, mm

EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

ConnectionsTABLE 5
Model (A4) > Connections

Object Name	Connections
State	Fully Defined
Auto Detection	
Generate Contact On Update	Yes
Tolerance Type	Slider
Tolerance Slider	0,
Tolerance Value	1,2792 mm
Face/Face	Yes
Face/Edge	No
Edge/Edge	No
Priority	Include All
Group By	Bodies
Search Across	Bodies
Revolute Joints	Yes
Fixed Joints	Yes
Transparency	
Enabled	Yes

TABLE 6
Model (A4) > Connections > Contact Regions

Object Name	Contact Region	Contact Region 2	Contact Region 3	Contact Region 4	Contact Region 5
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	1 Face	2 Faces	1 Face	2 Faces	
Target	1 Face				2 Faces
Contact Bodies	destek_2		destek_1		bukumlu_sac
Target Bodies	bukumlu_sac	adaptor_parca	bukumlu_sac	adaptor_parca	
Definition					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
Advanced					
Formulation	Pure Penalty				
Normal	Program Controlled				

EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

MeshTABLE 7
Model (A4) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	100
Sizing	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Fine
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	1,85550 mm
Inflation	
Use Automatic Tet Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Advanced	
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Pinch	
Pinch Tolerance	Please Define
Generate on Refresh	No
Statistics	
Nodes	174560
Elements	103883
Mesh Metric	None

EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

Static Structural (A5)

TABLE 8
Model (A4) > Analysis

Object Name	<i>Static Structural (A5)</i>
State	Solved
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	ANSYS Mechanical
Options	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

TABLE 9
Model (A4) > Static Structural (A5) > Analysis Settings

Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Nonlinear Controls	
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Output Controls	
Calculate Stress	Yes
Calculate Strain	Yes
Calculate Results At	All Time Points
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\mlhzkn\Desktop\Yüksek Lisans\ansys\calisma_files\dp0\SYS\MECH\
Future Analysis	None

EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mm

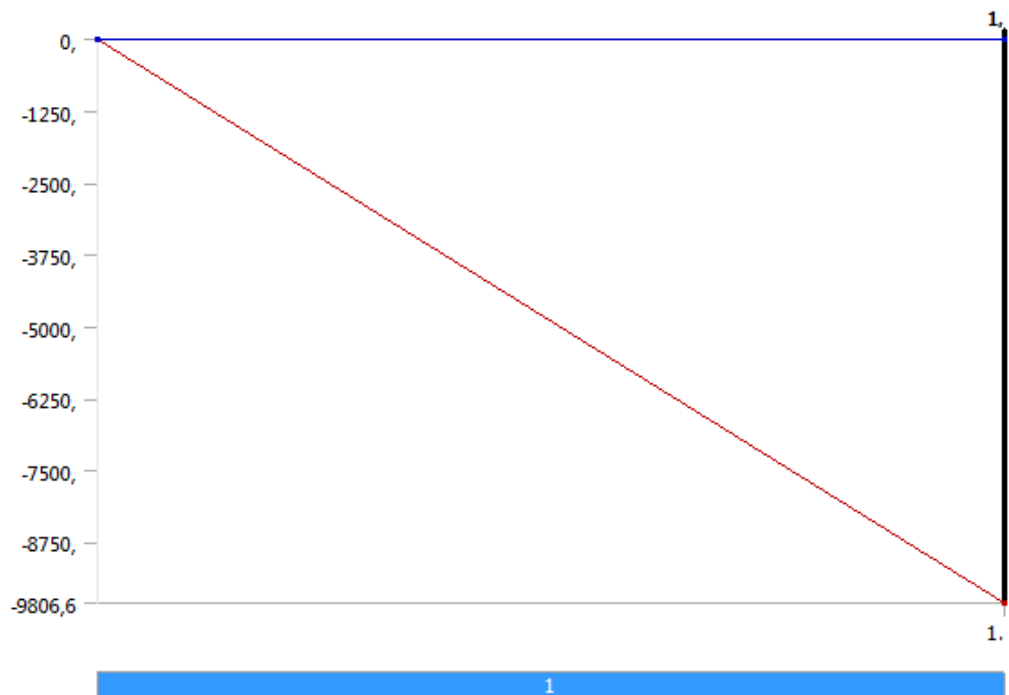
TABLE 10

Model (A4) > Static Structural (A5) > Accelerations

Object Name	<i>Standard Earth Gravity</i>
State	Fully Defined
Scope	
Geometry	All Bodies
Definition	
Coordinate System	Global Coordinate System
X Component	-9806,6 mm/s ² (ramped)
Y Component	-0, mm/s ² (ramped)
Z Component	-0, mm/s ² (ramped)
Suppressed	No
Direction	-X Direction

FIGURE 1

Model (A4) > Static Structural (A5) > Standard Earth Gravity



EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

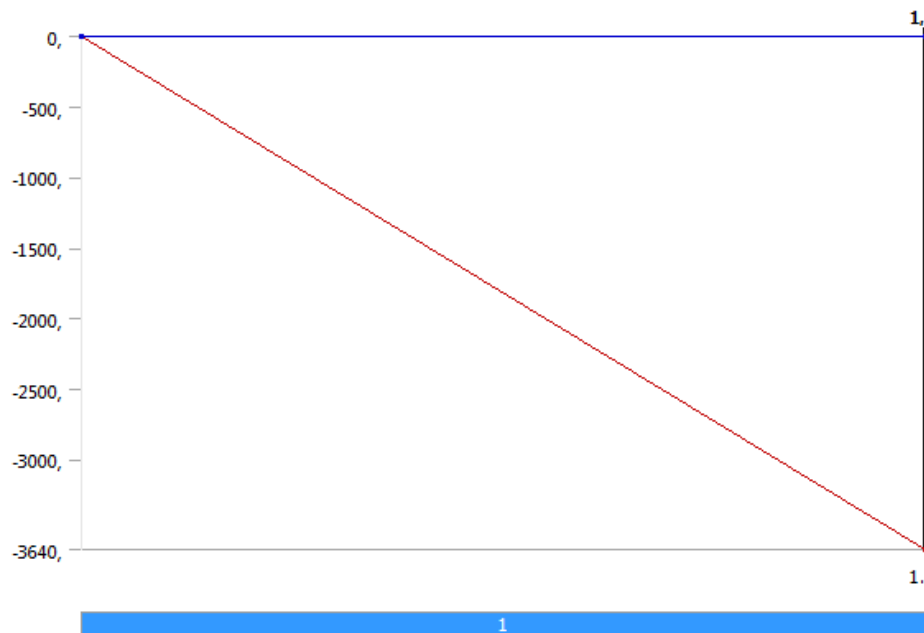
TABLE 11

Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads

Object Name	<i>Frictionless Support</i>	<i>Force</i>	<i>Force 2</i>	<i>Moment</i>
State	Fully Defined			
Scope				
Scoping Method	Geometry Selection			
Geometry	32 Faces	1 Face		
Definition				
Type	Frictionless Support	Force		Moment
Suppressed	No			
Define By		Components		
Coordinate System		Global Coordinate System		
X Component		-3640, N (ramped)	-1200, N (ramped)	0, N·mm (ramped)
Y Component		0, N (ramped)		1,8491e+006 N·mm (ramped)
Z Component		0, N (ramped)		0, N·mm (ramped)
Behavior				Deformable
Advanced				
Pinball Region				All

FIGURE 2

Model (A4) > Static Structural (A5) > Force



EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

FIGURE 3
Model (A4) > Static Structural (A5) > Force 2

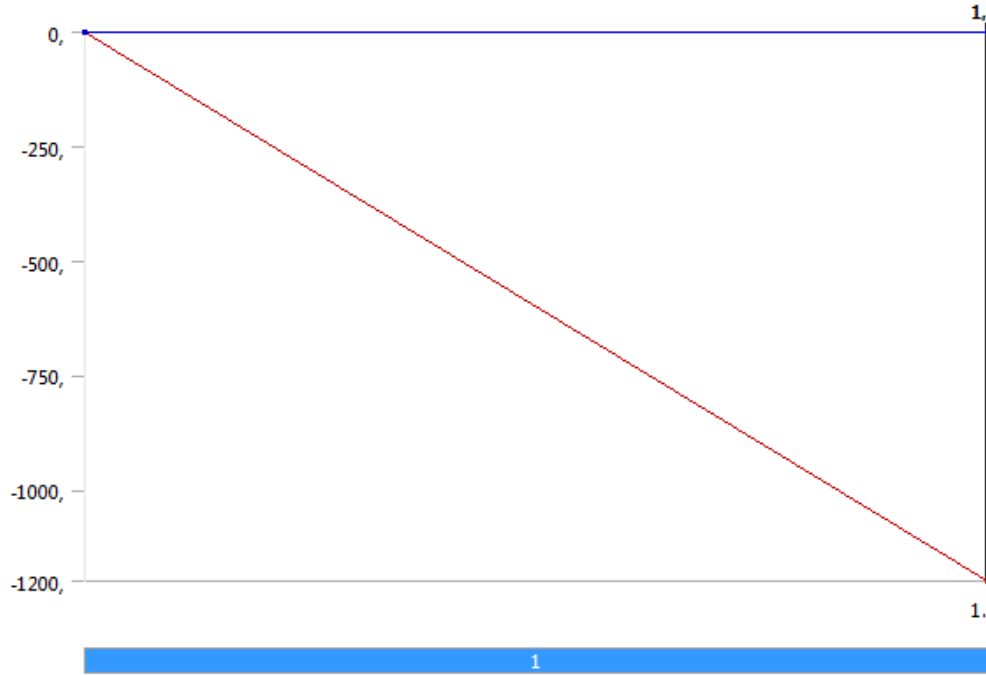
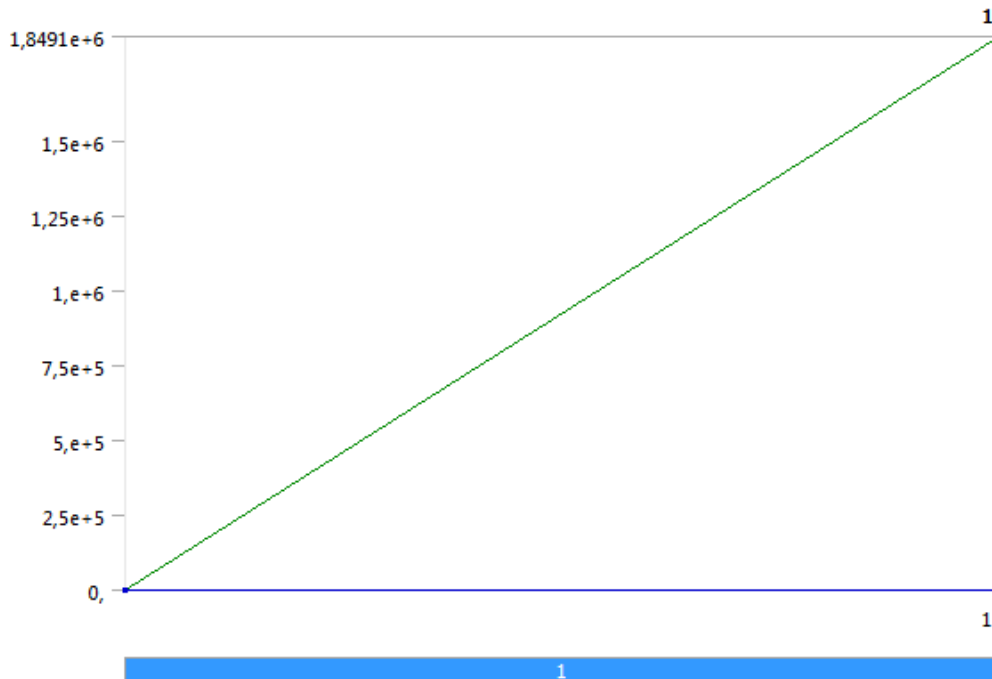


FIGURE 4
Model (A4) > Static Structural (A5) > Moment



EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

Solution (A6)

TABLE 12

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution

Object Name	<i>Solution (A6)</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,

TABLE 13

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2,5 s
Display Points	All

TABLE 14

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Results

Object Name	Total Deformation	Equivalent Stress	Directional Deformation	Directional Deformation 2	Directional Deformation 3
State	Solved				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Geometry	All Bodies				
Definition					
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress	Directional Deformation		
By	Time				
Display Time	Last				
Calculate Time History	Yes				
Identifier					
Use Average		Yes			

EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

Orientation			X Axis	Y Axis	Z Axis
Coordinate System			Global Coordinate System		
Results					
Minimum	1,3238e-006 mm	1,6681e-002 MPa	-0,45603 mm	-7,9522e-002 mm	-0,17153 mm
Maximum	0,47975 mm	200,94 MPa	9,8266e-003 mm	7,9529e-002 mm	0,1908 mm
Minimum Occurs On	bukumlu_sac		adaptor_parca	bukumlu_sac	
Maximum Occurs On	adaptor_parca	bukumlu_sac			
Information					
Time	1, s				
Load Step	1				
Substep	1				
Iteration Number	1				

Material Data

Aluminum Alloy

TABLE 15
Aluminum Alloy > Constants

Density	2.77e-006 kg mm ⁻³
Coefficient of Thermal Expansion	2.3e-005 C ⁻¹
Specific Heat	8.75e+005 mJ kg ⁻¹ C ⁻¹

TABLE 16
Aluminum Alloy > Compressive Ultimate Strength

Compressive Ultimate Strength MPa
0

TABLE 17
Aluminum Alloy > Compressive Yield Strength

Compressive Yield Strength MPa
280

EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

TABLE 18
Aluminum Alloy > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
280

EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

TABLE 19
Aluminum Alloy > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
310

TABLE 20
Aluminum Alloy > Thermal Conductivity

Thermal Conductivity W mm ⁻¹ C ⁻¹	Temperature C
0.114	-100
0.144	0
0.165	100
0.175	200

TABLE 21
Aluminum Alloy > Alternating Stress

Alternating Stress MPa	Cycles	R-Ratio
275.8	1700	-1
241.3	5000	-1
206.8	34000	-1
172.4	1.4e+005	-1
137.9	8.e+005	-1
117.2	2.4e+006	-1
89.63	5.5e+007	-1
82.74	1.e+008	-1
170.6	50000	-0.5
139.6	3.5e+005	-0.5
108.6	3.7e+006	-0.5
87.91	1.4e+007	-0.5
77.57	5.e+007	-0.5
72.39	1.e+008	-0.5
144.8	50000	0
120.7	1.9e+005	0
103.4	1.3e+006	0
93.08	4.4e+006	0

EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

TABLE 22

Aluminum Alloy > Relative Permeability

Relative Permeability
1

TABLE 23

Aluminum Alloy > Resistivity

Resistivity ohm mm	Temperature C
2.43e-005	0
2.67e-005	20
3.63e-005	100

TABLE 24

Aluminum Alloy > Isotropic Elasticity

Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio
	71000	0.33

Structural Steel

TABLE 25

Structural Steel > Constants

Density	7.85e-006 kg mm ⁻³
Coefficient of Thermal Expansion	1.2e-005 C ⁻¹
Specific Heat	4.34e+005 mJ kg ⁻¹ C ⁻¹
Thermal Conductivity	6.05e-002 W mm ⁻¹ C ⁻¹
Resistivity	1.7e-004 ohm mm

TABLE 26

Structural Steel > Compressive Ultimate Strength

Compressive Ultimate Strength MPa
0

TABLE 27

Structural Steel > Compressive Yield Strength

Compressive Yield Strength MPa
250

EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

TABLE 28
Structural Steel > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
250

TABLE 29
Structural Steel > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
460

TABLE 30
Structural Steel > Alternating Stress

Alternating Stress MPa	Cycles	Mean Stress MPa
3999	10	0
2827	20	0
1896	50	0
1413	100	0
1069	200	0
441	2000	0
262	10000	0
214	20000	0
138	1.e+005	0
114	2.e+005	0
86.2	1.e+006	0

TABLE 31
Structural Steel > Strain-Life Parameters

Strength Coefficient MPa	Strength Exponent	Ductility Coefficient	Ductility Exponent	Cyclic Strength Coefficient MPa	Cyclic Strain Hardening Exponent
920	-0.106	0.213	-0.47	1000	0.2

TABLE 32
Structural Steel > Relative Permeability

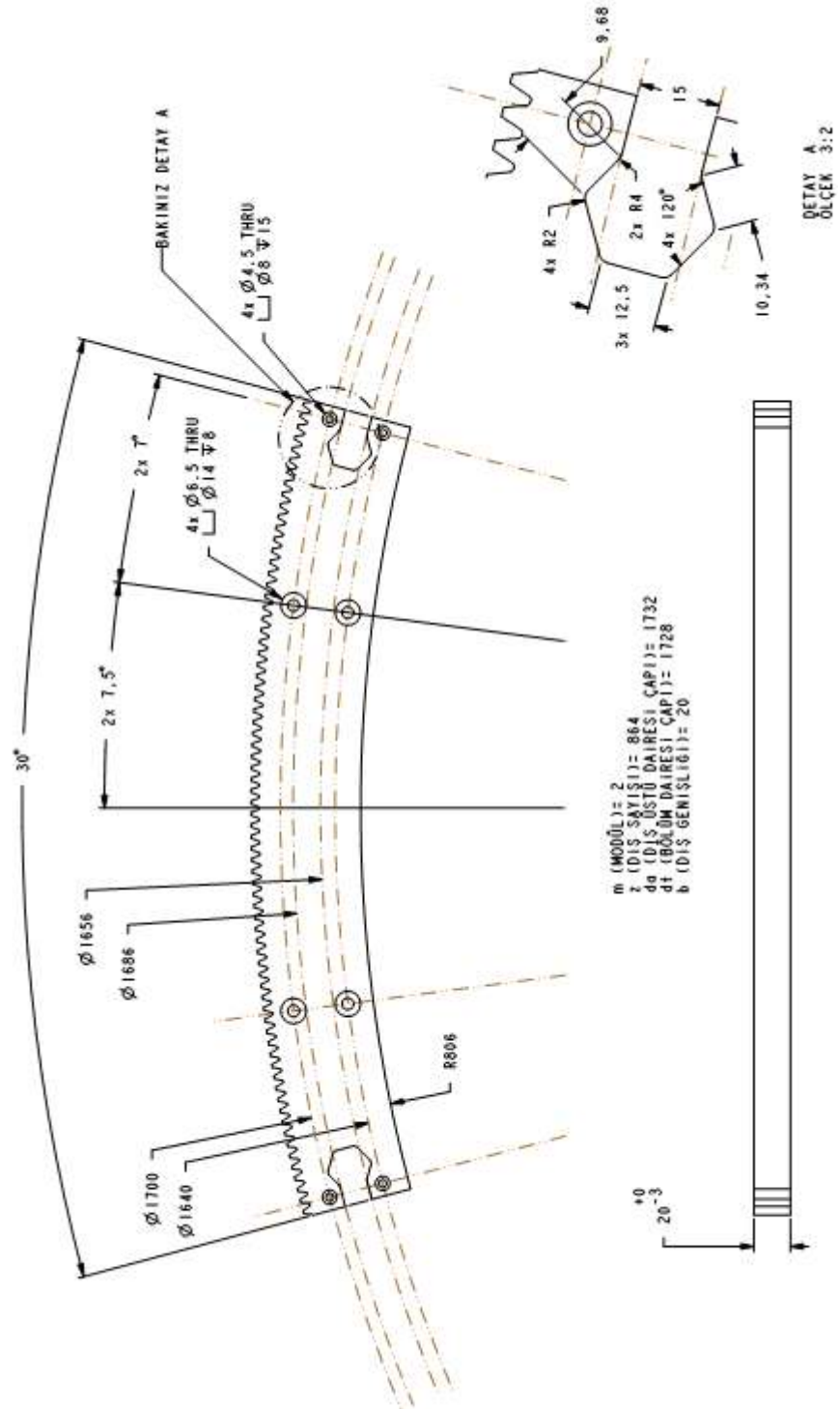
Relative Permeability
10000

EK-1. (Devam) ANSYS Program Çıktısı

TABLE 33
Structural Steel > Isotropic Elasticity

Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio
	2.e+005	0.3

EK-2. Tel Erezyon Yöntemi ile İmal Edilen Dişlinin Teknik Resmi



EK-3. Renklendirme Çalışmaları Sırasında Kullanılan Renk Kodları

- RAL 5015 (SKY BLUE)
- RAL 9005 (SİYAH)
- RAL 7001 (GÜMÜŞ GRİ)
- RAL 1003 (SİNYAL SARI)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler:

Soyadı, adı : ÖZKAN, Melih
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 11.09.1985 Karabük
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 847 53 00
 Faks : 0 (312) 847 53 20
 e-mail : mlhzkn@gmail.com

Eğitim:

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi- Makine Müh. Böl.	2009
Lise	Gazi Anadolu Lisesi	2003

İş Deneyimi:

Yıl	Yer	Görev
2010 –	Aselsan MGEO	Ar-Ge Mühendisi
2009 – 2010	ORS	Ar-Ge Mühendisi

Yabancı Dil:

İngilizce

Hobiler:

Go-Card, Paintball, Sinema, Kitap Okumak, Bilgisayar ve İnternet